

**ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-
VETERINÄR- UND AGRARWESEN**



**„Landwirtschaft verstehen, Zukunft gestalten: Ein ganzheitlicher
Blick auf das System Boden, Pflanze, Tier und Umwelt“**



Tagungsbericht 2025

BERICHT

79. ALVA – Jahrestagung 2025

**„Landwirtschaft verstehen, Zukunft gestalten: Ein ganzheitlicher
Blick auf das System Boden, Pflanze, Tier und Umwelt“**

26. - 27. Mai 2025

Tagungsort

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Raumberg 38
8952 Raumberg

Tel. 43(0)3682 224510

Email: office@raumberg-gumpenstein.at

Impressum

Herausgeber

Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel, Veterinär- und Agrarwesen

Präsidentin

Mag. Astrid Plenk

Für den Inhalt verantwortlich

Die Autorinnen und Autoren

Zusammengestellt von

Mag. Astrid Plenk

© 2025 Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel, Veterinär- und Agrarwesen

ISSN 1606-612X

Heuer begeht die ALVA ein kleines Jubiläum, denn sie feiert ihr 115-jähriges Bestehen. Zu diesem Anlass wurde das Motto der Tagung „Landwirtschaft verstehen, Zukunft gestalten: Ein ganzheitlicher Blick auf das System Boden, Pflanze, Tier und Umwelt“ sehr weit gefasst, einen umfassenden Blick auf unsere Landwirtschaft und ihre Zukunft zu werfen und die wichtigsten Fakten zu beleuchten.

Immer wichtiger wird es, unsere Nahrungsmittel gesund und nachhaltig zu produzieren. Der Umgang mit unserer Umwelt wird die Zukunft wesentlich prägen. Schaffen wir es den Raubbau an unseren Ackerflächen und natürlichen beziehungsweise naturnahen Ökosystemen endlich zu stoppen? Die Grundlage für eine nachhaltige Landwirtschaft ist der Boden. Diesen gesund zu erhalten, also die Bodenfruchtbarkeit zu gewährleisten und Erosion zu minimieren ist eine Grundvoraussetzung, um unsere Nahrungs- und Futterpflanzen in hoher Qualität und ausreichender Menge erzeugen zu können.

Ein limitierender Faktor wird hierbei auch die Verfügbarkeit von Wasser sein. Die Niederschläge, die für ein gesundes Wachstum notwendig sind, werden immer weniger und die Temperaturen immer höher. Namhafte Meteorologen sagen für heuer Hitzewellen mit über 40 °C voraus. Wobei statistisch gesehen die Niederschläge nicht dramatisch abnehmen, doch ihre Verteilung immer extremer wird. So fielen beispielsweise in den 5 Tagen vom 12. bis 16. September im Norden Österreichs großflächig Niederschlagssummen von 100 mm und mehr. 200 bis 300 mm Regen fielen in weiten Gebieten von Ober- und Niederösterreich, Wien, im Nordburgenland und in der Obersteiermark. Rekordmengen von 300 bis über 400 mm in 5 Tagen wurden in einem Gebiet zwischen dem Mostviertel und dem Wienerwald aufgezeichnet. Dort ist in 5 Tagen mehr als das 5,5-fache der langjährigen mittleren Monatssumme eines Septembers gefallen.

Wir werden Innovationen brauchen, um weiterhin erfolgreich Landwirtschaft betreiben zu können. Doch wie werden diese aussehen? Für viele liegt die Zukunft in der Digitalisierung und Robotik. Werden also in unseren Ställen und auf unseren Feldern nur noch Roboter arbeiten, die über Satelliten gesteuert werden? Wird unser Gemüse in Vertical Farms direkt in den Städten, also nahe beim Verbraucher, produziert werden? Andere sehen die biologische Landwirtschaft als Zukunft für die Produktion gesunder Lebensmittel und Futterpflanzen – naturnah, mit Förderung der Biodiversität und nachhaltig.

Die anderen Themen kommen aber nicht zu kurz. So werden auch folgende Themen in eigenen Sektionen behandelt: Qualität und Innovation in der Lebensmittelproduktion, aktuelles im Weinbau und der Kellerwirtschaft, Obstverarbeitung phytomedizinische Fragestellungen, Futterqualität und tierische Leistung, Wasser und Energie, Modellierungen, Sensortechnik

Abschließend ein herzliches Dankeschön an die Mitglieder des Vorstandes der ALVA, den vielen helfenden Händen für die organisatorische Arbeit, den Autorinnen und Autoren der Beiträge sowie den Sponsoren der Tagung.

Mag. Astrid Plenk
Präsidentin der ALVA

Inhaltsverzeichnis

ALVA-FORSCHUNGSPREIS

LEBENSMITTELQUALITÄT UND LEBENSMITTELSICHERHEIT BEI DER VERARBEITUNG VON FLEISCHPRODUKTEN

Azra Mustedanagic, Beatrix Stessl und Martin Wagner 14

ALVA-FÖRDERPREIS

URSACHENANALYSE UND OPTIMIERUNG DER MIKROBIOLOGISCHEN STABILITÄT VON GESLICHTER BRÜH- UND KOCHPÖKELWARE

Julia Lindenbauer, Gernot Zweytick und Michael Stelzl 19

PLENARVORTRÄGE

ZUKUNFTSFÄHIGES GRÜNLAND – HERAUSFORDERUNGEN UND PERSPEKTIVEN

Bernhard Krautzer, Andreas Klingler und Lukas Gaier 24

WIEDERKÄUERHALTUNG VON MORGEN

Thomas Guggenberger 28

VORTRÄGE

EINFLUSS VON FUTTERKRÄUTERN AUF DEN ERTRAG UND FUTTERQUALITÄT IM GRÜNLAND

Lukas Gaier, Andreas Klingler, Katharina Gassner-Speckmoser, Wilhelm Graiss, Bernhard Krautzer 33

AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF DIE ERTRAGSDYNAMIK VON DAUERGRÜNLAND

Andreas Klingler, Lukas Gaier, Markus Herndl und Andreas Schaumberger 37

EFFIZIENZSTEIGERUNG DURCH DEN GEZIELTEN EINSATZ VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN

Florian Schmeisser, Stefan Geyer und Peter Prankl 41

WIEDERHERSTELLUNG UND PFLEGE ARTENREICHER EXTENSIVGRÜNLANDFLÄCHEN ZUR FÖRDERUNG DER BIOLOGISCHEN VIELFALT

Wilhelm Graiss, Katharina Gassner-Speckmoser, Lukas Gaier und Bernhard Krautzer 45

ZUCHTFORTSCHRITT VON RAPSHYBRIDEN IN 28 JAHREN ÖSTERREICHISCHER WERTPRÜFUNG IM VERGLEICH VON TROCKENGEBIET UND FEUCHTEREN LAGEN

Joachim Neureiter 49

AUSWIRKUNGEN VON TECHNOGENEN BODENVERDICHTUNGEN, BODENBEARBEITUNG UND ZWISCHENFRUCHT AUF BODENPHYSIKALISCHE PARAMETER, REGENWURMABUNDANZ UND KÖRNERMAISERTRAG IM PANNONISCHEN KLIMARAUM IM JAHR 2024

Paul Riedl, Gerhard Moitzi, Gernot Bodner, Helmut Wagentristl, Anton Frisch, Georg Auer, Tom Abram, Pia Euteneuer 54

BRÄUGERSTEN: DÜNGUNG UND PROTEINGEHALT IN SOMMER- UND WINTERGERSTE

Hanna Hogenboom 59

DIGITALISIERUNG VON BODENDATEN - MISSION ODER VISION?

Sebastian Wieser und Gernot Bodner 64

LONG-TERM SOIL COMPACTION IN THE HEADLAND – EFFECTS ON SOIL PHYSICAL PARAMETERS, CARBON AND NITROGEN STOCKS UNDER PANNONIAN CONDITIONS

Gerhard Moitzi, Paul Riedl, Thomas Weninger, Helmut Wagentristl 69

DER EINFLUSS VON BODENBEARBEITUNG UND BODENTEXTUR AUF DIE BODENGESUNDHEIT UND REGENWÜRMER IM PANNONISCHEN RAUM	
Barbara Simon, Igor Dekemati, Hanaa T. M. Ibrahim, Maxwell M. Modiba, Márta Birkás, János Grósz, Martin Kulhanek, Reinhard W. Neugschwandtner, Anna Hofer, Viola Wagner, Marion Windisch, Karin Hage-Ahmed, Kevin R. Butt, Pia Euteneuer	74
GREEN CORRIDORS MAY SUSTAIN HABITATS FOR EARTHWORMS IN A PARTIALLY CONVERTED GRASSLAND	
GRÜNE KORRIDORE KÖNNEN LEBENSÄRUME FÜR REGENWÜRMER IN EINEM TEILWEISE UMGEWANDELTEN GRÜNLAND ERHALTEN	
Barbara Simon, Krisztina Boziné Pullai, Dóra Selmeczi, András Sebök, Pia Euteneuer, Mihály Zalai, Ferenc Tóth.....	79
CHEMISCHE SPURENSUCHE ZU EINEM BISHER WENIG ERFORSCHTEN FEHLGERUCH IN SCHWEINEFLEISCH MITTELS GC-MS, SENSORIK UND STATISTISCHER ANALYSE.	
Julian Bleicher, Samart Dorn-In, Kathrine Bak, und Karin Schwaiger	84
BIOCHEMISCHE ANPASSUNGEN VON TOMATENPFLANZEN (<i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i> L.) IN REAKTION AUF UMWELTSTRESS UND BIOTISCHE INTERAKTIONEN	
Susanne Katharina Fekonja, Anna Gasperl, Karin Korntheuer, Christian Philipp, Daniel Zechner und Maria Müller.....	88
URSACHENANALYSE UND OPTIMIERUNG DER MIKROBIOLOGISCHEN STABILITÄT VON GESLICHTER BRÜH- UND KOCHPÖKELWARE	
Julia Lindenbauer, Gernot Zweytick und Michael Stelzl	92
SCHLACHTKÖRPERQUALITÄT VON GEALPTEN RINDERN – EINFLUSS VON KATEGORIE, RASSE UND SCHLACHTTERMIN NACH ALPUNG	
Margit Velik, Christina Hell, Andreas Steinwider	96
ERSTELLUNG EINES HACCP-SYSTEMS UND EINES HYGIENEKONZEPTE ZUR QUALITÄTSSICHERUNG INNERHALB DER NAHRUNGSMITTELVERSORGUNGSKETTE VON TROCKENFRÜCHTEN	
Cigdem Ciftci, Carmen Büttner, Artemis Rumbou, Deniz Baltaci.....	101
VON DER NOTWENDIGKEIT ZUM GENUSS – WIE TRINKNAHRUNG FÜR SENIOR*INNEN MEDIZINISCHEN MEHRWERT UND SENSORISCHES POTENZIAL VEREINEN KANN	
Kathrin Heim*, Cornelia Felbinger, Roswitha Enzelberger und Andrea Reiterlehner	105
OKARA ALS ALTERNATIVE ZU MANDELMEHL IN SCHOKOLADEMACARONS	
Anna Freytag und Andrea Reiterlehner	110
UNTERSUCHUNGEN ZUM VERLAUF DES pH-WERTS WÄHREND DES PRESSVORGANGS VON WEIßWEINTRAUBEN UND ROTWEINMAISCHE	
Michael Doberer, Sebastian Oberschil und Davin Wittmann.....	113
UNTERSUCHUNGEN ZU UNTERSCHIEDLICHEN GÄRUNGSTYPEN BEI WEIN	
Michael Doberer, Viktoria Wurst, Leonhart Duffek, David Reinberger, Emil Pudill und Pavol Michalek ...	119
ERSTE ERFAHRUNGEN BEI DER WEINBEREITUNG MIT HILFE DES BAKTERIUMS <i>ZYMONOMAS MOBILIS</i> ANSTELLE DER HEFE <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i>	
Harald Scheiblhofer, Michael Doberer, Patrick Bader, Lorenz Öhlzelt, Karin Mandl, Karin Silhavy-Richter und Elsa Patzl-Fischerleitner	127
ERSTE ERFAHRUNGEN BEI DER WEINBEREITUNG MITTELS FED-BATCH-FERMENTATION BEI ÖSTERREICHISCHEN WEINEN	
Harald Scheiblhofer, Michael Doberer, Isabel Scheiblhofer, Florentina Weiss, Christoph Gausterer, Christoph Detz und Elsa Patzl-Fischerleitner.....	130
AKTUELLE ENTWICKLUNGEN BEI DER HERSTELLUNG VON ALKOHLREDUZIERTEN UND ENTALKOHOLISIERTEN WEINEN IN ÖSTERREICH	
Harald Scheiblhofer.....	135

ANALYSE DES HEFEVERFÜGBAREN STICKSTOFFS IN TRAUBENMOST- AUSGEWÄHLTE BESTIMMUNGSMETHODEN DES HEFEVERFÜGBAREN STICKSTOFFS AUF DEM PRÜFSTAND KOMMENDER WINZERGEGENERATIONEN	
Stefan Nauer, Sebastian Reinisch, Markus Rappold und Elsa Patzl-Fischerleitner.....	140
DA IST DER WURM DRIN - LABORVERSUCHE IM RAHMEN DES PROJEKTES DRAHTWURM-CONTROL	
Stephan Manhalter, Anna Moyses, Matthias Wernicke und Katharina Wechselberger	145
ANWENDUNG MULTIFUNKTIONAL WIRKSAMER PILZE GEGEN BODENSCHÄDLINGE: GREEN TOOLS 1ST	
Hermann Strasser, Hannah Popp-Embleton, Jürg Enkerli und Maria Zottele	149
EVALUIERUNG DER VIRULENZ VON STÄMMEN DER ENTOMOPATHOGENEN PILZE <i>BEAUVERIA BASSIANA</i> UND <i>B. BRONGNIARTII</i> AN ENGERLINGEN DES MAIKÄFERS (<i>MELOLONTHA SPP.</i>)	
Melanie Studera und Christa Schafellner	152
AUFTRETEN UND BEKÄMPFUNG DES ERDBEERBLÜTENSTECHERS (<i>ANTHONOMUS RUBI</i>)	
Urban Spitaler, Mattia Baraldo, Kelina Kuppelwieser, Elisabeth H. Koschier, Cristina A. Ferreri	156
WIE SCHÜTZEN WIR EUROPA VOR DER EINSCHLEPPUNG NEUER, INVASIVER PFLANZENSCHÄDLINGE?	
Christina Topitschnig und Robert Steffek	160
JAPANKÄFER (<i>POPILLIA JAPONICA</i>) - EINSCHLEPPUNGSWEGE, DIAGNOSE UND MELDEPLATTFORM	
Anna Moyses, Christa Lethmayer und Christina Topitschnig.....	162
EIGNUNG HEIMISCHER BAUMARTEN ALS WIRTS-PFLANZEN FÜR DIE INVASIVE EICHENNETZWANZE <i>CORYTHUCHA ARCUATA</i> (HET., TINGIDAE)	
Lisa Milanollo, Christa Schafellner	164
BEKÄMPFUNGSTRATEGIEN GEGEN DIE KIRSCHESIGFLIEGE (<i>DROSOPHILA SUZUKII</i>): EINE STUDIE ZUM EINSATZ VON FRUCHTKALK®	
Heinrich Haase, Carmen Büttner, Artemis Rumbou, Urban Spitaler	168
INNOVATIVE PARASITENREDUZIERENDE SAATGUTMISCHUNG UND ALTERNATIVE WEIDESYSTEME FÜR SCHAFE UND ZIEGEN	
Leopold Podstatzky, Manuel Raggl.....	173
DURCHMELKEN BEI ZIEGEN: MÖGLICHKEITEN UND HERAUSFORDERUNGEN	
Leopold Podstatzky	177
DURCHMELKEN BEI ZIEGEN: MÖGLICHKEITEN UND HERAUSFORDERUNGEN	
Leopold Podstatzky	183
ZUCKERLAMM – LÄMMERAUFZUCHT MIT BESTEM HEU	
Stefanie Gappmaier, Thomas Guggenberger, Georg Terler, Margit Velik und Reinhard Huber	187
FUTTERAUFNAHME, MILCHLEISTUNG UND STOFFWECHSELPARAMETER VON MILCH-KÜHEN BEI VERFÜTTERUNG VON GRÜNRÖGGEN- UND RÖGGEN-WICKE-STROH-SILAGE	
Georg Terler, Theresa Gruber, Thomas Hartinger und Qendrim Zebeli	192
MISCHUNG AUS HOLZLIGNANEN UND TANNINEN BEI HITZEGESTRESSTEN RATTEN: AUSWIRKUNGEN AUF LEISTUNG UND ANTIOXIDATIVE KAPAZITÄT	
Christiane Schwarz, Ahmad Baidlowi, Valentin Kraus, Martin Gierus	197
EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER FUTTERATIONEN VOM ABSETZFERKEL BIS ZUM SCHLACHTREIFEN SCHWEIN AUF DEREN MAST- UND SCHLACHTLEISTUNG	
Venus Fauland-Novak, Karl Schedle	201
ERKENNTNISSE ZU SCHWEFELGEHALTEN IN GRAS- UND MAISSILAGEN	
Reinhard Resch, Gerald Stögmüller, Franz Tiefenthaller.....	206

DYNAMISCHE EFFEKTE VON ZUGESETZTEN HOMOFERMENTATIVEN MILCHSÄURE-BAKTERIEN AUF FEUCHTE GRASSILAGEN IM HINBLICK AUF GÄRQUALITÄT, TM- UND QUALITÄTSVERLUSTE	
Reinhard Resch, Sonja Axmann, Ewald Kramer, Elisabeth Weidenholzer.....	212
AUSWIRKUNGEN EINER AGRAR-PV ANLAGE MIT BIFAZIALEN MODULEN AUF KULTURPFLANZEN- UND STROMERTRÄGE IN EINER BIOLOGISCHEN FRUCHTFOLGE IM OSTEN ÖSTERREICH	
Gerhard Moitzi, Ernst Höckner, Martin Höller, Helmut Wagentrisl	217
WASSEREFFIZIENZ VON BEWÄSSERUNGSANLAGEN	
Arno Kastelliz und Reinhard Nolz ² 222	
AGROFORST -EINE BEWIRTSCHAFTUNGSFORM, DIE ÖKONOMIE UND ÖKOLOGIE IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN BEWIRTSCHAFTUNG VERBINDEN KANN	
Johannes Schantl	226
DATENFUSION UND AUSWERTE-FRAMEWORK FÜR DIE PFLANZENWACHSTUMSMODELLIERUNG IN ÖSTERREICH	
Andreas Ettlinger, Stefan Geyer und Peter Prankl	228
GLEICHSTANDSAAT ALS GRUNDLAGE FÜR PRÄZISIONSAPPLIKATIONEN IM PFLANZENBAU	
Jan-Uwe Niemann, Heike Lehnert, Lorenz Kottmann und Jens Karl Wegener	233
SOYBEAN PROPERTY ESTIMATION USING RGB AND NIRS DATA	
Ufuk Can Bicici, Peter Riegler-Nurscher, Matthias Trimmel	237
EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER STICKSTOFF- UND KOHLENSTOFFSTRATEGIEN AUF ERTRAG UND QUALITÄT VON WINTERWEICHWEIZEN	
Stefan Geyer, Peter Prankl und Markus Gansberger	242
HUMUSAUFBAU, DER ROTE FADEN IN REGENERATIVEN GRUPPEN DES DEUTSCHSPRACHIGEN RAUMS IN DER SCHWEIZ UND ÖSTERREICH	
<i>HUMUSAUFBAU IS THE COMMON THREAD OF REGENERATIVE COMMUNITIES IN GERMAN SPEAKING PARTS OF SWITZERLAND AND AUSTRIA</i>	
Juliana Jäggli, Tim Schmid, Magdalena Bieber, Gernot Bodner, Katharina Keiblinger, Bernhard Scharf, Sophie van Geijtenbeek und Olivier Ejderyan	246
PHOSPHORAUFNAHME UND -MOBILISIERUNGSPOTENZIALE VON DREI WINTER-ZWISCHENFRUCHT-GEMENGEN IN ÖKOLOGISCHEN ACKERBAU - ERGEBNISSE EINES PRAXIS-FELDVERSUCHS (AUERSTHAL, NIEDERÖSTERREICH)	
Lili Bauer.....	251
NEUE ERKENNTNISSE ZUR PHOSPHORFREISETZUNGSRATE FÜR ACKER- UND GRÜNLANDBÖDEN	
Armin Bajrakarevic und Adelheid Spiegel.....	256
VISUALISIERUNG DER NÄHRSTOFFSCHWANKUNGEN IN FLÜSSIGEN WIRTSCHAFTSDÜNGERN (RINDERGÜLLE UND GÄRRESTE) MITTELS NAHINFRAROTSPEKTROSKOPIE (NIR) SENSOREN AUF PRAXISBETRIEBEN	
Manuel Baur, Johannes Brockamp und Susanne Höcherl	260
IDENTIFIZIERUNG VON MANAGEMENTZONEN IM DAUERGRÜNLAND AUF BASIS VON ERTRAGSDATEN VON FELDHÄCKSLERN - EIN VERGLEICH VERSCHIEDENER BAYERISCHER STANDORTE	
Maria Schneider und Stefan Thurner.....	264
PIGSENS – ENTWICKLUNG EINES SENSORBASIERTEN MESSSYSTEMS ZUR ERMITTLUNG VON GERUCHSEMISSIONEN AUS DER SCHWEINEHALTUNG	
Michael Kropsch, Lukas Lackner, Gina Zeh, Michael Czerny, Patrik Aspermair, Eduard Zentner	269
VERGLEICH VON METHODEN ZUR ERMITTLUNG MOBILER NÄHRSTOFF UND METALLFRAKTIONEN VON BÖDEN UND KOMPOSTEN	
Manfred Sager und Marion Bonell.....	272

TORFERSATZ: ERFORSCHUNG DER POTENZIELLEN VERWENDUNG VON LAUBHOLZFASERN ALS TORFERSATZ IM GARTENBAU	
Bunlong Yim, Fokko Schütt, Dirk Behrens, Ute Katharina Vogler	278
TOPGA- ENTWICKLUNG UND BEWERTUNG VON TORFREDUZIERTEN PRODUKTIONSSYSTEMEN IM GARTENBAU	
Ute Vogler, Katharina Leiber-Sauheitl, Laura Lewerenz, Annmarie-Deetja Rohr	282
ÖKOBILANZIERUNG VON TORFERSATZSTOFFEN IN ÖSTERREICH	
Marilene Fuhrmann, Andrea Sonnleitner und Christoph Strasser	284
MECHANISCHE BEIKRAUTREGULIERUNG MIT EINEM HACKROBOTER IN MEHRJÄHRIGEN KRÄUTERKULTUREN	
Michael Haider und Franz Handler	289
BILANZIERUNG VON TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN IN DER ÖSTERREICHISCHEN AGRARWIRTSCHAFT: ANFORDERUNGEN UND PERSPEKTIVEN	
Patrick Falkensteiner	294
UMWELT- UND LEISTUNGSKENNZAHLEN FÜR DIE BEWERTUNG BEIM EINSATZ VON DIGITALEN TECHNOLOGIEN	
Markus Herndl, Ebrahim Keighobadi und Christian Fritz.....	297
VERBESSERUNG VON BESTEHENDEN BERATUNGSANGEBOTEN MITTELS DIGITALISIERUNG	
Fabian Poinstingl	302
FREILANDUNTERSUCHUNGEN ZUM EINFLUSS DER UNTERLAGSREBSORTEN `KOBER 5BB`, `FERCAL` UND `3309 COUDERC` AUF DIE GENERATIVE UND VEGETATIVE LEISTUNG UND DIE BLATTNÄHRSTOFFGEHALTE VON `RÁTHAY`	
Martin Mehofer, Bernhard Schmuckenschlager, Karel Hanak, Norbert Vitovec, Memish Braha, Thaci Cazim und Ingrid Hofstetter	308
ANALYSE DER BIODIVERSITÄT VON WELSCHRIESLING TYPEN UND KLONE	
Ferdinand Regner, Robert Hack, Mathias Reichl, Ingrid Hofstetter, Andreas Rockenbauer, Erich Ferschel, Andreas Endler	313
OBST INVENTUR & MONITORING - ERFASSUNG DER ÖSTERREICHISCHEN OBST-VIELFALT MITTELS GENETISCHER UND POMOLOGISCHER UNTERSUCHUNGEN	
Karin Silhavy-Richter, Martina Staples, Bernd Kajtna, Manuela Friedler, Helmut Hueber, Philipp Bodner, Elisabeth Arming	319
HERSTELLUNG VON FRUCHT-GEMÜSESÄFTEN	
Manfred Gössinger, Karl-Philipp Portele und Franz Jezek	323
REDUKTION DES BENTONITBEDARFS BEI WEIN UND OBSTWEIN MITTELS THERMISCHER BEHANDLUNG	
Manfred Gössinger, Teresa Maria Brandner und Christopher Ladislaus Szigeti	327
EINFLUSS DER ANSÄUERUNG MIT UNTERSCHIEDLICHEN SÄUREN AUF DIE SENSORISCHE QUALITÄT BEI DESTILLATEN	
Monika Graf, Driton Saljiu, Maurits Helwig, Tobias Fischl und Kathrin Rosker	331
EINFLUSS VON LAGERUNG UND TIEFKÜHLUNG AUF VERSCHIEDENE PARAMETER BEI KONFITÜREN UNTERSCHIEDLICHER HERKÜNFTE VON PRUNUS DOMESTICA SSP. INSITTIA (L.) POIRET	
Martina Staples, Magdalena Plattner und Mirjam Weißmann.....	334
ERFAHRUNGEN MIT UND ÜBERLEGUNGEN ZU (KLIMA-)RESILIENTEN ANBAUSYSTEMEN IM OBSTBAU	
Lothar Wurm	338
STREUOBST IN ÖSTERREICH – CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN	
Michael Krutzler.....	342

DIVMoSt: MONITORING VON STREUOBSTFLÄCHEN

Martina Staples, Peter Unglaub, Markus Milchram, Markus Immitzer, Franz Suppan, Francesco Vuolo, Christian Holler, Annette Bauer, Franz Rosner, Mirjam Weißmann, Karin Silhavy-Richter, Michael Krutzler, Julia Lanner, Martin Strausz, Isabella Weis, Samira Linhart, Eva Hinterbichler, Philipp Bodner, Eva Hengsberger, Eva Maria Schöll & Sophie Kratschmer 346

POSTER

URSACHENANALYSE UND OPTIMIERUNG DER MIKROBIOLOGISCHEN STABILITÄT VON GESLICHTER BRÜH- UND KOCHPÖKELWARE

Julia Lindenbauer, Gernot Zweytick¹ und Michael Stelzl² 353

UNTERSUCHUNGEN ZUR WIRKUNG VERSCHIEDENER KIESELGUR-SUSPENSIONEN AUF EIER UND NYMPHEN DER MARMORIERTEN BAUMWANZE, *HALYOMORPHA HALYS*

Martin Parth, Angelika Gruber, Martina Melchiori, Silvia Schmidt und Manfred Wolf 354

VEKTORENMONITORING IM GETREIDE – DEN BLATTLÄUSEN UND ZIKADEN AUF DER SPUR

Michaela Maresch, Stephan Manhalter 359

KOLONIE-PCR ZUR AMPLIFIKATION VON MOLEKULAREN MAKERN ZUR SEQUENZBASIERTEN DIFFERENZIERUNG VON PFLANZEN-ASSOZIIERTEN BAKTERIEN

Kim Antonia Drabe, Alice Chodura, Artemis Roumbou, Carmen Büttner, Martina Bandte, Susanne von Bargen 363

EINFLUSS VON KURZRASEN- ODER INTENSIVER KOPPELWEIDEHALTUNG VON MILCHKÜHEN AUF DIE MILCH-EINZELTIER- UND -FLÄCHENLEISTUNG

Steinwider Andreas, Ofner-Schröck Elfriede, Starz Walter, Rohrer Hannes und Huber Gregor 369

EINFLUSS DER KURZRASEN-AUFWUCHSHÖHE AUF DIE WEIDEOCHSENMAST OHNE KRAFTFUTTER

Steinwider Andreas, Starz Walter, Rohrer Hannes und Podstatzky Leopold 371

UNTERSUCHUNG VON CLOSTRIDIEN ZUR BEURTEILUNG DER FUTTERMITTELQUALITÄT VON GRASSILAGEN

Sonja Axmann, Julia Strassgüttl, Reinhard Resch, Ewald Kramer, Elisabeth Weidenholzer 373

LIEGE- UND WIEDERKAUVERHALTEN VON BIO-MILCHKÜHEN BEI KURZRASENWEIDE- ODER INTENSIVER KOPPELWEIDEHALTUNG

Steinwider Andreas, Ofner-Schröck Elfriede, Starz Walter, Rohrer Hannes, Huber Gregor, Fasching Christian und Schoiswohl Julia 378

VERÄNDERUNGEN IM ZEITLICHEN LIEGEVERHALTEN VON MILCHKÜHEN BEI STALL- UND KURZRASEN-VOLLWEIDEHALTUNG

Steinwider Andreas, Starz Walter, Schoiswohl Julia, Rohrer Hannes und Fasching Christian 380

EVALUIERUNG EINES BOLUSSENSORS ZUM ERFASSEN DER LIEGEDAUER BEI MILCHKÜHEN

Julia Schoiswohl, Magdalena Waldauer, Gregor Huber und Christian Fasching 382

OPTIMIERUNG VON JUNGVIEHSTÄLLEN ANHAND VON ACCELEROMETER-MESSUNGEN DES LIEGEVERHALTENS

Elfriede Ofner-Schröck, Thomas Guggenberger, Gregor Huber und Hannes Rohrer 385

WURZELKONKURRENZ VON AGROFORSTANLAGEN: SEITLICHE AUSBREITUNG DER WURZELN VON STEINWEICHSEL, VOGEL-KIRSCHEN UND FELD-ULME AUS EINER 20-JÄHRIGEN HECKE IN DIE ANGRENZENDE ACKERFLÄCHE

Dieter Haas, Eva Erhart, Theresa Köfinger, Marion Bonell und Wilfried Hartl 390

ANALYSE DER KONSERVIERUNG MITTELS TYNDALL-VERFAHREN IM VERGLEICH ZUR CHEMISCHEN KONSERVIERUNG AM BEISPIEL VON MAISSUPPE AUS ÜBERSCHÜSSIGEM MAISPÜREE

Amelie Hübner und Kathrin Heim 395

EINFLUSS VON KÜRBISKERNPRESSKUCHEN ALS TEILWEISER ERSATZ FÜR HARTWEIZENGRIEß AUF DIE KOCHZEIT UND DEN KOCHVERLUST VON FUSILLI	
Elena Neuner und Kathrin Heim	400
BODENGESUNDHEIT AUS DEM ALL: ACKERPFLANZENGESUNDHEIT ALS VERBINDENDES GLIED	
Eric Smit, Luca Giuliano Bernardini, Gernot Bodner und Emma Izquierdo-Verdiguier.....	405
WIE KANN MAN AM BESTEN DIE AGGREGATSTABILITÄT VON REGENWURMVERARBEITETEM BODEN MESSEN?	
Pia Euteneuer, K.R. Butt, H. Wagentristsl, M. Mayerová, M. Fér.....	410
SOILRISE - WIE CITIZEN SCIENCE ZUR IDENTIFIZIERUNG WICHTIGER FAKTOREN DER REGENWURMBIODIVERSITÄT BEITRAGEN KANN	
Laura Sturm, Johann Zaller und Pia Euteneuer	415
EIN BLICK IN DEN BODEN: FELDBASIERTE EVALUIERUNGSMETHODEN FÜR AUFBAUENDES BODENMANAGEMENT	
Martin Franziska Weinrich, Christoph Rosinger, Gernot Bodner und Katharina Keiblinger.....	419
GIS-GESTÜTZTE IDENTIFIKATION POTENZIELLER ENTWÄSSERUNGSFLÄCHEN IN NÖ	
Katharina Fischer, Irene Schwaighofer, Thomas Brunner, Abobakr Hussin, Peter Strauss und Thomas Weninger	423
PFLANZLICHE KOHLENSTOFFEINTRÄGE: DIE DUNKLE SEITE DER KOHLENSTOFFMODELLIERUNG	
Luca Giuliano Bernardini, Christoph Rosinger, Pia Euteneuer und Reinhard Neugschwandner	427
LIFE VINEADAPT: ANLAGE UND PFLEGE VON BLÜHSTREIFEN IM WEIN- UND OBSTBAU ZUR FÖRDERUNG DER ARTENVIELFALT UND ZUR KLIMAWANDELANPASSUNG (LIFE19 CCA/DE/001224)	
Katharina Gassner-Speckmoser, Wilhelm Graiss, Bernhard Krautzer und Lukas Gaier.....	431
FORTSCHRITTE IN DER NACHHALTIGEN LANDWIRTSCHAFT: DER EINSATZ VON STATIONÄREN APPLIKATIONSSYSTEMEN IM OBST- UND WEINBAU	
M. Baraldo, U. Spitaler.....	436
KENNZAHLENGESTÜTZTES BETRIEBSMANAGEMENT ZUR FÖRDERUNG NACHHALTIGER LANDWIRTSCHAFT	
Eva-Maria Peter und Christian Fritz.....	439
VORKOMMEN KÄLTETOLERANTER CLOSTRIDIEN, VERDERBSERREGER VON FLEISCH, IN RINDERBETRIEBEN IN ÖSTERREICH	
Samart Dorn-In, Vanessa Zand, Joachim Angerer, Kahraman Özbek, Cassandra Eibl und Karin Schwaiger	442

**ALVA-
FORSCHUNGSPREIS**



ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-, VETERINÄR-
UND AGRARWESEN

Der erweiterte Vorstand der
Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen
hat in seiner Sitzung vom 11. März 2025 beschlossen

Frau Dr. Azra MUSTEDANAGIC, M.Sc.

den

ALVA-Forschungspreis 2025

zu verleihen.

Der Vorstand der ALVA bekundet Ihnen hiermit, sehr geehrte
Frau Dr. Azra Mustedanagic, M.Sc.,
eine hervorragende Dissertation abgefasst zu haben, die jene
Fachgebiete betrifft, die von der ALVA vertreten und bearbeitet
werden und daher für die weitere wissenschaftliche Arbeit
innerhalb der ALVA von großer Bedeutung ist.

Raumberg-Gumpenstein, am 26. Mai 2025

Mag. Astrid PLENK
Präsidentin

Dr. Elisabeth VARGA
Vizepräsidentin

Dipl.-Ing. Martin ROGENHOFER
Geschäftsführer

Lebensmittelqualität und Lebensmittelsicherheit bei der Verarbeitung von Fleischprodukten

Food quality and food safety aspects during meat product processing

Azra Mustedanagic¹, Beatrix Stessl² und Martin Wagner²

Einleitung

Die Hauptbedenken hinsichtlich der Sicherheit und Qualität von Fleisch betreffen vor allem bakterielle Krankheitserreger und Verunreinigungen, die während des Herstellungsprozesses entstehen können. Diese ergeben sich aus der hohen Anfälligkeit von Fleischprodukten für Kontaminationen und ihrer begrenzten Haltbarkeit. Die Untersuchung der mikrobiellen Qualität und Sicherheit von Fleisch ist von zentraler Bedeutung – sowohl für den Schutz der menschlichen und tierischen Gesundheit als auch für die Sicherstellung der Lebensmittelsicherheit und die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben entlang der gesamten Fleischproduktionskette. Die vorliegende Forschungsarbeit konzentrierte sich auf zwei zentrale Bereiche, die maßgeblich zur Fleischsicherheit und -qualität beitragen: die Primärproduktion von Geflügel sowie die Herstellung von verzehrfertigem (ready-to-eat, RTE) Kochschinken.

Material und Methoden

Diese Arbeit verwendete kulturbasierte mikrobiologische Untersuchungsmethoden in Kombination mit molekular biologischen Methoden, um die Hygiene in der Geflügelproduktion und bei der Herstellung von gekochtem Schinken zu bewerten.

Bewertung der mikrobiellen Qualität von Geflügeltrinkwasser bei Geflügelbetrieben in Österreich:

Zur Bewertung der mikrobiellen Belastung von Geflügeltrinkwasser wurden Wasserproben vor und nach der Reinigung der Leitungen untersucht. Dabei kamen zwei unterschiedliche Reinigungsverfahren zur Anwendung: eine rein chemische Behandlung (T1) mit 4,0 ppm Chlordioxid (ClO₂) sowie eine kombinierte chemisch-mechanische Methode (T2) mit 4,0 ppm aktivem ClO₂, 3,0 % Peressigsäure und anschließender Spülung der Leitungen mittels Hochdruckluft. Die mikrobiologische Analyse erfolgte gemäß ISO-Referenzmethoden zur Bestimmung aerober mesophiler Keime (AMC), *Enterobacteriaceae* (EB) und *Pseudomonadaceae* (PS). Insgesamt wurden Proben aus 14 Geflügelbetrieben in Österreich untersucht, die unterschiedliche Wasserquellen (öffentlich oder privat) nutzten. Zusätzlich wurde das Vorkommen von *Campylobacter* spp. erfasst. Häufig isolierte Bakterien wurden anhand partieller 16S rDNA Sequenzierung identifiziert und auf Antibiotikaresistenzmuster geprüft.

Charakterisierung von *Leuconostoc (Leuc.) carnosum* und *Lactobacillus (Lb.) sakei* bei der Verarbeitung von gekochtem Schinken:

Zur Untersuchung der mikrobiellen Stabilität von gekochtem, vakuumverpacktem RTE-Schinken wurde das Produkt während der gesamten Haltbarkeitsdauer bei Kühlung (4 °C) mikrobiologisch überwacht. Die Analyse umfasste die kontinuierliche Bestimmung aerober mesophiler Keime (AMC) und Milchsäurebakterien (LAB) gemäß ISO-Referenzmethoden, bis die zulässige Obergrenze von 7,4 log₁₀ KBE/g überschritten wurde. Darüber hinaus wurde der Einfluss spezifischer Starterkulturen in der Salzlake (*Staphylococcus carnosus*, *Kocuria salsicia* und *Lb. sakei*) auf die Haltbarkeit des Produkts untersucht. Rohfleisch- und Umweltproben wurden in verschiedenen Produktionsphasen entnommen und auf LAB hin analysiert. Die am häufigsten isolierten LAB, insbesondere *Leuc. carnosum* und *Lb. sakei*, wurden aus unterschiedlichen Isolationsquellen (Rohmaterial, Produktionsumgebung und Endprodukt) auf Stammebene mittels Pulsed Field Gel Electrophoresis (PFGE) typisiert. Anschließend erfolgte für die häufigsten PFGE-Typen eine Charakterisierung der Kohlenhydratverwertung sowie der enzymatischen Aktivität.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung lieferte wertvolle Erkenntnisse über mikrobielle Kontaminationsquellen in der Geflügelproduktion sowie bei der Herstellung von vakuumverpacktem Kochschinken in österreichischen

Betrieben. Durch den Einsatz kulturbasierter Verfahren und molekularbiologischer Identifikation konnten wesentliche Mikroorganismen entlang der Produktionskette identifiziert und deren Vorkommen eingeordnet werden.

Die in den Geflügelwasserproben ermittelten Gesamtkeimzahlen lagen häufig über dem empfohlenen Grenzwert von $4,0 \log_{10}$ KBE/ml, was auf eine mikrobielle Belastung der Tränkwassersysteme hinweist (MAHARJAN et al., 2017; MAES et al., 2019). Dabei wurden vor allem Biofilm-bildende Mikroorganismen wie *Pseudomonas* spp., *Stenotrophomonas* spp., und *Ochrobactrum* spp. identifiziert, die für ihre Persistenz in Geflügeltrinkwassersystemen bekannt sind (MAES et al., 2019). Solche Biofilme können sich trotz regelmäßiger Reinigung und Desinfektion stabil halten und dienen als Reservoir für opportunistische Bakterien (FALKINHAM et al., 2015). Der Nachweis von *Campylobacter jejuni* in einer Geflügeltrinkwasserprobe vor der Reinigung unterstreicht das potenzielle Risiko einer Übertragung über das Trinkwasser (HANNING et al., 2008, SAHIN et al., 2002). Auch wenn *Campylobacter* spp. im Wasser nur eine geringe Überlebensfähigkeit aufweist (MAGAJNA et al., 2015), verdeutlichen die Ergebnisse die Notwendigkeit einer mikrobiologischen Überwachung der Tränkwasserqualität in der Geflügelproduktion.

In der Kochschinkenproduktion zeigte sich, dass milchsäurebildende Bakterien, insbesondere *Leuc. carnosum* und *Lb. sakei*, eine zentrale Rolle bei der mikrobiellen Entwicklung während der Lagerung bei 4 °C spielen. Der mikrobiologische Grenzwert von $4,7 \log_{10}$ KBE/g wurde je nach Charge zwischen Tag 11 und Tag 20 überschritten. Die Haltbarkeit vakuumverpackter Kochsschinkens wird somit primär durch das Wachstum von LAB begrenzt, da Verpackung und Kühlung einen Selektionsdruck zugunsten psychropher, anaerober Bakterien ausüben (POTHAKOS et al., 2015). Obwohl das Kochen bei 72 °C für 60 Minuten eine wirksame Reduktion der Bakterienzahl bewirkt, können sublethal geschädigte LAB während der Lagerung wieder auskeimen (VESELÁ et al., 2022). Sensorische Veränderungen wurden kaum beobachtet, mit Ausnahme eines pH-Abfalls in einzelnen Proben. *Leuc. carnosum* und *Lb. sakei* wurden sowohl im Endprodukt als auch im Rohmaterial und der Produktionsumgebung vor und nach dem Kochprozess nachgewiesen. Die PFGE-Typisierung zeigte, dass bestimmte Typen, etwa Leuc 3 und 4 sowie Sakei 3 und 4, wiederholt im Rohstoff und der Umgebung vorkamen, was auf eine Rekontamination nach dem Kochen hinweist. Unterschiede in der Kohlenhydratverwertung zwischen Isolaten derselben Art deuten zudem auf eine spezifische Anpassung einzelner PFGE-Typen an die Produktionsumgebung hin (POTHAKOS et al., 2015). Die Ergebnisse zeigen, dass nicht allein der Keimzahl für die Haltbarkeit entscheidend ist, sondern auch die spezifische metabolische Aktivität einzelner LAB-Stämme einen wesentlichen Einfluss auf Verderb und sensorische Qualität von Kochschinken hat.

Zusammenfassung

Die Arbeit untersucht die mikrobiologische Hygiene in der Geflügelproduktion und bei der Herstellung von gekochtem Schinken, wobei bakterielle Kontaminationen als Hauptproblem für Sicherheit und Qualität von Fleischprodukten identifiziert werden. Analysen des Geflügeltrinkwassers zeigten unzureichende Reinigung der Wasserleitungen und eine hohe Belastung mit potenziell opportunistische Bakterien wie *Pseudomonas* spp., *Stenotrophomonas* spp. und *Ochrobactrum* spp. *Campylobacter jejuni* wurde vor der Reinigung der Wasserleitungen nachgewiesen. Bei der Schinkenproduktion wurden Milchsäurebakterien, insbesondere *Leuconostoc carnosum* und *Lactobacillus sakei*, als Hauptakteure des mikrobiellen Wachstums während der Lagerung identifiziert, ohne dass sichtbare Verderbsanzeichen auftraten. Analysen bestätigten, dass dominierende Stämme sowohl im Rohfleisch als auch in der Verarbeitungsumgebung vorkommen, was auf mögliche Rekontaminationen hinweist. Die Ergebnisse liefern wichtige Ansätze zur Verbesserung der Wasseraufbereitung und der Verarbeitung von Kochschinken und unterstützen damit die Minimierung mikrobieller Kontaminationen in der Lebensmittelproduktion.

Abstract

The study investigated microbial contamination risks in meat production, focusing on primary poultry production and cooked ham processing using culture-based methods. It revealed inadequate waterline sanitation on poultry farms, resulting in high microbial loads and opportunistic pathogens such as *Pseudomonas* spp., *Stenotrophomonas* spp., and *Ochrobactrum* spp., which pose health risks. *Campylobacter*

jejuni was detected in a single water sample collected before waterline cleaning. In cooked ham processing, lactic acid bacteria, especially *Leuconostoc carnosum* and *Latilactobacillus sakei*, were identified as key contributors limiting shelf life, despite no visible spoilage. Strain-level analysis showed these bacteria originated from raw meat and recontamination in the post-cooking environment. The findings have informed improved hygiene practices in poultry farms and ham processing, enhancing microbial control across meat production chains.

Literatur

- MAHARJAN et al. (2017): Effects of chlorine and hydrogen peroxide sanitation in low bacterial content water on biofilm formation model of poultry brooding house waterlines. *Poult Sci.* 96:2145–50. doi: 10.3382/PS/PEX009
- MAES et al. (2019): Occurrence and characterisation of biofilms in drinking water systems of broiler houses. *BMC Microbiol.* 19:77–15. doi: 10.1186/s12866-019-1451-5
- FALKINHAM et al., 2015 Opportunistic premise plumbing pathogens: increasingly important pathogens in drinking water. *Pathogens.* 4:373–86. doi: 10.3390/pathogens4020373
- HANNING et al., 2008: *Campylobacter jejuni* as a secondary colonizer of poultry biofilms. *J Appl Microbiol.* (2008) 105:1199–208. doi: 10.1111/j.1365-2672.2008.03853.x
- SAHIN et al., 2002: *Campylobacter* colonization in poultry: sources of infection and modes of transmission. *Anim Health Res Rev.* 3:95–105. doi: 10.1079/ahrr200244
- MAGAJNA et al., 2015: *Campylobacter jejuni* biofilm cells become viable but non-culturable (VBNC) in low nutrient conditions at 4°C more quickly than their planktonic counterparts. *Food Control.* 50:45–50. doi: 10.1016/j.foodcont.2014.08.022
- POTHAKOS et al., 2015: Lactic acid bacteria and their controversial role in fresh meat spoilage. *Meat Sci.*, 109, 66–74.
- VESELÁ et al., 2022: The Pork Meat or the Environment of the Production Facility? The Effect of Individual Technological Steps on the Bacterial Contamination in Cooked Hams. *Microorganisms*, 10, 1106.

Adressen der Autoren

¹ FFoQSI GmbH - Österreichisches Kompetenzzentrum für Futter- und Lebensmittelqualität, -sicherheit und -innovation, 3430 Tulln, Österreich

² Institut für Lebensmittelmikrobiologie, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften und Öffentliches Veterinärwesen, Klinische Abteilung für Nutztiere und Lebensmittelsicherheit, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, A-2110 Wien, Österreich

* Ansprechpartner: Beatrix Stessl, Beatrix.Stessl@vetmeduni.ac.at

ALVA-FÖRDERPREIS



ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-, VETERINÄR-
UND AGRARWESEN

Der erweiterte Vorstand der
Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen
hat in seiner Sitzung vom 11. März 2025 beschlossen

Frau MA Julia LINDENBAUER, BSc.

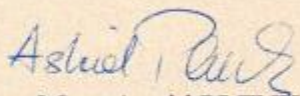
den

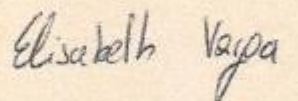
ALVA-Förderpreis 2025

zu verleihen.

Der Vorstand der ALVA bekundet Ihnen hiermit, sehr geehrte
Frau MA Julia Lindenbauer, BSc.,
eine hervorragende Masterarbeit abgefasst zu haben, die jene
Fachgebiete betrifft, die von der ALVA vertreten und bearbeitet
werden und daher für die weitere wissenschaftliche Arbeit
innerhalb der ALVA von großer Bedeutung ist.

Raumberg-Gumpenstein, am 26. Mai 2025


Mag. Astrid PLENK
Präsidentin


Dr. Elisabeth VARGA
Vizepräsidentin


Dipl.-Ing. Martin ROGENHOFER
Geschäftsführer

Ursachenanalyse und Optimierung der mikrobiologischen Stabilität von gesLICter Brüh- und Kochpökelware

Root cause analysis and optimization of the microbiological stability of sliced boiled and cooked cured products

Julia Lindenbauer^{1*}, Gernot Zweytick¹ und Michael Stelzl²

Einleitung

Milchsäurebakterien (LAB) gelten als Hauptverursacher des mikrobiellen Verderbs von Fleisch- und Fleischprodukten, wobei besonders die Bildung von Schleim auf vakuumierter bzw. unter MAP-verpackter gesLICter Brüh- und Kochpökelware die Fleischindustrie bereits über Jahre hinweg beschäftigt (KHORSANDI et al. 2019). Dieser mikrobielle Verderb beeinträchtigt sowohl die Qualität als auch die Haltbarkeit der Produkte, was sich in weiterer Folge negativ auf die Kundenzufriedenheit auswirkt und zu einem großen finanziellen und ökologischen Verlust führt (MÄKELÄ et al. 1992).

Die Eintragungsquellen und Kontaminationswege der Verderbniserreger sind in der Regel sehr komplex sowie von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich und daher schwer nachzuverfolgen. Dies erschwert die Überwachung sowie die Erarbeitung von gezielten Lösungen zur Keimreduktion bzw. -abtötung (KORKEALA und BJÖRKROTH 1997).

Bisherige Forschungen zum mikrobiellen Verderb von Fleisch und Fleischerzeugnissen durch Milchsäurebakterien beschäftigen sich hauptsächlich mit der Identifikation der Keime, potenziellen Kontaminationsquellen und allgemeinen Lösungsvorschlägen. Es fehlen spezifische Lösungen bzw. Konzepte, die sich umfassend und noch gezielter mit der Optimierung von Prozessbedingungen beschäftigen. Durch die betriebsspezifische Betrachtung sowie Erarbeitung von Optimierungspotentialen im Zuge dieser Forschungsarbeit, konnten spezifische Schritte gesetzt werden, die die mikrobiologische Stabilität von gesLICter Brüh- und Kochpökelware konkret im betrachteten Betrieb verbessert haben.

Material und Methoden

Um gezielte Lösungen zur Verringerung des mikrobiellen Verderbs, für den in der vorliegenden Forschungsarbeit betrachteten Fleischereibetrieb erarbeiten zu können, wurden neben einer IST-Analyse des Herstellungsprozesses sowie einer Auswertung von Rückstellmustern, verschiedene mikrobiologische Untersuchungen durchgeführt.

IST-Analyse des Herstellungsprozesses: Es wurde ein Fließschema erstellt, das vereinfacht die Herstellungsschritte der gesLICten Brüh- und Kochpökelware darstellen sollte. Kritische Prozessfaktoren, welche auf Basis der Literaturrecherche beschrieben wurden, wie u.a. das Schneiden der Produkte, wurden mit einem roten Symbol gekennzeichnet und in der weiteren Vorgehensweise berücksichtigt.

Auswertung von Rückstellmustern: Rückstellproben wurden über einen Betrachtungszeitraum von drei Monaten, anhand folgender Parameter ausgewertet:

- Optische Prüfung und Bewertung auf einer numerischen Skala von null bis fünf, wobei null keine sensorische Abweichung und fünf stark verschleimte bzw. die gesamte Schnittfläche betreffende Verschleimung, bedeutet.
- Messung CO₂ und O₂ in Prozent mittels Oxybaby-Messgerätes
- Auswertung der Häufigkeit von Produkten mit und ohne sensorische Abweichung

Mikrobiologische Analysen: Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden sowohl Produktproben als auch Proben aus der Prozessumgebung in das Labor eingesendet und die Gesamtkeimzahl, Milchsäurebakterien und heterofermentative Milchsäurebakterien und Luftkeimzahl mittels EN ISO 4833-2, ISO 15214, MRS Agar (30 °C/30d) und SOP U003 bestimmt. Die Identifizierung und Typisierung der Milchsäurebakterien erfolgte mittels der 16s/18s/ITS Methode.

Die mikrobiologischen Analysen wurden parallel zur IST-Analyse und Auswertung der Rückstellmuster durchgeführt. Zu Beginn wurden Produkte, die eine sensorische Abweichung bzw. eine sichtbare Schleimbildung aufwiesen, im Labor analysiert, um festzustellen, ob, eine Kontamination mit heterofermentativen Milchsäurebakterien vorliegt, die gemäß den Erkenntnissen aus der Literatur für den mikrobiellen Verderb der gesLICten Brüh- und Kochpökelware verantwortlich sind.

Des Weiteren erfolgte eine Probennahme von Anlagenteilen, Bändern und Messern in der Slicerumgebung, um eine Kontamination durch die Slicerumgebung feststellen bzw. ausschließen zu können. Ebenfalls wurden Stangen in Originalverpackung nach dem Kochen bei 72 °C für 20 min im Labor untersucht, um zu überprüfen, ob bereits eine Primärkontamination der Produkte vorliegt.

Beruhend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen dieser ersten Reihe an mikrobiologischen Analysen wurden weitere Untersuchungen durchgeführt.

Da insbesondere Produkte mit Fleisch- bzw. Gemüseeinlage von der Kontamination mit LAB betroffen waren, wurden in weiterer Folge Wischtupferproben von den Gemüseschleudern, dem Dosenöffner und auch von der Anlage in der das Sauergemüse sowie die Fleischeinlage in Stücke geschnitten wird, durchgeführt. Ebenso erfolgte eine Probennahme des Auspackplatzes der gekochten Brühwürste bzw. Schinken, da sich dieser in unmittelbarer Nähe zur Selch befindet.

Darüber hinaus wurden auch Handschuhe, die während der Arbeit beim Auspacken von Schinken und während des Slicens von den Mitarbeitern verwendet wurden, mikrobiologisch untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der Rückstellmuster zeigte, dass insbesondere Produkte mit Gemüse- und Fleischeinlage von einer Kontamination mit Milchsäurebakterien betroffen sind. Auch die eingesendeten Produktproben bestätigten den Verdacht. Mittels der Next Generation Sequenzierung (NGS) konnten drei dominierende Stämme, *Leuconostoc carnosum*, *Weissella viridescens* und *Carnobacterium* für die Kontamination und Schleimbildung auf den geslicten Brüh- und Kochpökelwaren identifiziert werden.

Das Schneiden der Gemüse- und Fleischeinlage sowie der Auspackplatz der gekochten Schinken, welcher sich in unmittelbarer Nähe zur Selch befindet und auch die Slicerumgebung zeigten ebenso eine hohe Verkeimung mit LAB. Darüber hinaus konnten thermostabile LAB den Kochvorgang bei 72 °C überleben, was unter anderem auf das Phänomen des Kreuzschutzes von Bakterien zurückzuführen sein könnte (YANG et al. 2021).

Anhand dieser Ergebnisse konnte ein eindeutiger Kontaminationsweg, wie in Abbildung 1 dargestellt, identifiziert werden.

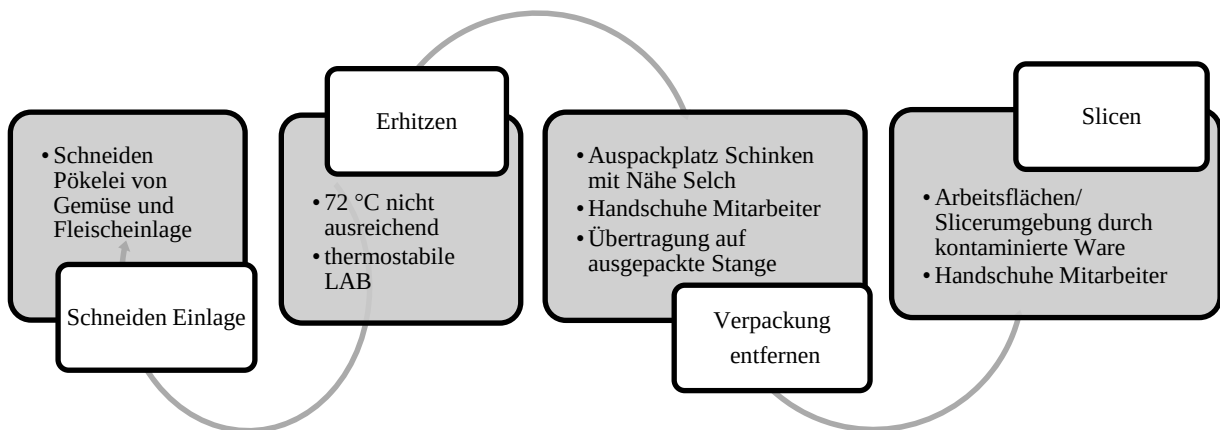


Abbildung 1: Grafische Darstellung des identifizierten Kontaminationsweges von LAB beginnend mit dem Schneiden der Einlage bis hin zur Kontamination der Slicerumgebung.

Durch Adaptieren der Produktreihenfolge während des Slicens sowie durch Setzen zusätzlicher Reinigungsschritte bei dem Gemüseschneider sowie der Gemüseschleudern konnte die mikrobiologische Stabilität verbessert werden.

Eine Sanierung mittels Quaternären Ammoniumverbindungen (QAV) im Bereich der Slicerumgebung konnte ebenfalls eine deutliche Keimreduktion bewirken.

Die Primärkontamination der Stangen konnte durch Erhitzen der Stangen auf 85 °C Kerntemperatur für 20 min effektiv ausgeschlossen werden.

Zusammenfassung

Diese Studie beschäftigt sich mit der Ursachenanalyse und Optimierung der mikrobiologischen Stabilität von gesLICter Brüh- und Kochpökelware. Besonders die Bildung von Schleim auf gesLICter Brüh- und Kochpökelware durch Milchsäurebakterien bereitet den Fleischereibetrieben, aufgrund des Qualitäts-, sowie wirtschaftlichen Verlustes, große Probleme. Ziel der Arbeit war es, den bzw. die verantwortlichen Keime für den mikrobiellen Verderb sowie potentielle Kontaminationsquellen zu identifizieren und Prozessschritte zu optimieren, um dadurch eine Keimreduktion zu bewirken.

Aufgrund der Erkenntnisse und Ergebnisse der mikrobiologischen Analysen konnte ein eindeutiger Kontaminationsweg festgestellt werden. Insbesondere das Schneiden der Gemüse- und Fleischeinlage sowie ein Auspackplatz, der sich in unmittelbarer Nähe zur Selch befindet, spielen einen wesentlichen Faktor bei der Kontamination mit Milchsäurebakterien. Durch die Sanierung mit QAV und durch Setzen gezielter Maßnahmen, wie zusätzlichen Reinigungsschritten und Adaptierung der Produktreihenfolge konnte eine Keimreduktion bzw. Verbesserung der mikrobiologischen Stabilität der Produkte erreicht werden. Weitere Maßnahmen, wie die räumliche Änderung des Auspackplatzes oder auch die Bestimmung der heterofermentativen Milchsäurebakterien für Brüh- und Kochpökelware als zusätzlicher Indikator für die Einhaltung einer guten Hygiene- und Herstellungspraxis sowie zukünftige Forschungen zum Verhalten von LAB könnten die mikrobiologische Stabilität von gesLICter Brüh- und Kochpökelware weiter verbessern.

Abstract

This study deals with the root cause analysis and optimization of the microbiological stability of sliced boiled and cooked cured products. In particular, the formation of slime on sliced boiled and cooked cured products caused by lactic acid bacteria is a major problem for butchers due to the loss of quality and economic loss. The aim of the work was to identify the germ(s) responsible for microbial spoilage as well as potential sources of contamination and to optimize process steps in order to achieve a reduction in germs.

Based on the findings and results of the microbiological analyses, a clear contamination pathway was identified. In particular, the cutting of the vegetable and meat inserts and an unpacking area in the immediate surroundings of the smoked meat play a significant role in the contamination with lactic acid bacteria. By sanitizing with quaternary ammonium compounds (QAC) and taking targeted measures, such as additional cleaning steps and adapting the product sequence, it was possible to achieve a reduction in bacteria and an improvement in the microbiological stability of the products.

Further measures, such as the change in the location of the unpacking area or the determination of heterofermentative lactic acid bacteria for boiled and cooked cured products as an additional indicator of compliance with good hygiene and production practices, as well as future research into the behavior of LAB could further improve the microbiological stability of sliced boiled and cooked cured products.

Danksagung

Ein besonderer Dank gebührt dem Betriebsleiter sowie QM-Leiter des Unternehmens, die mir dieses Projekt anvertraut und umsetzen lassen haben.

Des Weiteren möchte ich mich beim Team des Institut Hygienicum bedanken, die die mikrobiologischen Analysen durchgeführt haben.

Im Zuge dessen möchte ich mich auch beim Institutsleiter Herrn Mag. Dr. Michael Stelzl bedanken, der das Projekt persönlich mitbetreut hat und mit seiner fachlichen Expertise stets beratend zur Seite stand.

Literatur

KHORSANDI, AZITA; ESKANDARI, MOHAMMAD HADI; AMINLARI, MAHMOUD; SHEKARFOROUSH, SEYED SHAHRAM; GOLMAKANI, MOHAMMAD TAGHI (2019): Shelf-life extension of vacuum packed emulsion-type sausage using combination of natural antimicrobials. In: Food Control 104, S. 139–146. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.04.040

MÄKELÄ, P M; KORKEALA, H J; LAINE, J J (1992): Survival of ropy slime-producing lactic acid bacteria in heat processes used in the meat industry. In: Meat Science 31 (4), S. 463– 471. DOI: 10.1016/0309-1740(92)90028-3

KORKEALA, HANNU J; BJÖRKROTH, K JOHANNA (1997): Microbiological Spoilage and Contamination of Vacuum-Packaged Cooked Sausages. In: Journal of food protection 60 (6), S. 724–731. DOI: 10.4315/0362-028X-60.6.724

YANG, HUAN; HE, MUWEN; WU, CHONGDE (2021): Cross protection of lactic acid bacteria during environmental stresses: Stress responses and underlying mechanisms. In: LWT 144, S. 111203. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111203

Adressen der Autoren

¹FHWN Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, A-3250 Wieselburg

²HYGIENICUM GmbH Institut für Lebensmittelsicherheit und Hygiene,
Robert-Viertl-Straße 7, A-8055 Graz

* Ansprechpartner: Julia LINDENBAUER BSc MA, julialindenbauer99@gmail.com

PLENARVORTRÄGE

Zukunftsfähiges Grünland – Herausforderungen und Perspektiven

Sustainable grassland – challenges and prospects

Bernhard Krautzer*, Andreas Klingler und Lukas Gaier

Einleitung

Grünlandflächen nehmen in Österreich mit etwa 70 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche eine zentrale Rolle ein und erfüllen eine Vielzahl an Funktionen, die weit über die Futterbereitstellung für Wiederkäuer hinausgehen. Neben der Produktion von Raufutter liefern sie wesentliche Ökosystemleistungen: Biodiversität, Trinkwasserschutz, Wasserrückhalt, Kohlenstoffbindung, Erosionsschutz sowie landschaftsökologische und kulturelle Werte. Besonders das Grünland in Bergregionen ist durch topografische Heterogenität, begrenzte Vegetationsperioden und erschwerte Bewirtschaftungsbedingungen geprägt. Gleichzeitig ist es sensibel gegenüber klimatischen Veränderungen, die sich in diesen Regionen überdurchschnittlich stark manifestieren.

Der Klimawandel verändert die Produktionsgrundlagen der Grünlandflächen erheblich. Längere Vegetationszeiten, häufigere Trockenperioden und Extremwetterereignisse erhöhen die Schwankungen in Ertrag und Futterqualität. Was für Strategien zur Erhaltung und Weiterentwicklung eines resilienten Grünlandsystems bieten sich an und was kann die Forschung dazu beitragen?

Material und Methoden

Die Grundlage der nachstehenden Überlegungen bilden mehrjährige Monitoringdaten der GeoSphere Austria, Versuchsergebnisse aus Projekten der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (u. a. SEEDMIX, DW-NET, ClimGrass, SatGrass), sowie Literaturanalysen zum Thema Klimawandel, Grünlandökologie und Pflanzenzüchtung. Zusätzlich flossen Ergebnisse europäischer Studien zu Vegetationsphänologie (FILIPPA et al., 2019), Wurzelentwicklung (MILAZZO et al., 2023) und Bestandesstabilität (Zhao et al., 2020) sowie der Situation des Begrünlands in Mitteleuropa (PERATONER et al., 2023) ein.

Herausforderungen für die Grünlandwirtschaft

Klimawandel

Die Auswirkungen des Klimawandels sind im Grünland bereits heute sichtbar und betreffen alle Regionen Österreichs. Besonders sensibel reagieren Grünlandstandorte in inneralpinen Trockentälern sowie im Osten und Südosten des Landes. Studien zeigen einen Trend zu verfrühtem Vegetationsbeginn sowie zu vermehrten Trockenphasen und Starkregenereignissen (IPCC, 2022; TRNKA et al., 2011).

Das Forschungsprojekt 'ClimGrass' ermöglicht unter realitätsnahen Bedingungen die Untersuchung der Auswirkungen von Temperatur, CO₂-Gehalt und Dürre auf Grünland. Ergebnisse zeigen signifikante Ertragsreduktionen bei extremer Trockenheit, während Rohproteingehalte in der Regel nicht signifikant beeinflusst werden. (STRAUSS et al., 2020, (SCHAUMBERGER et al., 2022). Besonders kritisch ist dabei die Versorgung der Pflanzen mit Bodenfeuchte, sie entscheidet maßgeblich über den Ertrag (RESCH et al., 2023).

Die botanische Zusammensetzung reagiert spürbar auf diese Veränderungen mit einem Artenwandel hin zu trockenresistenten Pflanzenbeständen. Der Anteil empfindlicher Arten, vor allem wertvoller Futtergräser, nimmt ab. Trockenheitstolerante Arten (z. B. *Festuca arundinacea*, *Festulolium*, *Dactylis glomerata*) sowie tiefwurzelnde Leguminosen (z. B. *Trifolium pratense*, *Medicago sativa*) aber auch geeignete Futterkräuter (*Plantago lanceolata*, *Cichorium intybus*) gewinnen an Bedeutung (KRAUTZER und GAIER, 2024, GAIER, 2024). Damit steigen auch die Anforderungen an die Produktionssicherheit. Eine fehlende Anpassung der Grünlandbewirtschaftung an diese Veränderungen gefährdet langfristig die Rentabilität der Betriebe.

Zusätzlich wirken sich milde Winter auf die Populationsdynamik von Schadorganismen wie Engerlingen und pilzlichen Krankheitserregern (z. B. *Colletotrichum*, Rostpilze) negativ aus. Die Folge ist ein Verlust an Futterqualität, Dichte und Persistenz des Bestandes, was wiederum eine Verringerung der Erträge in Folgejahren nach sich zieht.

Biodiversitätsverlust

Extensive, ein- bis zweischichtige Grünlandflächen weisen unter den Pflanzengesellschaften die höchste floristische Biodiversität auf, gehören zu den ökologisch wertvollsten Flächen unserer Kulturlandschaft und waren früher regelmäßig in allen Landesteilen und Naturräumen Österreichs zu finden. Diese artenreichen Wiesen und Weiden erfüllen zusätzlich auch wichtige Ökosystemfunktionen. In den letzten 60 Jahren kam es zu einem eklatanten Verlust solcher Grünlandflächen. Durch Aufforstung, Intensivierung, Versiegelung aber auch dem Klimawandel gingen mehr als 850.000 ha verloren (GRÜNER BERICHT 2024). In diesem Zusammenhang wird immer mehr von einer Biodiversitätskrise gesprochen (HILGERS und ULRICH, 2020). Ohne gezielte Gegenmaßnahmen droht der Verlust ökologischer Stabilität und wesentlicher Ökosystemleistungen wie Bestäubung, Bodenfruchtbarkeit und Resilienz gegenüber Extremwetter.

Marktdruck und Strukturwandel

Der zunehmende Marktdruck zwingt viele Grünlandbetriebe in Österreich zu höherer Effizienz und Spezialisierung, was oft zulasten extensiver, biodiversitätsreicher Flächen geht. Kleine, familiengeführte Betriebe geraten gegenüber großen, technisierten Einheiten ins Hintertreffen. Gleichzeitig führt der Strukturwandel zu einem Rückgang der Rinderhaltung und zur Aufgabe steiler oder schwer mechanisierbarer Flächen. Dadurch nimmt die Pflege traditioneller Kulturlandschaften ab, und wichtige ökologische Funktionen des Grünlands gehen verloren. Ohne gezielte Förderung regionaler Wertschöpfung und multifunktionaler Leistungen droht eine Verarmung sowohl der Landschaft als auch der ländlichen Wirtschaftsstruktur (ROSENKRANZ et al. 2019).

Strategien für ein zukunftsfähiges Grünland

Züchtung und Sortenwesen

Die Pflanzenzüchtung spielt eine zentrale Rolle bei der Anpassung des Grünlands an neue klimatische Bedingungen. Genomische Selektion, Polyploidisierung und gezielte Hybridisierung (z. B. *Festulolium*) erweitern das Spektrum nutzbarer Arten und Sorten. Zukünftig werden Sorteneigenschaften nicht nur auf Ertrag und Futterwert hin optimiert werden, sondern auch auf Kriterien wie Wurzelsystemfunktionalität, Trockenheitsresistenz oder auch Schnittverträglichkeit unter Stressbedingungen. Die züchterische Verbesserung der Resistenzen gegen klimawandelbedingte Pflanzenkrankheiten wird die Resilienz von Grünlandbeständen weiter verbessern (KRAUTZER et al. 2023).

In der Sortenwertprüfung bringt der künftige Einsatz von nicht-destruktiven Analysen eine Vielzahl neuer Möglichkeiten. An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde bereits mit ersten Reihenuntersuchungen dazu begonnen.

Der Einsatz trockenheitsverträglicher Arten und Sorten führt zur Entwicklung alternativer Saatgutmischungen. Im Projekt *Seedmix* wurde demonstriert, wie sich durch gezielte Mischungskonzepte Ertrag, Qualität und Stabilität des Grünlandes langfristig erhalten lassen. In sieben österreichischen Versuchstandorten wurden Saatmischungen mit unterschiedlich trockenresistenten Arten (*Festulolium*, Rohrschwingel, Luzerne, Rotklee) unter praxisüblichen Bedingungen erfolgreich geprüft.

Digitalisierung

Ein zukunftsfähiges Grünlandmanagement erfordert neben klassischem produktionstechnischem Know-how auch den Einsatz neuer Technologien. Digitale Tools wie Fernerkundung, Drohnenmonitoring und sensorbasierte Ertragsmodelle ermöglichen eine präzisere Steuerung der Nutzung und eine kontinuierliche Beobachtung des Bestandeszustands. Frühwarnsysteme für Trockenstress oder Schädlingsdruck könnten in Zukunft über automatisierte Schnittzeitpunkt-Empfehlungen oder Düngestrategien hinaus eine adaptive Bewirtschaftung ermöglichen. Unterschiedliche Möglichkeiten entstehen durch die Integration solcher digitalen Werkzeuge (LINDENTHAL et al., 2022).

Ein innovatives Tool in diesem Zusammenhang ist 'SatGrass', ein satellitenbasiertes Grünlandmonitoring zur Ertrags- und Futterqualitätsprognose. Es erlaubt eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung und verbessert Entscheidungsgrundlagen für Berater, Landwirte und Förderstellen. Der Vorteil: Es basiert ausschließlich auf öffentlich verfügbaren, wetter- und aufwuchsspezifischen Daten, ohne manuelle Eingaben (KLINGLER et al., 2020)

Integration von Managementmaßnahmen und Handlungsempfehlungen in die Praxis

Basierend auf den genannten Versuchen und daraus generierten Ergebnissen ergeben sich für die Praxis folgende Handlungsempfehlungen:

1. Erhalt und Förderung dichter Pflanzenbestände: Schnitthöhen >10 cm beugen Lückigkeit vor und fördern eine rasche Regeneration.
2. Nachsaat: Förderung eines resilienten Arten- und Sortenspektrums und Humuserhalt durch regelmäßige Nachsaat.
3. Wassermanagement: Reduktion von Wasserverlusten (Boden- und Bestandesmanagement).
4. Flexibles Nutzungssystem: Anpassung von Schnittfrequenz und -zeitpunkt an Witterungsverlauf (Vermeidung von Stressphasen).
5. Wahl geeigneter Sorten: Nutzung „klimafitter“ Genetik mit hoher Nutzungselastizität, Trockenresistenz und Krankheitsresistenz.
6. Digital unterstützte Entscheidungsfindung: Einsatz von Ertragsprognosemodellen, Drohnenbildern, Fernerkundungsdaten und Bodenfeuchtesensoren.
7. Erhalt und Förderung der Biodiversität: Umsetzung des Konzepts der abgestuften Grünlandbewirtschaftung (differenzierte Bewirtschaftung der Betriebsflächen entsprechend ihrer Ertragsfähigkeit und ökologischen Bedeutung), Entwicklung angepasster Pflege- und Nutzungskonzepte zur Aufrechterhaltung der flächendeckenden Almbewirtschaftung

Integration in Politik und Gesellschaft

Trotz hoher agrarischer Relevanz bleiben Multifunktionsleistungen des Grünlands wie Biodiversitätsförderung, Landschaftspflege oder auch Kohlenstoffbindung, in der Politik bislang unterbewertet. Eine vertiefende Integration in die nationale Förderpolitik und eine Wertschätzung von Ökosystemleistungen auch über die Gesellschaft werden dazu notwendig sein (HÖRTENHUBER et al., 2019). Ein interdisziplinärer Politikansatz, der Landwirtschaft, Forschung, Tourismus, Naturschutz, Handel und Konsumenten integriert, ist für die Sicherung des Grünlands ebenso zentral wie eine breite gesellschaftliche Anerkennung der Leistungen landwirtschaftlicher Betriebe.

Zusammenfassung

Grünlandflächen spielen mit rund 70 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche eine zentrale Rolle in Österreich und liefern neben Futter auch essenzielle Ökosystemleistungen. Der Klimawandel wirkt sich bereits jetzt durch Trockenperioden, Extremwetter und Artenverschiebung auf Ertrag, Futterqualität und Biodiversität aus. Projekte wie ClimGrass und DW-NET zeigen, dass die Versorgung mit Bodenfeuchte entscheidend für die Ertragssicherheit ist. Parallel führt der Verlust extensiv bewirtschafteter Flächen zu einer besorgniserregenden Biodiversitätskrise. Marktdruck und Strukturwandel gefährden die Pflege ökologisch wertvoller Flächen, vor allem in Grenzlagen. Als Strategien werden trockenresistente Arten, klimaangepasste Mischungen, digitale Tools wie SatGrass und differenzierte Bewirtschaftung empfohlen. Langfristig braucht es politische Anreize und gesellschaftliche Anerkennung, um die Multifunktionalität des Grünlands zu sichern.

Zukunftsfähiges Grünland ist mehr als eine Futterbasis – es ist ein multifunktionales System, das Biodiversität schützt, das Klima stabilisiert und ländliche Regionen kulturell wie wirtschaftlich prägt.

Abstract

Grasslands play a central role in Austria, covering around 70% of agricultural land and providing not only forage but also essential ecosystem services. Climate change is already affecting yields and forage quality through droughts, extreme weather, and shifts in plant species composition. Projects like ClimGrass and DW-NET show that soil moisture availability is critical for yield stability. At the same time, the loss of extensively managed grasslands has led to an alarming biodiversity crisis. Market pressure and structural changes threaten the maintenance of ecologically valuable areas, especially in marginal locations. Recommended strategies include drought-resistant species, precise seed mixtures, digital tools like SatGrass, and differentiated management. In the long term, political incentives and public recognition are needed to secure the multifunctionality of grasslands.

Sustainable grassland is more than just a fodder base - it is a multifunctional system that protects biodiversity, stabilises the climate and shapes rural regions both culturally and economically.

Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, REGIONEN UND WASSERWIRTSCHAFT (2024): Grüner Bericht 2024 – Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft. BML, Wien.
<https://www.bml.gv.at/service/publikationen/gruener-bericht.html>
- FILIPPA, G., CREMONESE, E., MIGLIAVACCA, M., GALVAGNO, M., FORKEL, M., WINGATE, L., ... RICHARDSON, A. D. (2019): Climatic drivers of greening trends in the Alps. *Remote Sensing*, 11(21), 2508.
- GAIER, L., (2024): Futterkräuter im Wirtschaftsgrünland. In Der Bauer Ausgabe 07/08, 23
- HILGERS, J., & ULRICH, W. (2020): Wiesenverlust und Artenschwund: Ursachen und Perspektiven in der mitteleuropäischen Agrarlandschaft. *Natur und Landschaft*, 95(6), 257–264.
- HÖRTENHUBER, S., LINDENTHAL, T., ZOLLITSCH, W. (2019): Bewertung der Klimawirkung von Förderprogrammen im Grünlandbereich. In Nachhaltige Landnutzung im Kontext des Klimawandels, BOKU Wien, 112–123
- IPCC (2022): Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- KLINGLER, A., SCHAUMBERGER, A., VUOLO, F., PÖTSCH, E. (2020): Suitability of non-destructive yield and quality measurements on permanent grassland. 28th General Meeting of the European Grassland Federation - Meeting the future demands for grassland production, Helsinki, Finland, Grassland Science in Europe, 25, October 19-22, 602 - 604
- KRAUTZER, B., GRAISS, W., GAIER, L. (2023): Saatgut trotz Klimawandel. In Grünlandprofi 1/23, 4-5
- KRAUTZER, B., GAIER, L. (2024): Klimawandelanpassung in der Rinderhaltung – Anpassungsmaßnahmen im Grünlandmanagement. Tagungsband 51. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 113 - 125
- LINDENTHAL, T., EIGNER, M., BRUCKNER, A. (2022): Digitalisierung in der Grünlandbewirtschaftung – Potenziale für kleine Betriebe. BOKU Working Paper, Nr. 68. Universität für Bodenkultur Wien.
- MILAZZO, A., CHABBI, A., REINSCH, S., BUCHMANN, N., SCHRUMPF, M. (2023): Effects of grassland management on soil organic matter and root system development in temperate Europe. *Soil and Tillage Research*, 230, 105314.
- PERATONER, G., ET AL. (2023): Challenges facing alpine/mountain grasslands. In M. Kirschke, T. Heckeley, W. Schmitz (Eds.), *Grassland use in Europe*, European Grassland Federation, 218–230
- RESCH, R., KLINGLER, A., GAIER, L., GASSNER-SPECKMOSER, K., BOHNER, A., GRAISS, W., EICHHORN, T., FRITZ, C., WIESER, S., HERNDL, M., SCHAUMBERGER, A. (2023): Langzeitauswirkungen differenzierter Bewirtschaftungsintensität von Dauerwiesen unter besonderer Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Effekte. Abschlussbericht DaFNE-Projekt 101309 DW-NET4, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 37 S.
- ROSENKRANZ, T., WAGENTRISTL, H., GRAISS, W. (2019): Struktureller Wandel und Folgen für die Landschaftspflege im Grünland. *Agrarische Rundschau*, 47(3), 26–29
- SCHAUMBERGER, A., KLINGLER, A., HERNDL, M. (2022): Impact of drought stress and climate change on yield and forage quality of grassland. 29th General Meeting of the European Grassland Federation, Caen, France, European Grassland Federation, 27, 26-30 June 2022, 472-474
- STRAUSS, F., WECHS, M., & FORMAYER, H. (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf Grünlandflächen – Ergebnisse österreichischer Klimamodelle. *BFW-Praxisinformation*, 52, 18–24
- TRNKA, M., HAYES, M., VITASSE, Y., RAYNAUD, S., ŽALUD, Z. (2011): Expected changes in agroclimatic conditions in Central Europe. *Climatic Change*, 108(1), 261–289.
- ZHAO, W., LI, J., ZHANG, Z., ZHANG, T., HUANG, L. (2020): Grassland productivity under changing climate and management practices in the Eurasian steppe. *Ecological Indicators*, 109, 105787.

Adressen der Autoren

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Bernhard KRAUTZER, bernhard.krautzer@raumberg-gumpenstein.at

Wiederkäuerhaltung von morgen

The future of ruminant farming

Thomas Guggenberger*

Einleitung

Der vorliegende Beitrag widmet sich der Zukunft der Wiederkäuerhaltung in Österreich und umfasst alle in der Nutztierhaltung relevanten Arten von Rindern, Schafen und Ziegen. Dabei wird bewusst auf eine tierartspezifische Differenzierung verzichtet. Der Begriff "von morgen" verweist auf eine offene Zukunft, die je nach Betrachtung das Jahr 2026, 2030, 2050 oder sogar 2100 umfassen kann. Ziel ist es, ausgehend von gegenwärtigen Entwicklungen und Strukturen, plausible Zukunftsszenarien für die Wiederkäuerhaltung in Österreich zu entwickeln. Diese Prognosen basieren auf einer integrativen Analyse gegenwärtiger Themenfelder und zukünftiger Einflussfaktoren.

Material und Methoden

a. Abgrenzung und Denkraum: Wiederkäuerhaltung wird in diesem Kontext ausschließlich im Rahmen der Nutztierhaltung betrachtet. Tiere, die nicht der Erwerbstätigkeit dienen, werden ausgeklammert, da für sie andere Regelwerke und Bewertungsmaßstäbe gelten. Die zukünftige Bedeutung der Wiederkäuerhaltung ergibt sich aus der Anzahl der gehaltenen Tiere, den angewendeten Haltungsformen sowie den Herausforderungen und Rahmenbedingungen in den verschiedenen Produktionszweigen. Um dies methodisch zu fassen, kann ein Modell analog zu einer multiplen Regression herangezogen werden, in dem die Zielgröße – beispielsweise die Anzahl an Wiederkäuern – durch eine Vielzahl thematischer Einflussfaktoren beschrieben wird. Dies erlaubt eine systematische Entscheidungserlegung, die, wie Tabelle 1 zeigt, aber nur über einen Schalter mit drei Möglichkeiten umgesetzt wurde. Hat der Entwicklungseffekt eine negative Wirkung auf das Themenfeld der Wiederkäuerhaltung wird -1 vergeben. Ist das Gegenteil der Fall wird +1 vergeben. Unbekannte oder neutrale Wirkungen werden mit 0 angegeben.

b. Untersuchungsrahmen: Zur strukturierenden Analyse wurden zwei Rahmen definiert: Ein innerer Untersuchungsrahmen, der die unmittelbaren Aspekte der Wiederkäuerhaltung – wie Physiologie, Fütterung, Tiergesundheit und Management – behandelt, sowie ein äußerer Untersuchungsrahmen, der die sozioökonomische und ökologische Einbettung dieser Produktionsform umfasst. Ziel ist es, die gegenseitigen Wirkungsbeziehungen zwischen inneren und äußeren Faktoren zu verstehen und abzubilden. In Tabelle 1 werden für beide Bereiche getrennte Summenwirkungen für die Prognose angegeben.

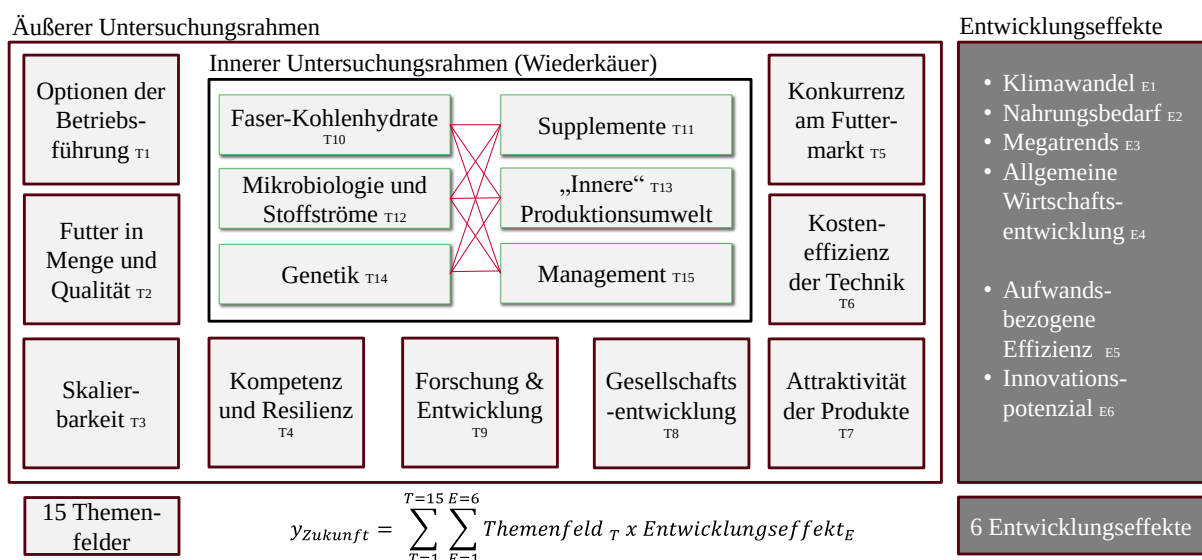


Abbildung 1: Themenfelder und Entwicklungseffekte

c. Themenfelder im inneren Untersuchungsrahmen: Wiederkäuer sind hinsichtlich ihrer physiologischen Besonderheiten auf faserreiche Futtermittel spezialisiert, die den Großteil der in Österreich produzierten landwirtschaftlichen Trockenmasse – etwa zwei Drittel – ausmachen. Diese Futtermittel sind durch enterogene Fermentation verwertbar, wodurch sich die biologische Besonderheit der Wiederkäuer manifestiert. Die Aufnahme, der Abbau und die Verwertung dieser Nährstoffe unterliegen einer komplexen Dynamik, die durch Mikrobiologie, Nährstoffkonzentration, Verweilzeit im Verdauungstrakt und Futterzusammensetzung beeinflusst wird (GfE 2023). Ergänzt wird dieser Bereich durch Supplementierung, welche die Nährstoffdichte erhöht. Dabei ist entscheidend, dass hochverdauliches Futter weder zu rasch noch zu langsam durch den Verdauungstrakt fließt, um eine optimale Nährstoffausbeute zu gewährleisten. Gleichzeitig existiert eine "innere Produktionsumwelt", welche die Gesamtheit der Tiergesundheit, Fitness, Fruchtbarkeit und das allgemeine Wohlbefinden umfasst (BRADE & BRADE 2013). Das Management – insbesondere die durch Zucht definierten Leistungsziele und Haltungstechnik – beeinflusst maßgeblich diese innere Umwelt.

d. Themenfelder im äußeren Untersuchungsrahmen: Die äußeren Rahmenbedingungen beeinflussen die inneren Dynamiken in vielfältiger Weise. Dazu zählt zunächst die betriebliche Ausgestaltung: In Österreich existiert eine große Vielfalt an Betriebsformen, die Wiederkäuer halten. Diese reichen für jede Tierart vom spezialisierten Milchbetrieb, über die muttergebundene Fleischproduktion bis hin zu Mastbetrieben mit einer großen Breite an Intensitäten. Je nach Standortausstattung – etwa Dauergrünland im Berggebiet oder Ackerflächen in Randlagen – ergeben sich unterschiedliche strategische Optionen, die Einfluss auf die langfristige Haltungsbereitschaft und -fähigkeit haben. Ein weiterer zentraler Einflussfaktor ist die Verfügbarkeit und Qualität von Futter. Die standortgerechte Landwirtschaft trifft Entscheidungen maßgeblich in Abhängigkeit von der eigenen Futterlage. Das engt den Kreis potenzieller Risiken deutlich ein. Betriebe mit höheren Anteilen an Futterzukaufen exponieren sich stärker auf riskanten Märkten. Ungeachtet des Gradienten an Risikobereitschaft sind betriebliche Kompetenz und Resilienz entscheidend, um sich wandelnden Bedingungen erfolgreich anzupassen. Die Skalierbarkeit der Betriebe in ihrer Größe ist noch oft gegeben, in manchen Lagen wird das Betriebswachstum aber zunehmend durch räumliche Grenzen wie Hof-Feld-Distanzen beschränkt. Ein ergänzender Aspekt ist die Konkurrenz am Futtermittelmarkt. In der Regel wird dieser nicht als Ersatz für fehlende Flächen gesehen, sondern dient primär der Nährstoffverdichtung und damit der Leistungssteigerung. Hinzu kommt der technologische Fortschritt: Moderne Technologien ermöglichen eine Substitution von Arbeitskräften, sind jedoch kapitalintensiv und müssen sich im Kontext niedriger Lebensmittelpreise wirtschaftlich darstellen lassen. Auch die gesellschaftliche Nachfrage nach Produkten der Wiederkäuerhaltung spielt eine zentrale Rolle. Sie speist sich aus individueller Präferenz und der demografischen Entwicklung. Schließlich wirken gesamtgesellschaftliche Entwicklungen – ökonomischer Wandel, politische Rahmenbedingungen, kulturelle Trends – direkt und indirekt auf die Wiederkäuerhaltung. Forschung und Entwicklung beeinflussen sowohl die landwirtschaftliche Praxis als auch die gesellschaftlichen Wahrnehmungen und eröffnen neue Innovationsräume.

e. Auswahl von Zukunftseffekten: Für eine belastbare Prognose müssen zukünftige Entwicklungseffekte identifiziert und ihre jeweilige Richtung und Intensität hinsichtlich ihrer Wirkung auf die genannten Themenfelder bewertet werden. Diese Effekte sind nicht isoliert zu betrachten, sondern in ihren Wechselwirkungen zu analysieren.

Entwicklungseffekte und ihre Teilbewertung

a. Klimawandel: Die Landwirtschaft ist unmittelbar an die Standortbedingungen gebunden, wobei die Bodenklimazahl ein zentrales Maß für die Ertragsfähigkeit darstellt. Durch den Klimawandel verändert sich diese Kennzahl schleichend, aber deutlich messbar. Selbst ohne Kippeffekte ist ein globaler Temperaturanstieg von etwa 4,5°C sicher, weil sich das Konzept des Klimaschutzes in einem globalen Deadlock befindet (GUGGENBERGER 2025). Dies führt zu einer Erhöhung der Verdunstung und verändert langfristig auch bei aufrechter Niederschlagssituation die Anbaubedingungen. Für die Wiederkäuerhaltung bedeutet dies: In den bisherigen Gunstlagen des pannonischen und illyrischen Klimaraumes ist mit erheblichen negativen Auswirkungen auf die Futterverfügbarkeit – insbesondere Dauergrünland – zu rechnen. In den alpinen Regionen könnte es hingegen zu moderaten Produktivitätssteigerungen kommen. Die Nettoauswirkung ist jedoch negativ, da die betroffenen Flächen in den Tieflagen zahlenmäßig überwiegen (GUGGENBERGER et al. 2012). Ergänzend wird erwartet, dass die Konkurrenz um Biomasse zunimmt und die Zukaufmöglichkeiten für hochwertiges Futter eingeschränkt wird. Anpassungen im Stallbau und in der Feldbewirtschaftung verursachen zusätzliche Kosten. Daraus ergibt sich ein hoher

Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Bereich der Klimawandelanpassung. Grundfutter, insbesondere Dauergrünland und Silomais, bleibt die zentrale Steuerungsgröße. Supplementierung wird zunehmend schwieriger, da sich die Preise für Futtermittel nicht proportional zu den Produktionskosten entwickeln. Zukünftig effiziente Wiederkäuer zeichnen sich durch eine überdurchschnittliche Nutzung der verfügbaren Futterressourcen aus. Die Zucht auf Futteraufnahme- und Verwertungspotenziale gewinnt daher an Bedeutung. **b. Nahrungsfrage:** Das globale Bevölkerungswachstum wird bis zum Jahr 2100 auf etwa 10,4 Milliarden Menschen geschätzt. In Österreich und der EU wird ein leichtes Wachstum bis 2050 prognostiziert, gefolgt von einem langsamen Rückgang. Diese Entwicklung hat Einfluss auf die Nachfrage nach tierischen Produkten und deren Position im Ernährungssystem. Verschiebt sich das Nachfrageprofil für Eiweiß im Laufe der Zeit in Richtung der künstlichen Fermentation wird der Inlandabsatz für Milch und Fleisch sinken. Diese Produkte können aber in der in Österreich erzeugten Menge erfolgreich exportiert werden. **c. Megatrends:** Megatrends der Zukunftsforschung wie Klimawandel, Ressourcenknappheit, Urbanisierung, technologische Disruptionen, gesellschaftlicher Wertewandel und geopolitische Instabilitäten entfalten direkte und indirekte Wirkungen auf die Wiederkäuerhaltung. Während europäische Perspektiven häufig den soziologischen Wandel betonen, liegt in globalen Analysen der Fokus eher auf wirtschaftlichen und technologischen Aspekten (FAO 2017). **d. Wirtschaftsentwicklung:** Die ökonomische Entwicklung beeinflusst sowohl die Produktionskosten als auch die Absatzmöglichkeiten. Prognosen gehen für Europa bis 2050 von einem moderaten jährlichen Wachstum von rund 1 % aus. Global dürfte das Wirtschaftswachstum 2 % kaum überschreiten (OECD 2021). Damit bleiben die Spielräume für Investitionen und Innovationen in der Landwirtschaft begrenzt. Effizienz und Kostendisziplin gewinnen an Relevanz. Es darf nicht angenommen werden, dass zukünftige Märkte beliebig teurer Produkte aufnehmen können. **e. Aufwandsbezogene Effizienz:** Die genetischen Ressourcen der Wiederkäuer sind weit entwickelt. Zukunftspotenzial liegt daher weniger in der weiteren Intensivierung, sondern vielmehr in der Reduktion von Verlusten. Dazu zählen verbesserte Fruchtbarkeit und Gesundheit und die Minimierung unbeabsichtigter Ab- und Ausfälle entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Effizienzsteigerung bedeutet künftig: Gleiche Leistung bei geringerem Aufwand. **f. Innovationspotenziale:** Potenzielle Innovationsfelder reichen von biotechnologischen Verfahren über neue Züchtungsansätze bis hin zu veränderten gesellschaftlichen Erwartungen und Konsummustern. Diese könnten etwa über die grüne Gentechnik oder neue sensorische und digitale Verfahren realisiert werden.

Prognosen

Die Prognosen werden in zwei verschiedenen Formen ausgegeben. Die erste Form verwendet Tabelle 1 und entspricht der verwendeten Methode, die in Abbildung 1 definiert wurde. Die zweite Form ist erzählender und praktischer Natur. Beides ist leicht zu unterscheiden.

Analytische Prognose: Tabelle 1 zeigt, dass die Themenbereiche im äußeren Untersuchungsrahmen und die Entwicklungseffekte allgemeine Natur (E1-E4) einen gemeinsamen, leicht negativen, Wirkungsvektor im Hinblick auf die Zukunft der Wiederkäuerhaltung aufweisen. Das liegt daran, dass der Klimawandel in Summe direkt negativ auf den Pflanzenbau wirkt und auch die globalen Effekte derzeit leicht pessimistisch eingeschätzt werden. Die Themenfelder im inneren Untersuchungsrahmen und die innerbetrieblichen Entwicklungseffekte stehen in positiver Beziehung. Das bedeutet im Gesamtergebnis, dass negative externe Faktoren durch positive innere Faktoren kompensiert werden. Der Gesamtwert von 0,2 für die Zukunft der Wiederkäuerhaltung in Österreich ist leicht optimistisch.

Erzählende, handlungsmotivierende Prognose: Klimabedingte Veränderungen führen zu betriebsindividuellen Herausforderungen, die aber durch regionale Kompensation – etwa durch bessere Bedingungen im Berggebiet – teilweise aufgefangen werden können. Dauergrünland erweist sich als stabilisierender Faktor. Die Eigenproduktion von Futter gewinnt in Hinblick auf Resilienz an Bedeutung und beeinflusst die Zuchtziele. Die gesellschaftliche Nachfrage nach Milch- und Fleischprodukten aus Wiederkäuerhaltung bleibt bestehen, verändert sich aber hinsichtlich der Vermarktungsformen. Wertegetriebene Trends können entweder finanziell honoriert oder – bei fehlender Zahlungsbereitschaft – obsolet werden. Ökonomisch stagnierende Rahmenbedingungen begrenzen auch das Wachstumspotenzial in der Wiederkäuerhaltung. Der Effektanteil bleibt jedoch steuerbar, solange die Kosten niedrig und die Effizienz hoch gehalten werden können. Insgesamt bleibt die standortgerechte Wiederkäuerhaltung ein

resilientes und attraktives Produktionssystem mit hoher Anpassungsfähigkeit und langer Zukunftsperspektive.

Tabelle 1: **Bewertungsmatrix der Zukunftseffekte auf die Themenfelder**

Tabelle 1: Bewertungsmatrix der Einflussbereiche auf die Fremdenbeurteilung																		
Entwicklungseffekte		Äußerer Untersuchungsrahmen									Innerer Untersuchungsrahmen						Mittelwert	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15		
Allgemein	E1	-1	-1	-1	1	-1	0	0	-1	1	0	-1	0	1	-1	1	-0,2	
	E2	1	1	1	1	-1	0	1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	0,5	
	E3	-1	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	0	0	-1	1	-0,3	
	E4	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-0,3	
Betrieblich	E5	1	1	0	1	-1	1	0	0	0	1	-1	1	1	1	1	0,5	
	E6	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	
Mittelwert		0,0	0,5	-0,2	1,0	-1,0	0,0	0,0	-0,3	0,5	0,7	-0,3	0,3	0,5	0,0	0,7	0,2	
		0,1									0,3						0,2	
-1 = E hemmt T, 0 = neutral oder unbekannt, 1 = E fördert T																		

Diskussion

Diese Prognose versteht sich nicht als starre Vorhersage, sondern als strukturierte Beschreibung plausibler Entwicklungspfade unter Unsicherheiten. Die Integration innerbetrieblicher und gesellschaftlicher Einflussgrößen ermöglicht eine realistische Einschätzung der zukünftigen Wiederkäuerhaltung in Österreich. Daraus ergeben sich sowohl wissenschaftliche als auch praktische Ansatzpunkte zur Stärkung der Resilienz und Nachhaltigkeit dieses zentralen landwirtschaftlichen Produktionsbereichs.

Abstract

This contribution analyzes the future of ruminant farming in Austria, covering all livestock species (cattle, sheep, goats). The focus lies on a systematic evaluation of internal (e.g., animal health, feeding, management) and external factors (e.g., climate change, markets, societal trends). The method is based on an impact vector analysis. While external developments such as climate change tend to have negative effects, internal potentials emerge through efficiency improvements and technological innovation. The overall forecast is slightly optimistic: location-adapted ruminant farming remains a resilient and adaptable production system with long-term prospects provided that efficiency and cost control are maintained and societal expectations are addressed.

Literatur

BRADE W, BRADE E (2013): Die negative Energiebilanz hochleistender Milchkühe. Milchpraxis 4/2013, 43-46.
 FAO (2017): The future of food and agriculture. Trends and challenges. Report Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 180 p.
 GfE (2023): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. DLG Verlag, Frankfurt am Main, 287 S.
 GUGGENBERGER T, HOFER O, FAHRNER W, SUCHER B, WIEDNER G, BADER R (2012): Fachatlas Landwirtschaft. Forschungsbericht der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 331 S.
 GUGGENBERGER T (2025): Klimaschutzrechner. www.klimaschutzrechner.at, 15.05.2025
 OECD (2021): The long game: Fiscal Outlook to 2060 underline need for structure reform. OECD publishing, 29/2021

Adressen der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning

* Ansprechpartner: Dr. Thomas GUGGENBERGER, thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

VORTRÄGE

Einfluss von Futterkräutern auf den Ertrag und Futterqualität im Grünland

Influence of forage herbs on yield and forage quality in grassland

Lukas Gaier, Andreas Klingler, Katharina Gassner-Speckmoser, Wilhelm Graiss, Bernhard Krautzer

Einleitung

Ein leistungsfähiger und standortangepasster Dauergrünlandbestand mit einer dichten Grasnarbe und einer ausgewogenen Artenmischung bildet eine zentrale Grundlage für eine nachhaltige und wirtschaftlich erfolgreiche Tierhaltung. Aufgrund klimatischer Veränderungen, insbesondere längerer Trockenperioden, stehen die Grünlandbestände zunehmend unter Druck. Gräser sind aufgrund ihres relativ flachen Wurzelsystems besonders betroffen. Um die Bestände auch in Zukunft stabil zu halten, ist es sinnvoll, nicht nur hochwertige, trockenheitstolerante Saatgutmischungen zu verwenden, sondern auch über eine Erweiterung des Artenspektrums nachzudenken. In diesem Zusammenhang gewinnen auch Kräuter in Grünlandmischungen zunehmend an Bedeutung. Bisher werden Kräuter in Europa kaum oder nur in sehr extensiven, auf Biodiversität ausgerichteten Mischungen in Grünlandmischungen eingesetzt. Die Forschung konzentriert sich derzeit insbesondere auf zwei tiefwurzelnende Arten: Zichorie (*Cichorium intybus* L.) und Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.) (Golińska et al., 2022). Von beiden Arten gibt es Zuchtsorten, die sich von den Wildformen vor allem durch einen deutlich höheren Ertrag unterscheiden. Allerdings gibt es derzeit nur wenige Daten über das Verhalten dieser Kräuter in intensiv bewirtschafteten Grünlandbeständen. Aus diesem Grund wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Projekt gestartet, um die Nutzung dieser Kräuterarten in viermähdigen Wiesen zu untersuchen.

Material und Methoden

Zu diesem Zweck wurden im August 2022 am Versuchsstandort der HBLFA Raumberg Gumpenstein (47°29'N, 14°06'E; 710 m.ü.M.; Mitteltemperatur: 8,2 °C; Niederschlag: 1030 mm) zwei Grünlandmischungen, eine Luzerne-Rotklee-Gras-Mischung (LR) und eine Vielschnittmischung (VS) für vier oder mehr Nutzungen, ausgesät und mit 3, 6 und 9 Gewichtsprozent Kräutern (50 % Zichorie und 50 % Spitzwegerich) ergänzt.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Mischung [%] nach Gewicht

	Vielschnittmischung (VS)	Luzerne-Rotklee-Gras-Mischung (LR)
<i>Lolium perenne</i>	30.6	5
<i>Dactylis glomerata</i>	16.3	7
<i>Phleum pratense</i>	8.2	11
<i>Festuca pratensis</i>	12.2	11
<i>Trifolium pratense</i>	4.1	11
<i>Trifolium repens</i>	4.1	4
<i>Poa pratensis</i>	24.5	
<i>Arrhenatherum elatius</i>		14
<i>Medicago sativa</i>		38

Darüber hinaus wurden Knaulgras, Rotklee, Spitzwegerich und Zichorie als Monokulturen angebaut. Die Parzellen erhalten 140 kg ha⁻¹ N, 32,7 kg ha⁻¹ P und 166 kg ha⁻¹ K pro Jahr. Für die Analyse, die mit R Studio (R Core Team, 2023) durchgeführt wurde, stehen derzeit jedoch nur die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres 2023 zur Verfügung. Zur Bestimmung des jährlichen Trockenmasseertrags und des Proteingehalts wurden zwei lineare Modelle verwendet. Im ersten Modell wurde die Abhängigkeit der Varianten vom Ertrag in einem Ein-Faktor-Ansatz untersucht. Im zweiten Modell wurden die Unterschiede zwischen den Kräuteranteilen der beiden Mischungen untersucht, wobei sowohl die Mischung als auch der Kräuteranteil und deren Wechselwirkung einbezogen wurden. In beiden Fällen wurde ein Tukey-Post-hoc-Test (P<0,05) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass alle Mischungen mit Kräutern höhere Erträge und auch höhere Erträge als die Monokulturen (außer Rotklee) hatten (Tabelle 2).

Tabelle 2: Trockenmasseertrag und Rohproteingehalt der untersuchten Varianten

	Trockenmasseertrag [kg ha ⁻¹]	Rohproteingehalt [g kg ⁻¹]
VS	13,954 ^{cd}	174.18 ^c
VS +3 % Kräuter	14,215 ^d	171.05 ^c
VS +6 % Kräuter	15,008 ^d	165.2 ^c
VS +9 % Kräuter	15,354 ^d	163.58 ^c
LR	14,721 ^d	168.59 ^c
LR +3 % Kräuter	15,322 ^d	166.7 ^c
LR +6 % Kräuter	14,552 ^d	169.16 ^c
LR +9 % Kräuter	14,369 ^d	163.02 ^c
<i>Trifolium pratense</i>	13,924 ^{cd}	195.31 ^d
<i>Cichorium intybus</i>	11,632 ^{bc}	122.96 ^{ab}
<i>Dactylis glomerata</i>	8,718 ^a	130.66 ^b
<i>Plantago lanceolata</i>	10,200 ^{ab}	111.92 ^a

Bei der Analyse des Kräuteranteils der Mischungen ergab sich ein differenziertes Bild (Abbildung 1). Während der Jahresertrag der Dauerwiesenmischung mit steigendem Krautgehalt tendenziell zunahm, gab es bei der Luzerne-Rotklee-Gras-Mischung keine Ertragssteigerung. Das derzeitige Fehlen von Signifikanz in PMM trotz der großen visuellen Unterschiede ist auf das kleine n (ein Versuchsjahr) zurückzuführen. Bei beiden Mischungen zeigte sich auch, dass der Rohproteingehalt mit steigendem Kräuteranteil abnahm.

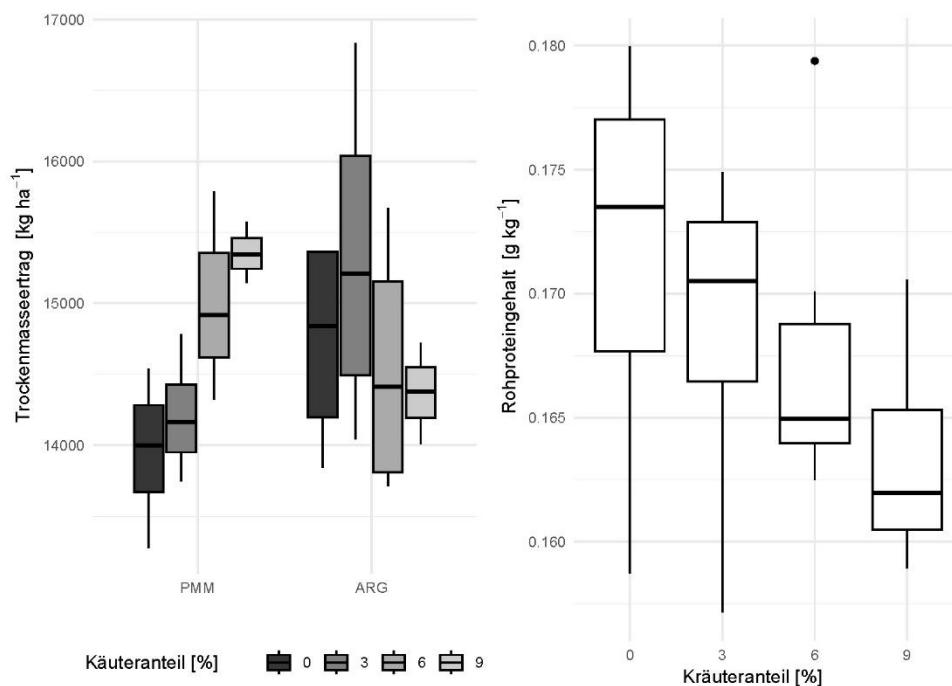


Abbildung 1: Jährlicher Trockenmasseertrag der beiden Versuchsmischungen in Abhängigkeit vom Kräuteranteil (links) und mittlerer Rohproteingehalt in Abhängigkeit vom Kräuteranteil (rechts)

Die Ergebnisse des Mischungsvergleichs decken sich mit den Ergebnissen von Hofer et al. (2016), wo die Mischungen aufgrund der Ausnutzung von Synergie- und Nischeneffekten (Kirwan et al., 2007)

ebenfalls deutlich besser abschneiden als die Monokulturen. Der Grund, warum sich die beiden Mischungen im Vergleich zur Kräutermischung ertragsmäßig unterschiedlich verhalten, könnte in ihrer Artenzusammensetzung liegen. Während die VS-Mischung nur 8 % zweikeimblättrige Pflanzen enthält, sind es in der LR-Mischung bereits über 50 % zweikeimblättrige Pflanzen, und der Wurzelbereich wird teilweise von konkurrenzstarken, tief wurzelnden Leguminosen besetzt, weshalb eine zusätzliche Aufstockung kaum einen Mehrertrag bringen dürfte. Der Rückgang des Rohproteingehaltes lässt sich durch den Verdünnungseffekt des Ertrages in Kombination mit den niedrigeren Rohproteingehalten der Kräuterarten im Vergleich zu den Gräsern und Leguminosen erklären.

Schlussfolgerung

Diese ersten Auswertungen zeigen vielversprechende Ergebnisse für den Einsatz von Kräutern in Grünlandmischungen. Die Untersuchungen müssen jedoch dringend über mehrere Jahre und an verschiedenen Standorten, eventuell auch unter kontrollierten Klimabedingungen, validiert werden.

Zusammenfassung

Durch klimatische Veränderungen, die mit Temperaturanstiegen, ungünstigeren Niederschlagsverteilungen und längeren Dürreperioden einhergehen, geraten Grünlandbestände zunehmend unter Druck. Unter anderem könnte in diesem Zusammenhang neben trockenheitstoleranten Leguminosenarten, auch Kräutern wie Spitzwegerich und Zichorie in Grünlandmischungen eine zunehmende Bedeutung zukommen. Über ihren Einsatz in intensiven, schnittgenutzten Wiesen gibt es allerdings nur wenige Daten weshalb im Jahr 2022 ein Projekt gestartet wurde bei dem der Einsatz dieser Kräuterarten in vierschnittigen Wiesen untersucht wird. Dazu wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in vierfacher Wiederholung zwei Saatgutmischungen angebaut und mit 3, 6, und 9 % an Kräuterzusätzen ergänzt. Diese waren jeweils zur Hälfte aus Zichorie und Spitzwegerich zusammengesetzt. Zusätzlich dazu wurden Knaulgras, Rotklee Spitzwegerich und Zichorie als Monokulturen im Vergleich angebaut. Die ersten Ergebnisse zeigen eine sehr gute Entwicklung der beiden Arten im ersten Versuchsjahr und auch keine Schäden durch Auswinterung. Auffällig ist, dass die Zichorie wesentlich stärker in Erscheinung tritt als der Spitzwegerich. Während der Jahresertrag bei der Dauerwiesenmischung mit steigendem Kräuteranteil zunahm gab es bei der Luzerne-Rotkleeegrasmischung keine Ertragssteigerungen. Hinsichtlich des Rohproteingehalts zeigten sich tendenzielle Abnahmen mit steigendem Kräuteranteil in beiden Mischungen. Die Monokulturen mit wurden im Ertrag und dem Proteingehalt mit Ausnahme des Rotklees von allen Mischungen deutlich übertroffen.

Abstract

Due to climatic changes associated with rising temperatures and less favourable rainfall patterns, grassland stands are increasingly under pressure. In addition to drought-tolerant legume species, herbs such as ribwort plantain and chicory may become increasingly important in grassland mixtures. However, there is little data on their use in intensive-cut meadows. A project was launched in 2022 to investigate the use of these herb species in four-cut meadows. At the AREC Raumberg-Gumpenstein (Austria), an alfalfa-red clover-grass mixture and a permanent meadow mixture were grown in quadruplicate and supplemented with 3, 6 and 9 percent herbs by weight (50% chicory and 50 % ribwort plantain). In addition, cocksfoot, red clover, ribwort plantain, and chicory were grown as monocultures. While the annual yield of the permanent meadow mixture increased with rising herb content, there was no increase in yield with the alfalfa-red clover-grass mixture. The crude protein content tended to decrease in both mixtures as the proportion of herbs increased. Except for red clover, the monocultures were outperformed by all mixtures in terms of yield and protein content.

Literatur

GOLIŃSKA, B.; PASZKOWSKI, A. AND GOLIŃSKI, P. (2022) Inclusion of chicory in grass-clover mixtures enhances leys productivity and herbage quality compared to monocultures. *Grassland science in Europe* 29, 158-160.

HOFFER, D.; SUTER, M.; HAUGHEY, E.; FINN, J.A.; HOEKSTRA, N.J.; BUCHMANN, N. AND LÜSCHER, A. (2016) Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *Journal of Applied Ecology* 53 (4), 1023-1034.

KIRWAN, L.; LÜSCHER, A.; SEBASTIÀ, M.-T.; FINN, J.A.; COLLINS, R.P., ... CONNOLLY, J. (2007) Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95 (3), 530-539.

R CORE TEAM (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, [http:// www.R-project.org](http://www.R-project.org).

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich

* Ansprechpartner: Lukas Gaier; lukas.gaier@raumberg-gumpenstein.at

Auswirkungen des Klimawandels auf die Ertragsdynamik von Dauergrünland

Insights into climate change effects on yield dynamics in permanent grasslands

Andreas Klingler*, Lukas Gaier, Markus Herndl und Andreas Schaumberger

Einleitung

Grünland gehört zu den weltweit wichtigsten Landnutzungsformen, das gilt insbesondere für die benachteiligten Regionen des Alpenraums. Neben der Bereitstellung von Futter für Wiederkäuer erfüllt Grünland zahlreiche wichtige ökologische und sozioökonomische Funktionen. Diese Multifunktionalität des Grünlands zeigt sich besonders in artenreichen, mehrjährigen Beständen, welche aus einer Vielzahl an Gräsern, Kräutern und Leguminosen bestehen. Der Klimawandel und die damit verbundenen erhöhten CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre, höhere Temperaturen und veränderte Niederschlagsmuster haben jedoch erhebliche Auswirkungen auf die Grünlandökosysteme. Erschwerend wirkt sich aus, dass die Alpenregion vom Klimawandel überdurchschnittlich stark betroffen ist.

Klimawandel-Simulationen im Freiland stellen erhebliche Herausforderungen dar, da sie ein komplexes und kostspieliges experimentelles Versuchsdesign sowie aufwendiges Monitoring erfordern. Im Rahmen des ClimGrass-Projekts untersuchen wir die Auswirkungen des Klimawandels auf Grünlandökosysteme. Dazu wurde vor mehr als einem Jahrzehnt in Zusammenarbeit mit verschiedenen Forschungseinrichtungen ein multifaktorielles Feldexperiment, mit der Möglichkeit klimatische Bedingungen zu manipulieren, an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein eingerichtet (Pötsch et al., 2019). Diese Anlage ist seit 2014 auf einem Dauergrünlandbestand in Betrieb, der mit einer Mischung aus 11 Arten (*Lolium perenne*, *Arrhenatherum elatius*, *Trisetum flavescens*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Phleum pratense*, *Alopecurus pratensis*, *Poa pratensis*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*) für drei Nutzungen pro Jahr angelegt wurde. Dieser Beitrag präsentiert ausgewählte Ergebnisse zu den Auswirkungen von CO₂-Konzentration und Temperatur auf die Ertragsdynamik von Dauergrünland.

Material und Methoden

Am Versuchsgelände der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (47°29'N, 14°06'E; 710 m ü. NN; mittlere Temperatur: 8,2 °C; Niederschlag: 1030 mm) wurden insgesamt 54 Parzellen, auf denen die Oberflächentemperatur und die atmosphärische CO₂-Konzentration manipuliert werden können, errichtet. Die Lufttemperatur variiert in drei Stufen: Umgebungstemperatur (= T₀, entspricht der ambienten Temperatur), +1,5 °C (= T₁) und +3 °C (= T₂). Die Erwärmung erfolgt ganzjährig mittels Infrarotstrahlern und wird nur ausgesetzt, wenn eine durchgehende Schneedecke von mindestens 10 cm überschritten wird. Der Einfluss einer erhöhten CO₂-Konzentration wird ebenfalls in drei Stufen getestet: Umgebungskonzentration (= C₀, entspricht der aktuellen CO₂-Konzentration), +150 ppm (= C₁) und +300 ppm (= C₂). Die Begasung erfolgt nur tagsüber, sobald eine Strahlungsenergie von 50 W/m² überschritten wird, und ausschließlich während der Vegetationsperiode von März bis Ende November. Die CO₂-Begasung wird ab einer Windgeschwindigkeit von 1,5 m/s ausgesetzt. Die Kombination C₂T₂ (d. h. +3 °C und +300 ppm CO₂) entspricht der Klimaprojektion, die bis Ende des 21. Jahrhunderts für die Alpenregion am wahrscheinlichsten ist (Gobiet et al., 2014).

Um die Auswirkungen von erhöhter Temperatur und CO₂-Konzentration auf den Ertrag von Dauergrünland zu untersuchen, haben wir ein lineares gemischtes Modell mit der Funktion lmer aus dem lme4-Paket in R (Version 4.3.1) erstellt. Das Modell die festen Effekte Temperatur, CO₂-Konzentration, Jahre, Aufwuchs sowie den Gewichtsanteil von Kräutern und Leguminosen, die wir bei jeder Ernte routinemäßig nach Peratoner & Pötsch (2019) schätzen. Zusätzlich berücksichtigt das Modell eine Dreiwege-Interaktion (Temperatur * CO₂ * Jahr). Parzellen und Erntetermine wurden als Zufallseffekte einbezogen, um die räumliche und zeitliche Variabilität zu berücksichtigen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Erträge in den ersten Jahren zeigen eine Tendenz hin zu niedrigeren Erträgen unter zukünftigen Klimabedingungen (Abbildung 1). Dieser Effekt änderte sich jedoch 2019 und blieb in den darauffolgenden Versuchsjahren konstant. Ab diesem Jahr beobachten wir einen signifikant positiven Interaktionseffekt ($P < 0,05$) im Modell für die Interaktion Temperatur * CO₂ * Jahr (Abbildung 2).

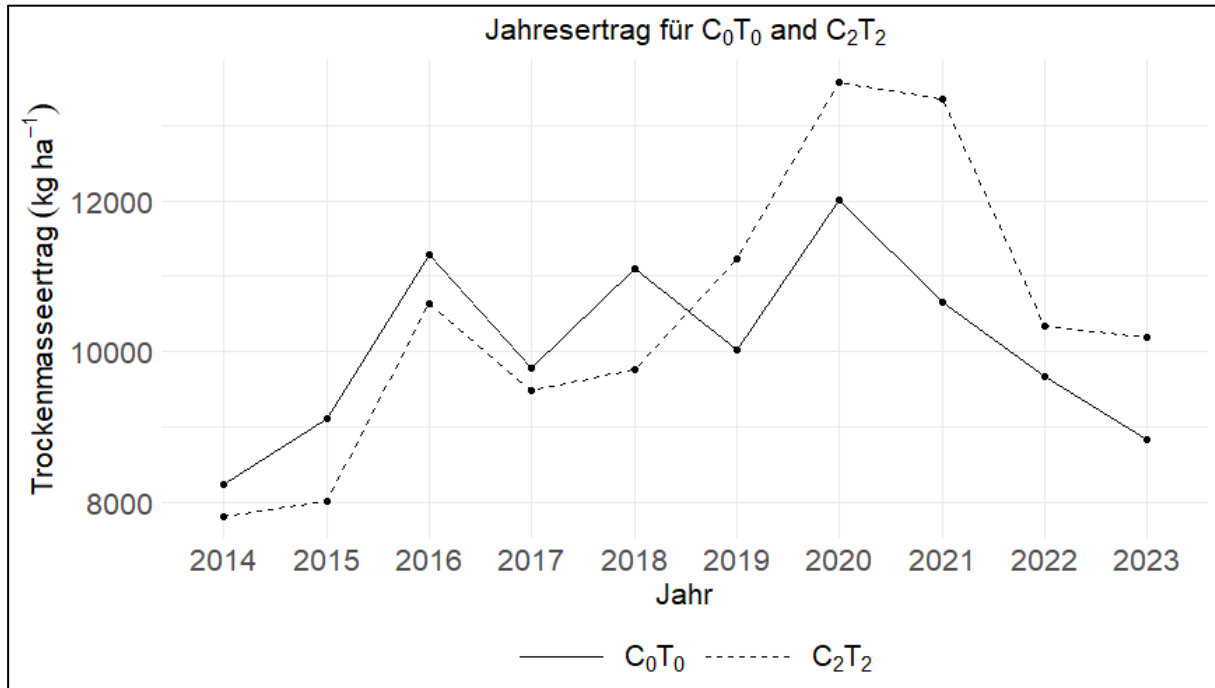


Abbildung 1: Verlauf des jährlichen Trockenmasseertrags der Varianten C₀T₀ (durchgezogene Linie) und C₂T₂ (gestrichelte Linie)

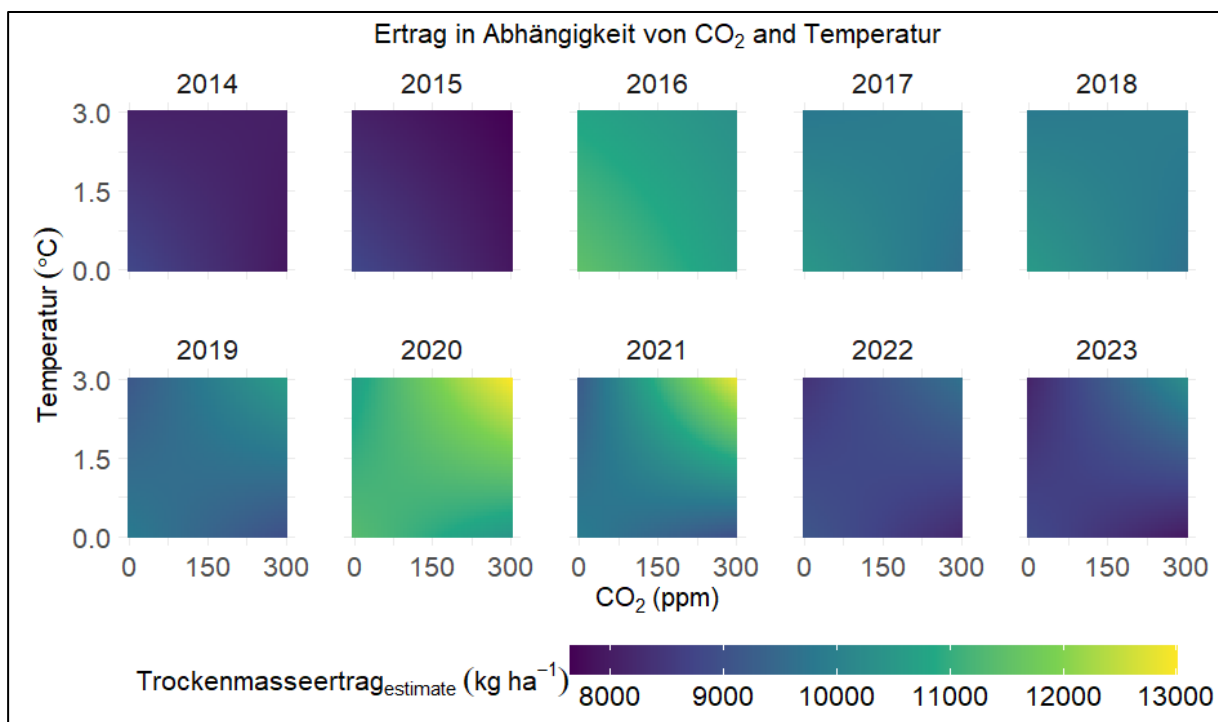


Abbildung 1: Heatmap des vorhergesagten Trockenmasseertrags (kg ha⁻¹) in Abhängigkeit von CO₂ (ppm) und Temperatur (°C) über verschiedene Jahre hinweg. Gelbe Schattierungen zeigen höhere Erträge an.

Die Haupteffekte von Temperatur und CO₂ sind im Modell nicht signifikant; die Folgeaufwüchse zeigen hingegen signifikant niedrigere Erträge. Hinsichtlich der Bestandszusammensetzung korrelieren steigende Anteile von Kräutern mit niedrigeren Erträgen, während steigende Anteile von Leguminosen mit höheren Erträgen korrelieren. Zudem gibt es signifikant positive Jahreseffekte in den Jahren 2016 und 2020. Die grundlegende Hypothese, dass erhöhte Temperaturen und CO₂-Konzentrationen unter den aktuellen Niederschlagsmustern an einem inneralpinen Standort zu höheren Erträgen führen, konnte bestätigt werden – jedoch erst nach einer mehrjährigen Anpassungsphase. Diese Ertragssteigerungen lassen sich primär durch die langfristige Anpassung des Pflanzenbestandes erklären. In vielen Parzellen haben sich Arten mit ausgeprägter Hitze- und Dürretoleranz (*Arrhenatherum elatius*) durchgesetzt. Darüber hinaus könnten langfristige Veränderungen in Nährstoff- und Wasserkreisläufen zu den erhöhten Erträgen unter zukünftigen Klimabedingungen beigetragen haben.

Schlussfolgerung

Trotz der herausfordernden Umsetzung sind Freilandexperimente zur Erforschung der Klimawandelauswirkungen auf Grünland entscheidend für die Entwicklung geeigneter Anpassungsstrategien. Die Ergebnisse zeigen deutliche Effekte von erhöhten Temperaturen und CO₂-Konzentrationen. Allerdings ist eine längere Zeitspanne erforderlich, damit sich das gesamte Grünlandökosystem an die neuen Bedingungen anpassen kann. Der Einfluss einzelner Arten auf die Ertragsdynamik sowie die Wechselwirkungen von Wasser- und Nährstoffkreisläufen mit der Ertragsdynamik müssen in weiterführenden Studien untersucht werden.

Zusammenfassung

Dauergrünland ist die flächenmäßig wichtigste landwirtschaftlich genutzte Kulturart in den benachteiligten Gebieten der Alpen und spielt sowohl ökologisch als auch ökonomisch eine zentrale Rolle. Der Klimawandel – insbesondere steigende Temperaturen und eine verringerte Wasserverfügbarkeit – stellt jedoch eine erhebliche Herausforderung für dieses Ökosystem dar. Um die Auswirkungen dieser Faktoren zu quantifizieren, wurde 2014 ein multifaktorielles Feldexperiment auf einem dreischnittigen Grünland etabliert, das seither kontinuierlich untersucht wird. Die ClimGrass-Versuchsanlage umfasst 54 Parzellen mit einer Dauergrünlandmischung aus 11 Mischungspartnern. In diesem Experiment werden zentrale Klimavariablen gezielt manipuliert, darunter eine Erhöhung der atmosphärischen CO₂-Konzentration um bis zu +300 ppm sowie ein Temperaturanstieg um bis zu +3,0 °C über dem ambienten Niveau. Zudem wird auf 12 Parzellen Trockenstress mithilfe von Regenschutzdächern unter gegenwärtigen und zukünftigen Klimaszenarien simuliert. Statistische Analysen mit linearen gemischten Modellen zeigen, dass die Erträge in den ersten Jahren unter zukünftigen Klimabedingungen niedriger waren. Ab 2019 wurde jedoch ein positiver Interaktionseffekt zwischen Temperatur, CO₂ und Jahr beobachtet. Die langfristige Anpassung des Pflanzenbestandes führte zu höheren Erträgen, wobei hitze- und dürrer-tolerante Arten wie *Arrhenatherum elatius* zur Bestandesdominanz neigen.

Abstract

Grassland is the most important crop of less-favoured agricultural regions in the Alps, covering extensive areas and playing vital ecological and economic roles. However, climate change, particularly rising temperatures and reduced water availability, poses significant challenges to these ecosystems. To assess the impacts of these factors, we initiated a multifactorial field experiment in 2014 on a three-cut grassland comprehensively monitored for over a decade. The ClimGrass facility comprises 54 experimental plots seeded with a permanent grassland mixture of 11 species. It manipulates key climate variables, including atmospheric CO₂ concentrations elevated by up to +300 ppm and temperature increases up to +3.0 °C above ambient levels. Statistical analyses using linear mixed models indicate that yields were lower in the initial years under future climate conditions. However, from 2019 onwards, a positive interaction effect between temperature, CO₂, and year was observed. Long-term adaptation of the sward attribute increased yields with heat and drought-tolerant species such as *Arrhenatherum elatius* becoming dominant in the sward.

Literatur

GOBIET A, KOTLARSKI S, BENISTON M, HEINRICH G, RAJCZAK J, STOFFEL M (2014): 21st century climate change in the European Alps - A review. *Science of the Total Environment* 493, 1138-1151.

PERATONER G, PÖTSCH E M (2019): Methods to describe the botanical composition of vegetation in grassland research. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment* 70 (1), 1-18.

PÖTSCH E M, HERNDL M, BAHN M, SCHAUMBERGER A, SCHWEIGER M, KANDOLF M, REINTHALER D, SCHINK M, ADELWÖHRER M (2019): ClimGrass – ein innovatives Freilandexperiment zur Erforschung der Folgen des Klimawandels im Grünland. In: 21. Alpenländisches Expertenforum. Klimawandel im Alpenraum - Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, AT, 3-10.

Adressen der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: DI Andreas KLINGLER, andreas.klingler@raumberg-gumpenstein.at

Effizienzsteigerung durch den gezielten Einsatz von Wirtschaftsdüngern

Improved efficiency through the optimized use of organic fertilizers

Florian Schmeisser*, Stefan Geyer und Peter Prankl

Einleitung

Wirtschaftsdünger spielt eine zentrale Rolle in der österreichischen Landwirtschaft, da er nicht nur zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit beiträgt, sondern auch eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft innerhalb der Betriebe ermöglicht. In Österreich fallen jährlich rund 25 Millionen Tonnen Wirtschaftsdünger an, davon etwa 20 Millionen Tonnen in Form von flüssigem und festem Stallmist (Umweltbundesamt, 2012). Diese Menge stellt eine wertvolle Ressource dar, die effizient genutzt werden sollte.

Allerdings reicht die alleinige Anwendung organischer Dünger oft nicht aus, um den Nährstoffbedarf ertragreicher Bestände vollständig zu decken. Besonders bei stark zehrenden Kulturen ist eine gezielte Ergänzung mit mineralischem Stickstoff erforderlich, um Ertrags- und Qualitätsziele zu erreichen. Eine ausgewogene Kombination aus organischer und mineralischer Düngung kann dabei nicht nur die Düngereffizienz verbessern, sondern auch Umweltwirkungen wie Nitratauswaschung oder Ammoniakemissionen reduzieren. Die Optimierung dieser Strategien ist vor dem Hintergrund strenger gesetzlicher Vorgaben und wachsender gesellschaftlicher Anforderungen an eine nachhaltige Landwirtschaft ein zentraler Forschungsaspekt.

Material und Methoden

In diesem Wirtschaftsdüngerversuch werden unterschiedliche Wirtschaftsdüngervarianten mit und ohne mineralischer Ergänzungsdüngung, mit rein mineralisch versorgten Varianten verglichen. Der Versuch wurde im Jahr 2022 als Dauerversuch angelegt und seither mit geringfügigen Optimierungen im selben Schema weitergeführt. Er besteht aus den Fruchtfolgegliedern Winterraps, Wintergerste, Körnermais und Winterweichweizen. In jeder Kultur sind 48 Düngervarianten in vierfacher Wiederholung angelegt. Ein Fruchtfolgeglied umfasst somit 192 Parzellen und der Gesamtversuch 768 Parzellen.

Folgende Düngervarianten sind angelegt:

- (1) Rindergülle Frühjahr; Ausbringtechnik Breitverteiler
- (2) Rindergülle Frühjahr; Ausbringtechnik Schleppschuhverteiler
- (3) Schweinegülle Frühjahr; Ausbringtechnik Breitverteiler
- (4) Schweinegülle Frühjahr; Ausbringtechnik Schleppschuhverteiler
- (5) Rindergülle Herbst; Ausbringtechnik Breitverteiler
- (6) Rindergülle Herbst; Ausbringtechnik Schleppschuhverteiler
- (7) Rinderfestmist (Sommerausbringung nach WW, WG und Körnermais; Herbstausbringung nach Körnermais)
- (8) Mineraldünger (mit P und K-Ausgleich)

Die Fruchtfolge wird dabei in gleichbleibender Reihenfolge über die vier Teilbereiche des Versuchsfeldes rotiert. Die Bewirtschaftung der Teilbereiche erfolgt nach den Grundsätzen der guten landwirtschaftlichen Praxis. Sämtliche Bewirtschaftungsmaßnahmen sowie die Ausbringzeitpunkte werden an die jeweilige Kultur angepasst und orientieren sich an den standort- und entwicklungsbedingten Anforderungen des Bestandes.

Die Mengen der Gülle und Festmistausbringung werden auf Basis zuvor erhobener Nährstoffanalysen berechnet. Zur Validierung der eingesetzten Mengen erfolgt während der Ausbringung eine zusätzliche Probenahme. Die Ausbringung selbst wird unter möglichst idealen Witterungsbedingung (kühl, bewölkt) durchgeführt, um potenzielle Stickstoffverluste zu minimieren und verfälschende Effekte zu vermeiden.

Die Beprobung erfolgt in einem an die Kulturart angepassten Muster. Bei Winterweizen und Wintergerste werden zu Vegetationsbeginn, im EC32, im EC39 und zur Ernte Beprobungen durchgeführt. Dabei

werden jeweils Bodenproben aus einer Tiefe von 0–60 cm entnommen sowie zusätzlich Biomasseproben erhoben. Bei Silomais und Winterraps erfolgt die Beprobung nur zu Vegetationsbeginn und zur Ernte. Die Ernte der Kleinparzellen erfolgt mittels eines Kleinparzellenmähdreschers. Das Erntegut wird anschließend auf Protein, Stärke, Hektolitergewicht und Feuchtigkeit analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der mehrjährigen Versuchsauswertung zeigen eindeutige Auswirkungen der unterschiedlichen Düngermengen und Ausbringmethoden auf den Ertrag und den Proteingehalt der unterschiedlichen Kulturen. Abbildung 1 stellt dabei die Durchschnittserträge der einzelnen Kulturen in den ausgewählten Varianten über die drei Jahre des Versuchszeitraums dar. Die ausgewählten Varianten zeigen den Einfluss der Applikationstechnik und der Wirtschaftsdüngerart auf die Erträge der Kulturen unabhängig von der Höhe der Gesamtdüngermenge.

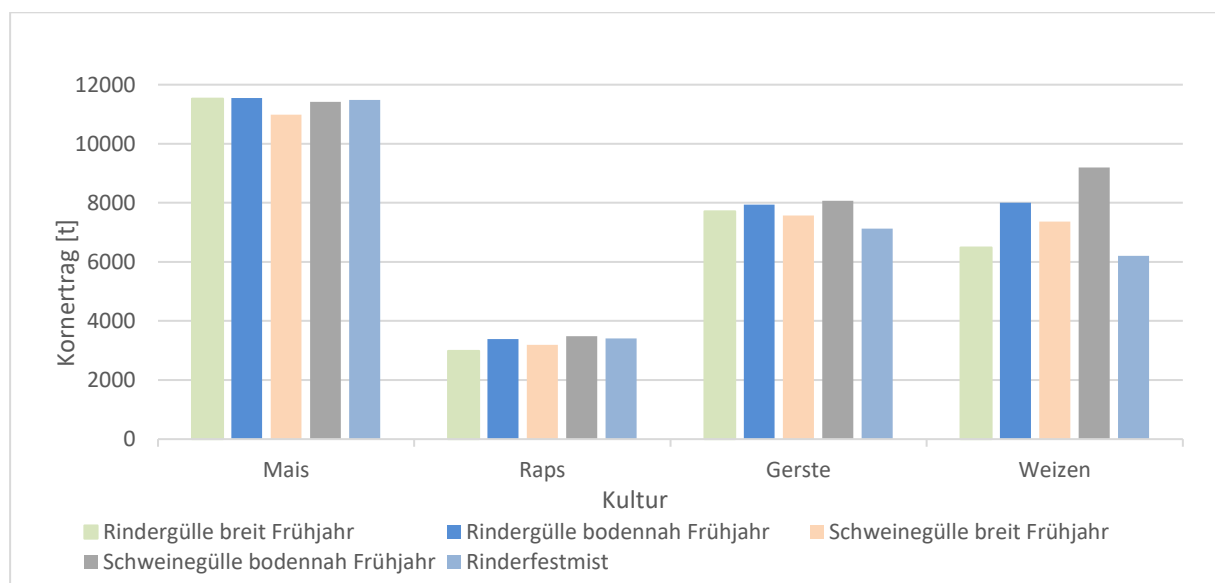


Abbildung 2: Durchschnittlicher Kornertrag der Jahre 2022, 2023 und 2024 in den ausgewählten Düngevarianten der einzelnen Kulturen

Die Auswertung der Ertragsdaten zeigt, dass die bodennahe Ausbringung der Rinder und Schweinegülle in allen Kulturen höhere Erträge liefert als in den breitverteilt ausgebrachten Varianten. Der beobachtete Effekt zeigt sich in der Schweinegülle noch einmal stärker als in der Rindergülle. Die höchsten Erträge in den Kulturen Raps, Weizen und Gerste konnten demnach mit der bodennah ausgebrachten Schweinegülle erzielt werden. Die Anwendung von Rinderfestmist führte im Vergleich zu den Güllevarianten bei allen Kulturen zu tendenziell geringeren Erträgen, ohne dabei aber weit abzufallen.

Bei der detaillierten Betrachtung der Versuchsergebnisse für Winterweizen in Abhängigkeit der unterschiedlichen Düngerstufen zeigt sich, dass die zusätzliche mineralische Stickstoffgabe einen erheblichen Einfluss auf den Kornertrag ausübt. Gleichzeitig lässt sich anhand der rein organisch gedüngten Varianten auch ein deutlicher Effekt der Applikationstechnik feststellen. Die bodennahen Ausbringverfahren führten in allen Varianten zu höheren Erträgen im Vergleich zur breitverteilten Ausbringung. Hinsichtlich des Rohproteingehalts im Korn ergibt sich ein differenziertes Bild. In den rein organisch gedüngten Varianten wurden teils höhere Proteingehalte erzielt als in jenen Varianten, bei denen früh ergänzend mineralischer Stickstoff appliziert wurde. In der rein mineralisch gedüngten Variante liegt der Rohproteingehalt auf einem konstant höheren Niveau als in den kombinierten Varianten.

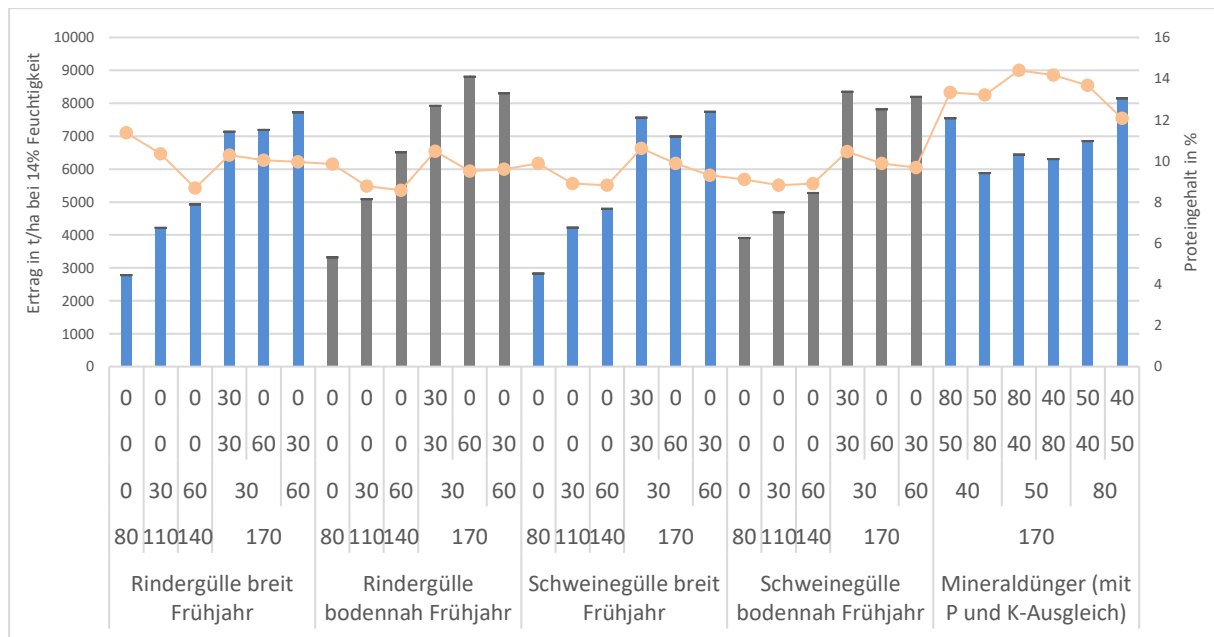


Abbildung 3: Winterweizen-erträge und Proteingehalte in den einzelnen Varianten und Düngerstufen im Jahr 2023

Auch im Jahr 2024 lieferte der Winterweizen ähnliche Ergebnisse. Bei Winterraps und Wintergerste zeigen die Ertragsanalysen die entsprechend erwarteten Verläufe. Einzig im Körnermais können die beschriebenen Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Diskussion

Die beinahe in allen Varianten festgestellte Ertragssteigerung durch die bodennahe Ausbringung von Wirtschaftsdünger kann durch die minimierten gasförmigen Verluste, insbesondere in Form von Ammoniak, erklärt werden. Vorallem bei Schweinegülle wird dieser Effekt deutlich, da bodennah ausgebrachte Schweinegülle aufgrund des allgemein niedrigeren TS-Gehaltes besser in den Boden infiltriert. Wie Sommer und Hutchings (2021) belegen sinkt die Diffusionsrate von NH_3 im Boden und die Oberfläche aus der NH_3 entweichen kann, wird ebenfalls verringert.

Die höheren Rohproteingehalte in den rein organisch gedüngten Varianten im Verhältnis zu den organisch und zusätzlich früh mineralisch ergänzten Varianten können mit einer erhöhten Biomassebildung aufgrund einer angeregten Bestockung begründet werden (Abbildung 2).

Festmist enthält im Vergleich zu Gülle einen höheren Anteil organisch gebundener Nährstoffe, deren Mineralisierung zeitlich verzögert erfolgt (Chadwick et al., 2000). Die etwas geringeren Erträge in den Festmistvarianten sind somit auf die langsamere Nährstofffreisetzung und die geringere Verfügbarkeit von sofort pflanzenverfügbarem Stickstoff zurückzuführen. Insbesondere in der frühen Wachstumsphase könnte dies zu einer suboptimalen Nährstoffversorgung führen, was sich negativ auf den Ertrag auswirkt.

Zusammenfassung

In einem 2022 angelegten Dauerversuch wurden die Auswirkungen verschiedener Wirtschaftsdünger-varianten mit und ohne mineralischer Ergänzung und im Vergleich zu rein mineralischer Düngung auf Ertrag und Rohproteingehalt von Winterraps, Wintergerste, Körnermais und Winterweizen untersucht. Die bodennahe Ausbringung von Gülle führte in beinahe allen Varianten zu höheren Erträgen im Vergleich zur breitverteilten Ausbringung, wobei Schweinegülle aufgrund ihres niedrigeren Trockensubstanzgehalts verstärkte Effekte zeigte. Festmist erzielte geringere Erträge, was auf die verzögerte Mineralisierung organisch gebundener Nährstoffe und die geringere Verfügbarkeit von sofort pflanzenverfügbarem Stickstoff zurückzuführen ist. Rein mineralische Düngung führte zu konstant höheren Rohproteingehalten. Die Ergebnisse zeigen, dass die Applikationstechnik und die richtige mineralische Ergänzung von organischer Düngung entscheidend für Ertrag und Qualität in allen untersuchten Kulturen

sind. Der Versuch unterstreicht die Bedeutung emissionsarmer Ausbringungstechniken zur Minimierung von Stickstoffverlusten und zur Optimierung der Nährstoffeffizienz.

Abstract

In a 2022 established trial, the effects of various organic fertilizer variants, with and without mineral fertilization, on the yield and protein content of winter oilseed rape, winter barley, maize, and winter wheat were investigated. The near-ground application of slurry resulted in higher yields in almost all variants compared to broadcast application, with pig slurry showing stronger effects due to its lower dry matter content and higher infiltration rate. Solid manure achieved lower yields, which can be attributed to the delayed mineralization of organically bound nutrients and the reduced availability of plant-available nitrogen. Mineral fertilization without any organic fertilization consistently led to higher protein contents. The results demonstrate that the application technique and the appropriate mineral supplementation of organic fertilization are crucial for yield and quality in all examined crops. The trial highlights the importance of low-emission application techniques to minimize nitrogen losses and optimize nutrient efficiency.

Literatur

Chadwick, D. R., John, F., Pain, B. F., Chambers, B. J., & Williams, J. (2000). Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *The Journal of Agricultural Science*, 134(2), 159-168.

Sommer, S. G., & Hutchings, N. J. (2001). Ammonia emission from field applied manure and its reduction. *European journal of agronomy*, 15(1), 1-15.

Zethner, G., & Süßenbacher, E. (2012). *Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen: Evaluierung hinsichtlich Klimaschutzrelevanz* (Umweltbundesamt Report REP-0377). Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0377.pdf>

Adressen der Autoren

¹ Josephinum Research, Rottenhauserstraße 1, 3250 Wieselburg, Austria

*Ansprechpartner: DI Florian Schmeisser, E-mail: f.schmeisser@josephinum.at

Wiederherstellung und Pflege artenreicher Extensivgrünlandflächen zur Förderung der biologischen Vielfalt

Restoration and maintenance of species-rich extensive grassland areas to promote biodiversity

Wilhelm Graiss*, Katharina Gassner-Speckmoser, Lukas Gaier und Bernhard Krautzer

Einleitung

Der kontinuierliche Rückgang artenreicher Extensivgrünlandflächen in Mitteleuropa stellt eine der zentralen Ursachen für den Verlust biologischer Vielfalt dar. Diese traditionell extensiv genutzten Lebensräume beherbergen eine Vielzahl spezialisierter Pflanzen- und Tierarten, darunter eine hohe Dichte an blütenbestäubenden Insekten wie Wild- und Honigbienen, Schmetterlingen und Schwebfliegen (HALLMANN et al. 2017; POTTS et al. 2010).

Durch die Intensivierung der Landwirtschaft, Verbrachung und Nutzungsaufgabe solcher Flächen sind nicht nur wertvolle Ökosystemfunktionen gefährdet, sondern auch die genetische Vielfalt regionaler Pflanzenpopulationen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Wiederherstellung von artenreichen Grünlandflächen zunehmende Bedeutung. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Verwendung zertifizierter, regionaler Wildpflanzensaatgutmischungen, welche die standorttypische Biodiversität erhalten und ökologisch stabile Pflanzengesellschaften etablieren helfen (GRAISS et al. 2013).

Bedeutung des artenreichen Extensivgrünlandes

Extensiv genutzte Wiesen und Weiden sind artenreiche Biotope, die eine entscheidende Rolle für die Biodiversität in der Kulturlandschaft spielen. Sie bieten strukturreiche Lebensräume, die durch eine zeitlich gestaffelte Blühabfolge nicht nur ästhetischen Wert besitzen, sondern auch eine Nahrungsgrundlage für Insekten gewährleisten (SCHEPER et al. 2014). Bis zu 100 verschiedene Pflanzenarten pro Fläche sind keine Seltenheit, darunter viele Spezialisten, deren Bestäubung ausschließlich durch bestimmte Wildbienenarten erfolgt (BRANDL et al. 2022). Darüber hinaus wirken diese Flächen als genetische Reservoirs für Wildpflanzenarten, fördern die Bodenfruchtbarkeit, verhindern Erosion und leisten durch Kohlenstoffbindung in tieferen Bodenschichten einen Beitrag zum Klimaschutz.

Wiederherstellung artenreicher Grünlandflächen

Herkunft des Saatguts - heimisches Wildpflanzensaatgut

Gräser, Kräuter und Kleepflanzen von extensiv bewirtschafteten heimischen Grünlandflächen bezeichnet man als heimische Wildpflanzen. Wenn man Saatgut dieser Pflanzen erntet, erhält man Wildpflanzensaatgut und führt dieses einer landwirtschaftlichen Vermehrung zu. Der besondere Wert von solchem Wildpflanzensaatgut basiert dann vor allem auf seiner regionalen Herkunft von geeigneten Spenderflächen bzw. seiner genetischen Integrität in Bezug auf den Naturraum, in dem die Art wieder ausgebracht wird.

Heimisches Wildpflanzensaatgut ist sehr aufwendig in der Gewinnung und Produktion und daher entsprechend teuer. Einige der in solchen Mischungen enthaltenen Arten wie beispielsweise die Margerite oder die Schafgarbe gibt es aber auch als deutlich billigeres Handelssaatgut aus Neuseeland oder Frankreich. Genetisch sind diese Materialien aber nicht für unsere Naturräume geeignet und deren Verwendung ist daher nicht gestattet. Um den Saatgutproduzenten und -konsumenten die Sicherheit zu geben, das richtige Material zu verwenden, muss Wildpflanzensaatgut zertifiziert sein, d.h. die regionale österreichische Herkunft muss nachgewiesen werden (KRAUTZER et al. 2020).

Auswahl des Saatguts

Für eine naturschutzfachlich sinnvolle Wiederherstellung ist der Einsatz von regionalem, zertifiziertem Wildpflanzensaatgut essenziell. Systeme wie das Gumpensteiner Herkunftszertifikat (G-Zert) oder das REWISA-Netzwerk garantieren, dass Saatgut aus regionalen Wildbeständen stammt und genetisch an die jeweiligen Standortbedingungen angepasst ist (KRAUTZER et al. 2021).

Biodiversitätsmischungen aus heimischen Wildpflanzen bestehen aus bis zu 40 unterschiedlichen Gräsern, Kräutern und Leguminosen des Extensivgrünlandes. Sie werden nach den folgenden Vorgaben zusammengesetzt:

1. Sie enthalten Arten, die einer dem Naturraum und den Standortverhältnissen entsprechenden Pflanzengesellschaft nachempfunden sind.
2. Es werden dafür Arten ausgewählt, die im entsprechenden Naturraum heimisch sind, aus regionalen Sammlungen von Wildpflanzen stammen und mit ihrer lokalen genetischen Ausprägung daher eine besondere Bereicherung der Biodiversität in der Kulturlandschaft darstellen. Diese Eigenschaften müssen über ein anerkanntes Zertifizierungssystem (z.B. www.gzert.at) nachgewiesen werden.
3. Eine möglichst hohe Vielfalt an ein- und überjährigen sowie ausdauernden Arten aus vielen unterschiedlichen Pflanzenfamilien wird eingemischt, damit ein breites Spektrum an blütenbestäubenden und sonstigen Insektengruppen gefördert wird.
4. Der Fokus liegt auf Arten, die im Rahmen einer nachfolgend extensiven, ein- bis zweischnittigen Nutzung dauerhaft etablieren können.

Die Verwendung solcher Mischungen fördert nicht nur die Etablierung stabiler Pflanzenbestände, sondern verhindert auch die Verdrängung lokaler Ökotypen durch standortsfremde Arten (KRAUTZER et al. 2018).

Standortvorbereitung

Vor der Einsaat ist eine gründliche Analyse der Ausgangsbedingungen unerlässlich. Besonders auf nährstoffreichen Böden, wie sie häufig auf ehemaligen Ackerflächen anzutreffen sind, kann ein starker Konkurrenzdruck durch Ruderalarten die Etablierung artenreicher Grünlandvegetation erheblich erschweren. Um die Nährstoffverhältnisse gezielt zu reduzieren und damit die Etablierung konkurrenzschwächerer Zielarten zu fördern, wird eine vorherige Aushagerung empfohlen. Diese kann durch den Anbau nährstoffzehrender Zwischenfrüchte, durch das Abtragen des obersten Bodenhorizonts oder durch tiefes Pflügen (sogenanntes „Rigolen“) erfolgen. Nach dieser Vorbehandlung wird die Fläche mit geeigneten landwirtschaftlichen Geräten wie Kreiselegge oder Rotorumkehregge bearbeitet. Dabei ist auf die Herstellung eines feinkrümeligen, gut rückverfestigten Saatbetts zu achten, um einen gleichmäßigen Bodenschluss zu gewährleisten und so optimale Bedingungen für den Aufgang der Samen zu schaffen (KIRMER et al. 2016).

Aussaatechnik und Saatstärke

Unter optimalen Bedingungen – dazu zählen eine sorgfältige, möglichst unmittelbar vor der Aussaat durchgeführte Bodenbearbeitung sowie der Einsatz geeigneter Saatechnik – wird für Blühmischungen, die ausschließlich oder überwiegend aus Kleearten und Kräutern bestehen, eine Saatstärke von 2 bis 3 g/m² empfohlen. Eine zu lange Verzögerung zwischen Bodenbearbeitung und Saat sollte vermieden werden, da sich andernfalls Ruderalarten etablieren können. Zur präzisen Einstellung der Saatstärke bei maschineller Ausbringung mit einem Übersaatgerät, ist die Durchführung einer Abdrehtprobe erforderlich. Die vergleichsweise niedrige Saatmenge ist aus vegetationstechnischer Sicht sinnvoll, da die eingesäten Arten im Jugendstadium eine geringe Konkurrenzkraft aufweisen. Hohe Saatstärken führen zu einer Dominanz weniger, wuchskräftiger Arten. Für den Etablierungserfolg ist eine gleichmäßige Verteilung des Saatguts auf der Fläche entscheidend. Bei der händischen Ausbringung hat sich das Zumischen von Sand oder Gieß in einer Menge von 10 bis 15 g/m² bewährt. Das Saatgut sollte lediglich oberflächlich abgelegt werden. Ganz wichtig ist im Anschluss eine ausreichende Rückverfestigung durch eine passende Profilwalze (Prismenwalze, „Güttlerwalze“). Dadurch wird das Saatgut einerseits leicht in den Boden eingedrückt und gleichzeitig ein ausreichender Kapillarschluss erreicht (KIRMER et al. 2016).

Frühjahrsansaat

Die Frühjahrsaussaat sollte bevorzugt zwischen Mitte April und Mitte Juni erfolgen, um die günstigen Wachstumsbedingungen der Winterfeuchte und Frühjahrsniederschläge optimal zu nutzen, danach besteht die Gefahr von Sommertrockenheit. Bei späteren Anlageterminen besteht wiederum die Gefahr einer mangelnden Wasserversorgung, besonders nach den in den letzten Jahren häufiger gewordenen Trockenperioden. Dazu kommt, dass auflaufende sommerannuelle Unkräuter (Hirsen, Melden etc.) deutlich schneller auflaufen und die Ansaat sehr stark konkurrieren (Wasser, Licht, Standraum). Dies

führt zu schlechten Keimergebnissen der oberflächennah abgelegten Ansaat. Optional kann eine Deckfrucht wie Sommergerste mit einer Saatmenge von 60-80 kg/ha zur Erosionsminderung genutzt werden (KRAUTZER et al. 2018).

Spätsommeransaat

Für die Spätsommeransaat wird der Zeitraum Mitte August bis Mitte September empfohlen, da eine spätere Aussaat aufgrund der langen Keimzeit und der Frostepfindlichkeit der Kräuterarten nicht sinnvoll ist. Im Spätsommer laufen deutlich weniger Unkräuter auf, wobei die Sommerannuellen im Spätherbst abfrosten. Die Winterannuellen bleiben in der Herbstentwicklung zurückhaltend und üben wenig Konkurrenzdruck aus. Die Temperaturen sinken, die Nächte werden zunehmend taufeucht, wodurch die Wasserversorgung der Ansaat deutlich verbessert wird, die Keimlinge können sich bis in den Spätherbst hinein gut entwickeln.

Pflegekonzepte zur Erhaltung der Artenvielfalt

Etablierungsphase

In der Anfangsphase ist mit einer starken Verunkrautung durch einjährige Ackerkräuter zu rechnen. Hier sind ein bis zwei Schröpfungsschnitte nötig, um Lichtkonkurrenz zu minimieren. Bei der Spätsommeransaat ist im Regelfall kein Reinigungsschnitt notwendig. Zudem sind viele Arten der Spätsommeransaat im Folgejahr so gut entwickelt, dass ein guter Teil davon bereits im ersten Frühjahr bis Frühsommer zur Blüte gelangt. Das Schnittgut muss vollständig entfernt werden, um eine unkontrollierte Samenbildung der Unkräuter zu vermeiden (PRACH et al. 2001).

Regelmäßige Nutzung

Ab dem zweiten Jahr ist eine extensive Nutzung mit ein bis zwei Mahdterminen pro Jahr mit Abfuhr des Schnittgutes erforderlich. Der erste Schnitt sollte frühestens ab der Samenreife der Wildkräuter (Ende Juni bis Mitte Juli) erfolgen, der zweite im Herbst (Mitte September). Dabei ist besonders auf eine ausreichende Schnitthöhe (8–10 cm) und eine bodenschonende Bearbeitung zu achten. Bei einem ersten Schnitt Anfang Juli entwickelt sich in den Spätsommer hinein ein zweiter, weniger blühender, biomassearmer Folgeaufwuchs. Dieser bietet Wildbienen und blütenbestäubenden Insekten mit später Entwicklung eine wertvolle Nahrungsquelle. Zumindest vom ersten Schnitt muss Bodenheu bereitet werden, damit die Pflanzen jedes Jahr wieder aussamen können. Nur so kann sich die Samenbank nachhaltig regenerieren und die Artenvielfalt erhalten bleiben (DIERSCHKE und BRIEMLE 2002).

Düngung

Eine mineralische Düngung ist auf artenreichen Flächen grundsätzlich zu vermeiden. Ausnahmen bilden sehr nährstoffarme Standorte, bei denen alle 2–3 Jahre eine organische Düngung (z. B. Mistkompost) von maximal 10 t/ha erfolgen kann. Bei ehemals ackerbaulich intensiv genutzten Flächen ist in den ersten Jahren keine Düngung notwendig (DONATH et al. 2003).

Zusammenfassung

Die Wiederherstellung und Pflege artenreicher Extensivgrünlandflächen ist eine zentrale Maßnahme zum Schutz der Biodiversität in unserer Kulturlandschaft. Durch den gezielten Einsatz von regionalem Wildpflanzensaatgut und angepasste Pflege können stabile, ökologisch wertvolle Lebensräume geschaffen werden. Neben ihrer Funktion als Rückzugsorte für bedrohte Arten bieten sie auch ästhetischen und kulturellen Mehrwert. Zukünftige Maßnahmen sollten verstärkt auf die Integration solcher Flächen in landwirtschaftliche Nutzsyste me und urbane Räume abzielen, um Biodiversität flächendeckend zu fördern.

Abstract

The restoration and maintenance of species-rich extensive grassland areas is a key measure for protecting biodiversity in our cultural landscape. Stable, ecologically valuable habitats can be created through the targeted use of regional wild plant seeds and appropriate care. In addition to their function as refuges for endangered species, they also offer aesthetic and cultural added value. Future measures should increasingly aim to integrate such areas into agricultural utilisation systems and urban spaces in order to promote biodiversity across the board.

Literatur

- BRANDL M, HUSSAIN R, MAAS B, RABL D, PACHINGER B, HOLZINGER W, KRAUTZER B, MOSER D, FRANK T, (2022): Improving insect conservation values of agri-environment schemes through diversified seed mixtures. *Biological Conservation* Volume 269, May 2022, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109530>.
- DIERSCHKE H, BRIEMLE G (2002): *Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht*. Ulmer Stuttgart, 239 S.
- DONATH T W, HOLZEL N, OTTE A (2003): The impact of site conditions and seed dispersal on restoration success in alluvial meadows. *Applied Vegetation Science*, 6: 13-22. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2003.tb00560>.
- GRAISS W, HASLGRÜBLER P, KRAUTZER B (2013): Anlage artenreicher Wiesen zur Erhaltung der Biodiversität – das Projekt SALVERE. *Anliegen Natur*, 35 (1), 65-67.
- HALLMANN C A, SORG M, JONGEJANS E, SIEPEL H, HOFLAND N, SCHWAN H, STENMANS W, MÜLLER A, SUMSER H, HÖRREN T, GOULSON D, DE KROON H (2017): More than 75 per cent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12 (10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- KIRMER A, KRAUTZER B, SCOTTON M, TISCHEW S (2016): *Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland*. 2. Auflage. Hochschule Anhalt, Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, ISBN 978-3-902559-70-8.
- KRAUTZER B, GRAISS W (2015): Regionale Wildblumen als Nahrungsgrundlage für Honig- und Wildbienen. In *Landwirtschaftskammer Österreich & LFI (Eds.), Symbiose Imkerei und Landbewirtschaftung – eine spannende Partnerschaft* (pp. 66-76). Landwirtschaftskammer Österreich und LFI (Ländliches Fortbildungsinstitut).
- KRAUTZER B, GRAISS W, BLASCHKA A (2021): Prüfrichtlinie für die Zertifizierung und den Vertrieb von regionalen Wildgräsern und Wildkräutern nach „Gumpensteiner Herkunftszertifikat“ (G-Zert). Irdning: HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 18 S.
- KRAUTZER B, GRAISS W, HASLGRÜBLER P, FRÜHWIRTH T, OCKERMÜLLER E (2018): Aufblühen – Blühmischungen aus heimischen Wildpflanzen – Lebensraum und Nahrung für unsere blütenbestäubenden Insekten. *ÖAG Info* 4/2018, Irdning-Donnersbachtal, 28 S.
- KRAUTZER B, GAIER L, WEBER H, GRAISS W, KLINGLER A (2020): How to increase biodiversity in species poor grassland. *Proceedings of the 28th GENERAL MEETING OF EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION (EGF) "Meeting the future demands for grassland production"*.
- POTTS S G, BIESMEIJER J C, KREMEN C, NEUMANN P, SCHWEIGER O, KUNIN W E (2010): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25 (6), 345-353.
- PRACH K, PYŠEK P (2001): Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: experience from Central Europe. *Ecological Engineering*, 17(1), 55-62. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00132-4](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00132-4).
- SCHEPER J, REEMER M, VAN KATS R, OZINGA W, VAN DER LINDEN G, SCHAMINEE J, SIEPEL H, KLEIJN D (2014): Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in The Netherlands. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111(49), 17552–17557. <https://doi.org/10.1073/pnas.1412973111>

Adressen der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich

* Ansprechpartner: Dr. Wilhelm Graiss, wilhelm.graiss@raumberg-gumpenstein.at

Zuchtfortschritt von Rapshybriden in 28 Jahren österreichischer Wertprüfung im Vergleich von Trockengebiet und feuchteren Lagen

Breeding progress of rapeseed hybrids in 28 years of Austrian VCU-testing in comparison of the Pannonian area and humid locations

Joachim Neureiter*

Einleitung

Neben den am weitest verbreiteten Hybridsorten, werden im aktuellen Auszug der beschreibenden Sortenliste die klassischen freiabblühenden Liniensorten und die Halbzweig-Hybridsorten angeführt. Aktuell sind 19 unterschiedliche Rapshybridsorten gelistet, wobei die längsten Zulassungen seit 2015 bestehen. Durch den nötigen, in den letzten Jahren immer weiter steigenden Betriebsmitteleinsatz, hat der Raps an Attraktivität für die Landwirte verloren, da die Preise, welche die Aufkäufer bereit waren zu zahlen, nicht im selben Ausmaß gestiegen sind.

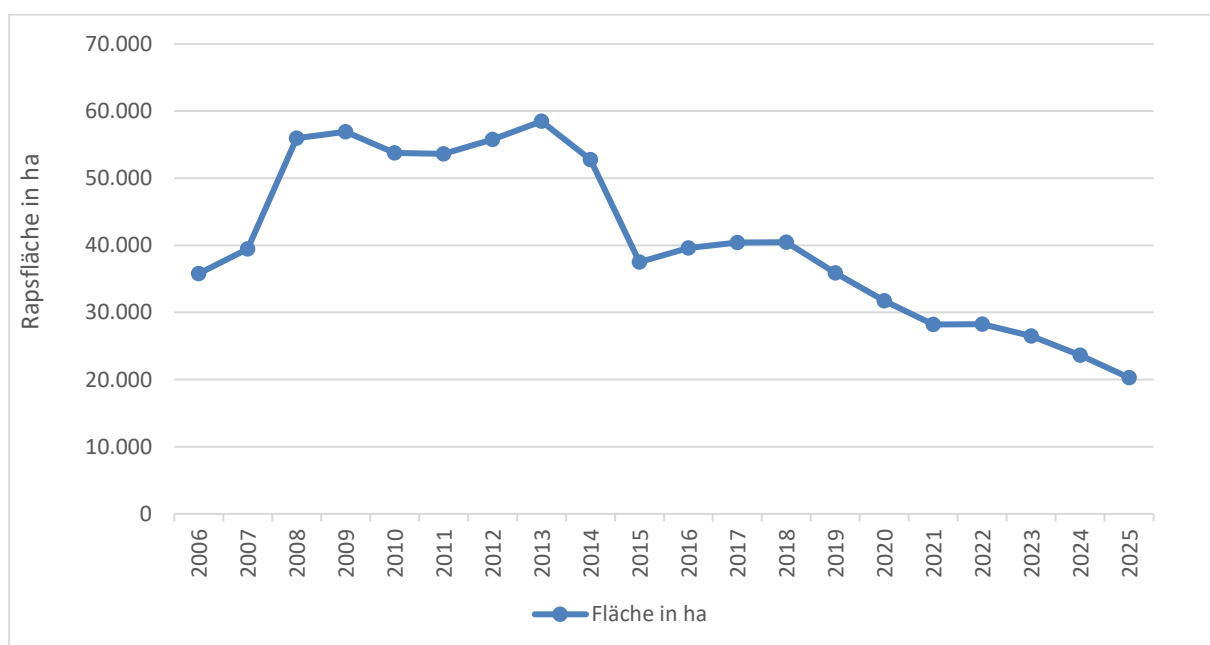


Abbildung 4: Entwicklung der Rapsfläche in Österreich von 2006 bis 2025 nach Daten des AMA-Mehrfachantrags (eigene Darstellung nach AMA Flächenauswertung)

Für die heurige Ernte wird von einer Fläche von knapp über 20.000 ha ausgegangen. Ein Rückgang im Vergleich zum Vorjahr, der nun schon seit 2015 anhält (siehe Abbildung 4). Züchterisch dürfte Raps weiterhin eine interessante Kulturart sein, da, seit den ersten Hybridsorten Mitte der 90er Jahre, ein beachtlicher Fortschritt bei den Erträgen erzielt werden konnte.

Material und Methoden

Jahre, Pflanzenarten: Es wurden 391 Exaktversuche zu Rapssorten mit Erntejahr zwischen 1997 und 2024 in die Auswertung miteinbezogen.

Standorte: Wie in der Raps-Sortenwertprüfung üblich, wurden die Standorte nach klimatischen Bedingungen in Trocken- und Feuchtgebiet unterteilt. Die Versuchsstandorte im Trockengebiet lagen in Fuchsenbigl, Prellenkirchen, Großnondorf, Sigmundsherberg, Merkersdorf, Tulln, Unterwaltersdorf, Mittleres Burgenland, Oberes Weinviertel, Ernstbrunn, Großenzersdorf, Mattersburg, Andau und Nikitsch. Jene im Feuchtgebiet befanden sich in Wieselburg, Zinsenhof, Grabenegg, Ritzlhof, Lambach-Stadl-Paura, Bad Wimsbach-Neydharting, Enns, Freistadt, Schönfeld und Eichfeld.

Sorten: Es wurden sämtliche Rapshybridsorten, welche in Österreich seit 1997 zugelassen wurden in die Berechnungen einbezogen.

Parameter: Kornertrag (dt/ha; KOEQ), Ölgehalt (%; ROS%), Glucosinolatgehalt ($\mu\text{mol/g}$; GLUC)

Ergebnisse und Diskussion

Pflanzenzüchter versuchen durch gezielte Auswahl bei der Selektion, möglichst viele und möglichst stark ausgeprägte erwünschte Eigenschaften in neue entwickelte Sorten zu verankern. Damit kann am Markt, ein für den Landwirt ökonomisch attraktives Saatgut, platziert werden. Neben guter Krankheits-toleranz sind bei Raps der Ölgehalt und die Ertragsleistung die wichtigsten Eigenschaften. Nach der Ölgewinnung spielen nicht gewünschte Inhaltsstoffe in den Nebenprodukten eine wichtige Rolle. In Tierfuttermitteln kann sich zum Beispiel ein zu hoher Gehalt an Glucosinolaten schädlich auf die Tier-gesundheit und das Leistungsvermögen auswirken.

Betrachtet man die Entwicklung der Ertragsleistung seit 1997 in Abbildung 5 so erkennt man die stetig steigenden Erträge. Der Zusammenhang zwischen späterem Zulassungsjahr und höheren Erträgen ist schon in der Grafik offensichtlich. Seit 1997 nahm der Ertrag im Durchschnitt über alle untersuchten Gebiete um 0,99 dt/ha pro Jahr zu. Mit 1,00 dt/ha im Feuchtgebiet (KOEQ_FG) zu 0,94 dt/ha im Trockengebiet (KOEQ_TG) war die jährliche Steigerung in den feuchteren Gebieten etwas höher. Mit einem p-Wert von $2,2e^{-16}$ beim gesamten Kornertrag, liegt ein signifikantes Resultat vor.

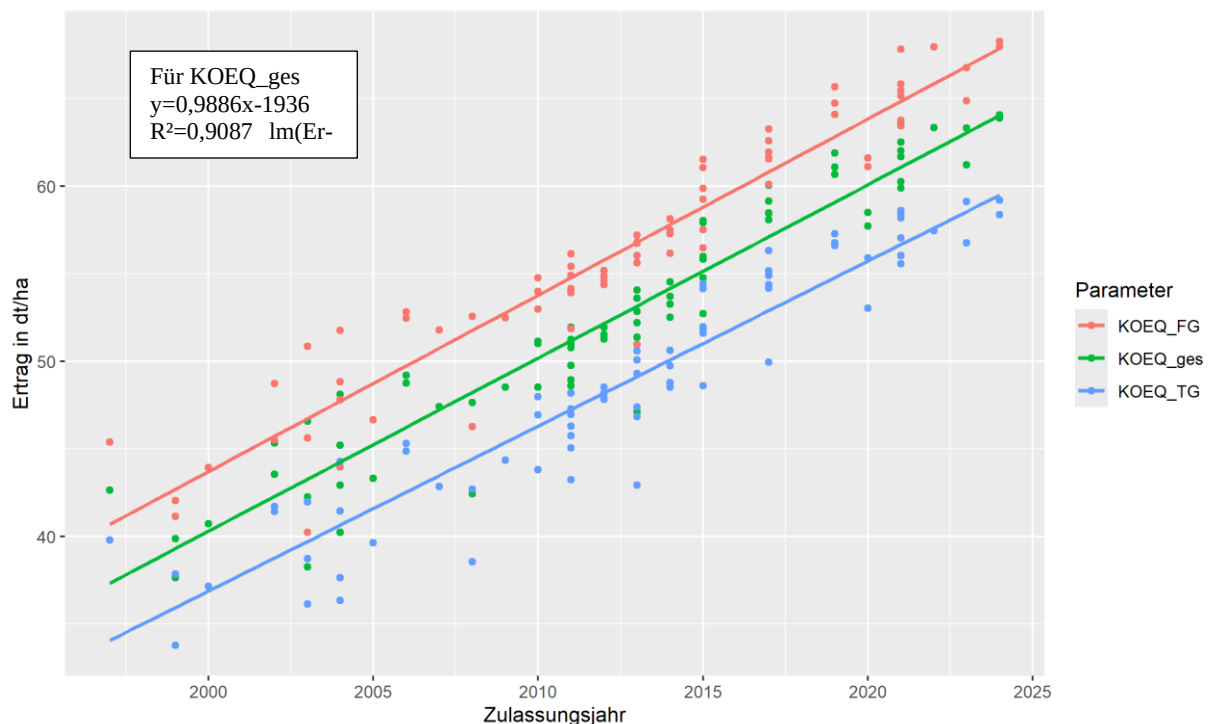


Abbildung 5: **Entwicklung der durchschnittlichen Rapsenerträge von in Österreich zugelassenen Sorten zwischen 1997 und 2024 insgesamt und unterschieden in Feucht- und Trockengebiet**

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Entwicklung des Ölgehalts. Auch dieser stieg in den letzten Jahren stetig. Über alle Gebiete ergab sich eine jährliche Steigerung von im Durchschnitt 0,11% seit 1997 (siehe Abbildung 6). Die Signifikanz zwischen Ölgehalt und Zulassungsjahr zeigt sich im sehr niedrigen p-Wert von $1,5e^{-11}$. Auffällig ist der R^2 Wert von 0,48, welcher durch die jeweils starken Schwankungen, um die Regressionsgerade zu erklären ist. In der Praxis ist ein Ölgehalt von über 40% entscheidend um keine Abschläge für das gelieferte Erntegut zu bekommen. Dieser wurde in den Versuchen von allen Sorten erreicht.

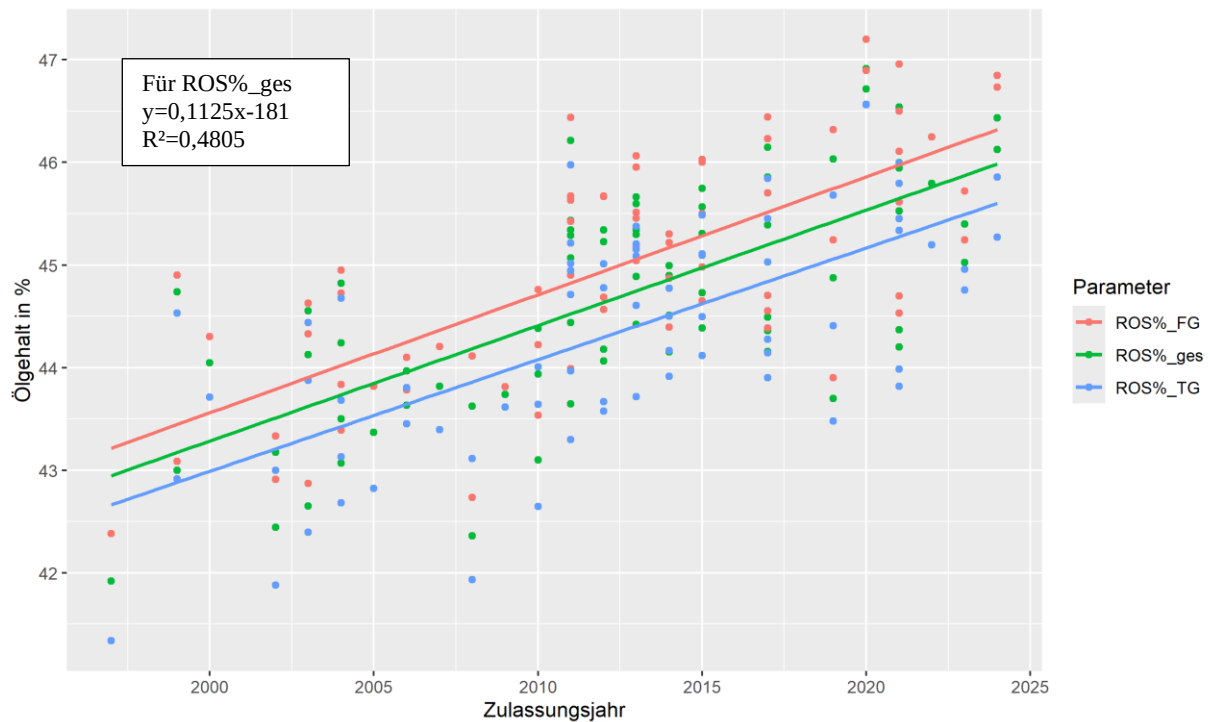


Abbildung 6: Entwicklung des durchschnittlichen Ölgehalts der in Österreich zugelassenen Rapssorten zwischen 1997 und 2024 insgesamt und unterschieden in Feucht- und Trockengebiet

Zu den im Raps weniger gewünschten Stoffen zählen die Glucosinolate, da sie die Futteraufnahme von Nutztieren hemmen (Jeroch et al. 2020). Diese sind in verschiedensten Gemüsesorten, wie zum Beispiel Brokkoli, Karfiol, Kohlsprossen,... aber auch Senf und Kren enthalten (Wittstock et al. 2003). Speziell Senf kann wegen seiner Wirkung auf Nematoden als Zwischenfrucht auf befallenen Flächen eingesetzt werden. Nachdem die Pflanzen zum Zeitpunkt der Blüte gehäckselt und in den Boden eingearbeitet werden entstehen beim Abbau der Glucosinolate die Wirkstoffe Thio- beziehungsweise Isothiocyanat (Schütze et al. 2010).



Abbildung 7: Entwicklung des Glucosinolatgehalts der in Österreich zugelassenen Rapssorten zwischen 1997 und 2024

Die Entwicklung der Glucosinolatgehalte (Abbildung 7) lässt keinen eindeutigen Schluss zu. Die Nullhypothese wird nicht abgelehnt, da der p-Wert 0,062 beträgt. Man kann also sagen, dass es wahrscheinlich keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Glucosinolat im Erntegut und dem Zulassungsjahr gibt. Wiewohl es in den letzten 10 Jahren keine gravierenden Ausreißer über 16 µmol/g Glucosinolat gegeben hat.

Zusammenfassung

Wertprüfungsversuche von 1997 bis 2024 wurden für die Berechnung des Zuchtfortschritts von Hybridrapssorten herangezogen. Dabei zeigte sich, dass sowohl der Ertrag als auch der Ölgehalt in den letzten Jahren zum Teil deutlich zunahmen. Der züchterische Zuwachs sowohl bei den Erträgen als auch beim Ölgehalt war in feuchteren Lagen durch die klimatischen bedingten Vorteile höher als im Pannonischen Trockengebiet. Über alle Versuchsgebiete lag die durchschnittliche Ertragssteigerung bei 0,99 dt/ha pro Jahr sowie der Anstieg des Ölgehalts bei 0,11% pro Jahr. Momentan ist noch keine sich verlangsamende Entwicklung festzustellen. Ob sich eine solche oder das Erreichen eines Plateaus in naher Zukunft einstellt, ist derzeit nicht vorherzusagen. Beim Gehalt an Glucosinolaten in Hybridrapssorten konnte über den gesamten Zeitraum eine Abnahme statistisch nicht nachgewiesen werden. Es zeigte sich aber, dass seit 20 Jahren keine hohen Werte von über 17,5 µmol/g auftraten.

Abstract

Value for cultivation and use testing trials from 1997 to 2024 were used to calculate the breeding progress of hybrid rapeseed varieties. It was found that both yield and oil content increased significantly in recent years. The breeding increase in both yield and oil content was higher in wetter locations due to climatic advantages than in the Pannonian dry area. Across all trial areas, the average yield increase was 0.99 dt/ha per year and the increase in oil content was 0.11% per year. Currently, no slowing development is observed. Whether such a development or the reaching of a plateau will occur in the near future cannot be predicted at this time. A decrease in the glucosinolate content in hybrid rapeseed could not be statistically proven over the entire period. However, it was found that no high values of over 17.5 µmol/g have occurred in the last 20 years.

Literatur

JEROCH H, DROCHNER W, RODEHUTSCORD M, SIMON A, SIMON O, ZENTEK J (2020): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere 3.Auflage S. 507

SCHÜTZE W, SCHLATHÖLTER M, GROSCHE R, DAUB M, HALLMANN J, (2010): Biofumigation – Chemische Hintergründe des Verfahrens in Biofumigation als Pflanzenschutzverfahren: Chancen und Grenzen, 11, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig, Deutschland, 2010.

WITTSTOCK U, FALK K, BUROW M, REICHELT M, GERSHENZON J (2003): Die Biochemie der Glucosinolat-Hydrolyse: Wie entschärfen Insekten pflanzliche Senföle-Bomben? Forschungsbericht 2003 - Max-Planck-Institut für chemische Ökologie

Adresse des Autors

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: DI Joachim NEUREITER, joachim.neureiter@ages.at

Auswirkungen von technogenen Bodenverdichtungen, Bodenbearbeitung und Zwischenfrucht auf bodenphysikalische Parameter, Regenwurmbundanz und Körnermaisenertrag im Pannonischen Klimaraum im Jahr 2024

Effect of machinery-induced soil compaction, tillage and cover crops on soil physical parameters, earthworm abundance and maize yield in the Pannonian basin in 2024

Paul Riedl^{1*}, Gerhard Moitzi¹, Gernot Bodner², Helmut Wagentristsl¹, Anton Frisch¹,
Georg Auer¹, Tom Abram¹, Pia Euteneuer¹

Introduction

Soil compaction induced by in-field traffic affects key soil functions and plant growth. In the context of the SoilCompaC project (EJP SOIL), a three factorial field experiment at the Experimental Farm Groß-Enzersdorf was established to investigate the effects of field traffic, soil tillage for cover crop (ploughing, cultivating, no-tillage) and cover crop mixture (deep rooted, shallow rooted, and no cover crop) on agronomic and soil physical parameters. Identifying combinations of tillage and cover cropping that help mitigate soil compaction is of particular interest, as they offer practical solutions for maintaining soil structure and supporting sustainable crop production under increasing traffic loads.

Materials and Methods

Location and Year:

The experiment was conducted in the third year of a long-term field trial at the Experimental Farm Groß-Enzersdorf on a calcareous chernozem under Pannonian climate. The soil (0–30 cm) is a silty loam (19.9% clay, 44.1% silt, 36.1% sand) with 16.3 g kg⁻¹ organic carbon. In 2024, mean temperature was 12.9 °C and annual precipitation 668 mm. Monthly precipitation and mean temperatures were: January 37 mm / 3.2 °C, February 11 mm / 9.4 °C, March 64 mm / 10.0 °C, April 50 mm / 13.3 °C, May 67 mm / 16.9 °C, June 93 mm / 20.3 °C, July 23 mm / 22.2 °C, August 43 mm / 22.6 °C, and September 224 mm / 16.5 °C. During the maize growing season (April 29 – September 5), rainfall totaled 226 mm (GEOSPHERE AUSTRIA, 2025). Due to low spring moisture, 40 mm irrigation was applied on April 9, two days before traffic treatment.

Experimental Design:

A split-plot design with three replications was used. Main plots included three tillage treatments for cover crops: mouldboard plough (MP), cultivator (CT), and no tillage (NT). Each was subdivided into three cover crop treatments: deep-rooted (CCd), shallow-rooted (CCs), and no cover (CCno). CCs (45 kg ha⁻¹) included pea – *Pisum sativum*, flaxseed – *Linum usitatissimum* L. and phacelia – *Phacelia tanacetifolia*; CCd (33 kg ha⁻¹) included fodder radish – *Raphanus sativus* L. *oleifolius* Pers., safflower thistle – *Carthamus tinctorius* and ramtil – *Guizotia abyssinica*. Tillage plots measured 34 × 27 m; subplots 34 × 9 m. Soil compaction was introduced on April 11, 2024, using a tractor–slurry tanker combination (10 m³, pendulum tandem axle) at an average soil moisture of 27% (v/v). Tire pressure was set to 300 kPa for the tractor and 400 kPa for the tanker. Three load levels were tested: Low (m_{Total}=10,335 kg; Wheel-load_{max}=18 kN), High (m_{Total}=15,825 kg; Wheel-load_{max}=26 kN), and High-double (two passes with High).

Cropping:

After winter wheat harvest, the field was disked. Treatment-specific tillage and cover crop sowing took place on August 3, 2023. Cover crops were terminated with herbicide on April 9, 2024. Maize (P9610, FAO 370) was sown directly into the dead mulch on April 29 at 76,000 seeds ha⁻¹ using a precision planter (75 cm row spacing). Six maize rows were planted around the trial area as a buffer. Fertilization included 100 kg N ha⁻¹ as stabilized urea. Harvest took place on September 5, 2024.

Measurements:

Soil cover with cover crops was assessed three times via image analysis (www.soilcover.at) using five photos per plot. Penetration resistance and track depth were recorded on April 11, 2024. Bulk density was measured in April using ring cylinders (0–40 cm, in 10 cm layers, 5 reps), and used to calculate packing density (PD) following RENGERT ET AL. (2014): $PD = \text{Bulk density} + 0.005 \times \text{clay} + 0.001 \times \text{silt}$, where PD and bulk density are in g cm^{-3} , and clay and silt contents are given in mass-%. PD reflects the combined influence of soil texture and bulk density on soil compaction.

Stem diameter, plant height, above-ground biomass (AGB), and grain yield were measured on September 5, 2024, by harvesting five maize plants per plot. Additional soil samples (20 cm × 20 cm × 28 cm) for earthworm investigation were taken with a spade from the treatment MP-CCno for Un-wheeled, High and High-double on October 15, 2024. Earthworms were hand-sorted, counted, weighed, and adult specimens identified to species level. All statistical analyses were performed using IBM® SPSS® Statistics 21 and RStudio. Due to violated assumptions (Shapiro–Wilk and Levene’s test), Kruskal–Wallis tests were used, followed by Dunn’s test with Bonferroni correction ($p < 0.05$).

Results and Discussion

Coverage with cover crops:

In **Table 1**, soil cover measurements across three dates revealed clear effects of tillage, particularly at the beginning and end of the observation period. On 30 August 2023, total coverage was significantly lower in MP plots (18.2%) compared to NT and CT (75.2% and 78.2%), mainly due to reduced dead (8.5%) and living biomass (9.7%) in MP. By 19 October 2023, total cover declined across all treatments (52.5–56.4%), with no significant differences between tillage systems. On 7 March 2024, NT (79.5%) and CT (79.4%) again showed higher total cover than MP (25.2%), mostly from accumulated dead biomass. Living biomass remained low but showed slight differences, with CT separating statistically. These results indicate that reduced tillage (NT, CT) supports more consistent soil cover throughout the year, while MP consistently results in lower values.

Table 1: Soil surface cover (%) at three dates, separated into dead, living, and total biomass for no-tillage (NT), cultivator tillage (CT), and mouldboard plough (MP): Different lowercase letters within each date and cover type indicate significant differences ($p < 0.05$; Kruskal–Wallis with post hoc test).

Date	Dead Biomass			Living Biomass			Sum (Total cover)		
Tillage	NT	CT	MP	NT	CT	MP	NT	CT	MP
2023-08-30	51.6% ^a	59.1% ^a	8.5% ^b	23.6% ^a	19.1% ^a	9.72% ^b	75.2% ^a	78.2% ^a	18.2% ^b
2023-10-19	29.4% ^a	31.1% ^a	30.0% ^a	23.1% ^a	25.3% ^a	23.0% ^a	52.5% ^a	56.4% ^a	53.0% ^a
2024-03-07	72.1% ^a	74.2% ^a	18.7% ^b	7.43% ^a	5.18% ^b	6.46% ^b	79.5% ^a	79.4% ^a	25.2% ^b

Track depth was significantly influenced by all three factors: load, tillage, and cover crops. Among the load treatments, track depth increased in the order: Low < High < High-double. For tillage, the order was CT < NT < MP, with the mouldboard plough resulting in the deepest tracks. Regarding cover crop treatments, track depth followed the pattern: CCd ≈ CCs < CCno, with the absence of cover crops leading to the greatest depth. As seen in **Figure 1**, the combination of CCs and CT resulted in the least track depth, indicating the most favorable condition for minimizing track depth. In contrast, the greatest track depth was observed under the combination of MP and CCno. The effect of cover crops on track depth was likely influenced by recompaction of the soil through sowing.

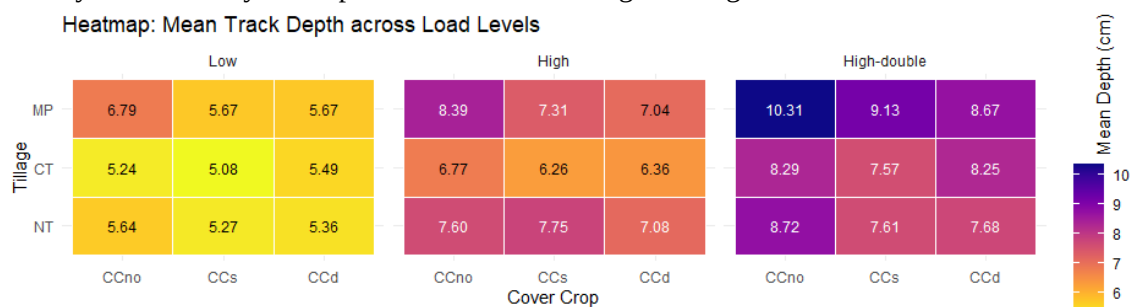


Figure 1: Mean tire track depth (cm) affected by tillage of cover crops (MP = Mouldboard Plough, CT = Cultivator, NT = No Till), cover crop mixture (CCno = No cover crop, CCs = shallow rooted cover crops, CCd = deep rooted cover crops) and wheel load (low, high, high-double), n=18, April 11, 2024.

Packing density (PD):

PD increased with depth and traffic load. Only NT and MP as well as high load and unwheeled treatments were included in this analysis. For cover crops, only CCno and CCd were sampled; however, as no significant effect of cover crop was observed, results are presented jointly. Across all depths, wheeled treatments showed higher packing density than unwheeled ones. MP showed the higher values under high load for the depth of 30-40 cm. Differences diminished with increasing depth.

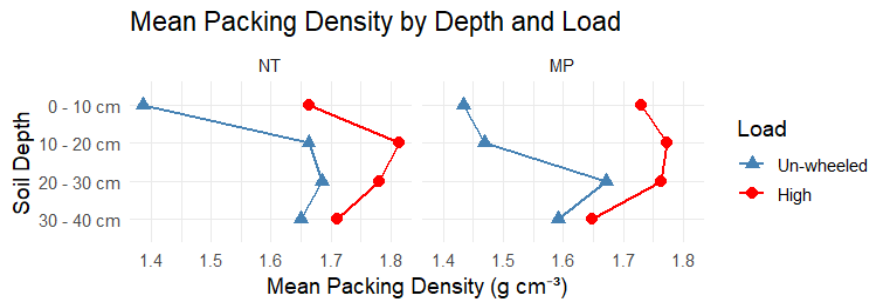


Figure 2: Mean packing density (g cm^{-3}) through tillage of cover crops (MP = Mouldboard Plough, NT = No Till) and loads high and un-wheeled ($n=22$) for different depths. Samples from April 2024.

Soil penetration resistance:

Penetrologger data from April showed no significant effect of cover crop treatments according to the Kruskal-Wallis test. However, load had a significant effect on penetration resistance (**Figure 3**) and was therefore examined in more detail. Across all load levels, a distinct compaction peak was observed at around 5 cm depth, and a clear separation between load intensities was evident down to 40 cm. Similar to the packing density results, the effect of load decreased with increasing depth.

When further broken down by tillage treatment, a trend emerged showing that CT resulted in the lowest penetration resistance across loads for lower depths. In unwheeled plots, the characteristic effect of mouldboard ploughing was clearly visible, with looser soil in the upper layer and increased resistance below the ploughing depth, reflecting the typical stratification induced by this tillage method.

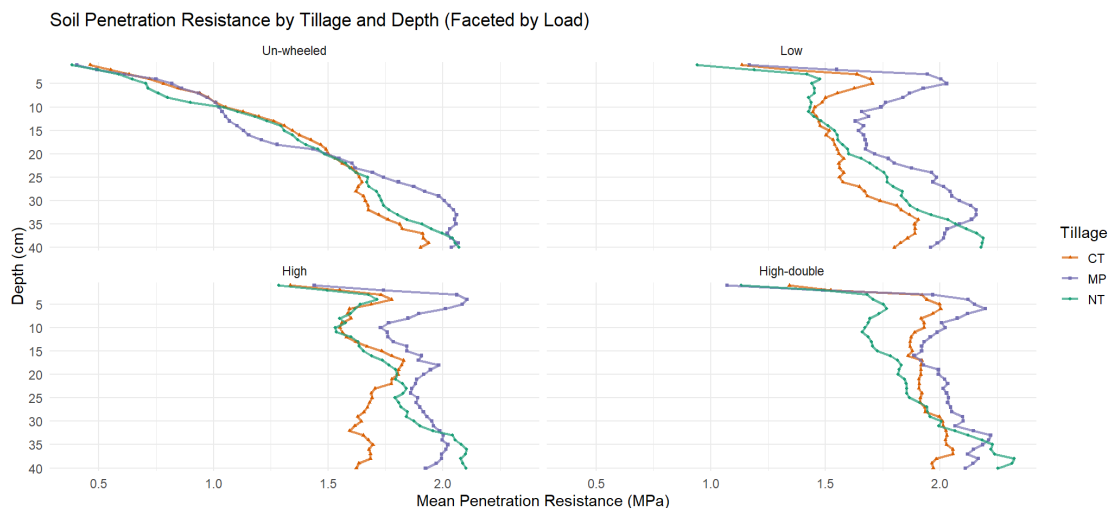


Figure 3. Overall soil penetration resistance in different load treatments, 45 penetrations per load and Tillage. Sampling on April 11th, 2024. Moisture in Un-wheeled soil: 0 – 10 cm: 24.9%, 10 – 20 cm: 29.4%, 20 – 30 cm: 28.2%.

Earthworms:

The earthworm-analysis (**Table 2**) showed a lower abundance and weight of earthworms in the double-wheeled treatment, which could be due to higher compaction. The effects in the high-single wheeled treatment were inconsistent especially with consideration of the two extreme values (275 and 325 adults m^{-2} ; 105.0 g m^{-2} and 127.5 g m^{-2}) for the adults in the high load treatment and it is possible that the different soil moisture contents have also affected the earthworm abundance.

Table 2: **Abundance and biomass weight of juvenile and adult earthworms affected by the load. Sampling on October 15, 2024, on the plots with factor combination MP-CCno, 12 samples per treatment.**

Load	Soil moisture (m/m %)	Juvenile (1 m⁻²)	Juvenile (g m⁻²)	Adult (1 m⁻²)	Adult (g m⁻²)	Total (1 m⁻²)	Total (g m⁻²)
Un-wheeled	21.1	275	23.6	75	25.6	375	49.2
High	19.5	375	29.7	100	33.8	475	63,5
High double	18.5	300	22.1	50	17.3	350	39.4

Crop yield:

Table 3 presents selected harvest data showing the influence of cover crop treatment, tillage, and wheel load on plant development and crop yield. While seed number was uniform across treatments (76,000 plants ha⁻¹), lower emergence was observed under the "High" and "High-double" wheel load treatments. This is likely due to compaction-related issues such as poor seed slot closure, reduced water contact, and potential bird damage. For this reason, Table 3 includes two sets of yield values: one normalized to the full seeding rate to show potential yield, and another based on actual plant density at harvest. For harvested yields, Table 3 shows that the deep-rooted cover crop (CCd) resulted in the highest above-ground biomass (10709 kg ha⁻¹) and grain yield (5195 kg ha⁻¹), followed by the shallow-rooted mix (CCs) and the no-cover treatment (CCno). Tillage practices also had a notable effect: mouldboard ploughing (MP) led to the highest harvested yields (11992 kg ha⁻¹ AGB; 5542 kg ha⁻¹ grain), while the cultivator (CT) produced the lowest. Yield reduction was most pronounced under increasing wheel load. In particular, the "High-double" treatment showed severe losses (3214 kg ha⁻¹ AGB; 1544 kg ha⁻¹ grain). While trends for normalized yields (based on seeding rate) were similar, the harvested yields more clearly reveal the practical impact of compaction on crop performance. The "High-double" load not only reduced plant numbers but also led to small, underdeveloped plants - evident in both plant height and basal stem diameter.

Table 3: **Selected harvest data: basal stem diameter, plant height and dry crop yield (AGB = above-ground biomass, grain of maize yield biomass) affected by cover crop mixture (CCno = No cover crop,**

CCs = shallow rooted cover crops, CCd = deep rooted cover crop), tillage for cover crop

(MP = Mouldboard Plough, CT = Cultivator, NT = No Till) and wheel load.

	Plant number seeded¹⁾				Plant number harvested²⁾	
	Stem diameter (cm)	Plant height (cm)	AGB yield (kg ha⁻¹)	Grain of maize yield (kg ha⁻¹)	AGB yield (kg ha⁻¹)	Grain of maize yield (kg ha⁻¹)
Cover crop						
CCs	20.5	225 ^{ab}	12957	6206 ^a	9615	4599 ^a
CCd	20.9	229 ^b	14444	6995 ^b	10709	5195 ^b
CCno	20.4	221 ^a	13218	6012 ^a	10150	4500 ^a
Tillage for CC						
MP	20.5	226	16160 ^c	7804 ^c	11992 ^c	5542 ^b
CT	20.5	222	11348 ^a	5207 ^a	8627 ^a	4270 ^a
NT	20.8	227	13111 ^b	6201 ^b	9855 ^b	4597 ^a
Load						
Un-wheeled	22.7 ^c	249 ^d	14828 ^b	7041 ^b	14828 ^c	7041 ^c
Low	21.3 ^b	235 ^c	14690 ^b	6608 ^b	14690 ^c	6608 ^c
High	21.9 ^b	222 ^b	14763 ^b	7224 ^b	7900 ^b	3866 ^b
High double	16.5 ^a	196 ^a	9877 ^a	4468 ^a	3214 ^a	1544 ^a

¹⁾ 76000 plants/ha; ²⁾ mean plant number at harvest: 76000 plants/ha for un-wheeled and low, 40667 plants/ha for high and 24733 plants/ha for high double; Statistically significant differences ($p < 0.05$. Student-Newman-Keuls) for the different categories within the factors are shown by superscript letters.

Abstract

This field trial investigated the effects of tillage, cover crops, and wheel load on coverage with cover crops, soil compaction and crop performance of maize. Track depth and packing density increased with traffic intensity, particularly under mouldboard ploughing (MP) without cover crops. In contrast, conservation tillage (CT, NT) and shallow-rooted cover crops reduced surface compaction effectively. Penetration resistance confirmed deeper compaction under high loads, while CT maintained more favorable

soil structure. Surface cover was consistently higher in reduced tillage systems due to greater retention of dead biomass. MP plots showed the lowest coverage across all dates. Crop yields were significantly affected by traffic load: “High-double” loads drastically reduced emergence and harvest performance. The highest yields were achieved with deep-rooted cover crops and MP, though at the cost of greater compaction. These findings suggest that reduced tillage combined with deep-rooted cover crops can help maintain soil structure, while traffic load management is critical for sustaining yields. Optimizing both soil conservation and productivity requires a balance between tillage intensity and load management.

Zusammenfassung

In diesem Feldversuch wurden die Auswirkungen von Bodenbearbeitung, Zwischenfrüchten und Radlast auf Bodenbedeckung mit Zwischenfrüchten, Bodenverdichtung und Körnermaisenertrag untersucht. Spurtiefe und Packungsdichte stiegen mit zunehmender Belastung, besonders bei Pflugbearbeitung (MP) ohne Zwischenfrucht. Konservierende Verfahren (CT, NT) mit flachwurzelnden Zwischenfrüchten reduzierten die oberflächennahe Verdichtung wirksam. Penetrationswiderstandsmessungen zeigten tiefere Verdichtung unter hoher Last, während CT eine günstige Bodenstruktur bewahrte. Die Bodenbedeckung mit Zwischenfrüchten war bei reduzierter Bearbeitung höher, insbesondere durch die abgestorbene Biomasse; MP-Flächen zeigten durchgehend die geringste Bodenbedeckung. Hohe Radlasten – besonders „High-double“ – führten zu geringerem Feldaufgang und stark reduziertem Ertrag. Die höchsten Erträge wurden mit tiefwurzelnden Zwischenfrüchten und MP erreicht. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass reduzierte Bodenbearbeitung und Zwischenfrüchte die Bodengesundheit fördern, während Lastmanagement entscheidend für stabile Erträge bleibt.

Funding: EJP SOIL has received funding from the European Union’s Horizon 2020 research and innovation program: Grant agreement No 862695.

Literatur

GEOSPHERE AUSTRIA, www.geosphere.at, Vienna, Austria (2025).

RENGER M, BOHNE K, WESSOLEK G (2014): Bestimmung und Aussagemöglichkeiten der effektiven Lagerungsdichte. In: WESSOLEK G, KAUPENJOHANN M, RENGER M (eds), Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis, Teil II. TU Berlin, Berlin (2014).

SOILCOVER, www.soilcover.at, Josephinum Research, Wieselburg, Österreich (2024).

Adressen der Autoren

¹ BOKU University, Department of Agricultural Sciences, Experimental Farm Groß-Enzersdorf, Schloßhofer Straße 31, 2301 Groß-Enzersdorf, Austria

² BOKU University, Department of Agricultural Sciences, Institute of Agronomy, Konrad Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln an der Donau Austria

* Ansprechpartner: Paul RIEDL, B.Sc., E-mail: paul.riedl@boku.ac.at

Braugersten: Düngung und Proteingehalt in Sommer- und Wintergerste

Malting barley: Fertiliser use and protein content in spring and winter barley

Hanna Hogenboom*

Einleitung

Der Proteingehalt der zweizeiligen Braugersten sollte aus Verarbeitungsgründen zwischen 9% und 11,5% liegen. Oft wird aber dieser Zielbereich deutlich übertroffen. Ein Grund dafür kann die Düngung sein: Sie erhöht zwar den Ertrag, kann gleichzeitig auch zu hohen Proteinwerten führen. Ein zu geringer Proteingehalt sollte aber gleichzeitig verhindert werden. Die Züchtung erreichte in den letzten Jahrzehnten, dass das Proteinniveau der Sommerbraugersten deutlich niedriger als jenes der Futtergersten liegt (AGES, 2024). Die Herausforderungen für Landwirt:innen sind klar: Beim Proteingehalt zwischen 11,5 bis 12,0% gibt es einen preislichen Abzug. Über 12% aber auch unter 9% muss damit gerechnet werden, dass nur mehr den Futtergerstenpreis bezahlt wird (OBERFORSTER, 2015).

Im Braugerstenanbau liefert die Basisdüngung meistens in 1 (Sommergerste) bzw. 2 (Wintergerste) Gaben den Großteil des Stickstoffs. Wenn die Gefahr besteht, dass der Proteingehalt zu niedrig ist, kann eine spätere Zusatzdüngung den Proteingehalt des Korns anheben. Manchmal führt diese Zusatzgabe aber dazu, dass der Gehalt den Zielbereich überschreitet. Die Bestimmung einer gerechten Düngung zur Steuerung des Proteingehalts zeigt sich schwierig, da der Proteingehalt von vielen anderen Einflussfaktoren abhängt, wie Sorte, aber vor allem Wetterbedingungen, Anbauort, Boden usw. (NARZIß u. BACK, 2012). Die Bewertung von in Österreich zugelassenen (Brau)gerstensorten sind in der Österreichischen Beschreibende Sortenliste (BSL) nachzusehen (AGES, 2024).

Die Überlegungen für die N-Düngengegabe(n) sind zahlreich und beschränken sich nicht nur auf den Rohproteingehalt. Es gibt einen klaren positiven Effekt der Düngung auf dem Kornertrag, indem sie die Bestockung fördert. Eine zu hohe Düngung kann dagegen zu Lager und damit zu einer schlechteren Kornausbildung führen (OBERFORSTER, 2015).

Auch der Zeitplan spielt eine große Rolle: Eine frühe erhöhte Düngung kann wenig Einfluss auf Rohprotein haben. Eine spätere Gabe mit derselben Menge erhöht das Risiko zu einem zu hohen Proteingehalt (NARZIß u. BACK, 2012). Die Schwierigkeit einer exakten Düngeplanung liegt auch in der unsicheren Wettervorhersage. Solange es nach der N-Gabe nicht regnet, steht der Stickstoff der Pflanze nicht zu Verfügung.

Die Frage ist allerdings wie viele und welche Informationen für die Planung verfügbar sind. Wenn das Stickstoffniveau im Boden ($N_{\min}$) nicht bekannt ist, muss auf frühere Erträge, Vorfrucht und eine Abschätzung der nicht ausgewaschenen Stickstoffreserven zurückgegriffen werden.

Material und Methoden

Versuche: Für Sommergerste (SG) und Winterbraugerste (WG) wurden Wertprüfungs- und Sortenversuche der Periode 2014-2024 analysiert. Für die Analysen der Basisdüngung wurden 96 Versuche – davon 64 Versuche der Sommergerste und 32 der Wintergerste – einbezogen. In 145 Versuchen (97 SG-, 48 WG-Versuche) erfolgte bei einer bzw. zwei Sorten eine Zusatzdüngung von 30 kg N/ha entweder zur Bestockung (WG) oder auch zusätzlich zur Saat (SG). Die Versuche wurden an 15 Standorten an pedo-klimatisch unterschiedlichen Umwelten durchgeführt: Zwettl-Edelhof (NÖ), Freistadt (OÖ), Fuchsenbigl (NÖ), Gerhaus bei Bruck/Leitha (NÖ-Bgld), Großnondorf (NÖ), Hagenberg im Mühlviertel (OÖ), Hörzendorf bei St. Veit an der Glan (Ktn), Mistelbach (NÖ), Obersiebenbrunn (NÖ), Parndorf (Bgld), Russbach (NÖ), Schönfeld (NÖ), Tulln (NÖ), Unterwaltersdorf (NÖ) und Waltersdorf an der March (NÖ). Die Vorfrüchte wurden anhand ihrer Eigenschaft Stickstoff zu binden kategorisiert.

Sorten: Für die Berechnungen wurden eine Auswahl an zugelassenen und ehemals zugelassene Braugerstensorten einbezogen. Diese umfasst die wichtigsten Braugerstensorten für die jeweiligen Saisonen. Sommergerste: 'Amidala', 'Avus', 'Cerbinetta', 'Edelmira', 'Elektra', 'Ellinor', 'Esma', 'Laureate', 'Leandra', 'Regency', 'RGT Planet', 'Rusalka', 'Salome', 'Skyway', 'Solist', 'SY Solar' und 'Zarasa'. Wintergerste: 'KWS Donau', 'KWS Scala', 'Livada', 'Monroe' und 'Sonja'. Die Zusatzdüngung wurde bei folgenden Sorten durchgeführt: 'Avus', 'Cerbinetta', 'Laureate', 'RGT Planet' und 'Rusalka' bei Sommergerste und 'KWS Donau', 'KWS Scala' und 'Monroe' bei Wintergerste.

Datenerhebung: Der Rohproteingehalt (% Trockensubstanz) wurde mittels der Dumas-Verbrennungsmethode bestimmt (ICC-Standard Nr. 167). Kornertrag (dt/ha) wurde auf 14% Feuchtigkeit normiert. Statistik: Pro Versuch wurde ein Rohprotein- und Kornertragsmittel über die ausgewählten Sorten berechnet. Für die Bewertung der Unterschiede in Proteingehalt und Kornertrag in Abhängigkeit von der Gesamtdüngung wurden in R lineare Regression mittels linear models und anova (Package stats) durchgeführt. Für die Analyse der Zusatzdüngung wurde multinominale logistische Regression (Package VGAM und nnet) benutzt. Es erfolgte keine Korrektur für Saisons- oder Ortseffekte, da das Interesse darin lag, allgemeine und orts- und seasonsübergreifende Effekte herauszufinden.

Ergebnisse und Diskussion

Von der Periode 2014-2024 befanden sich nur 343 von insgesamt 685 Einzelwerten im Idealbereich von 9% bis 11,5% Rohproteingehalt. Von den übrigen war meistens der Proteingehalt zu hoch (299), nur 43 Einzelwerte zeigten einen Gehalt unter 9%, womit sie nur mehr als Futtergerste verwertet werden konnten. Das gleiche gilt für die Braugersten mit einem Proteingehalt über 12%. Die Unterschiede zwischen den Kulturen waren beachtlich: Für Wintergerste landeten 38,9% der Einzelwerte im Zielbereich, für Sommergerste lag diese Zahl auf 52,2%. Gleichzeitig war bei Wintergerste die Chance auf einen zu niedrigen Proteingehalt am höchsten mit 10,2% und bei Sommergerste 5,5%.

Gesamt-N-Düngung

Im Durchschnitt war bei der Sommergerste die Gesamtmenge der N-Düngung am höchsten mit 66,8 kg/ha. Die Wintergerste wurde mit 58,3 kg/ha weniger gedüngt, obwohl oft eine extra Gabe angewandt wurde. Der Kornertrag lag über die Versuche hinweg zwischen 70,0 dt/ha bei Sommergerste und 85,8 dt/ha bei Wintergerste. Kornertrag bei Wintergerste erreichte durchschnittlich 86,8 dt/ha. Die Rohproteingehalte waren für beide Kulturen im Mittel etwas erhöht (Sommergerste 11,5%, Wintergerste 11,6%).

Die Beziehung zwischen Stickstoffgabe und Rohprotein zeigte sich unterschiedlich zwischen den zwei Kulturen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**1). In Sommergerste ist nur eine kleine (aber signifikante) Beziehung zwischen Düngung und Kornertrag zu erkennen (+0,09 dt/ha pro kg/ha N), obwohl die Düngung und der Proteingehalt stärker positiv zusammenhängen. In Wintergerste war der Proteingehalt unabhängig von der Gesamtdüngung ($p = 0,468$). Eine auffällige negative Beziehung gab es aber zwischen Düngung und Kornertrag. Diese kontraintuitive Beziehung kann sich daraus ergeben, dass bei Wintergerste eine höhere Düngung auf eine späte zweite Gabe aufgeteilt wurde. Die Entscheidung dafür wird vor allem getroffen, wenn der Ertrag zu einem späteren Zeitpunkt noch angehoben werden will. Wenn der Regen dann jedoch ausbleibt, werden niedrigere Erträge erzielt und das Protein geht hauptsächlich ins Korn. Diese Ereignisse ziehen die Regressionslinie im höheren N-Bereich runter.

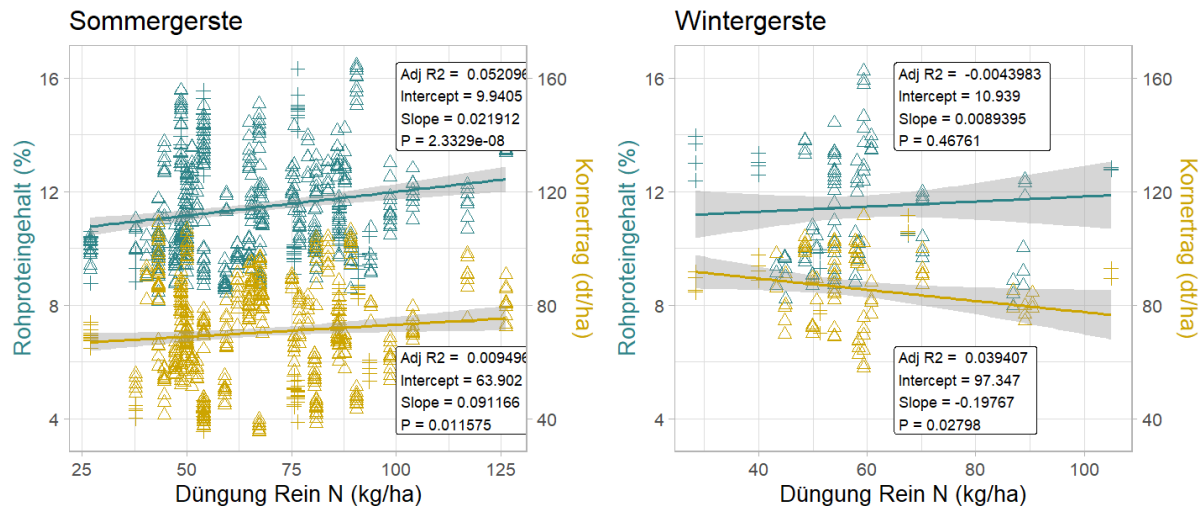


Abbildung 1: **Beziehung zwischen N-Düngung und Kornertrag bzw. Rohproteingehalt.** Gemessen wurden einzelnen Sorten in insgesamt 64 (Sommergerste) und 32 (Wintergerste) Versuchen. Eine stickstoffbindende Vorfrucht ist mit Dreiecken angezeigt, sonstige Vorfrüchte mit einem Kreis. Die linke Achse (blau) zeigt den Proteingehalt, die rechte Achse (gelb) den Kornertrag.

Eine Regressionsanalyse des Proteingehaltes zeigte zudem, dass Düngung stark mit vielen anderen Faktoren (Kultur, Sorte, Vorfrucht (Stickstoffbinder/Sonstige), Anbaujahr, Anbauort inklusive relevante Interaktionen) korreliert: Signifikante Unterschiede zwischen Proteingehalten bei unterschiedlichen Düngemengen wurden gefunden, als Prädiktor war Gesamtdüngung aber nicht signifikant. Für alle vorher genannten Faktoren außer Kulturart (SG/WG) galt das nicht. Zum Beispiel zeigte die ‘Livada’ im linearen Modell im Vergleich zur Referenzsorte ‘Amidala’ einen Effekt von +2,2% Rohprotein ($p < 0,001$) und der Jahreseffekt des Jahres 2016 auf den Proteingehalt erwies sich als besonders stark mit -5,3% ($p < 0,001$).

Die Interaktion zwischen Düngung und die anderen Faktoren erschwerte die Benutzung der Gesamtdüngemenge als erklärenden Faktor für Rohprotein und Kornertrag, wie auch die niedrigen adjustierten R-Quadrate zeigten (Abbildung 1): nur 5,2% der Varianz in den Proteingehalten bei Sommergerste wurde vom Modell erklärt, für die Kornerträge lag dieser Wert bei 0,9% (SG) und 3,9% (WG).

Die Düngungsplanung (Datum der Gabe, Menge pro Gabe, Anzahl Gaben) und andere Faktoren wie Witterung nach einer N-Gabe wurden nicht ausgewertet. Mit Einbeziehung von diesen Faktoren könnte die Düngungsmenge eine deutlichere Beziehung zum Proteingehalt und Kornertrag darstellen. Das gleiche gilt für die Überlegungen, die zur Planung leiten (Faktoren wie die vorher genannte Sorte, Vorfrucht, Umwelt: Anbaujahr/-ort). Die schwachen und nicht eindeutigen Beziehungen zwischen der Gesamtdüngung und Proteingehalt bzw. Kornertrag zeigten wie wenig aussagekräftig die Düngungsmenge ohne Einbeziehung der Komplexität der Düngeplanung ist.

Erhöhte Düngegabe

Die erhöhte Düngegabe von 30 kg N/ha führte durchschnittlich zu einem höheren Proteingehalt und zu höheren Kornerträgen. Der Effektivität dieser Düngegabe auf Proteingehalt und Kornertrag war bei Sommergerste zwischen den zwei Zeitpunkten der Aufbringung nur geringfügig unterschiedlich. Die Witterung zwischen Saat und Bestockung hat einen großen Einfluss: Wenn es dazwischen nicht regnet, wird der Stickstoff, der zur Saat gegeben wurde, auch erst zur Bestockung für die Pflanze verfügbar. Beide Düngegaben fördern die Bestockung und damit vor allem den Kornertrag und sollten den Proteingehalt nicht zu sehr zu steigern.

Leichte Zunahmen im Proteingehalt zeigten sich allerdings doch infolge der Zusatzdüngung (Tabelle 1): Die extra N-Gabe führte zu einem höheren Durchschnittsproteingehalt mit +0,5/0,6% bei Sommergerste und +0,6% bei Wintergerste. Der Durchschnittskornertrag stieg gleichzeitig um 0,9 bzw. 2,8 dt/ha bei Sommer- und Wintergerste.

Statistische Unterschiede gibt es zwischen den Kontrollgruppen und dem Zusatzdüngung zur Saat und Bestockung (Abbildung 2). Ein Unterschied zwischen den Zeitpunkten der Gabe (Saat-Bestockung) konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 1: Proteingehalt und Kornertag bei Sommer- und Wintergerste bei unterschiedlicher N-Düngung (2014-2024, 145 Versuche).

Kultur- art	Sorte	Jahr	Ver- suche	Proteingehalt (% TS)			Kornertag (dt/ha)		
				Kon- trolle	Saat	Bestock- ung	Kon- trolle	Saat	Bestock- ung
SG	Avus	2021- 2024	30	10,9	11,4	11,5	74,7	76,3	76,6
SG	Cerbinetta	2014- 2015	22	11,4	-	12,1	72,8	-	74,3
SG	Laureate	2018- 2020	27	12,4	12,8	12,9	58,9	58,3	58,6
SG	RGT Pla- net	2017- 2021	37	12,2	12,8	12,7	62,6	62,9	63,3
SG	Rusalka	2016	9	10,6	11,1	11,5	76,3	76,8	77,0
Gesamt			97	11,7	12,2	12,3	67,6	66,9	68,5
WG	KWS Scala	2014- 2019	24	11,3	-	11,9	82,0	-	85,1
WG	Monroe	2020- 2021	9	11,6	-	11,9	91,0	-	92,7
WG	KWS Do- nau	2020- 2024	24	11,4	-	12,0	87,1	-	90,1
Gesamt			48	11,4	-	12,0	85,6	-	88,4

Die Zusatzdüngung war in Bezug auf dem Kornertag oft nicht wirtschaftlich, vor allem bei Sommergerste. Sie führte darüber hinaus zu einem durchschnittlichen Proteingehalt von fast immer auf oder über dem Grenzwert von 11,5% (Tabelle 1). Eine andere Darstellung der Verteilung der Sorten bezüglich des Proteingehaltes zeigt, dass eine erhöhte Düngung zu einer 9,3-12,1% höherem Anteil von Proteingehalt über 12% führt, während sie den „Zu niedrig“-Bereich nur um 5,2-6,5% verringert.

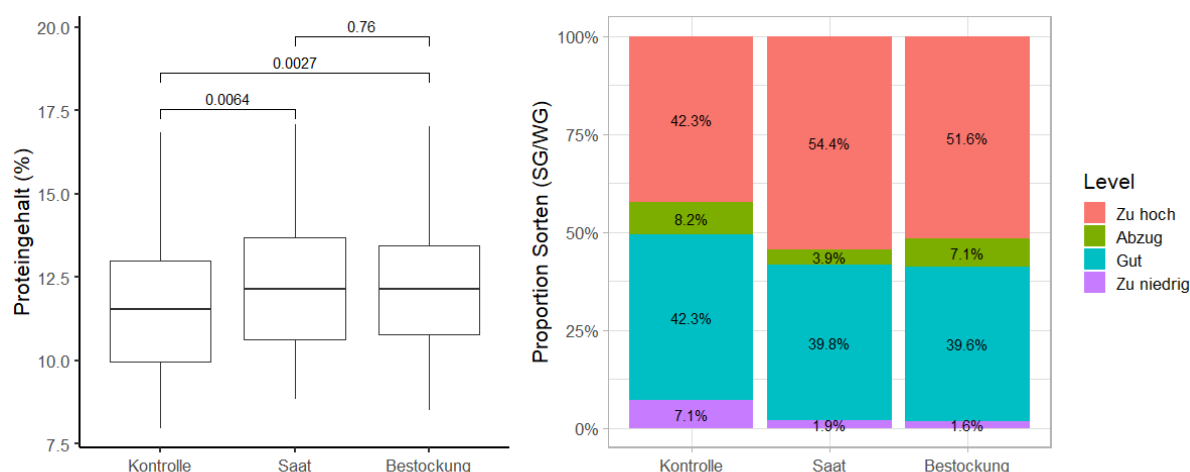


Abbildung 2: Vergleich der Zusatzdüngungsvarianten (links, Sommer- und Wintergerste) und die Verteilung der Sorten (Sommer- und Wintergerste) in den unterschiedlichen Proteinbereichen (rechts). Levels: Zu niedrig: bis 9%, gut: bis 11,5%, Abzug: bis 12%, zu hoch.

Bei bestimmten Sorten mit Neigung zu niedrigen Proteingehalten, vor allem in Verbindung mit ungünstigen (Umwelt)bedingungen wie einer frühen Aussaat und feuchter, kühlen Witterung, kann eine Zusatzdüngung von 30 kg N/ha den Proteingehalt von zu einem zu niedrigen auf einem guten Niveau bringen. In den WP-Versuchen der Jahre 2014-2024 wurde der Proteingehalt ungefähr 5% der Sorten auf diese Weise aufge bessert. Gleichzeitig war das Risiko zu hohe Proteingehalte mit einer erhöhten Düngung zu erreichen ungefähr zweimal so hoch.

Zusammenfassung

Die Beziehung zwischen Düngung und Proteingehalt in Braugersten wurde in insgesamt 97 Sommergerste- und 48 Wintergerstenversuche aus 2014-2024 untersucht. Aus brautechnischen Gründen sind Gerstenpartien mit einem Rohproteingehalt von 9–11,5% erwünscht. Die Gesamt-N-Düngung zeigte sich als keine gute Vorhersage für den Proteingehalt in Braugersten, wegen des großen Einflusses der Umwelt- und Witterungsfaktoren und die Interaktionen zwischen Düngung, diesen Faktoren und der Sortenauswahl. In Verbindung mit Anbaujahr, Anbauort und Vorfrucht erklärte die Düngung die Proteingehalt- und Kornertragstrends aber gut. Eine Zusatzdüngung von 30 kg N/ha steigerte den Durchschnittsproteingehalt mit 0,5-0,6% und bei Wintergerste auch den Kornertrag mit 2,8 dt/ha. Das Verhältnis der angebauten Sorten, die durch die erhöhte Düngung einen Proteingehalt von mehr als 11,5% auswiesen, nahm aber mehr zu, als dass der Anteil mit zu niedrigem Proteingehalt abnahm. Insgesamt hatten dadurch weniger Sorten einen passenden Gehalt. Die schlechte Abschätzbarkeit aller Umweltfaktoren und der weiteren Witterungsverlauf komplizieren die Entscheidung einer Zusatzdüngung erheblich.

Abstract

The relationship between fertilisation levels and protein content in malting barley was investigated in a total of 97 spring barley and 48 winter barley trials from 2014-2024. Barley batches with a crude protein content of 9-11.5% are required for brewing reasons. Total N fertilisation was not found to be a good predictor of protein content in malting barley due to the large influence of environmental and weather factors and the interactions between fertilisation, these factors, and choice of variety. However, fertilisation explained the protein content and grain yield trends well in combination with year of cultivation, place of cultivation and previous crop. An additional fertilisation of 30 kg N/ha increased the average protein content by 0.5-0.6% and, in winter barley, also the grain yield by 2.8 dt/ha. However, the proportion of cultivated varieties with a protein content of more than 11.5% due to the increased fertilisation increased more than the proportion with too low a protein content decreased. Overall, fewer varieties had a suitable protein level as a result. The poor predictability of all environmental factors and the further course of the weather complicated the decision to apply additional fertiliser considerably.

Literatur

AGES (2024): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2024 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. AGES, Wien, Österreich. ISSN 1560-635X
NARZIß L und BACK W (2012): Die Bierbrauerei Band 1: Die Technologie der Malzbereitung. 8. Auflage. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.
OBERFORSTER M, (2015): Ertrags- und Qualitätseffekte einer erhöhten Stickstoffdüngung bei Braugerste. „Bioökonomie in der Primärproduktion“, Tagungsbericht 2015, 58-60. Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel- Veterinär- und Agrarwesen.

Adressen der Autoren

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: Hanna HOGENBOOM, MSc, hanna.hogenboom@ages.at

Digitalisierung von Bodendaten - Mission oder Vision?

Digitalization of Soil Data - Mission or Vision?

Sebastian Wieser* und Gernot Bodner

Einleitung

Die Menge an digitalen Daten zu Böden und Landökosystem auf verschiedenen Skalenebenen nimmt laufend zu. Dazu zählen Informationen aus bodenkundlichen Erhebungen, Fernerkundung, Sensorik und Modellierung.

Zur Umsetzung der Richtlinie zur Bodenüberwachung und Widerstandsfähigkeit (EUROPEAN COMMISSION 2023) oder auch der Mission „A Soil Deal for Europe“ (EUROPEAN COMMISSION 2025), braucht es moderne Technologien, um wissenschaftliche Erkenntnisse in verständlicher und greifbarer Form bereitstellen zu können. Die Arbeit beschäftigt sich mit den Möglichkeiten für eine effiziente Speicherung, Verarbeitung und Nutzung der zunehmenden Datenmengen, insbesondere im Bereich Boden.

Datenmanagement: Status Quo

Die Datenerhebung und Bereitstellung stellen für viele WissenschaftlerInnen eine große Herausforderung dar. Oft sind bodenbezogene Daten dezentral gespeichert, heterogen strukturiert und unvollständig aufbereitet. Die zunehmende Nutzung öffentlich zugänglicher Repositorien wie Zenodo bietet eine einfache Möglichkeit zur Veröffentlichung von Forschungsdaten, die meist im Rahmen einzelner Projekte gewonnen werden. Diese Plattformen weisen jedoch gravierende Schwächen auf:

- Die Datenqualität hängt allein vom Einreicher ab
- Es fehlt eine standardisierte Datenstruktur
- Nutzerfreundliche Visualisierungen sind häufig nicht verfügbar

Dem gegenüber stehen groß angelegte Initiativen wie WoSIS (World Soil Information Service): diese stellen weltweit standardisierte Bodendaten zur Verfügung und setzen bei der Neuerfassung von Daten auf innovative ETL-Prozesse (Extract, Transform, Load; BATJES et al. 2024). Diese Systeme bieten jedoch häufig nur für eine bis wenige definierte Nutzergruppe optimal aufbereitete Informationen. Das zeigt sich auch am European Soil Data Centre (ESDAC), deren Daten zu 56,2 % an Universitäten, 18,2 % an Forschungseinrichtungen, 14 % an private Firmen und 6,8 % an öffentliche Verwaltungen gelangen, während sich der Rest auf Landwirte, NGOs und Medien aufteilt (PANAGOS et al. 2022). Darum müssen Bodendaten je nach Kenntnisstand unterschiedlich aufbereitet werden, damit es zu einer ziel-führenden Datennutzung kommen kann. Das stellt in der zukünftigen Entwicklung von modernen Webapplikationen einen wichtigen Meilenstein dar.

Entwicklung des Datenmodells

Nur die Erstellung eines konsistenten Datenmodells kann Standardisierung und Harmonisierung garantieren. Für bodenkundlichen Daten wurde ein hierarchisches Modell entwickelt, dass sich vom Standort (Messpunkt) bis zum einzelnen Analysewert erstreckt (Abbildung 1). Das sichert eine lückenlose Rückverknüpfung von Laborergebnissen bis zu den genauen Koordinaten im Feld. Ziel des Modells ist eine konsistente, skalierbare Datenstruktur, die eindimensionale, multidimensionale und zeitabhängige Daten speicherbar und verknüpfbar macht. Dabei orientiert sich das entwickelte Datenmodell an Normen wie INSPIRE oder DIN EN ISO 28258 (DIN 2020).

Vor der Aufnahme in die Datenbank erfolgt eine methodenspezifische Standardisierung der Analysedaten mithilfe eines ETL-Prozesses, welcher in der Programmiersprache R umgesetzt ist (Abbildung 2). Um die im wissenschaftlichen Umfeld geforderte Flexibilität und Transparenz zu wahren, werden einzelne Analyseschritte nicht vollständig in der Webapplikation bzw. Datenbank integriert, sondern in modularer Form dokumentiert. Dazu wird das formatspezifische Werkzeug Quarto, das Mehrsprachigkeit (z. B. R, Python) unterstützt, verwendet.

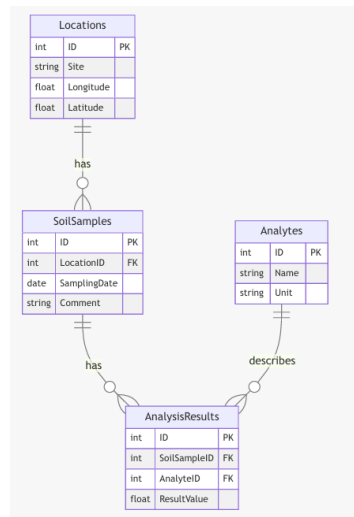


Abbildung 1: Das Datenmodell zeigt in vereinfachter Form den Weg vom Feld ins Labor. Beginnend mit der Erfassung der Koordinaten und Bodenprobe bis hin zur Analyse und Speicherung der Ergebnisse.

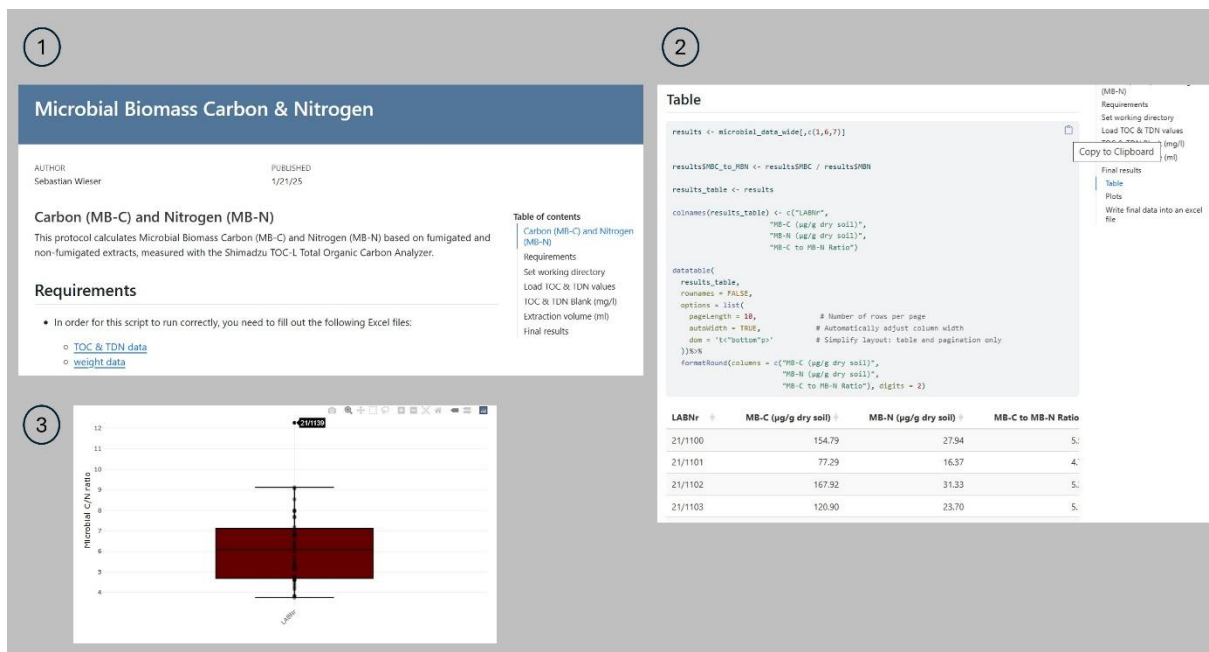


Abbildung 2: Der ETL-Prozess für spezifische Analysen umfasst 1) eine klar strukturierte Dokumentation mit Downloadfunktion für erforderliche Dateien, 2) die Transformation der Daten mit anschließender tabellarischer Darstellung, 3) Visualisierungsfunktionen zur Erkennung von Ausreißern.

Implementierung in der Webapplikation

Bei der Entwicklung eines ersten Prototyps für eine Webapplikation wurde auf Open-Source-Technologien gesetzt. Als Tech-Stack wurde Python mit dem Framework Django (DJANGO SOFTWARE FOUNDATION, 2019) verwendet, das sich durch hohe Sicherheit, schnelle Entwicklung und Skalierbarkeit auszeichnet und u. a. von Organisationen wie NASA, Mozilla, Spotify, Instagram oder der Washington Post verwendet wird. Ein weiteres wesentliches Merkmal von Django ist das DRY-Prinzip (don't repeat yourself).

Zum Inhaltsmanagement kommt Wagtail als innovatives Headless-Content-Management-System (CMS) zum Einsatz. So können in Folge Inhalte von Personen ohne Programmierkenntnisse auf die Webseite geladen werden (Abbildung 3).

Über die Anbindung von relationalen Datenbanken wie MySQL oder PostgreSQL können Daten, welche die Datenverarbeitung durchlaufen haben, über Webformulare oder CMS-Backends (Django Admin CMS) direkt strukturiert eingegeben und gespeichert werden. Im Anschluss erfolgt automatisch die Visualisierungen durch Bibliotheken wie Plotly.js (Diagramme) und Leaflet (Kartenansichten) (Abbildung 4).

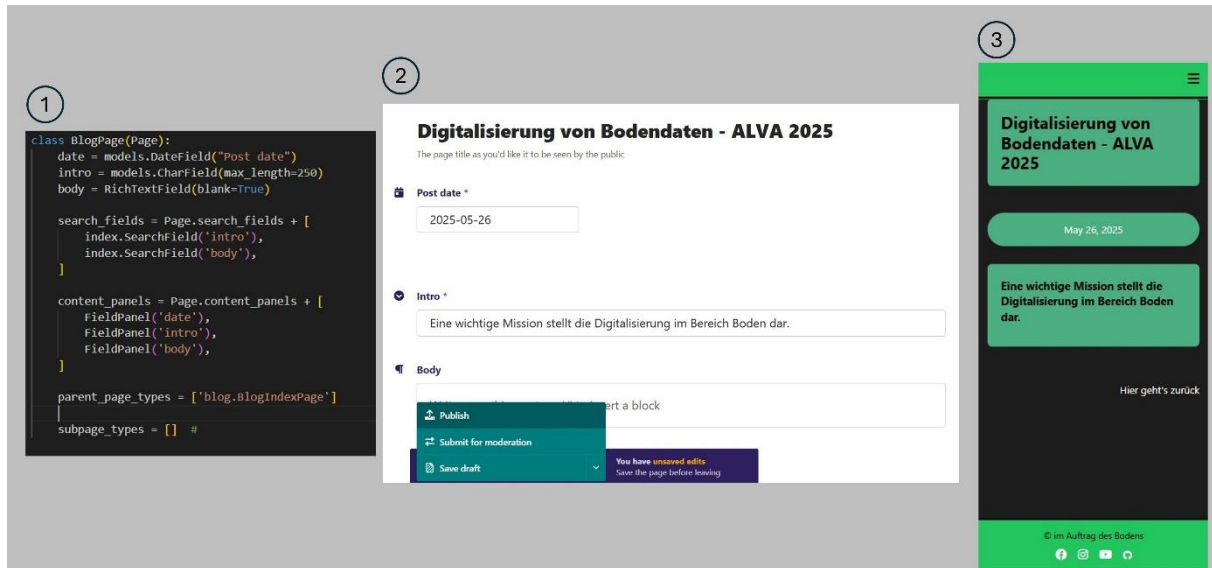


Abbildung 3: Schritt für Schritt zum Blogeintrag 1) Das Datenmodell definiert, wie die Informationen gespeichert und bereitgestellt werden, 2) im CMS (Content-Management-System) können Inhalte ohne Programmierkenntnisse eingegeben und in die Webapplikation übernommen werden, 3) der veröffentlichte Inhalt ist anschließend responsiv auf der Webseite abrufbar, d.h. er passt sich automatisch an unterschiedliche Displaygrößen an.

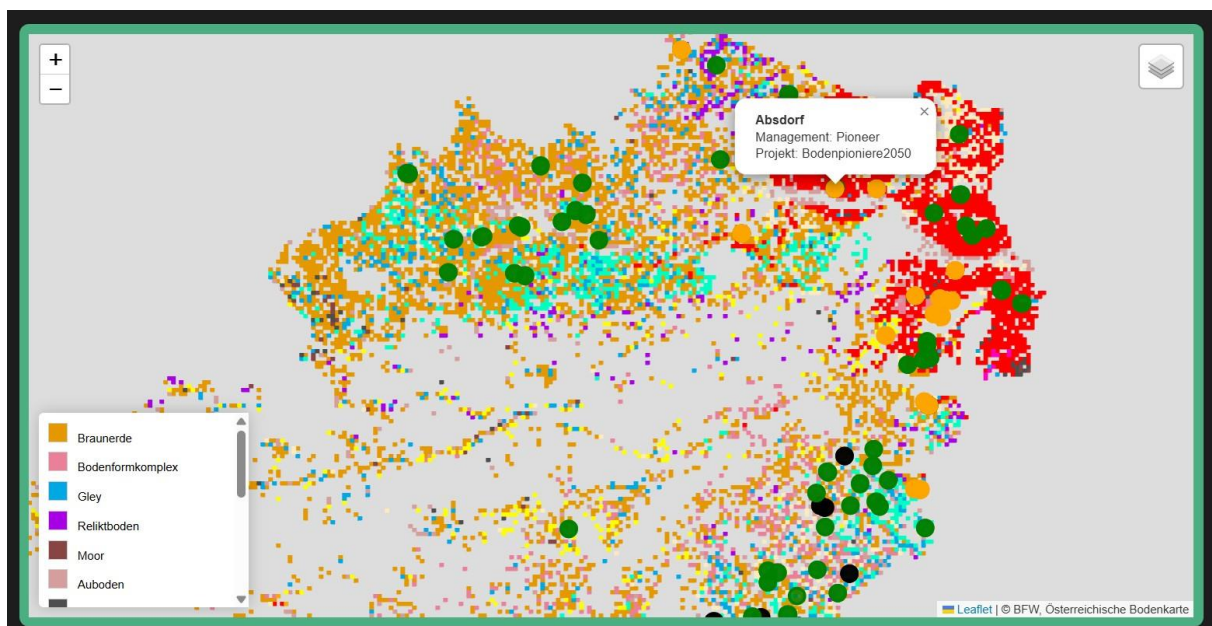


Abbildung 4: Kartenansichten können mithilfe von Bibliotheken wie Leaflet erstellt werden. Dabei lassen sich externe Kartendienste, wie z. B. die Elektronische Bodenkarte (eBOD) über Mapbox-Layer, einbinden. In der dargestellten Karte werden Standorte aus der Datenbank angezeigt, überlagert von einem eBOD-Bodentypen-Layer.

Zielgruppenanalyse

Moderne Bodeninformationssysteme müssen sich am Bedarf der verschiedenen Nutzergruppen orientieren. Dabei wird deutlich, dass die Anforderungen an Dateninhalte, Visualisierungsmöglichkeiten und Nutzerrechte management großer Aufmerksamkeit und Sorgfalt bedürfen.

- Wissenschaft: Bedarf an Rohdaten, strukturierten Daten, API-Schnittstellen für automatisierte Datenabfragen und Integration in eigene Analyse-Workflows.
- Verwaltung/Politik: Interesse an Daten die bereits verarbeitet bzw. visualisiert sind, mit entsprechender Downloadmöglichkeit (Grundlage für Berichte).
- Landwirtschaft: Zugriff auf betriebsspezifische Analysen sowie Vergleichsdaten im anonymisierten Format. Anbindung an bestehende Systeme (elektronische Bodenkarte).
- Bildung/Öffentlichkeit: Förderung der Bodenkompetenz durch leicht verständliche, interaktiv aufbereitete Informationen z. B. durch gamifiziertes Lernen.

Datenschutz und Zugriffsrechte

Eine weitere große Herausforderung im Umgang mit Bodendaten ist der Datenschutz. Auch wenn es sich häufig um Forschungsdaten handelt, die durch öffentliche Gelder finanziert wurden, bedeutet das nicht automatisch, dass ein uneingeschränkter Zugriff und eine freie Nutzung erlaubt sind. Daher müssen bereits auf Ebene des Datenmodells klare Regelungen zu Zugriffsrechten, Nutzungsbeschränkungen, Anonymisierungsverfahren sowie zu Lizenzinformationen (z.B. CC O, CC BY, CC BY-SA) definiert werden.

Ein zentrales Problem vieler Einzelanwendungen besteht darin, dass die Verantwortung für Datenhaltung und -sicherheit ausschließlich beim jeweiligen Betreiber liegt. Für eine nachhaltige und sichere Umsetzung dieser digitalen Mission ist daher eine rechtliche Absicherung von zentraler Stelle erforderlich.

Fazit und Ausblick

Die Digitalisierung im Bereich Boden ist kein Selbstzweck, sondern verfolgt das konkrete Ziel, eine vielfältig nutzbare Bodeninformationsplattform zu entwickeln, die einen entscheidenden Beitrag zur Etablierung von Leuchtturmbetrieben und den sogenannten „Living Labs“ leistet. Mit der modularen Webentwicklung lässt sich diese Vision schrittweise in eine realisierbare Mission transformieren. Qualitätsgeprüfte Daten sind die Grundlage für zukünftige KI-Anwendungen, die Erfüllung von Berichtspflichten, Managemententscheidungen oder den Einsatz in Bildung und Forschung.

Zusammenfassung

Die Digitalisierung hält auch im Bereich Boden Einzug. Derzeit ist strukturiertes Datenmanagement in der wissenschaftlichen (Boden)forschung wenig entwickelt. Globale Ansätze zur Standardisierung können den spezifischen Anforderungen der verschiedenen Nutzergruppen von Bodendaten nicht immer gerecht werden. Deshalb braucht es innovative Lösungen, die eine effiziente Speicherung und Nutzung von Bodendaten ermöglichen. Open-Source-Technologien sind wichtige Hilfsmittel, damit die Entwicklung von modernen Datenbanken und Webapplikationen erleichtert wird. Mit dem ETL-Prozess (Extract, Transform, Load) wird Standardisierung und Qualitätssicherung der Daten sichergestellt. Ein innovatives Content-Management-System (CMS) ermöglicht die Verwaltung von Inhalten der Webapplikation ohne Programmierkenntnisse. Technologien wie Python in Kombination mit dem Django-Framework tragen wesentlich zur effizienten Entwicklung und sicheren Architektur moderner Webanwendungen bei. Dabei ist es wichtig, dass Datenschutzaspekte berücksichtigt werden, um den sicheren Umgang mit sensiblen Bodendaten zu gewährleisten.

Nur durch die Berücksichtigung der Interessen der Nutzergruppen und durch die Einhaltung von Datenschutzbestimmungen kann Bodenkompetenz in Bereichen wie Bildung, Forschung und Praxis aufgebaut, verbessert und langfristig erhalten werden.

Abstract

Digitalization gaining ground in the soil sector. At present, structured data management is still lacking. However, global approaches to standardization cannot always meet the specific requirements of the various user groups of soil data. Therefore, innovative solutions are needed to enable the efficient storage and use of soil data. Open-source technologies are important tools to facilitate the development of modern databases and web applications. The ETL (Extract, Transform, Load) process ensures data standardization and quality. An innovative content management system (CMS) makes it possible to manage content in web application without programming knowledge. Technologies such as Python in combination with the Django framework contribute significantly to the efficient development and secure architecture of modern web applications. Data protection aspects must be taken into account to ensure the secure handling of sensitive data.

Only by addressing the interests of various user groups and complying with data protection regulations can soil expertise in areas such as education, research and practice be developed, improved and maintained in the long term.

Literatur

BATJES NH, CALISTO L, DE SOUSA LM (2024): Providing quality-assessed and standardised soil data to support global mapping and modelling (WoSIS snapshot 2023). *Earth System Science Data*, 16(10), 4735-4765. <https://doi.org/10.5194/essd-16-4735-2024>.

DIN. (2020): DIN EN ISO 28258:2020-02. Bodenbeschaffenheit – Digitaler Austausch bodenbezogener Daten (ISO 28258:2013 + Amd 1:2019); Englische Fassung EN ISO 28258:2013 + A1:2019. Deutsches Institut für Normung.

DJANGO SOFTWARE FOUNDATION (2019): Django. Retrieved from <https://djangoproject.com>.

EUROPEAN COMMISSION (2023): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). COM (2023), 416.

EUROPEAN COMMISSION (2025): A soil deal for Europe. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/soil-deal-europe_en.

PANAGOS P, VAN LIEDEKERKE M, BORRELLI P, KÖNINGER J, BALLABIO C, ORGIAZZI A, LUGATO E, LIAKOS L, HERVAS J, JONES A, MONTANARELLA L (2022): European Soil Data Centre 2.0: Soil data and knowledge in support of the EU policies. *European Journal of Soil Science*, 73(6), e13315. <https://doi.org/10.1111/ejss.13315>.

Adressen der Autoren

Institut für Pflanzenbau, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Konrad Lorenz Straße 24, A-3430 Tulln

* Ansprechpartner: DI Sebastian WIESER, sebastian.wieser@boku.ac.at

Long-term soil compaction in the headland – effects on soil physical parameters, carbon and nitrogen stocks under Pannonian conditions

Langzeitverdichtungen im Vorgewende – Auswirkungen auf bodenphysikalische Kennwerte, Kohlenstoff- und Stickstoffmengen unter pannonischen Standortbedingungen

Gerhard Moitzl^{1*}, Paul Riedl¹, Thomas Weninger², Helmut Wagentristl¹

Introduction

Soil compaction is a serious global problem, and is a major cause of inadequate rooting and poor yield in crops around the world (Correa et al. 2019). Field traffic is responsible for soil compaction with severe impacts on the soil functioning and negative consequences on crop production. The published report of the mission board for soil health and food, “Caring for soil is caring for life” (European Commission, 2020) estimates that the area of land failing soil health due to compaction is 23-33%. Agricultural soils have a wide diversity of ecological services (e.g., root growth, water movement, aeration) that are directly influenced by the physical properties of soils (Lamandé et al. 2018). Besides physical properties also the stocks on N and C in the soil are affected by soil compaction. Long term experiments on soil compaction are barely available to examine the long term effects. It is well known that the headlands of an arable field are potential compacted hot spots in the field due to the higher vehicle traffic frequency and higher wheel load. This compaction alters mechanical and hydraulic soil properties, leading to changes in key soil functions such as water and air flow, as well as carbon and nitrogen stocks, ultimately impacting plant growth and yields. This study aims to investigate the effects of long-term compaction compared to a less trafficked areas of a field. As part of the SoilCompaC project (EJP SOIL), an arable field in eastern Austria under Pannonian climate conditions with a calcareous chernozem of alluvial origin, was selected. Three sampling points were selected in the headland (HL) and in-field (IF), respectively.

Material and Methods

In the pedo-climatic zone of Pannonian one arable field (8 ha) in the Marchfeld in Raasdorf (Lower Austria) (E: 16,598676; N: 48,238764) was selected for this study. The study site has an altitude of 197 m with a mean (1980-2018) precipitation of 543 mm and mean annual temperature von 10.9° C. The calcareous Chernozem of alluvial origin with an average pH-value of 7.7 belongs to the soil region 153 (Calcic and Chernic Chernozems). The arable field was cultivated ploughless with a tine cultivator (25 cm) more than ten years. Crops since 2016: Yellow oat, winter wheat, Spring durum wheat, Winter wheat, winter durum wheat, winter barely, sugar-beet, spring durum wheat (2023). Plant residues were left on the field. Soil penetrations resistance (0-40 cm) was measured at 18th April 2023 with Eijkelkamp Penetrologger (1 cm², 60°). After stubble-field skimming in July 2024, 6 pits (3 pits in-field (IF) and 3 pits headland (HL)) were dug with a digger to a depth of 1.2 m (Figure 1).



Figure 1: **Three pits in the field (IF) and three pits in the headland (HL)**

Sampling for total soil carbon (TC), total soil organic carbon (TOC) and total soil N (TN) was carried out in 6 layers (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-70 and 70-100 cm), 3 cylindrical rings (volume: 200 cm³) per layer were taken for the determination of bulk density and saturated hydraulic conductivity (Ks). The soil samples were analyzed in the lab of the Federal Agency for Water Management, Institute

for Land and Water Management Research in Petzenkirchen, Austria. Total C and N contents were measured by dry combustion (EN 15936:2022), inorganic C contents were measured by Scheibler method (EN ISO 10693:2014) and subtracted from total C to determine TOC. The Ks was measured by applying the constant head method (Dane and Topp, 2002), the core samples were subsequently dried at 105°C to determine soil bulk density. On site, the air permeability was measured with PL300 (UGT – Umwelt Geräte Technik, Müncheberg, Germany) at 18th October 2023 in IF3 and HL3. TC, TOC and TN as well as TIC (=total inorganic C) are calculated based on a constant bulk density of 1.4 g m⁻³.

The depths of the different soil horizons were detected in each pit and are presented in Table 1.

Table 1: **Horizons in the pits of headland (HL) and in-field (IF), 27th September 2023**

Horizon	HL1	HL2	HL3	IF1	IF2	IF3
Ap	0-20 cm	0-20 cm	0-25 cm	0-20 cm	0-20 cm	0-20 cm
A	20-60 cm	20-45 cm	25-65 cm	20-45 cm	20-40 cm	20-40 cm
AC	60-85 cm	45-75 cm	65-90 cm	45-75 cm		40-55 cm
C	85 cm+	75 cm+	90 cm+	75 cm+	40 cm+	55 cm+

According to the soil texture (Table 2) the soil of the study site belongs to a clayey sand.

Table 2: **Mean soil texture in the headland (HL) and in-field (IF)**

	Mean: HL1, HL2, HL3			Mean: IF1, IF2, IF3		
Soil depth (cm)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
0-10	23	8	69	22	7	71
10-20	23	9	68	20	8	71
20-30	23	8	69	21	6	73
30-40	24	9	68	17	7	76
40-50	25	8	67	17	7	77
50-70	24	8	69	8	3	89
70-100	16	6	78	4	3	93
Mean	22	8	70	22	7	71

Results and Discussion

Soil penetrations resistance

Soil penetration resistance is a soil physical parameter and indicate the hardness of the soil in dependance of the soil moisture content.

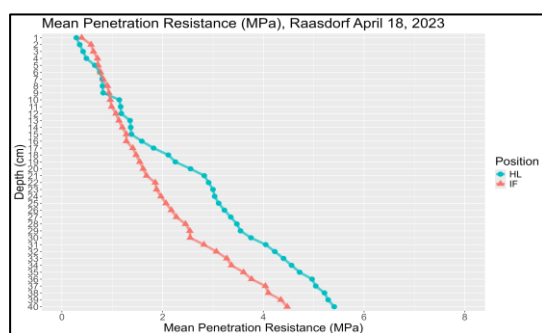


Figure 2: **Mean soil penetration resistance, taken in Raasdorf (Austria) from Headland (HL) and In-Field (IF) to a depth of 40 cm, sampling date: April 18, 2023, cone penetrometer (Eijkelkamp, The Netherlands) (60° cone and 1 cm²), n=15, soil moisture: 0 - 10 cm: 22%; 10 - 20 cm: 25%; 20 - 30 cm: 28%; 30 - 40 cm: 28%.**

The soil penetration measurement in April 2023 shows a significant differentiation between HL and IF especially in the subsoil (Figure 2). The mean soil penetration resistance were in the HL in the layer depth 10-20 cm +26% higher and in the layer depth 20-40 cm +42% higher than in IF.

Saturated hydraulic conductivity

The saturated hydraulic conductivity Ks (Table 3) shows a high variation between the depths and the treatment. The top soil layer 0-10 cm has the highest Ks which corresponds with the stubble field skimming with disc harrow in July after harvesting summer durum wheat. In the sub soil layer 30-40 cm and 40-50 cm, the HL hat significantly lower saturated hydraulic conductivity than in IF. The different

horizons (Table 1) is corresponding with Ks in Table 3. For IF2 the high KS of about 84 mm/h is linked with the C horizon with sand texture.

Table 3: **Saturated hydraulic conductivity Ks (mm/h) measured in each pit of the headland (HL) and in-field (IF)**

Soil depth (cm)	HL1	HL2	HL3	Mean HL	IF1	IF2	IF3	Mean IF
0-10	198	479	93	257	739	179	139	352
10-20	13	153	105	90	279	48	162	163
20-30	12	66	53	44	41	16	169	75
30-40	7	21	25	18^a	155	85	37	92^b
40-50	57	48	54	53^a	182	86	47	105^b
50-70	45	57	160	87	87	83	82	84
70-100	28	38	94	53	26	80	58	55

Statistically significant differences ($p < 0.05$) are shown for the comparison Mean HL and Mean IF, Student-Newman-Keuls.

Bulk density

The measured bulk density in Table 4 values below 1.53 g cm^{-3} , which is the upper reference value for optimal bulk density in a sand soil according Petelkau and Seidel (1982). Czeratzki (1972) gives for sand a critical bulk density of 1.6 g cm^{-3} . In the subsoil 30-40 cm, the bulk density was significantly higher in HL than in IF.

Table 4: **Bulk density (g/cm^3) measured in each pit of the headland (HL) and in-field (IF)**

Soil depth (cm)	HL1	HL2	HL3	Mean HL	IF1	IF2	IF3	Mean IF
0-10	1.13	1.06	1.13	1.11	1.15	1.11	1.21	1.16
10-20	1.46	1.30	1.29	1.35	1.23	1.36	1.23	1.27
20-30	1.43	1.47	1.32	1.41	1.45	1.44	1.26	1.38
30-40	1.47	1.53	1.46	1.49 ^{a1)}	1.26	1.48	1.42	1.39 ^b
40-50	1.43	1.42	1.42	1.42	1.19	1.45	1.42	1.35
50-70	1.3	1.32	1.2	1.27	1.25	1.26	1.32	1.28
70-100	1.32	1.35	1.31	1.33	1.33	1.30	1.31	1.31

¹⁾Statistically significant differences ($p < 0.05$) are shown for the comparison Mean HL and Mean IF with superscript letters, Student-Newman-Keuls.

Air permeability

The on-site measurement of air permeability in the dry soil (0-20 cm: 10.6%, 30-40 cm: 8.9%, 40-50 cm: 8.4%, 50-70 cm: 6.6%; 70-100 cm: 11.6%) shows between 10 and 50 cm significantly lower values (Table 5).

Table 5: **Mean air permeability (10^{-3} cm/sec) in IF3 and HL3, 4 measurements/treatment**

Soil depth (cm)	IF3	HL3
0-10	8.82	10.28
10-20	4.35 ^b	2.40 ^a
20-30	4.65 ^b	1.84 ^a
30-40	1.40 ^b	0.49 ^a
40-50	1.06 ^b	0.29 ^a
50-70	0.87	1.47
70-100	1.36	1.39

Statistically significant differences ($p < 0.05$), Student-Newman-Keuls



Stocks of soil carbon and soil nitrogen

The total soil carbon stock (soil depth: 1-100 cm) is about and more than 500 t C/ha (Table 6). Between 55 and 72% of the total soil carbon is contributed by the inorganic carbon source (carbonate) and 28% to 45% by the organic carbon source (Table 6, 7, 8). The variation of the inorganic carbon stock is mainly geological determined by the different alluvial sedimentation in the soil forming process.

In contrast, the long-term technical induced soil compaction in the HL results in a higher stock of organic carbon (Table 7) and stock of total nitrogen (Table 9) than in IF. The accumulation of organic carbon

and nitrogen in the compacted headland is explained by a reduced decomposition of soil organic matter due to mitigated air permeability. On average, the organic carbon stock and nitrogen stock was in HL by 28% and 43% higher than in IF, respectively.

Table 6: **Stock of total C (t/ha) measured of each pit in headland (HL) and in-field (IF)**

Soil depth (cm)	HL1	HL2	HL3	Mean HL	IF1	IF2	IF3	Mean IF
0-10	61.3	60.2	58.1	59.9	57.1	57.3	57.5	57.3
10-20	59.1	56.6	56.1	57.3	57.3	55.2	56.6	56.3
20-30	56.7	55.0	56.4	56.0	55.3	57.1	55.4	56.0
30-40	58.1	53.3	53.5	55.0	58.8	49.8	55.3	54.6
40-50	68.3	52.6	51.4	57.4	64.5	44.0	58.0	55.5
50-70	145.3	122.9	128.8	132.3^b	107.5	93.0	111.7	104.1^a
70-100	188.2	120.1	181.4	163.2^b	162.5	135.2	84.4	127.4^a
Total	637.0	520.8	585.8	581.2	563.1	491.5	478.9	511.2

Statistically significant differences ($p < 0.05$) are shown for the comparison Mean HL and Mean IF, Student-Newman-Keuls.

Table 7: **Stock of organic C (t/ha) measured of each pit in headland (HL) and in-field (IF)**

Soil depth (cm)	HL1	HL2	HL3	Mean HL	IF1	IF2	IF3	Mean IF
0-10	35.7	35.4	32.9	34.7^b	30.4	27.7	28.1	28.7^a
10-20	32.9	30.1	30.0	31.0^b	29.5	23.9	27.4	27.0^a
20-30	31.8	27.7	30.0	29.8^b	26.6	17.5	26.7	23.6^a
30-40	28.1	26.5	27.4	27.3^b	24.8	11.6	24.8	20.4^a
40-50	25.3	27.0	27.2	26.5^b	19.3	7.7	26.6	17.9^a
50-70	41.7	38.6	52.6	44.3^b	18.2	26.9	34.7	26.6^a
70-100	35.7	21.8	35.7	31.1	23.1	24.4	45.8	31.1
Total	231.3	207.2	235.8	224.8^b	171.9	139.7	214.2	175.3^a

Statistically significant differences ($p < 0.05$) are shown for the comparison Mean HL and Mean IF, Student-Newman-Keuls.

Table 8: **Stock of inorganic C (t/ha) measured of each pit in headland (HL) and in-field (IF)**

Soil depth (cm)	HL1	HL2	HL3	Mean HL	IF1	IF2	IF3	Mean IF
0-10	25.6	24.8	25.2	25.2^a	32.2	29.5	29.4	30.4^b
10-20	26.2	26.5	26.2	26.3^a	31.3	31.2	29.1	30.5^b
20-30	24.9	27.3	26.5	26.2^a	27.7	39.6	28.7	32.0^b
30-40	30.0	26.9	26.0	27.6^a	36.4	38.2	30.5	35.0^b
40-50	43.0	25.6	24.2	30.9	48.1	36.3	31.4	38.6
50-70	103.6	84.2	76.2	88.0	91.3	66.0	77.0	78.1
70-100	152.4	98.4	145.8	132.2	140.7	111.0	38.7	96.8
Total	405.7	313.7	350.1	356.5	407.8	351.8	264.8	341.5

Statistically significant differences ($p < 0.05$) are shown for the comparison Mean HL and Mean IF, Student-Newman-Keuls.

Table 9: **Stock of total N (t/ha) measured of each pit in headland (HL) and in-field (IF)**

Soil depth (cm)	HL1	HL2	HL3	Mean HL	IF1	IF2	IF3	Mean IF
0-10	3.2	3.4	3.1	3.2^b	3.1	2.7	2.5	2.8^a
10-20	2.9	2.9	2.9	2.9^b	2.8	2.4	2.4	2.5^a
20-30	2.7	2.5	2.9	2.7^b	2.7	1.4	2.2	2.1^a
30-40	2.4	2.4	2.7	2.5^b	2.2	0.6	2.2	1.7^a
40-50	2.2	2.2	2.5	2.3^b	1.7	0.3	2.5	1.5^a
50-70	2.5	2.2	4.5	3.1^b	1.1	0.6	1.4	1.0^a
70-100	2.1	0.8	2.1	1.7^b	1.3	0.8	1.3	1.1^a
Total	18.1	16.5	20.7	18.4^b	14.8	8.7	14.6	12.7^a

Statistically significant differences ($p < 0.05$) are shown for the comparison Mean HL and Mean IF, Student-Newman-Keuls.

This site-specific result could represent the pedo-climate region of the Pannonian. Experiments on this topic in other pedo-climate region in Europe by the SoilCompaC partner confirm partly our result. This

indicates that long-term experiments are essential to explain the site-specific reaction of soil on compaction in different European region.

Summary

Headlands of arable cropping fields are evident sites for soil compaction. The higher field traffic frequency with higher wheel load in the headland resulted in higher soil penetration resistance in the subsoil. Also the other soil physical parameters (saturated hydraulic conductivity, bulk density, air permeability) responds in the compacted headland – especially in the subsoil. This site-specific result indicates that the compacted soil in the headland accumulated organic carbon and nitrogen in the soil. This could be explained by a reduced decomposition of soil organic matter due to mitigated air permeability.

Zusammenfassung

Vorgewende in Ackerschlägen sind potentielle Bodenverdichtungsbereiche. Höhere Anzahl von Überrollungen mit Landmaschinen mit z.T. höheren Radlasten durch hochgehobene Anbaugeräte sind dafür erklärable Gründe. Messungen zum Bodeneindringwiderstand im Vorgewende und im Ackerschlag außerhalb des Vorgewendes zeigen, dass diese im Vorgewende im Unterboden höher waren. Auch die anderen bodenphysikalischen Kennwerte (gesättigte hydraulische Leitfähigkeit, Lagerungsdichte, Luftpermeabilität) zeigten insbesondere im Unterboden eine Veränderung. Diese standortspezifischen Veränderungen in der Bodenstruktur äußern sich auch in höheren organischen Kohlenstoff- und Stickstoffmengen im Boden des Vorgewendes. Dieses lässt sich durch den verringerten Abbau der organischen Masse aufgrund der reduzierten Luftpermeabilität erklären.

References:

- CORREA, JOSÉ; POSTMA, JOHANNES A.; WATT, MICHELLE; WOJCIECHOWSKI, TOBIAS (2019): Soil compaction and the architectural plasticity of root systems. In: *Journal of experimental botany* 70 (21), S. 6019–6034. DOI: 10.1093/jxb/erz383.
- CZERATZKI, W. (1972): Die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand. *Landbauforschung Völkenrode* 22 (1): S. 29-36.
- DANE, J. H., TOPP, G. C. (EDS.) (2002). *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical Methods*, 3rd edn. Madison: Soil Science Society of America.
- EUROPEAN COMMISSION: Caring for soil is caring for life – Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate. Brussels (2020).
- LAMANDÉ, M., GREVE M.H., SCHJØNNING, P. (2018): Risk assessment of soil compaction in Europe Rubber tracks or wheels on machinery. *CATENA* 167, 353–362
- PETELKAU, H. und SEIDEL, H. (1982): Kompressibilität von Bodenproben unterschiedlicher Substrate bei stufenweiser uniaxialer Belastung in Abhängigkeit vom Wassergehalt. *Archiv Acker- und Pflanzenbau Bodenkunde* 26 (6): S. 389 – 393.

Adressen der Autoren

¹BOKU University, Department of Agricultural Sciences, Experimental Farm Groß-Enzersdorf, Schloßhofer Straße 31, 2301 Groß-Enzersdorf, Austria

²Federal Agency for Water Management, Institute for Land and Water Management Research Petzenkirchen, Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen, Austria

* Ansprechpartner: Dr. Gerhard MOITZI, e-mail: gerhard.moitzi@boku.ac.at

Der Einfluss von Bodenbearbeitung und Bodentextur auf die Bodengesundheit und Regenwürmer im pannonischen Raum

Impact of tillage practices and soil texture on soil health and earthworms in the Pannonian region: A comparative study from Austria and Hungary

Barbara Simon¹, Igor Dekemati², Hanaa T. M. Ibrahim¹, Maxwell M. Modiba^{1,2}, Márta Birkás², János Grósz³, Martin Kulhanek⁴, Reinhard W. Neugschwandtner⁵, Anna Hofer⁵, Viola Wagner⁵, Marion Windisch⁵, Karin Hage-Ahmed⁶, Kevin R. Butt⁷, Pia Euteneuer⁸

Einleitung

Die Bodenbearbeitung hat großen Auswirkungen auf die physikalischen (DEKEMATI et al. 2019; EUTENEUER et al. 2024), biologischen (DEKEMATI et al. 2020, 2021; EUTENEUER UND BUTT, 2025) und chemischen Eigenschaften des Bodens (NEUGSCHWANDTNER et al. 2020; WEIDHUNER et al. 2021). Die Bodenbearbeitung wird zur Einarbeitung von Pflanzenrückständen, zur Saatbettbereitung und zur Unkraut- und Schädlingsbekämpfung praktiziert (GAJRI et al. 2002; MAIRHOFER et al. 2019), hat aber je nach Art auch Nachteile auf die Bodenstruktur und die Bodenfauna, wie Regenwürmer (BRIONES UND SCHMIDT, 2017; DEKEMATI et al. 2019; EUTENEUER et al. 2024).

Regenwürmer sind wichtig für die Funktionalität landwirtschaftlicher Böden, insbesondere für die Entwicklung der Bodenstruktur (EUTENEUER et al. 2024), der Bodenporosität (PÉRÈS et al. 2010) und der Veränderungen des organischen Kohlenstoffs im Boden (SAE-TUN et al. 2022).

In der vorliegenden Studie wurden die Auswirkungen der Bodenbearbeitung (Direktsaat, Grubber, Pflug) auf Parameter unter ähnlichen klimatischen Bedingungen mit kalkhaltigen oder kalkfreien Tschernozem-Böden im Hinblick auf i) physikalische (Bodenwiderstand; Lagerungsdichte; Aggregatstabilität), ii) chemische (pH, gelöster organischer Kohlenstoff, Glomalin) und iii) biologische Eigenschaften (Regenwurm-vorkommen, Biomasse, Zusammensetzung der Gemeinschaft; Mykorrhizierung) in zwei Langzeit-Bodenbearbeitungsversuchen in Österreich und Ungarn untersucht.

Material und Methoden

Der Versuch in Österreich (AT) wurde 1996 auf der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Raasdorf (48°14'N, 16°33'E; 153 m ü.d.M.) initiiert. Der Versuchsstandort befindet sich östlich von Wien (Niederösterreich) am Rande der Marchfeld-Ebene im nordwestlichen Teil des Pannonischen Beckens. Der ist als kalkhaltiger sL Tschernosem mit alluvialer Herkunft klassifiziert (WRB, 2014). Der Versuch wird als vollständig randomisierter Blockversuch mit vier Wiederholungen geführt und umfasst verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen, Pflug (P; 30 cm Tiefe), Grubber (G; 10 cm Tiefe) und Direktsaat (NT; 0 cm), durchgeführt. Die Anbaufolge in AT von 2018 bis 2021 war Sorghum (*Sorghum bicolor* Mönch), Winterweizen (*Triticum aestivum* L.), Mais (*Zea mays* L.) (Studienjahr 2020), Winterweizen (Studienjahr 2021).

Der Versuch in Ungarn (HU) befindet sich auf dem Versuchs- und Ausbildungsbetrieb Józsefmajor der Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (47°41'N, 19°36'E; 110 m ü.d.M.) im Komitat Pest, Zentralungarn. Der Langzeit-Bodenbearbeitungsversuch wurde 2002 mit drei Bodenbearbeitungssystemen angelegt: P (30 cm Tiefe), G (18 cm Tiefe) und NT (0 cm). Der tonige Lehm Boden ist als kalkfreier Tschernosem klassifiziert (WRB, 2014). Der Versuch ist in einem vollständig randomisierten Blockdesign mit vier Wiederholungen und einer Parzellengröße von 13 × 180 m angelegt. Die Anbaufolge zwischen 2018 und 2021 in HU war Sojabohne (*Glycine max* Merr.), Winterweizen, Winterhafer (*Avena sativa* L.) (Studienjahr 2020), Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) (Studienjahr 2021).

Die Bodenaggregatstabilität wurde mit der Smartphone-App MOULDER Version 2.0 (früher: SLAKES) (FAJARDO et al., 2016; FAJARDO UND MCBRATNEY 2023) und gemäß dem von FLYNN et al. (2020) erstellten Analyseprotokoll unter Verwendung eines iPhone 8 (Apple Inc. Cupertino, Kalifornien, USA) in AT und Huawei P30 lite MAR-LX 1A (Huawei Technologies Co., Ltd., Bantian, Longgang, Shenzhen, China) in HU gemessen. Insgesamt wurden luftgetrocknete Bodenproben auf eine Partikelgröße von 2-5 mm gesiebt, wobei drei Bodenaggregate pro Probe und fünf Unterproben pro Parzelle analysiert wurden (EUTENEUER et al., 2024).

Die Regenwürmer wurden im Frühjahr und Herbst 2020 und 2021 durch Handsortierung von 25 × 25 × 30 cm großen Bodenblöcken an vier zufällig ausgewählten Stellen jeder Behandlung an beiden Standorten beprobt (ISO 23611-1, 2018). Neben dem Aussortieren von Hand ist zum Beispiel die Verwendung von Senfsuspension (5 g L⁻¹ Senfpulver), Allylisothiocyanat oder Formaldehyd (Formalin), eine gängige Praxis, um Regenwürmer aus dem Boden zu treiben, insbesondere tief grabenden Regenwürmer wie *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758) (BUTT UND GRIGOROPOULOU, 2010). Der Nachteil einer Austreibung bei schluffigen Böden, wie in AT, ist die erhöhte Infiltrationsrate (1-2 h; Euteneuer unveröffentlicht). Der schluffige Tschernosem ist sehr empfindlich gegenüber Bodenbearbeitung, die die Infiltration von Flüssigkeit blockieren kann (WENINGER et al., 2019) und war daher nicht anwendbar. Als Alternative für eine Austreibung wurden Komposthaufen von *L. terrestris* gezählt. Zur Bestimmung der Komposthaufen wurde im Mai und Juni 2020 auf einer Fläche von 7 m² Weizenstroh (178 g m⁻²) ausgebracht, damit *L. terrestris* Komposthaufen bauen konnte (EUTENEUER et al., 2024). Diese Komposthaufen wurden dann im November 2020 gezählt. Normalerweise befindet sich unter jedem Komposthaufen eine Wohnröhre von *L. terrestris*, aber manchmal kann eine Röhre auch zwei Öffnungen zur Bodenoberfläche haben, was als zwei einzelne Komposthaufen erscheinen kann und zu einer Überschätzung der *L. terrestris*-Abundanz führen könnte (BUTT UND GRIGOROPOULOU, 2010; GRIGOROPOULOU UND BUTT, 2010). Zur Überprüfung unseres Ansatzes wurden zehn Komposthaufen zufällig pro Parzelle ausgewählt und mit Senfsuspension (STROUD et al., 2016) auf das Vorhandensein von *L. terrestris* getestet. Die Regenwürmer wurden ins Labor gebracht und die Biomasse wurde erfasst (g Individuum⁻¹), aber nicht zu den Regenwürmern aus der Handsortierung addiert. Weitere Details entnehmen Sie bitte SIMON et al. 2025.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse für den pH-Wert zeigten eine Wechselwirkung zwischen Standort und Bodenbearbeitung, wobei der pH-Wert in AT höher war als in HU (pH: 7,7 bzw. 4,5) und in HU am höchsten für P, während sich der pH-Wert in AT nicht zwischen den Bodenbearbeitungsmethoden unterschied.

Die bodenphysikalischen Parameter Aggregatstabilität, Lagerungsdichte und Bodenwiderstand zeigten eine Wechselwirkung von Standort × Bodenbearbeitung. Die Aggregatstabilität war für NT in AT 2,25-mal größer als für G und P, während in HU G ≥ NT 1,7-mal stabiler war als P. FLYNN et al. (2020) fanden eine klare Trennung der Aggregatstabilität zwischen den Bodenbearbeitungssystemen in tonhaltigen Böden, während die Aggregate in HU ähnliche Ergebnisse für NT und G zeigten.

Alle Regenwurmparameter wurden durch Standort und Bodenbearbeitung beeinflusst, mit Ausnahme der Biomasse der adulten Regenwürmer, die nur durch den Standort beeinflusst wurde. Im Detail waren die Regenwurmagabundanz und -biomasse bei NT in AT bzw. HU 1,6-1,9 bzw. 4-6 mal höher und nahmen mit der Intensität der Bodenbearbeitung ab, während sie bei P in HU am niedrigsten waren und P in AT ähnlich wie G war. Insgesamt wies NT in AT im Vergleich zu den übrigen Behandlungen das größte Verhältnis von juveniler zu adulter Biomasse auf, aber das Verhältnis von juveniler zu adulter Biomasse für G, P und NT in HU zeigte ähnliche Ergebnisse wie NT in AT. Der Shannon-Diversitätsindex war am höchsten bei NT und G in HU und NT in AT, gefolgt von G und P in AT und am niedrigsten bei P in HU. Die Regenwurmgemeinschaft an den beiden Standorten bestand hauptsächlich aus endogenen Regenwürmern, die von *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *A. rosea* (Savigny, 1826) und *Allobophora chlorotica* (Savigny, 1826) dominiert wurden. *Aporrectodea georgii* (Michaelsen, 1890) kam nur in HU vor und fehlte in AT, während *L. terrestris* in AT gefunden wurde, aber nicht in HU. In der HU konnten keine Komposthaufen nachgewiesen werden, während die Anzahl der Komposthaufen in der AT in NT 10-12 mal höher war als in G und P. Ähnlich verhielt es sich mit der Belegungsrate, die in NT 30-40% höher war als in G und P. Die Regenwurmgemeinschaften an beiden Standorten wurden durch die Bodenbearbeitungssysteme beeinflusst, wiesen die höchste Abundanz und Biomasse in NT auf und nahmen mit der Intensität ab, ähnlich wie in früheren Studien von DEKEMATI et al. (2019) am Standort HU. Dieses Ergebnis wird durch eine Meta-Analyse von BRIONES UND SCHMIDT (2017) gestützt, dass anözische und größere Arten wie *L. terrestris* stärker von einer reduzierten Bodenbearbeitung profitieren als endogene und kleinere Regenwürmer wie *A. chlorotica* und *A. caliginosa*. In der aktuellen Studie reagierte *A. caliginosa* im Vergleich zu *L. terrestris* weniger empfindlich auf die Bodenbearbeitung, nahm aber auch bei verringerter Bodenbearbeitungsintensität zu, allerdings nicht so stark wie *L. terrestris* in AT, wo 12-mal so viele Komposthaufen in NT wie in P gezählt wurden (BRIONES UND SCHMIDT 2017; CAPOWIEZ et al. 2009; EUTENEUER et al. 2024). Insgesamt wurden

endogene Regenwürmer in allen Bodenbearbeitungssystemen gefunden, mit Ausnahme von *A. chlorotica* für P in HU, daher war der Shannon-Index in NT an beiden Standorten höher und für P in HU niedriger.

Die Studie zeigt, dass innerhalb desselben Bodentyps, die standortspezifischen Eigenschaften, wie pH und Bodentextur einen großen Einfluss auf die Bodenchemie und die Regenwurmgesellschaft haben kann. Parameter, wie der gelöste organische Kohlenstoff, Regenwurmabundanz und -biomasse sowie die Bodenphysik sind von der Bodenbearbeitung beeinflusst. Die reduzierte Bodenbearbeitung in HU stand bei den meisten Parametern zwischen P und NT, während in AT G und P gleich waren. Daraus schließt sich, dass gerade die reduzierte Bodenbearbeitung kritisch hinterfragt werden muss in Bezug auf Standorteigenschaften und Bodengesundheit.

Zusammenfassung

Die Bodenbearbeitung hat erhebliche Auswirkungen auf physikalische, chemische und biologische Bodenparameter. Zwei Langzeit-Bodenbearbeitungsversuche in Nordost-Österreich (AT) und Zentral-Nord-Ungarn (HU), beide in der pannonischen Region gelegen, wurden 2020 und 2021 untersucht. Die drei Bodenbearbeitungssysteme umfassten Pflug (P), reduzierte Bodenbearbeitung (G) und Direktsaat (NT) in einem vollständig randomisierten Blockdesign mit vier Wiederholungen. Die größten Unterschiede zwischen AT und HU betrafen den Tongehalt und den pH-Wert (Ton: 20 % bzw. 36 % und pH: 7,7 bzw. 4,5). Dies wirkte sich auf die meisten Parameter wie den gelösten organischen Kohlenstoff, die Aggregatstabilität, die Lagerungsdichte, die Abundanz und Biomasse der Regenwürmer und den Shannon-Index aus. Diese Parameter nahmen mit der Intensivierung der Bodenbearbeitung an beiden Standorten ab. Darüber hinaus waren die Ergebnisse für G und P bei allen genannten Parametern in AT ähnlich, während dies in HU bei NT und G der Fall war. Weiterhin wurde der epi-anözische *Lumbricus terrestris* nur in AT gefunden, während der endogene *Aporrectodea georgii* nur in HU vorhanden war. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine reduzierte Bodenbearbeitung wie G und NT ähnliche Auswirkungen auf die Bodengesundheit haben kann, aber für eine endgültige Bewertung müssen standort-spezifische Eigenschaften wie die Bodentextur berücksichtigt werden.

Abstract

Soil tillage has major impacts on physical, chemical and biological soil parameters. Two long-term soil tillage experiments in North-East Austria (AT) and Central-North Hungary (HU), both located in the Pannonian region, were studied in 2020 and in 2021. The three soil tillage systems comprised mould-board ploughing (P), shallow cultivation (C), and no-till (NT) in a completely randomised block design with four blocks. Major differences between AT and HU concerned clay content and pH value (clay: 20%; 36% and pH: 7.7; 4.5, respectively). This affected most parameters such as dissolved organic carbon, soil aggregate stability, bulk density, earthworm abundance, and biomass and Shannon index. These parameters decreased with soil tillage intensification at both sites. In addition, for all mentioned parameters, C and P were similar in AT, while in HU this was the case for NT and C. Additionally, epianecic *Lumbricus terrestris* was only found in AT, while endogeic *Aporrectodea georgii* was only present in HU. In conclusion, reduced soil tillage such as C and NT can show similar affects towards soil health, but site-specific properties such as soil texture need to be considered for a final evaluation.

Literatur

- BAGNALL DK, MORGAN CLS (2021): SLAKES and 3D Scans characterize management effects on soil structure in farm fields. Soil and Tillage Research 208, 104893. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104893>
- BOLAN N, SRIVASTAVA P, RAO CS, SATYANARAYA PV, ANDERSON GC, BOLAN S, NORTJÉ GP, KRONENBERG R, BARDHAN S, ABBOTT LK, ZHAO H, MEHRA P, SATYANARAYANA SV, KHAN N, WANG H, RINKLEBE J, SIDDIQUE KHM, KIRKHAM MB (2023): Distribution, characteristics and management of calcareous soils, in: Advances in Agronomy. Elsevier, pp. 81–130. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2023.06.002>
- BRIONES MJ, SCHMIDT O (2017): Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. Glob Change Biol 23, 4396–4419. <https://doi.org/10.1111/gcb.13744>

BUTT KR, GRIGOROPOULOU N (2010): Basic Research Tools for Earthworm Ecology. *Applied and Environmental Soil Science* 2010, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2010/562816>

CAPOWIEZ Y, CADOUX S, BOUCHANT P, RUY S, ROGER-ESTRADE J, RICHARD G, BOIZARD H (2009): The effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. *Soil and Tillage Research* 105, 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.002>

DEKEMATI I, SIMON B, BOGUNOVIC I, KISIC I, KASSAI K, KENDE Z, BIRKÁS M (2020): Long Term Effects of Ploughing and Conservation Tillage Methods on Earthworm Abundance and Crumb Ratio. *Agronomy* 10, 1552. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101552>

DEKEMATI I, SIMON B, BOGUNOVIC I, VINOGRADOV S, MODIBA MM, GYURICZ C, BIRKÁS M (2021): Three-Year Investigation of Tillage Management on the Soil Physical Environment, Earthworm Populations and Crop Yields in Croatia. *Agronomy* 11, 825. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050825>

DEKEMATI I, SIMON B, VINOGRADOV S, BIRKÁS M (2019): The effects of various tillage treatments on soil physical properties, earthworm abundance and crop yield in Hungary. *Soil and Tillage Research* 194, 104334. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104334>

EUTENEUER P, BUTT KR (2025): Potential protocol for earthworm monitoring under adverse soil conditions or in small plots. *Applied Soil Ecology* 206, 105828. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105828>

EUTENEUER P, BUTT KR, WAGENTRISTL H, MAYEROVÁ M, FÉR M (2024): What is the best way to measure earthworm-processed soil? A comparison of common water stable aggregates, the smartphone app MOULDER, and a novel SlakeLight method. *Applied Soil Ecology* 201, 105517. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105517>

FAJARDO M, MCBRATNEY AB (2023): MOULDER: A soil aggregate stability smart-phone app [Mobile application software].

FAJARDO M, MCBRATNEY AB, FIELD DJ, MINASNY B (2016): Soil slaking assessment using image recognition. *Soil and Tillage Research* 163, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.05.018>

FLYNN KD, BAGNALL DK, MORGAN CLS (2020): Evaluation of SLAKES, a smartphone application for quantifying aggregate stability, in high-clay soils. *Soil Sci. Soc. Am. j.* 84, 345–353. <https://doi.org/10.1002/saj2.20012>

GAJRI P, ARORA V, PRIHAR S (2002): *Tillage for Sustainable Cropping*. New York, Food Products Press, An imprint of The Haworth Press Inc. The Haworth Press, New York.

GRIGOROPOULOU N, BUTT KR (2010): Field investigations of *Lumbricus terrestris* spatial distribution and dispersal through monitoring of manipulated, enclosed plots. *Soil Biology and Biochemistry* 42, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.09.021>

ISO 23611-1 2018: DIN EN ISO 23611-1:2018-10, Bodenbeschaffenheit- Probenahme von Wirbellosen im Boden- Teil 1: Handauslese und Extraktion von Regenwürmern;

JONES D, WILLETT V (2006): Experimental evaluation of methods to quantify dissolved organic nitrogen (DON) and dissolved organic carbon (DOC) in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 991–999. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.08.012>

KALBITZ K, SOLINGER S, PARK J-H, MICHALZIK B, MATZNER E (2000): Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: A review. *Soil Science* 165, 277–304. <https://doi.org/10.1097/00010694-200004000-00001>

MAIRHOFER F, BARTA N, EUTENEUER P, SCHUSTER J, BAUER A, GRONAUER A (2019): Influence of tillage depth of a cultivator on the incorporation of crop residues of winter barley in a chernozem soil. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment* 70, 69–79. <https://doi.org/10.2478/boku-2019-0006>

NEUGSCHWANDTNER R, SZÁKOVÁ J, PACHTROG V, TLUSTOŠ P, ČERNÝ J, KULHÁNEK M, KAUL H-P, EUTENEUER P, MOITZI G, WAGENTRISTL H (2020): Basic soil chemical properties after 15 years in a long-term tillage and crop rotation experiment. *Int. Agrophys.* 1, 133–140. <https://doi.org/10.31545/intagr/114880>

NEUGSCHWANDTNER RW, SZÁKOVÁ J, PACHTROG V, TLUSTOŠ P, KULHÁNEK M, ČERNÝ J, KAUL H-P, WAGENTRISTL H, MOITZI G, EUTENEUER P (2022): Exchangeable and Plant-Available Macronutrients in a Long-Term Tillage and Crop Rotation Experiment after 15 Years. *Plants* 11, 565. <https://doi.org/10.3390/plants11040565>

PÉRÈS G, BELLIDO A, CURMI P, MARMONIER P, CLUZEAU D (2010) Relationships between earthworm communities and burrow numbers under different land use systems. *Pedobiologia* 54, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2010.08.006>

SAE-TUN O, BODNER G, ROSINGER C, ZECHMEISTER-BOLTENSTERN S, MENTLER A, KEIBLINGER K (2022): Fungal biomass and microbial necromass facilitate soil carbon sequestration and aggregate stability under different soil tillage intensities. *Applied Soil Ecology* 179, 104599. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104599>

SAIDY AR, SMERNIK RJ, BALDOCK JA, KAISER K, SANDERMAN J (2015): Microbial degradation of organic carbon sorbed to phyllosilicate clays with and without hydrous iron oxide coating. *European J Soil Science* 66, 83–94. <https://doi.org/10.1111/ejss.12180>

SIMON B, DEKEMATI I, IBRAHIM HTM, MODIBA MM, BIRKÁS M, GRÓSZ J, KULHANEK M, NEUGSCHWANDTNER RW, HOFER A, WAGNER V, WINDISCH M, HAGE-AHMED K, BUTT KR, EUTENEUER P (2025): Impact of tillage practices and soil texture on soil health and earthworms in the Pannonian region: A comparative study from Austria and Hungary. *Applied Soil Ecology* 206, 105863. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.105863>

USSIRI DAN, JOHNSON CE (2004): Sorption of Organic Carbon Fractions by Spodosol Mineral Horizons. *Soil Science Soc of Amer J* 68, 253–262. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.2530>

WEIDHUNER A, HANAUER A, KRAUSZ R, CRITTENDEN SJ, GAGE K, SADEGHPOUR A (2021): Tillage impacts on soil aggregation and aggregate-associated carbon and nitrogen after 49 years. *Soil and Tillage Research* 208, 104878. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104878>

WENINGER T, KREISELMEIER J, CHANDRASEKHAR P, JULICH S, FEGER K-H, SCHWÄRZEL K, BODNER G, SCHWEN A (2019): Effects of tillage intensity on pore system and physical quality of silt-textured soils detected by multiple methods. *Soil Res.* 57, 703. <https://doi.org/10.1071/SR18347>

WRB (2014): World reference base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO, Rome.

Adressen der Autor*innen

¹ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Department of Soil Science, Institute of Environmental Sciences, Gödöllő, Hungary

² Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Department of Agronomy, Institute of Crop Production Sciences, Gödöllő, Hungary

³ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Department of Water Management and Climate Adaptation, Institute of Environmental Sciences, Gödöllő, Hungary

⁴ Czech University of Life Sciences in Prague, Department of Agroenvironmental Chemistry and Plant Nutrition, Faculty of Agrobiological Sciences, Food and Natural Resources, Czech Republic

⁵ Universität für Bodenkultur Wien; Department für Agrarwissenschaften, Institut für Pflanzenbau, Tulln, Österreich

⁶ Universität für Bodenkultur Wien; Department für Agrarwissenschaften, Institut für Pflanzenschutz, Tulln, Österreich

⁷ University of Central Lancashire, Ecological Engineering, Preston, United Kingdom

⁸ Universität für Bodenkultur Wien; Department für Agrarwissenschaften, Versuchswirtschaft, Groß-Enzersdorf, Österreich

* Ansprechpartnerin: Dr. Pia Euteneuer, pia.euteneuer@boku.ac.at

Green corridors may sustain habitats for earthworms in a partially converted grassland

Grüne Korridore können Lebensräume für Regenwürmer in einem teilweise umgewandelten Grünland erhalten

Barbara Simon^{1*}, Krisztina Boziné Pullai², Dóra Selmeczi³, András Sebők¹,
Pia Euteneuer⁴, Mihály Zalai⁵, Ferenc Tóth³

Introduction

Grasslands, comprising about 40% of the terrestrial surface [SUTTIE et al., 2005; LEMAIRE et al., 2011; HAN et al., 2020]. From the ecological aspect, natural and semi-natural grasslands are resourceful, biologically diverse ecosystems featured by their high species richness [HABEL et al., 2013; LYU et al., 2020], and grasslands have been recognized not only for supplying mankind directly or indirectly with various products (herbs, food, fiber, fodder or wool, cultural heritage values), but for providing a wide spectrum of ecosystem services, including habitat for permanent and migratory species and pollinators, pollination of crops, the natural management of pests and diseases of agriculture, flood and erosion control, carbon storage, climate and air quality regulation at local, regional and continental scale [SALA et al., 1997; MEA, 2005; VILLOSLADA et al., 2019; BENGTSSON et al., 2019; ZHAO et al., 2019].

Mulching refers to any material, apart from the soil itself and living vegetation, on the soil surface [PROSDOCIMI et al., 2016]. Mulching can be *organic* (compost, straw, grass clippings, etc.) or *inorganic* (plastic foils, landscape and weed control fabrics, etc.), or a *combination of both* [KUMAR and LAL, 2012]. Mulching may improve crop yield and crop health, positively alter soil fertility, water dynamics and water retention of the soil, balance soil temperature fluctuations, prevent or reduce soil compaction and sealing, and increase soil organic matter content.

The *objective of our study* was to investigate how certain management practices, namely mulching with weed control fabric, alone or in combination with straw, affect the soil physicochemical parameters, earthworm abundance, biomass, species composition on a grassland to create a basis for any further studies on the balance between agricultural production and habitat protection.

Materials and Methods

Experimental Site, Soil and Plots: The experimental area is located in Ósagárd (Hungary) (270 m asl). The average annual mean temperature is 9.5 °C, and the annual precipitation is 580–600 mm. The soil is a Haplic Luvisol by WRB [WRB, 2015], with loam, clay loam texture. The experiment was carried out on a 1-hectare field between 2018 and 2021. One part of this 1 ha grassland was used for a tomato experiment, while the rest was prepared for alfalfa production. There were 40 tomato microplots on the experimental area, (2×2m), creating a mosaic of cultivated rectangles bordered with undisturbed corridors (0.7m) of grassland. Both the tomato and the alfalfa areas were covered in a 10 cm thick layer of mature goat manure. The green corridors composed of the original grassland were not manured.

Mulching Treatments: 1) weed control fabric (WF); 2) combination of weed control fabric and straw (WF + S); 3) grassland (GR); and 4) cultivated alfalfa field (CA). Conventional agricultural management was carried out on CA without using chemical fertilizers or pesticides.

Examined Soil Parameters: a) physical analyses (soil texture, soil moisture content (SMC), soil penetration resistance (SPR)); b) chemical analyses (pH(H₂O), pH(KCl); soil organic matter (SOM); c) biological analyses: earthworm abundance (ind m⁻²), biomass (g m⁻²), species composition.

Results and Discussion

Physical Parameters: *Soil texture* was loam and clay loam in all samples. *Soil moisture content* (SMC) resulted higher values in the mulched treatments (WF; WF + S) compared to GR and CA. The general ability of mulch to maintain SMC has long been documented [XIUKANG et al., 2015; KADER et al., 2017], but fewer studies have investigated the difference between the effects of organic and a combination of organic and inorganic mulches. In our experiment, we expected that the extra addition of straw would help retain more moisture within the soil, but instead, we could not detect significant differences between WF and WF + S treatments. *Soil penetration resistance* was greatest under GR treatment at 20cm depth. CA had the highest SPR values at 10cm depth. In our experiment, the ability of inorganic mulch and the combination of inorganic and organic mulch to decrease soil compaction was recorded. Our finding agrees with that of JOURGHOLAMI et al. [2020], where a previously compacted soil was ameliorated with mulching.

Chemical Parameters: *soil pH(H₂O)* was between 7.0 and 7.3, while *pH(KCl)* values were between 6.2 and 6.7. There was no significant differences found among treatments. *Soil organic matter* was significantly greater in WF (3.0%), compared to CA (2.4%). The SOM increased regardless of cover type. The highest rise was found with the combination of inorganic and organic mulch material. By the addition of straw on top of the inorganic mulch layer (WF) as a second mulch layer, we assume we scaled down the innate ability of plastic mulch to increase soil temperature and curb mineralization, a phenomenon described in a paper presenting the results of a long-term mulching experiment [WANG et al., 2016]. In other words, straw helped retain more of the organic matter when compared to plots covered only with plastic mulch. The reason behind the elevated value for grassy patches (GR) can be attributed to the mulching lawnmower that left organic material on the land. Sometimes, not removing the organic material produced by a certain area may help save this valuable material. CA had the lowest SOM content, as expected, because intensive tillage and disturbance have an adverse effect on SOM [BLANCO-MOURE et al., 2016]. Additionally, mulched areas kept receiving goat manure evenly every year and were not disturbed by treading.

Biological Parameters: *earthworm abundance* did not show significant differences among treatments in Spring 2020 and 2021, however, on the other four occasions, GR treatment always showed the greatest value (Figure 1). Considering that straw mulch had a positive effect on earthworm populations [BLANCO-CANQUI and LAL, 2007; JODAGIENE et al., 2010; THOMSON and HOFFMAN, 2007], we anticipated higher values for earthworm abundance and biomass on mulched plots (WF and WF + S). Yet, this only happened in spring 2021, and even then, the difference was not significant. In fact, none of the figures for abundance and biomass of any treatment were statistically different from one another. This sampling time stood out of the six sampling occasions because, on all the other five sampling times, earthworm abundance and biomass values were the highest with the grassland treatment (GR), although the difference was not significant in spring 2020. Similarly, when a freshly established tree plantation was monitored for ten years, the presence of plastic mulch was found to reduce both earthworm abundance and biomass by 46.8% and 61.2%, respectively, when compared to uncovered areas [JONES et al., 2020]. The explanation may lie in the type of mulch material, i.e., plastic. As an earlier review points out, freshly fallen organic materials, being in the state of senescence, are one of the most important and preferred food sources for earthworms [CURRY and SCHMIDT, 2007]. Additionally, because plastic acts as a physical barrier between soil and this organic input, earthworms might have to migrate to other areas where this type of food is more available. *Earthworm biomass* was the greatest in GR, except for Spring 2021. In three sampling times (Autumn 2018, Spring 2019, Autumn 2020) GR was significantly greater than those of WF + S and CA.

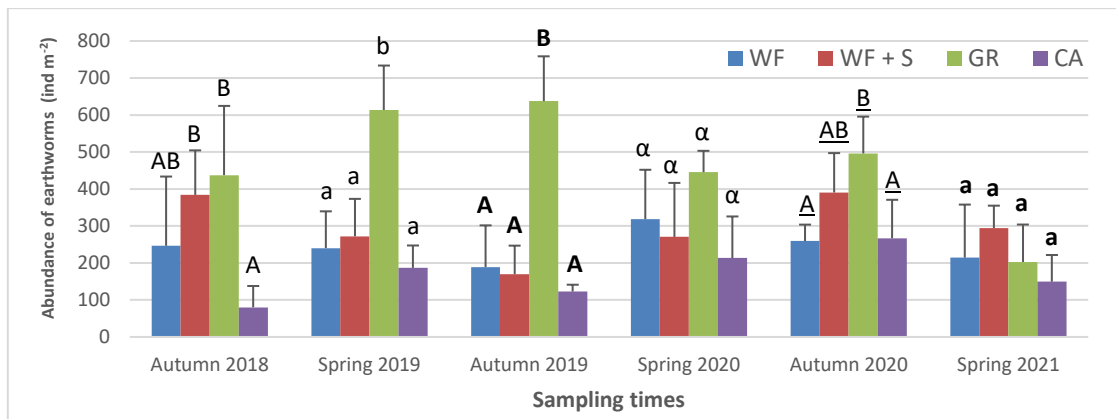


Figure 1: **Abundance of earthworms between Autumn of 2018 and Spring of 2021. The same letters above bars mean no statistical difference. Results of each sampling times were analyzed separately from each other. WF – weed control fabric; WF + S – weed control fabric + straw; GR – grassland; CA – cultivated alfalfa field.**

Earthworm species: *Allolobophora chlorotica* dominated the soils (Figure 2), being the highest in WF (68%), GR (63%), then WF + S and CA (57%). The earthworm species composition of plastic mulch and grasslands was, in a way, similar, while the combination of plastic and straw and the alfalfa field also had species composition patterns similar to each other. WF and GR were dominated by the most abundant species, *A. chlorotica* (68 and 63%, respectively), and all the other species were present in small percentages. WF + S and CA, on the other hand, had a lower figure (57%) for *A. chlorotica*, meaning higher occurrences for subsequent species (15 and 21% for the second most abundant species, *Aporrectodea rosea*, and 12 and 14% for the third species, *Aporrectodea caliginosa*). When investigating the role of spatial distribution of soil characteristics in forming earthworm diversity and species distribution, our two most dominant species, *A. chlorotica* was found to be attracted by high organic material, and *A. rosea* favoured sampling sites with higher moisture content [JOSCHKO et al., 2006]. It seems that, although the four habitat types of our experimental field had significantly different figures for both SOM and SMC, these soil conditions were still suitable for the two earthworm species to be present in relatively high numbers. The third species on our dominance list, *A. caliginosa*, on the other hand, has been documented to have one of the highest ecological tolerances among earthworms [TISCHER, 2005]. Its presence, therefore, is general in any soil where earthworms are present and may not be correlated to any of our management variations.

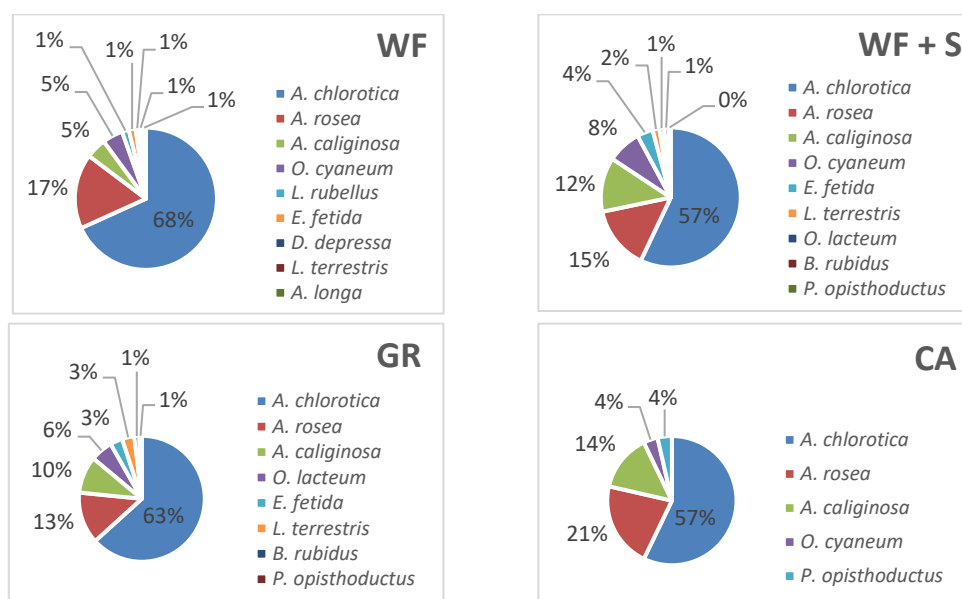


Figure 2: **Species composition of earthworms. (WF – weed control fabric; WF + S – weed control fabric + straw; GR – grassland; CA – cultivated alfalfa field)**

Zusammenfassung

Dauergrünland bietet eine gesunde und ungestörte Umwelt. Wir untersuchten, wie das Mulchen die physikalisch-chemischen Parameter des Bodens, die Regenwurmabundanz, die Biomasse, die Artenzusammensetzung im Vergleich zu Grünland und kultivierten Luzernefeldern veränderte. Mikroparzellen (2×2 m) wurden zwischen 2018 und 2021 auf einem Grünland für den Tomatenanbau in Ósagárd (Komitat Nógrád, Ungarn) entweder mit Unkrautbekämpfungsgewebe (WF) allein oder mit WF in Kombination mit Stroh (WF + S) gemulcht. Wir hatten zwei weitere Mikrohabitate: ein konventionell bewirtschaftetes Luzernefeld (CA) und Grünland (GR). Die Bodenparameter (physikalisch: Bodenfeuchte (SMC), Bodeneindringwiderstand (SPR); chemisch: pH-Wert, organische Substanz im Boden; und biologisch: Regenwurmabundanz, Biomasse, Arten) wurden gemessen. Der SMC-Wert war auf den bedeckten Parzellen (WF; WF + S) im Vergleich zu CA und GR deutlich höher. Die SPR-Werte waren in CA und GR in 10 bzw. 20 cm Tiefe am höchsten. Die Abundanz und Biomasse von Regenwürmern waren in allen Jahreszeiten in GR am höchsten und in CA am niedrigsten. Trotz der höheren Verdichtung und der niedrigeren SMC-Werte bot die Grasvegetation immer noch ein geeigneteres Umfeld für Regenwürmer als gemulchte Parzellen (WF, WF + S). Daher schlagen wir vor, dort, wo Grünland landwirtschaftlich genutzt wird, unbewirtschaftete und unbedeckte Flächen als Korridore für die biologische Vielfalt zu belassen.

Abstract

Permanent grasslands provide a healthy and undisturbed environment. We investigated how mulching altered the soil physicochemical parameters, earthworm abundance, biomass, species composition compared to grassland and cultivated alfalfa field. Microplots (2×2 m) were mulched with either weed control fabric (WF) alone or WF combined with straw (WF + S) on a grassland to grow tomato in Ósagárd (Nógrád county, Hungary) between 2018 and 2021. We had two other microhabitats: a conventionally cultivated alfalfa field (CA) and grassland (GR). Soil parameters (physical: soil moisture content (SMC), soil penetration resistance (SPR); chemical: pH, soil organic matter; and biological: earthworm abundance, biomass, species) were measured. SMC was significantly higher on covered plots (WF; WF + S) compared to CA and GR. SPR values were the highest in CA and GR at 10 and 20 cm depth, respectively. The abundance and biomass of earthworms were the highest in GR and lowest in CA in all seasons. Despite the higher compaction and lower SMC, grass vegetation still provided a more suitable environment for earthworms than mulched plots (WF, WF + S). Therefore, where there is agricultural production on grassland, we suggest leaving uncultivated and uncovered patches as biodiversity corridors.

Literature

- BLANCO-MOURE, N.; GRACIA, R.; BIELSA, A.C.; LÓPEZ, M.V. Soil organic matter fractions as affected by tillage and soil texture under semiarid Mediterranean conditions. *Soil Tillage Res.* 2016, 155, 381–389.
- BENGTTSSON, J.; BULLOCK, J.M.; EGOH, B.; EVERSON, C.; EVERSON, T.; O'CONNOR, T.; O'FARRELL, P.J.; SMITH, H.G.; LINDBORG, R. Grasslands—More important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere* 2019, 10, e02582.
- CURRY, J.P.; SCHMIDT, O. The feeding ecology of earthworms—A review. *Pedobiologia* 2007, 50, 463–477.
- HABEL, J.C.; DENGLER, J.; JANIŠOVÁ, M.; TÖRÖK, P.; WELLSTEIN, C.; WIEZIK, M. European grassland ecosystems: Threatened hotspots of biodiversity. *Biodivers. Conserv.* 2013, 22, 2131–2138.
- HAN, X.; LI, Y.; DU, X.; LI, Y.; WANG, Z.; JIANG, S.; LI, Q. Effect of grassland degradation on soil quality and soil biotic community in a semi-arid temperate steppe. *Ecol. Process.* 2020, 9, 63.
- JODAUGIENÉ, D.; PUPALIENÉ, R.; SINKEVIČIENÉ, A.; MARCINKEVIČIENÉ, A.; ŽEBRAUSKAITĖ, K.; BALTA DUONYTĖ, M.; ČEPULIENĖ, R. The influence of organic mulches on soil biological properties. *Zemdirbyste* 2010, 97, 33–40.
- JONES, A.; FORTIER, J.; GAGNON, D.; TRUAX, B. Trading tree growth for soil degradation: Effects at 10 years of black plastic mulch on fine roots, earthworms, organic matter and nitrate in a multi-species riparian buffer. *Trees For. People* 2020, 2, 100032.
- JOSCHKO, M.; FOX, C.A.; LENTZSCH, P.; KIESEL, J.; HIEROLD, W.; KRÜCK, S.; TIMMER, J. Spatial analysis of earthworm biodiversity at the regional scale. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2006, 112, 367–380.

- JOURGHOLAMI, M.; FATHI, K.; LABELLE, E.R. Effects of litter and straw mulch amendments on compacted soil properties and Caucasian alder (*Alnus subcordata*) growth. *New For.* 2020, 51, 349–365.
- KADER, M.A.; SENGE, M.; MOJID, M.A.; ITO, K. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil Tillage Res.* 2017, 68, 155–166.
- KUMAR, S.D.; LAL, B.R. Effect of mulching on crop production under rainfed condition: A Review. *Int. J. Res. Chem. Environ.* 2012, 2, 8–20.
- LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; CHABBI, A. *Grassland Productivity and Ecosystem Services*; CABI: Wallingford, UK, 2011; p. 315.
- LYU, X.; LI, X.; GONG, J.; WANG, H.; DANG, D.; DOU, H.; LI, S.; LIU, S. Comprehensive grassland degradation monitoring by remote sensing in Xilinhot, Inner Mongolia, China. *Sustainability* 2020, 12, 3682.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*; Island Press: Washington, DC, USA, 2005; p. 155.
- PROSDOCIMI, M.; TAROLLI, P.; CERDÁ, A. Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. *Earth Sci. Rev.* 2016, 161, 191–203.
- SUTTIE, J.M.; REYNOLDS, S.G.; BATELLO, C. *Grasslands of the World*; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2005; p. 514.
- THOMSON, L.J.; HOFFMANN, A.A. Effects of ground cover (straw and compost) on the abundance of natural enemies and soil macro invertebrates in vineyards. *Agric. For. Entomol.* 2007, 9, 173–179.
- TISCHER, S. Lumbricids species diversity and heavy metal amounts in lumbricids on soil monitoring sites in Saxony-Anhalt (Germany). *Arch. Agron. Soil Sci.* 2005, 51, 391–403.
- VILLOSLADA PECINA, M.; WARD, R.D.; BUNCE, R.G.H.; SEPP, K.; KUUSEMETS, V.; LUUK, O. Country-scale mapping of ecosystem services provided by semi-natural grasslands. *Sci. Total Environ.* 2019, 661, 212–225.
- WANG, Y.P.; LI, X.G.; FU, T.; WANG, L.; TURNER, N.C.; SIDDIQUE, K.H.M.; LI, F.M. Multi-site assessment of the effects of plastic-film mulch on the soil organic carbon balance in semiarid areas of China. *Agric. For. Meteorol.* 2016, 228–229, 42–51.
- WRB. *World Reference Base for Soil Resources 2014. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. Update 2015*; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2015; p. 192.
- ZHAO, H.; LIU, J.; CHEN, X.; WANG, Z. Straw mulch as an alternative to plastic film mulch: Positive evidence from dryland wheat production on the Loess Plateau. *Sci. Total Environ.* 2019, 676, 782–791.
- XIUKANG, W.; ZHANBIN, L.; YINGYING, X. Effects of mulching and nitrogen on soil temperature, water content, nitrate-N content and maize yield in the Loess Plateau of China. *Agric. Water Manag.* 2015, 161, 53–64.

Authors' Addresses

¹ Institute of Environmental Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-2100 Gödöllő, Páter K. u. 1., Hungary

² Doctoral School of Plant Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-2100 Gödöllő, Páter K. u. 1., Hungary

³ Research Institute of Organic Agriculture (ÖMKI), H-1038 Budapest, Ráby M. u. 26., Hungary

⁴ BOKU Research Farm, Department of Agricultural Sciences, 2301, Groß-Enzersdorf, Schloßhoferstrasse 31., Austria

⁵ Department of Integrated Plant Protection, Institute of Plant Protection, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-2100 Gödöllő, Páter K. u. 1., Hungary

* Ansprechpartner: B. Simon, simon.barbara@uni-mate.hu

Chemische Spurensuche zu einem bisher wenig erforschten Fehlgeruch in Schweinefleisch mittels GC-MS, Sensorik und statistischer Analyse.

Chemical Tracing of a Previously Underexplored Off-Odour in Pork Using GC-MS, Sensory Analysis, and Statistical Evaluation.

Julian Bleicher^{1,2*}, Samart Dorn-In², Kathrine Bak,² und Karin Schwaiger²

Einleitung

Die Geruchs- und Geschmacksqualität von Schweinefleisch ist seit langem ein zentrales Thema in der Fleischindustrie. In den letzten Jahren gab es bei dem Firmenpartner des Projekts immer wieder Beschwerden von Verbrauchern, die einen intensiven, als „schweine-/-“ oder „stallartig“ beschriebenen Geruch und Geschmack in Schweinefleisch bemängelten. Dieser Fehlgeruch fiel sowohl bei rohem als auch erhitztem Fleisch auf, ist besonders bei Fleisch mit hohem Fettgehalt wahrnehmbar und tritt vermutlich unabhängig vom Geschlecht der betroffenen Tiere auf.

Der genaue Ursprung dieses Problems ist bisher ungeklärt; vermutet werden ein Einfluss von verschiedenen Faktoren, wie Genetik, Fütterungsregime, Stress, Tierhygiene und Schlachtmanagement. Da bisher sehr wenig evidenzbasierte Informationen zur Entstehung und den Ursachen dieses spezifischen Fehlgeruchs vorliegen, verfolgt die vorliegende Studie daher zwei Hauptziele: Die Identifikation flüchtiger, geruchsaktiver Substanzen, die als Biomarker für diese Geruchsabweichung dienen könnten, sowie die Ursachenforschung anhand multivariater Analysen zusätzlicher Parameter wie Schlachtgewicht, Geschlecht und Dauer der Transporte zum Schlachthof.

Material und Methoden

Proben: Alle Fleischproben wurden in österreichischen Fleischverarbeitungsbetrieben nach dem Zufallsprinzip ausgewählt und gezogen. Aufgrund des Verdachts, dass der Fehlgeruch insbesondere bei fettreichen Stücken auftritt, wurden die Proben ausschließlich vom sogenannten Schopf der Tiere bezogen. Die Rückverfolgbarkeit jeder Probe wurde durch Dokumentation der jeweiligen Schlachtnummer sichergestellt.

Sensorik: Zunächst wurden sensorische Bewertungen der Proben durch ein internes Panel aus drei geschulten Personen durchgeführt. Hierbei wurden randomisierte, gekutterte Fleischproben bei Raumtemperatur bewertet und die wahrgenommene Intensität des Fehlgeruch in den Proben auf einer Skala mit 16 Intensitätsstufen dokumentiert. Jede Probe wurde in Duplikaten untersucht.

Chemometrische Untersuchung: Nach der sensorischen Beurteilung jeder Probe erfolgte im weiteren Arbeitsablauf eine chemische Analyse mittels Kopfraum-Festphasenmikroextraktion gekoppelt mit Gaschromatographie-Massenspektrometrie (HS-SPME-GC-MS). Dabei wurden 1.00 g Fleischprobe in einem gläsernen Vial platziert und anschließend für 30 min bei 112 °C erhitzt. Nach dem Ablauf der Vorerhitzung wurde das Septum im Deckel der Vials mit einer SPME-Nadel durchstoßen und die SPME-Faser in den Kopfraum des Vials eingeführt, und für 30 min zum Zwecke einer Anreicherung der flüchtigen Verbindungen auf der Faser dort belassen. Nach Ablauf der Anreicherungsphase wurde die SPME-Faser in den Inlet des GC-MS Geräts überführt, in dem die flüchtigen Verbindungen aus den Proben getrennt und identifiziert wurden. Jede Probe wurde in technischen Triplikaten analysiert.

Molekularbiologische Untersuchung: Zur Identifikation des Geschlechts in den Proben wurde eine PCR-basierte Methode entwickelt und validiert. Es wurden drei Sonden zur Detektion verschiedener Abschnitte auf der DNA in den Proben entworfen. Bei Detektion eines spezifischen Basen-Abschnitts auf dem Y-Chromosom in den Proben wurde die Probe als männlich identifiziert. Bei fehlender Detektion dieses Abschnitts wurde von einem weiblichen Geschlecht des beprobten Tieres ausgegangen. Zur Validierung der Methode wurden 25 Proben mit bekanntem Geschlecht untersucht. Es wurden alle Proben korrekt identifiziert.

Statistische Analyse: Sowohl die integrierte Fläche unter den jeweiligen Peaks als auch die Ergebnisse der sensorischen Bewertungen der Proben wurden mit Linear Mixed Models mit dem jeweiligen Batch als bestimmenden Faktor normalisiert. Anschließend wurde der jeweilige Median beider Parameter berechnet und für die weitere Auswertung herangezogen. Zur einfacheren Einteilung wurden die 16 Intensitätsstufen der sensorischen Bewertungen in vier Gruppen unterteilt: Kein Fehlgeruch nachweisbar,

geringgradig Fehlgeruch wahrnehmbar, mittelgradig Fehlgeruch wahrnehmbar, hochgradig Fehlgeruch wahrnehmbar.

Für eine multivariate statistische Analyse wurde eine Random Forest Analyse zwischen den Peaks aus den GC-MS Analysen und der medianen Intensität des Fehlgeruchs durchgeführt. Im letzten Schritt wurde Spearman's Rho berechnet, um die Korrelationen zwischen den Peaks und der medianen Intensität des Fehlgeruchs darzustellen.

Als weitere Parameter wurden Fettgehalt, Schlachtgewicht, pH-Wert nach Klassifizierung und Transportdauer zum Schlachthof mittels Korrelationsanalyse ausgewertet. Hierbei wurde jeweils Spearman's Rho zwischen der sensorisch beurteilten medianen Intensität des Fehlgeruchs in den Proben, sowie der relativen Stoffmenge der Markerkandidaten und den weiteren Parametern berechnet und auf statistische Signifikanz getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Sensorik: Die sensorischen Ergebnisse der internen Bewertung ($n = 315$) zeigten, dass ein Großteil der Proben (65,5%) keinen oder nur leichten Fehlgeruch aufwies. Moderater bis starker Fehlgeruch war in den restlichen 34,5% der Proben wahrnehmbar (siehe Abbildung 1). Zum Start des Projekts wurde von Fachkräften der Fleischindustrie geschätzt, dass ca. 5 – 33% aller Proben so stark mit dem Fehlgeruch belastet seien, dass er vom Endverbraucher als störend wahrgenommen werden würde. Diese initiale Schätzung ist gut mit den Ergebnissen der sensorischen Untersuchungen in Einklang zu bringen, wenn angenommen wird, dass der Fehlgeruch ab einer moderaten Intensität in den Proben von sensiblen Personen wahrgenommen werden kann.

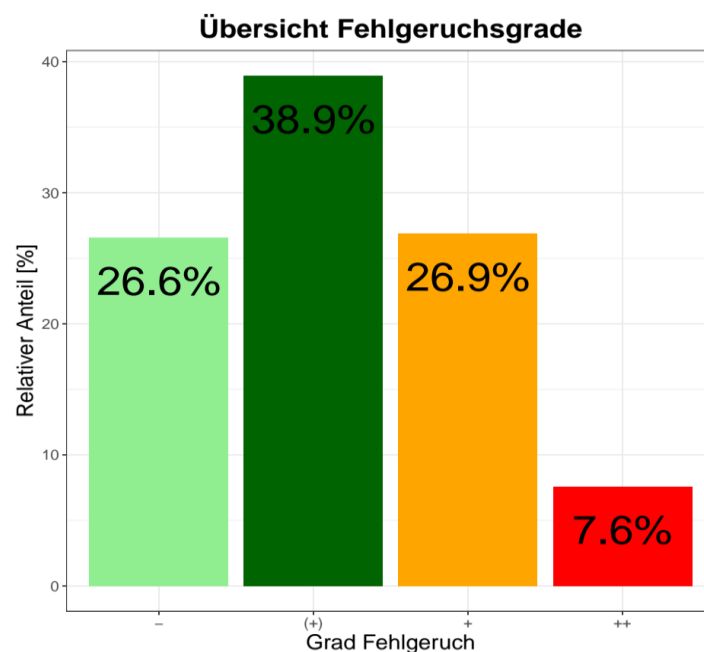


Abbildung 8: Übersicht über den relativen Anteil der vier Fehlgeruchsgrade in den Proben:

- Kein Fehlgeruch nachweisbar
- (+) Geringgradig Fehlgeruch wahrnehmbar
- + Mittelgradig Fehlgeruch wahrnehmbar
- ++ Hochgradig Fehlgeruch wahrnehmbar

Chemometrische Untersuchungen: Chemische Analysen von insgesamt 285 Proben in zwei Datensets mit unterschiedlichen SPME-Fasertypen und Injektionsarten identifizierten über 100 konstant auftretende Peaks. Während der statistischen Analyse wurde der Fokus auf 20 dieser Peaks gelegt, die sowohl eine hohe Fläche unter Peak aufwiesen, mit Fehlgeruch in der Literatur in Verbindung gebracht werden und in beiden Datensets nachgewiesen werden können. Unter diesen wiesen insbesondere jener, der als p-Kresol identifiziert wurde, eine hoch-signifikante Korrelationen von mindestens $r = 0,4$ mit der Inten-

sität des Fehlgeruchs in beiden Datensets auf (siehe Tabellen 1 und 2). Ein weiterer Peak, der als Benzaldehyd identifiziert wurde, wies eine ebenfalls signifikante Korrelation in beiden Datensets von mindestens $r = 0.3$ auf. Insgesamt deuten die Ergebnisse auf eine mögliche Eignung von p-Kresol, möglicherweise in Kombination mit Benzaldehyd, als potenziellen Biomarker für den Fehlgeruch hin.

Tabelle 1: Spearman's Rho (r) der einzelnen identifizierten Verbindungen des ersten Datensets mit $n = 59$, sowie die Ergebnisse des Tests auf Signifikanz.

RT	Verbindung	r	p	Significance
7.55	Hexanal	0.06	0.34	-
11.84	Heptanal	0.20	< 0.01	**
14.23	2-Heptenal	0.05	0.46	-
14.34	Benzaldehyd	0.34	< 0.001	***
15.75	2-Pentylfuran	0.13	0.05	(*)
16.22	Octanal	0.16	0.01	*
18.48	2-Octenal	0.19	< 0.01	**
19.30	p-Kresol	0.40	< 0.001	***
20.35	Nonanal	0.25	< 0.001	***
22.47	2-Nonenal	0.28	< 0.001	***
25.98	2-Decenal	0.22	< 0.001	***
26.68	2-Octylfuran	0.20	< 0.01	**
26.73	Indol	0.16	0.02	*
27.09	2,4-Decadienal	0.12	0.07	(*)
27.13	4-(1-Methylpropyl)-phenol	0.15	0.03	*
27.81	2-Undecenal	0.20	< 0.01	**
28.17	Skatol	0.06	0.34	-
30.21	Tetradecanal	0.17	0.01	*
30.90	Pentadecanal	0.22	< 0.001	***
31.52	Hexadecanal	0.26	< 0.001	***

Tabelle 2: Spearman's Rho (r) der einzelnen identifizierten Verbindungen des zweiten Datensets mit $n = 226$, sowie die Ergebnisse des Tests auf Signifikanz.

RT	Verbindung	r	p	Significance
7.55	Hexanal	0.34	< 0.01	**
11.84	Heptanal	0.32	0.01	*
14.23	2-Heptenal	0.35	< 0.01	**
14.34	Benzaldehyd	0.30	0.02	*
15.75	2-Pentylfuran	0.37	< 0.01	**
16.22	Octanal	0.33	0.01	*
18.48	2-Octenal	0.38	< 0.01	**
19.30	p-Kresol	0.45	< 0.001	***
20.35	Nonanal	0.35	< 0.01	**
22.47	2-Nonenal	0.39	< 0.01	**
25.98	2-Decenal	0.35	< 0.01	**
26.68	2-Octylfuran	0.30	0.02	*
26.73	Indol	0.33	0.01	*
27.09	2,4-Decadienal	0.28	0.03	*
27.13	4-(1-Methylpropyl)-phenol	0.36	< 0.01	**
27.81	2-Undecenal	0.33	0.01	*
28.17	Skatol	0.31	0.01	*
30.21	Tetradecanal	0.29	0.03	*
30.90	Pentadecanal	0.26	0.05	(*)
31.52	Hexadecanal	0.20	0.14	-

Molekularbiologische Untersuchungen: Insgesamt wurde das Geschlecht bei allen Proben ($n = 310$) erfolgreich mittels PCR-basierter Methode bestimmt. Der Anteil beider Geschlechter in den Proben ist in Tabelle 3 dargestellt. Auffallend war, dass sowohl die sensorisch beurteilte Intensität des Fehlgeruchs in den Proben als auch die chemometrisch ermittelte relative Menge an p-Kresol in den Proben nicht signifikant mit dem Geschlecht in Verbindung gebracht werden konnte.

Statistische Auswertung der Begleitdaten: Im Rahmen der Analyse dieses Datensatzes konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den zur Verfügung gestellten Begleitdaten und der sensorisch beurteilten Intensität des Fehlgeruchs, sowie zu dem potenziell geeigneten Markerkandidaten festgestellt werden.

Tabelle 3: Aufteilung der beiden Geschlechter, die im Rahmen der molekularbiologischen Untersuchungen in den Proben ermittelt wurden.

Geschlecht	Anzahl	Anteil (%)
Männlich	130	41,9
Weiblich	180	58,1

Zusammenfassung

Ziel der Studie war die Identifikation von Biomarkern sowie die Ursachenklärung des „schweineartigen“ Fehlgeruchs bei Schweinefleisch. Sensorische und chemisch-analytische Untersuchungen zeigten, dass insbesondere der Peak, der als p-Kresol identifiziert wurde, in beiden untersuchten Datensets signifikant mit dem unerwünschten Geruch korreliert. Möglicherweise gibt es noch weitere Substanzen, die mit dem Fehlgeruch in Verbindung stehen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem molekulargen bestimmten Geschlecht und dem Fehlgeruch konnte nicht festgestellt werden, was auf eine

geschlechtsunabhängige Ursache des Fehlgeruchs hinweist. Ebenso konnte die statistische Analyse der Begleitdaten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den untersuchten Parametern und den Ergebnissen der Untersuchungen zum Fehlgeruch herstellen. Weitere Analysen sollen die bisherigen Befunde ergänzen und vertiefen, um mögliche Ursachen und Lösungsansätze zu finden.

Abstract

The sensory evaluation of pork odour and taste is a critical factor for ensuring meat quality that meets consumer expectations. In recent years, an off-odour, previously little studied, has increasingly been observed, as reflected in a rising number of consumer complaints. To investigate this phenomenon, a project was initiated in which over 300 pork samples were evaluated sensorially for this specific off-odour and analysed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to identify potentially relevant volatile compounds correlated with the sensory intensity of the off-odour. Additionally, further product-specific parameters were recorded and evaluated through multivariate statistical analysis. The goal of this project is to identify the chemical basis of this off-odour and statistically examine its relationship with sensory perception as well as other influencing factors. The findings of this research provide new insights that may potentially contribute to a more objective assessment of meat quality and the chemical characterization of this previously understudied sensory phenomenon.

Adressen der Autoren

¹ FFoQSI GmbH – Austrian Competence Centre for Feed and Food Quality, Safety & Innovation, Head Office: Technopark 1D, 3430 Tulln, Austria

² Zentrum für Lebensmittelwissenschaften und Öffentliches Veterinärwesen, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien, Austria

* Ansprechpartner: Mag. med. vet. Julian BLEICHER, Julian.Bleicher@vetmeduni.ac.at

Biochemische Anpassungen von Tomatenpflanzen (*Solanum lycopersicum* L.) in Reaktion auf Umweltstress und Biotische Interaktionen

Biochemical Adaptions of Tomato Plants (*Solanum lycopersicum* L.) in Response to Environmental Stress and Biotic Interactions

Susanne Katharina Fekonja^{1*}, Anna Gasperl¹, Karin Korntheuer², Christian Philipp², Daniel Zechner¹ und Maria Müller¹

Einleitung

Die Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ist eine weltweit angebaute Kulturpflanze aus der Familie der Nachtschattengewächse (Solanaceae). Tomaten enthalten eine Vielzahl wichtiger bioaktiver Verbindungen, darunter Phenole und Aminosäuren, deren Konzentrationen stark durch Umweltfaktoren beeinflusst werden. Der Klimawandel – insbesondere steigende Temperaturen sowie biotische und abiotische Stressoren – hat tiefgreifende Auswirkungen auf Wachstum, Physiologie und die biochemische Zusammensetzung der Pflanze. Ziel der vorliegenden Studie war es, den Einfluss unterschiedlicher Umweltbedingungen auf die Konzentrationen zentraler Metabolite wie Aminosäuren, Phenole, Zucker und organische Säuren in sieben verschiedenen Tomatensorten systematisch zu untersuchen.

Material und Methoden

Pflanzen: Für die Analyse wurden 13 verschiedene Tomatensorten in rohem sowie in gekochten Zustand von externen Testpersonen hinsichtlich sensorischer Eigenschaften (Aussehen und Geschmack) bewertet. Die sechs bestbewerteten Sorten wurden für weiterführende Analysen verwendet. Diese waren Lyterno, Senserno, Idolin, Redetto, San Marzano und Garance. Zusätzlich wurde die am schlechtesten bewertete Sorte Red Cavern als Kontrollgruppe herangezogen. Für die Analyse wurden Früchte der Erntejahre 2018 und 2019 genutzt.

Anbau: Die Tomatenpflanzen wurden von der Versuchsstation für Spezialkulturen in Wies (Steiermark, Österreich) unter standardisierten Bedingungen kultiviert und aufgezogen. Die Jungpflanzen wurden auf die Unterlagensorte Kaiser F1 (Rijk Zwaan) veredelt und zweitriebig gezogen. Die Kultur erfolgte in einem abgeschlossenen Gewächshaus mit teilweise umweltskontrollierten Bedingungen und natürlicher Belichtung. Die Bodendüngung erfolgte über einen Zeitraum von sechs Monaten in teils wöchentlichem Intervall. Zum Pflanzenschutz wurde von Beginn an eine offene Zucht von Schlupfwespen (*Encarsia* sp.) und Raubmilben (*Amblyseius* sp.) etabliert.

Vorbereitung: Von den ausgewählten Sorten wurden reife Früchte ab der dritten Rispe geerntet und gekühlt gelagert. Um für alle Sorten die gleichen Analysebedingungen zu schaffen, wurde beim Ernten bei sämtlichen Früchten auf einen gleichmäßigen Reifegrad geachtet. Die reifen Früchte wurden nach Farbe, Festigkeit, typischer Größe und Form ausgewählt. Mit diesen wurden 50g Sammelproben je Sorte erstellt. Anschließend wurden die Proben lichtgeschützt bei ungefähr -60 °C und einem Vakuum von <100mikrobar gefriergetrocknet und bei -80 °C aufbewahrt. Nach der Gefrierd Trocknung wurden die Proben zunächst mit einer Küchenmühle und anschließend mit einer Analysemühle gemahlen. Zum Abschluss wurden die Proben in einer Schwingmühle mit Wolframkarbid-Kugeln zu einem feinen Pulver verarbeitet.

Methodik: Die Analyse der Aminosäuren erfolgte mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) (Serie 1200) unter Verwendung eines Fluoreszenzdetektors (Ultimate 1100) bei 330nm und 450nm. Die Phenole wurden mithilfe eines Rapid Resolution HPLC-Systems (Typ 1200) unter Verwendung einer RP-C18-Säule detektiert. Die Messung erfolgte über einen Diodenarray-Detektor bei 260nm, 280nm, 320nm und 362nm. Zur Bestimmung der Zucker wurde Ionenaustauschchromatographie (IC) mit elektrochemischer Detektion eingesetzt. Hierfür wurde die Elektrode ED 40 Gold Electrode, Ag/AgCl Referenzelektrode verwendet. Die organischen Säuren wurden mittels Ionenaustauschchromatographie mit chemischer Suppression und Leitfähigkeitsdetektion analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse zeigt, dass die Konzentrationen der untersuchten bioaktiven Inhaltsstoffen von der jeweiligen Tomatensorte beeinflusst wird. Je nach untersuchtem Antioxidant weichen die Sorten in unterschiedlichem Maß voneinander ab. So schwanken beispielsweise die Werte der Glutaminsäure stark zwischen 0,74 und 4,28 mg/100 mg TG. Im Vergleich liegen die Gehalte an Alanin in einem engeren Bereich von 0,03 bis 0,09 mg/100 mg TG (siehe Tabelle 1). Dies verdeutlicht, dass sich die Sorten je nach Inhaltsstoff in unterschiedlichem Ausmaß voneinander unterscheiden. Die gemessenen Werte zeigen jedoch eine klare Tendenz in der Verteilung der Inhaltsstoffe. Die Sorte San Marzano weist, bis auf wenigen Ausnahmen (Asparagin – 0,39 mg/100 mg TG, Alanin – 0,04 mg/100 mg TG), in der Regel die höchsten Werte für Aminosäuren auf. Im Gegensatz dazu weist die Sorte Redetto, abgesehen von Glutaminsäure (1,17 mg/100 mg TG) und Arginin (0,03 mg/100 mg TG), durchweg die niedrigsten Aminosäuregehalte auf.

Bemerkenswert ist die Position der Referenzsorte Red Cavern, die in der sensorischen Vorbewertung die niedrigsten Bewertungen erhielt. Entgegen dieser Einschätzung lagen ihre Gehalte an Aminosäuren, Phenolen und bestimmten organischen Säuren meist im mittleren bis oberen Bereich (siehe Tabelle 2). So konnten, beispielsweise 0,85 mg/100 mg TG Asparaginsäure, 0,09 mg/100 mg TG Alanin und 0,36 mg/100 mg TG Sulfat nachgewiesen werden. Diese Werte sind im Vergleich zu den übrigen Sorten tendenziell höher. Besonders auffällig war das Profil der geschmacksrelevanten Komponenten: Während die Gehalte an Glukose (17,12 mg/100 mg TG) und Fruktose (19,89 mg/100 mg TG) im unteren Bereich lagen, wurden bei den organischen Säuren Apfelsäure (0,80 mg/100 mg TG) und Zitronensäure (6,65 mg/100 mg TG) vergleichsweise hohe Konzentrationen festgestellt. Letztere Werte markieren sogar die höchsten Gehalte dieser Säuren unter allen untersuchten Sorten. Diese spezifische Kombination aus niedrigem Zucker- und hohem Säuregehalt könnte maßgeblich zur schlechteren geschmacklichen Wahrnehmung beigetragen haben.

Ein Vergleich mit bisherigen Studien zeigte eine klare Tendenz in der Verteilung ausgewählter Antioxidantien. Unabhängig von Sorte und Jahr lagen die Gehalte an Glutaminsäure (0,74 – 4,28 mg/100 mg TG), Glukose (17,12 – 22,70 mg/100 mg TG) sowie Apfel- (0,36 – 1,05 mg/100 mg TG) und Zitronensäure (3,95 – 6,65 mg/100 mg TG) überwiegend im hohen Bereich, während die Konzentrationen von Chlorogensäure (0,00 – 0,06 mg/100 mg TG), Rutin (0,02 – 0,07 mg/100 mg TG) und Naringenin (0,00 mg/100 mg TG) durchgehend niedrig ausfielen. Diese Ergebnisse unterstreichen den kombinierten Einfluss genetischer Faktoren und ökologischer Bedingungen auf die biochemische Zusammensetzung von Tomatenfrüchten.

Tabelle 1: Tomatensorten und deren Gehalte an verschiedenen Aminosäuren von 2018 in mg/100 mg TG.

	Asparaginsäure						Glutaminsäure			Asparagine			Serin			Glutamin			Glycin			Threonin			Arginin			Alanin			Tyrosin		
Senserno	0,59	±	0,7b	1,57	±	0,27ab	0,15	±	0,01a	0,06	±	0,00a	1,12	±	0,3ab	0,02	±	0,00a	0,06	±	0,00ab	0,03	±	0,00a	0,05	±	0,00ab	0,02	±	0,00ab			
Idolini	0,30	±	0,02a	1,12	±	0,14a	0,14	±	0,01a	0,04	±	0,00a	0,83	±	0,04a	0,02	±	0,00ab	0,04	±	0,00a	0,04	±	0,00ab	0,03	±	0,00a	0,01	±	0,00ab			
Redetto	0,29	±	0,03a	1,17	±	0,18a	0,05	±	0,00a	0,03	±	0,00a	0,38	±	0,03a	0,02	±	0,00a	0,03	±	0,00a	0,03	±	0,00a	0,03	±	0,00a	0,01	±	0,00bc			
Garance	0,72	±	0,04bc	2,32	±	0,14bc	0,14	±	0,01a	0,08	±	0,00a	0,90	±	0,04a	0,03	±	0,00ab	0,07	±	0,00ab	0,05	±	0,00ab	0,05	±	0,00ab	0,01	±	0,00ab			
San Marzano	1,16	±	0,05d	4,28	±	0,42d	0,39	±	0,02b	0,14	±	0,01b	3,15	±	0,28d	0,04	±	0,00c	0,18	±	0,01d	0,14	±	0,01d	0,04	±	0,00a	0,06	±	0,01d			
Lyterno	0,31	±	0,04a	0,74	±	0,11a	0,12	±	0,03a	0,07	±	0,01a	0,78	±	0,19a	0,03	±	0,00abc	0,05	±	0,00a	0,02	±	0,00a	0,07	±	0,01bc	0,02	±	0,00abc			
Red Cavern	0,85	±	0,05c	2,63	±	0,23c	0,42	±	0,04b	0,14	±	0,02b	2,79	±	0,53cd	0,04	±	0,00bc	0,13	±	0,01c	0,10	±	0,01c	0,09	±	0,00cd	0,03	±	0,00bc			

Tabelle 2: Tomatensorten und deren Gehalte an verschiedenen organischen Säuren von 2018 in mg/100 mg TG.

									organische Säuren [mg/100mg TG]															
	Weinsäure			Fumarsäure			Sulfat			Ketoglutaräure			Oxalsäure			Phosphat			Zitronensäure			Isozitronensäure		
Senserno		n.n.			n.n.		0,39	±	0,03c	0,18	±	0,02	0,17	±	0,03a	0,31	±	0,04ab	5,52	±	0,19de	0,19	±	0,01bc
Idolini		n.n.			n.n.		0,25	±	0,01a	0,11	±	0,02	0,24	±	0,01a	0,25	±	0,02a	4,19	±	0,08ab	0,19	±	0,00b
Redetto	0,00	±	0,00		n.n.		0,27	±	0,02ab	0,02	±	0,01	0,26	±	0,01a	0,34	±	0,05abc	3,95	±	0,13a	0,18	±	0,02b
Garance		n.n.			n.n.		0,35	±	0,01abc	0,17	±	0,01	0,27	±	0,01a	0,52	±	0,02bc	6,19	±	0,06ef	0,25	±	0,00cd
San Marzano	0,00	±	0,00		n.n.		0,38	±	0,02c	0,14	±	0,03	0,24	±	0,03a	0,40	±	0,06c	5,18	±	0,19cd	0,30	±	0,02de
Lyferno		n.n.			n.n.		0,40	±	0,03c	0,08	±	0,01	0,27	±	0,03a	0,28	±	0,04a	4,63	±	0,27bc	0,14	±	0,01a
Red Cavern		n.n.			n.n.		0,36	±	0,01bc	0,03	±	0,01	0,48	±	0,04b	0,38	±	0,07abc	6,65	±	0,20f	0,36	±	0,01e

Anhand der Ergebnisse konnten auch Jahres- und Sortenunterschiede bezüglich der Metabolitenzusammensetzung von Zuckern und organischen Säuren nachgewiesen werden. Diese Divergenzen sind besonders bei Glukose (17,12 – 22,70 mg/100 mg TG), Fruktose (15,43 – 25,72 mg/100 mg TG), den organischen Säuren Apfel- (0,36 – 1,05 mg/100 mg TG) und Zitronensäure (3,95 – 6,65 mg/100 mg TG) ersichtlich.

Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen verdeutlichen, dass sich Tomatensorten in ihrer Fähigkeit zur Akkumulation bioaktiver Inhaltsstoffe, insbesondere antioxidativer Verbindungen, signifikant voneinander unterscheiden. Da alle Sorten unter standardisierten Bedingungen hinsichtlich Anbaus, Ernte, Verarbeitung und Analyse behandelt wurden, können die festgestellten Unterschiede auf intrinsische, sortenspezifische Merkmale zurückgeführt werden. Insbesondere in Bezug auf abiotische Umweltfaktoren, wie Bodenverhältnisse und natürliche Lichtverfügbarkeit, zeigt sich, dass bestimmte Sorten (San Marzano, Garance) unter gleichen äußeren Bedingungen höhere Konzentrationen spezifischer Inhaltsstoffe anreichern können. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Bedeutung der Sortenwahl sowie der Anbau- und Aufzuchtbedingungen für die gezielte Optimierung des ernährungsphysiologischen Potenzials von Tomaten und liefern eine wertvolle Grundlage für weitere züchterische und agronomische Maßnahmen.

Zusammenfassung

Die Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ist eine bedeutende Kulturpflanze mit hohem Gehalt an bioaktiven Inhaltsstoffen, deren Zusammensetzung stark durch Umweltbedingungen beeinflusst wird. Ziel dieser Studie war es, den Einfluss unterschiedlicher Umweltbedingungen auf die Konzentration ausgewählter Metabolite in sieben sensorisch bewerteten Tomatensorten zu untersuchen. Zu den gemessenen Stoffen zählten Aminosäuren, Phenole, Zucker und organische Säuren. Die unter standardisierten Bedingungen (Boden- und Lichtverhältnisse) kultivierten Früchte der Erntejahre 2018 und 2019 wurden mittels HPLC, IC und photometrischen Verfahren analysiert. Die teils stark variierenden Konzentrationen unterstreichen den Einfluss genetischer Faktoren (Tomatensorte) und klimatischer Stressbedingungen auf die Qualität von Tomatenfrüchten.

Abstract

The tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a globally important crop with a high content of bioactive compounds. The composition of these compounds is strongly influenced by environment conditions. The key aim of this study is to investigate the impact of environment factors on the concentration of selected antioxidants in seven tomato cultivars. The analyzed compounds included amino acids, phenols, sugars and organic acids. The tomatoes were cultivated under standardized conditions in 2018 and 2019.

They were then analyzed using high-performance liquid chromatography (HPLC), ion chromatography (IC) and photometric methods. The variations in concentrations highlight the influence of genetic factors (cultivar) and climate-induced stress on the quality of tomato fruits.

Adressen der Autoren

¹ Institut für Biologie, Universität Graz, Schubertstraße 51, A-8010 Graz

² Institut für Chemie, HBLA und Bundesamt Klosterneuburg, Wr. Str. 74, A-3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: Susanne Katharina Fekonja, BEd MEd, susanne.fekonja@edu.uni-graz.at

Ursachenanalyse und Optimierung der mikrobiologischen Stabilität von gesLICter Brüh- und Kochpökelware

Root cause analysis and optimization of the microbiological stability of sliced boiled and cooked cured products

Julia Lindenbauer^{1*}, Gernot Zweytick¹ und Michael Stelzl²

Einleitung

Milchsäurebakterien (LAB) gelten als Hauptverursacher des mikrobiellen Verderbs von Fleisch- und Fleischprodukten, wobei besonders die Bildung von Schleim auf vakuumierter bzw. unter MAP-verpackter gesLICter Brüh- und Kochpökelware die Fleischindustrie bereits über Jahre hinweg beschäftigt (KHORSANDI et al. 2019). Dieser mikrobielle Verderb beeinträchtigt sowohl die Qualität, als auch die Haltbarkeit der Produkte, was sich in weiterer Folge negativ auf die Kundenzufriedenheit auswirkt und zu einem großen finanziellen und ökologischen Verlust führt (MÄKELÄ et al. 1992).

Die Eintragungsquellen und Kontaminationswege der Verderbniserreger sind in der Regel sehr komplex sowie von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich und daher schwer nachzuverfolgen. Dies erschwert die Überwachung sowie die Erarbeitung von gezielten Lösungen zur Keimreduktion bzw. -abtötung (KORKEALA und BJÖRKROTH 1997).

Bisherige Forschungen zum mikrobiellen Verderb von Fleisch und Fleischerzeugnissen durch Milchsäurebakterien beschäftigen sich hauptsächlich mit der Identifikation der Keime, potentiellen Kontaminationsquellen und allgemeinen Lösungsvorschlägen. Es fehlen spezifische Lösungen bzw. Konzepte, die sich umfassend und noch gezielter mit der Optimierung von Prozessbedingungen beschäftigen. Durch die betriebsspezifische Betrachtung sowie Erarbeitung von Optimierungspotentialen im Zuge dieser Forschungsarbeit, konnten spezifische Schritte gesetzt werden, die die mikrobiologische Stabilität von gesLICter Brüh- und Kochpökelware konkret im betrachteten Betrieb verbessert haben.

Material und Methoden

Um gezielte Lösungen zur Verringerung des mikrobiellen Verderbs für den in der vorliegenden Forschungsarbeit betrachteten Fleischereibetrieb erarbeiten zu können, wurden neben einer IST-Analyse des Herstellungsprozesses sowie einer Auswertung von Rückstellmustern, verschiedene mikrobiologische Untersuchungen durchgeführt.

IST-Analyse des Herstellungsprozesses: Es wurde ein Fließschema erstellt, das vereinfacht die Herstellungsschritte der gesLICten Brüh- und Kochpökelware darstellen sollte. Kritische Prozessfaktoren, welche auf Basis der Literaturrecherche beschrieben wurden, wie u.a. das Schneiden der Produkte, wurden mit einem roten Symbol gekennzeichnet und in der weiteren Vorgehensweise berücksichtigt.

Auswertung von Rückstellmustern: Rückstellproben wurden über einen Betrachtungszeitraum von drei Monaten, anhand folgender Parameter ausgewertet:

- Optische Prüfung und Bewertung auf einer numerischen Skala von null bis fünf, wobei null keine sensorische Abweichung und fünf stark verschleimte bzw. die gesamte Schnittfläche betreffende Verschleimung, bedeutet.
- Messung CO₂ und O₂ in Prozent mittels Oxybaby-Messgerätes
- Auswertung der Häufigkeit von Produkten mit und ohne sensorische Abweichung

Mikrobiologische Analysen: Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden sowohl Produktproben, als auch Proben aus der Prozessumgebung in das Labor eingesendet und die Gesamtkeimzahl, Milchsäurebakterien und heterofermentative Milchsäurebakterien und Luftkeimzahl mittels EN ISO 4833-2, ISO 15214, MRS Agar (30 °C/30d) und SOP U003 bestimmt. Die Identifizierung und Typisierung der Milchsäurebakterien erfolgte mittels der 16s/18s/ITS Methode.

Die mikrobiologischen Analysen wurden parallel zur IST-Analyse und Auswertung der Rückstellmuster durchgeführt. Zu Beginn wurden Produkte, die eine sensorische Abweichung bzw. eine sichtbare Schleimbildung aufwiesen, im Labor analysiert, um festzustellen, ob, eine Kontamination mit heterofermentativen Milchsäurebakterien vorliegt, die gemäß den Erkenntnissen aus der Literatur für den mikrobiellen Verderb der gesLICten Brüh- und Kochpökelware verantwortlich sind.

Des Weiteren erfolgte eine Probennahme von Anlagenteilen, Bändern und Messern in der Slicerumgebung, um eine Kontamination durch die Slicerumgebung feststellen bzw. ausschließen zu können. Ebenfalls wurden Stangen in Originalverpackung nach dem Kochen bei 72 °C für 20 min im Labor untersucht, um zu überprüfen, ob bereits eine Primärkontamination der Produkte vorliegt.

Beruhend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen dieser ersten Reihe an mikrobiologischen Analysen wurden weitere Untersuchungen durchgeführt.

Da insbesondere Produkte mit Fleisch- bzw. Gemüseeinlage von der Kontamination mit LAB betroffen waren, wurden in weiterer Folge Wischtupferproben von den Gemüseschleudern, dem Dosenöffner und auch von der Anlage in der das Sauergemüse sowie die Fleischeinlage in Stücke geschnitten wird, durchgeführt. Ebenso erfolgte eine Probennahme des Auspackplatzes der gekochten Brühwürste bzw. Schinken, da sich dieser in unmittelbarer Nähe zur Selch befindet.

Darüber hinaus wurden auch Handschuhe, die während der Arbeit beim Auspacken von Schinken und während des Slicens von den Mitarbeitern verwendet wurden, mikrobiologisch untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der Rückstellmuster zeigte, dass insbesondere Produkte mit Gemüse- und Fleischeinlage von einer Kontamination mit Milchsäurebakterien betroffen sind. Auch die eingesendeten Produktproben bestätigten den Verdacht. Mittels der Next Generation Sequenzierung (NGS) konnten drei dominierende Stämme, *Leuconostoc carnosum*, *Weissella viridescens* und *Carnobacterium* für die Kontamination und Schleimbildung auf den geslicten Brüh- und Kochpökelwaren identifiziert werden.

Das Schneiden der Gemüse- und Fleischeinlage sowie der Auspackplatz der gekochten Schinken, welcher sich in unmittelbarer Nähe zur Selch befindet und auch die Slicerumgebung zeigten ebenso eine hohe Verkeimung mit LAB. Darüber hinaus konnten thermostabile LAB den Kochvorgang bei 72 °C überleben, was unter anderem auf das Phänomen des Kreuzschutzes von Bakterien zurückzuführen sein könnte (YANG et al. 2021).

Anhand dieser Ergebnisse konnte ein eindeutiger Kontaminationsweg, wie in Abbildung 1 dargestellt, identifiziert werden.

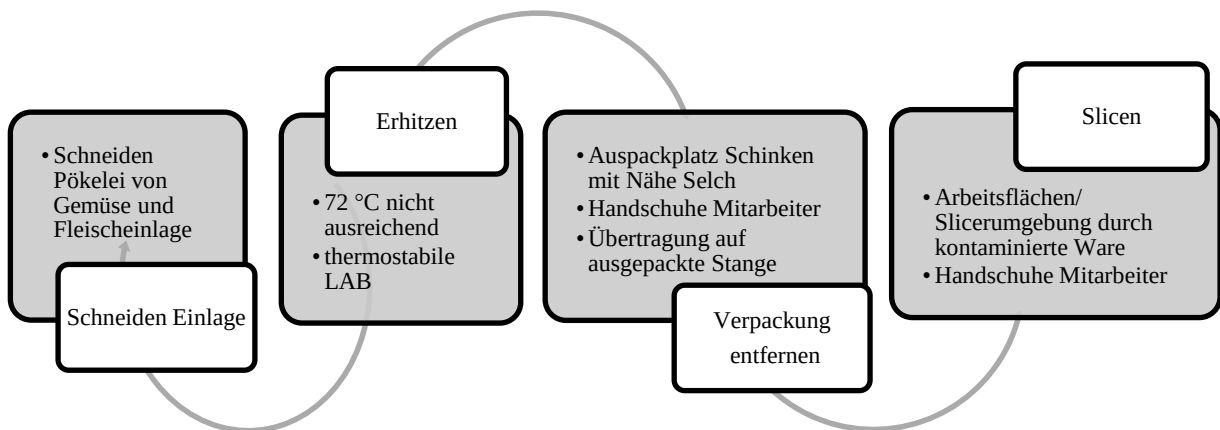


Abbildung 1: Grafische Darstellung des identifizierten Kontaminationsweges von LAB beginnend mit dem Schneiden der Einlage bis hin zur Kontamination der Slicerumgebung.

Durch Adaptieren der Produktreihenfolge während des Slicens sowie durch Setzen zusätzlicher Reinigungsschritte bei dem Gemüseschneider sowie der Gemüseschleudern konnte die mikrobiologische Stabilität verbessert werden.

Eine Sanierung mittels Quaternären Ammoniumverbindungen (QAV) im Bereich der Slicerumgebung konnte ebenfalls eine deutliche Keimreduktion bewirken.

Die Primärkontamination der Stangen konnte durch Erhitzen der Stangen auf 85 °C Kerntemperatur für 20 min effektiv ausgeschlossen werden.

Zusammenfassung

Diese Studie beschäftigt sich mit der Ursachenanalyse und Optimierung der mikrobiologischen Stabilität von gesLICter Brüh- und Kochpökelware. Besonders die Bildung von Schleim auf gesLICter Brüh- und Kochpökelware durch Milchsäurebakterien bereitet den Fleischereibetrieben, aufgrund des Qualitäts-, sowie wirtschaftlichen Verlustes, große Probleme. Ziel der Arbeit war es, den bzw. die verantwortlichen Keime für den mikrobiellen Verderb sowie potentielle Kontaminationsquellen zu identifizieren und Prozessschritte zu optimieren, um dadurch eine Keimreduktion zu bewirken.

Aufgrund der Erkenntnisse und Ergebnisse der mikrobiologischen Analysen konnte ein eindeutiger Kontaminationsweg festgestellt werden. Insbesondere das Schneiden der Gemüse- und Fleischeinlage sowie ein Auspackplatz, der sich in unmittelbarer Nähe zur Selch befindet, spielen einen wesentlichen Faktor bei der Kontamination mit Milchsäurebakterien. Durch die Sanierung mit QAV und durch Setzen gezielter Maßnahmen, wie zusätzlichen Reinigungsschritten und Adaptierung der Produktreihenfolge konnte eine Keimreduktion bzw. Verbesserung der mikrobiologischen Stabilität der Produkte erreicht werden. Weitere Maßnahmen, wie die räumliche Änderung des Auspackplatzes oder auch die Bestimmung der heterofermentativen Milchsäurebakterien für Brüh- und Kochpökelware als zusätzlicher Indikator für die Einhaltung einer guten Hygiene- und Herstellungspraxis sowie zukünftige Forschungen zum Verhalten von LAB könnten die mikrobiologische Stabilität von gesLICter Brüh- und Kochpökelware weiter verbessern.

Abstract

This study deals with the root cause analysis and optimization of the microbiological stability of sliced boiled and cooked cured products. In particular, the formation of slime on sliced boiled and cooked cured products caused by lactic acid bacteria is a major problem for butchers due to the loss of quality and economic loss. The aim of the work was to identify the germ(s) responsible for microbial spoilage as well as potential sources of contamination and to optimize process steps in order to achieve a reduction in germs.

Based on the findings and results of the microbiological analyses, a clear contamination pathway was identified. In particular, the cutting of the vegetable and meat inserts and an unpacking area in the immediate surroundings of the smoked meat play a significant role in the contamination with lactic acid bacteria. By sanitizing with quaternary ammonium compounds (QAC) and taking targeted measures, such as additional cleaning steps and adapting the product sequence, it was possible to achieve a reduction in bacteria and an improvement in the microbiological stability of the products.

Further measures, such as the change in the location of the unpacking area or the determination of heterofermentative lactic acid bacteria for boiled and cooked cured products as an additional indicator of compliance with good hygiene and production practices, as well as future research into the behavior of LAB could further improve the microbiological stability of sliced boiled and cooked cured products.

Danksagung

Ein besonderer Dank gebührt dem Betriebsleiter sowie QM-Leiter des Unternehmens, die mir dieses Projekt anvertraut und umsetzen lassen haben.

Des Weiteren möchte ich mich beim Team des Institut Hygienicum bedanken, die die mikrobiologischen Analysen durchgeführt haben.

Im Zuge dessen möchte ich mich auch beim Institutsleiter Herrn Mag. Dr. Michael Stelzl bedanken, der das Projekt persönlich mitbetreut hat und mit seiner fachlichen Expertise stets beratend zur Seite stand.

Literatur

KHORSANDI, AZITA; ESKANDARI, MOHAMMAD HADI; AMINLARI, MAHMOUD; SHEKARFOROUSH, SEYED SHAHRAM; GOLMAKANI, MOHAMMAD TAGHI (2019): Shelf-life extension of vacuum packed emulsion-type sausage using combination of natural antimicrobials. In: Food Control 104, S. 139–146. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.04.040

MÄKELÄ, P M; KORKEALA, H J; LAINE, J J (1992): Survival of ropy slime-producing lactic acid bacteria in heat processes used in the meat industry. In: Meat Science 31 (4), S. 463– 471. DOI: 10.1016/0309-1740(92)90028-3

KORKEALA, HANNU J; BJÖRKROTH, K JOHANNA (1997): Microbiological Spoilage and Contamination of Vacuum-Packaged Cooked Sausages. In: Journal of food protection 60 (6), S. 724–731. DOI: 10.4315/0362-028X-60.6.724

YANG, HUAN; HE, MUWEN; WU, CHONGDE (2021): Cross protection of lactic acid bacteria during environmental stresses: Stress responses and underlying mechanisms. In: LWT 144, S. 111203. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111203

Adressen der Autoren

¹FHWN Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, A-3250 Wieselburg

²HYGIENICUM GmbH Institut für Lebensmittelsicherheit und Hygiene,
Robert-Viertl-Straße 7, A-8055 Graz

* Ansprechpartner: Julia LINDENBAUER BSc MA, julialindenbauer99@gmail.com

Schlachtkörperqualität von gealpten Rindern – Einfluss von Kategorie, Rasse und Schlachtermin nach Alpung

Carcass and meat quality of cattle on Alpine pastures – Impact of category, breed and slaughter date

Margit Velik^{1*}, Christina Hell³, Andreas Steinwider²

Einleitung

Almen haben im Alpenraum lange Tradition und Almen sowie Almprodukte haben bei Erholungssuchenden und KonsumentInnen ein sehr gutes Image. In Österreich gibt es großes Bemühen Almprodukte (Milch und Fleisch) stärker zu bewerben und dadurch mehr Wertschätzung und Wertschöpfung für Almbauern zu erzielen. Ziel der hier vorgestellten Auswertungen war das Liefern einer Datengrundlage zur Schlachtkörperqualität von österreichischen Almrindern in Abhängigkeit von Rinderkategorie, Rasse/Kreuzung und Schlachtermin nach Almabtrieb. Es sollte auch die häufige Meinung beleuchtet werden, dass Almrinder vor der Schlachtung aufgrund der geringen Futterqualität von Almweiden zwingend eine Stallausmast benötigen, um für den Markt geeignete Schlachtkörperqualitäten zu erreichen.

Tiere, Material und Methoden

Datengrundlage: Als Datengrundlage dienten 23.210 Tiere aus AMA-Rinderdatenbank und Österreichischer Fleischkontrolle (ÖFK), die 2019 oder 2020 eine mindestens 60-tägige Almmeldung hatten und bis Februar 2021 geschlachtet wurden. Davon waren 32 % Ochsen (männliche kastrierte Tiere), 39 % Kalbinnen (weibliche Tiere, die noch kein Kalb geboren haben), 19 % Jungkühe (weibliche Tiere, die bereits gekalbt haben und maximal 48 Monate alt) und 10 % Jungrinder (8-12 Monate alt).

Auswertungen: Die Auswertungen wurden in SAS durchgeführt und in Excel grafisch aufbereitet. Für Häufigkeits-Verteilungen (PROC FREQ) wurden bei jeder Schlachtkategorie alle Rassen/Kreuzungen berücksichtigt, bei denen mehr als 90 Tiere im Datensatz vorhanden waren (n=23.210). In statistischen Modellen (PROC GLM mit Rasse/Kreuzung, Schlachtermin nach Almabtrieb, Schlachalter, Bundesland als fixe Effekte; für jede Kategorie getrennt) wurden von jeder Kategorie nur die 5 häufigsten Rassen/Kreuzungen und Schlachtermine bis 7 Monate nach Almabtrieb berücksichtigt (n=14.811).

Feldversuch zur Fleischqualität: Zusätzlich wurde ein Praxis-Schlachtversuch mit Ochsen, Jungrindern und Lämmern (je 16 Tiere pro Kategorie) durchgeführt. Jeweils die Hälfte der Tiere wurde zeitnah nach Almabtrieb (maximal 3 Wochen auf Heimweide nach Alpung) geschlachtet, die andere Hälfte im Anschluss an die Alpung für 2 bis 4 Monate im Stall ausgemästet. Die Tiere jeder Kategorie stammten von 2 bis 4 verschiedenen Betrieben/Almen. Die Ochsen waren FV und FV×Charolais Kreuzungen aus dem ALMO Programm, die Jungrinder FV×Limousin Kreuzungen und reinrassige Limousin aus dem Ja! Natürlich Markenfleischprogramm, die Lämmer männliche Kärntner Brillenschafe. Die Fütterung im Stall waren praxisübliche grünlandbasierte Rationen plus Kraftfutter. Die Fleischqualitätsuntersuchungen wurden am Rostbraten/Rückenmuskel (*M. longissimus*) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Über alle vier Schlachtkategorien wurden rund 1/3 der gealpten Rinder in der Steiermark, rund 1/4 in Tirol und jeweils circa 1/8 in Kärnten und Salzburg gehalten. Die Hälfte der Almrinder war zwischen 3 und 4 Monaten auf der Alm, rund 1/3 der Tiere 2 bis 3 Monate, 1/5 war länger als 4 Monate auf der Alm.

Über alle vier Schlachtkategorien wurden 12 % der Rinder innerhalb von 1 Monat nach Almabtrieb geschlachtet, knapp 1/4 1-3 Monate und 1/5 3-5 Monate nach Almabtrieb. Bei den Ochsen wurden deutlich weniger Tiere, nämlich nur 5 %, innerhalb von 1 Monat nach Almabtrieb geschlachtet.

Die Auswertungen belegen, dass bei in Österreich gealpten Ochsen, Kalbinnen und Jungkühen Fleckvieh (FV) die häufigste Rasse ist. Neben FV kommen FV-Gebrauchskreuzungen mit den Fleischrassen Charolais, Limousin und Weiß Blauem Belgier sehr häufig vor. Bei den Ochsen ist Grauvieh die dritthäufigste und Braunvieh die sechshäufigste Rasse. Bei den gealpten Kalbinnen ist Braunvieh die zweit-

häufigste Rasse. Es ist bekannt, dass **Rasse und Genetik** einen wesentlichen Einfluss auf die Schlachtkörperqualität haben. Allerdings gibt es noch viele andere Faktoren, die die Schlachtleistung mitbeeinflussen. Hierzu zählen z.B. Geschlecht, Fütterung, Ausmast vor Schlachtung, Schlachalter, Mastendgewicht und das Betriebsmanagement.

Ochsen und Kalbinnen von FV-Kreuzungen mit Fleischerassen haben erwartungsgemäß bessere Schlachtkörperqualitäten als reinrassiges FV (Abb. 1, Tab. 1; FRICKH et al. 2003, BRANSCHIED et al. 2007, VELIK et al. 2020). Die Ochsen der heimischen Rasse **Grauvieh** (GRV) schneiden laut statistischem Modell (Tab. 1) bei der Fleisch- und Fettklasse signifikant besser ab als FV-Ochsen, obwohl GRV deutlich leichter ist. Die heimische Rasse **Murbodner** (MUB) zeigt in den Auswertungen ähnliche gute Fleisch- und Fettklassen wie FV-Gebrauchskreuzungen (Abb. 1). Mit den vorhandenen Informationen kann allerdings nicht beantwortet werden, ob dies nur auf die Rasse *per se* zurückzuführen ist oder aber auch auf ein optimiertes Betriebsmanagement im Murbodner-Markenfleischprogramm. Die **Braunvieh**-(BV)-Ochsen sind bei ähnlichem Schlachalter wie FV-Ochsen deutlich leichter als FV. Rund $\frac{3}{4}$ der BV-Ochsen und -Kalbinnen erreichen nur Fleischklasse O, während es bei den FV-Ochsen nur ca. 10 % sind. Ob dies nur allein an der Rasse liegt, kann hier nicht beantwortet werden. Eine zusätzliche Erklärung für die niedrigeren Schlachtgewichte und schlechteren Schlachtkörperqualitäten von BV könnte auch sein, dass BV-Ochsen häufiger als Nebenprodukt der Milchproduktion gesehen werden und auf weniger spezialisierten Betrieben gehalten werden.

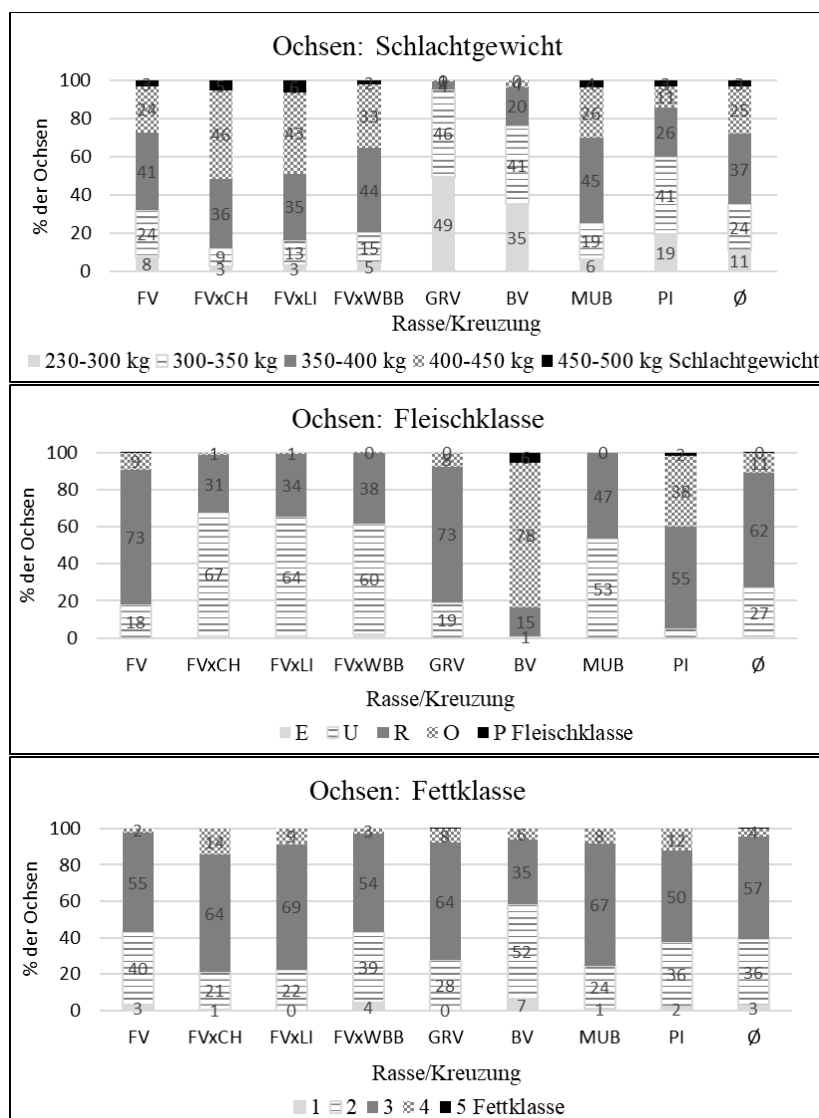


Abbildung 1: Schlachtkörperqualität von Almochsen in Abhängigkeit von Rasse/Kreuzung (Häufigkeitsverteilungen)

Zeitnah nach Alping geschlachtete Ochsen und Kalbinnen sind generell älter, aber auch leichter als später geschlachtete. Prinzipiell verbessern sich sowohl bei Ochsen als auch bei Kalbinnen mit späterem Schlachtermin nach Almbtrieb Schlachtgewichte, Fleisch- und Fettlassen sowie die Nettotageszunahmen (Tab. 1).

Es gibt aber **einige Ochsen- und Kalbinnenmast-Betriebe**, die bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb gute Schlachtkörperqualitäten (Fleischklasse U-R, Fettklasse 3) erreichen. So erreichen 63 % der Ochsen bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb Fleischklasse R und 7 % U sowie ¼ Fettklasse 3. Bei den Kalbinnen ist innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb der Anteil nochmals etwas höher. Hierzu bedarf es eines Zusammenspiels von mehreren Faktoren: optimales Betriebsmanagement, Almen mit überdurchschnittlicher Almfutterqualität, frühreife Linien/Genetik, Tiere aus der Mutterkuhhaltung, eventuell auch Heu- oder Kraftfutter-Zufütterung auf der Alm, ... Andererseits erreichen bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb 30 % der Ochsen und Kalbinnen nur Fleischklasse O und 17 % der Ochsen bzw. 9 % der Kalbinnen nur Fettklasse 1. Damit würden diese Tiere aus allen bestehenden österreichischen Markenfleischprogrammen herausfallen und es käme zu empfindlichen Preisabzügen beim Schlachtier-Erlös. Zum Vergleich, bei Schlachtung 3 bis 7 Monate nach Almbtrieb haben nur mehr 1 % der Ochsen und Kalbinnen eine Fettklasse von 1 und 90 % Fleischklasse R oder U.

Tabelle 1: Schlachtkörperqualität von Almochsen (statistisches Modell)

OCHSEN n=4.239		Schlachtgewicht, kg	Fleischklasse, (E*=5, P=1)	Fettklasse, (1-5; 5=fett)
Rasse/Kreuzung	FV	352 ^c	2,94 ^c	2,22 ^c
	FV×CH	369 ^{ab}	3,30 ^{ab}	2,37 ^b
	FV×LI	375 ^a	3,47 ^a	2,49 ^b
	FV×WBB	360 ^{bc}	3,46 ^a	2,20 ^c
	GRV	303 ^d	3,15 ^b	2,72 ^a
Schlachtermin nach Almbtrieb, Monate	<1	325 ^d	2,97 ^c	2,09 ^d
	1-3	351 ^c	3,32 ^b	2,28 ^c
	3-5	360 ^b	3,36 ^{ab}	2,56 ^b
	5-7	370 ^a	3,42 ^a	2,67 ^a
Schlachtalter, Monate	20-30	345 ^b	3,27	2,46 ^a
	30-39	359 ^a	3,26	2,34 ^b

Rassen-Abkürzungen siehe Text; E*=beste Fleischklasse P=schlechteste Fleischklasse

Bei den gealpten **Jungrindern** (8-12 Monate alt) sind FV×Limousin, FV, FV×Charolais, FV×Weiß Blauer Belgier und FV×Bonde D'Aquitaine die häufigsten Rassen/Kreuzungen. Beim Jungrind sind Unterschiede zwischen FV und FV-Gebrauchskreuzungen geringer als bei Ochse und Kalbin. Einzig bei der Fleischklasse schneiden die FV-Gebrauchskreuzungen signifikant besser ab als FV (MOREL 2010, TERLER et al. 2014). Beim Jungrind hat auch der Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb keinen so deutlichen Einfluss auf Schlachtgewichte und Fleischlassen wie bei Ochse und Kalbin. Einzig bei der Fettklasse haben bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb 15 % der Jungrinder nur Fettklasse 1, während es bei Schlachtung 3-5 Monate nach Almbtrieb nur mehr 3 % sind. Bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb haben Jungrinder im Durchschnitt 222 kg Schlachtkörpergewicht, Fleischlassen von 3,5 (E=5), Fettlassen von 2,0 und 722 g Nettozunahme. Es scheint, dass beim Jungrind die Milchleistung der Mutterkuh (HÄUSLER et al. 2015) und die damit verbundene zügige Jugendentwicklung aber auch eine frühreife Genetik einen wesentlichen Einfluss auf die Schlachtkörperqualitäten haben. Die Datenauswertung des Almtierdatensatzes belegt die höheren Schlachtgewichte und Fleischlassen von männlichen Jungrindern im Vergleich zu weiblichen (TERLER et al. 2014, HÄUSLER et al. 2024).

Bei den **Jungkühen** (maximal 48 Monate alt) erreichen 80 % nur Fleischlassen von O und P. Über 40 % der geschlachteten FV-, BV- und Holstein-Jungkühe werden nur mit Fettklasse 1 bewertet. FV-Jungkühe erreichen durchschnittlich Fleischlassen von O bei einer durchschnittlichen Fettklasse von 1,8. Bei der Jungkuh verbessert ein späteren Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb die Schlachtkörperqualität nur geringfügig. Einzig bei der Fettklasse haben innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb geschlachtete Jungkühe zu knapp 60 % Fettlassen von 1, während es bei Schlachtung nach

3-7 Monaten nur mehr 1/3 ist. Um bei Alm-Jungkühen entsprechende Schlachtkörper- und Fleischqualitäten zu erzielen, scheint jedenfalls eine gezielte Ausmast notwendig zu sein.

Die **Ergebnisse des Feldversuchs zur inneren Fleischqualität** müssen mit Vorsicht interpretiert werden, da sie mit geringer Tieranzahl auf Praxisbetrieben durchgeführt wurden und die Tierausswahl nicht mit der eines Exaktversuchs vergleichbar ist. Es ist auch davon auszugehen, dass die ausgewählten Betriebe über ein überdurchschnittliches Betriebsmanagement verfügen. Hinsichtlich innerer Fleischqualität zeigte sich im Feldversuch mit Ochsen, Jungrindern und Lämmern eine Tendenz zu niedrigeren intramuskulären Fettgehalten im Rostbraten bei zeitnaher Schlachtung nach Almabtrieb. Die Fleischzartheit, die mittels Scherkraftmessung gemessen wird, wurde vom Schlachtzeitpunkt (nach Almabtrieb vs. nach Stallausmast) nicht beeinflusst. Das Fettsäuremuster von Almfleisch war zeitnah nach Almabtrieb günstiger als nach darauffolgender Stallmast (DALEY et al. 2010, BLANCO et al. 2017). Hier ist zu beachten, dass die innere Fleischqualität neben der Fütterung auch noch von zahlreichen anderen Faktoren mitbeeinflusst wird.

Weitere und detailliertere Ergebnisse können im Projekt-Abschlussbericht nachgelesen werden (VELIK et al. 2022).

Zusammenfassung

Die Almhaltung von Nutztieren hat im Alpenraum lange Tradition und der Begriff „Alm“ hat ein gutes Image. Für die bundesweite Vermarktungsstrategie „Von der Alm“ für Almprodukte wurden ausgehend von Almwirtschaft Österreich, AMA Marketing und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein Informationen zur Rindfleischproduktion auf Almen erhoben. Ziel der hier vorgestellten Auswertungen war das Liefern einer Datengrundlage zu gealpten Rinderkategorien, Rassen/Kreuzungen sowie zum Einfluss des Schlachtzeitpunkts nach Almabtrieb auf die Schlachtkörperqualitäten.

Die meisten gealpten Ochsen, Kalbinnen und Jungrinder gehörten zur Rasse FV oder waren FV-Gebrauchskreuzungen mit Fleischrassen (CH, LI, WBB). Etwa 1/3 der gealpten Rinder wurden innerhalb von 3 Monaten nach dem Almabtrieb geschlachtet. Ein späterer Schlachttermin nach der Alpung wirkte sich bei den Ochsen und Kalbinnen signifikant positiv auf das Schlachtgewicht, die Fleischigkeits- und Fettklasse sowie die Nettotageszunahmen aus. Dennoch wurden rund 70 % der Schlachtkörper von Ochsen und Kalbinnen, die spätestens nach einem Monat nach dem Almabtrieb geschlachtet wurden, in die gewünschten EUROP-Fleischigkeitsklassen U und R sowie ¼ (Ochse) bis 1/3 (Kalbin) in die gewünschte Fettklasse 3 eingestuft. Bei den Jungrindern hatte der Schlachtzeitpunkt nach der Alpung nur einen geringen Einfluss auf Schlachtgewicht, Fleischigkeits- und Fettklasse sowie Nettozunahmen.

Es zeigte sich eine Tendenz zu niedrigeren intramuskulären Fettgehalten bei zeitnaher Schlachtung nach Almabtrieb. Die Fleischzartheit (Scherkraft) wurde vom Schlachtzeitpunkt (nach Almabtrieb vs. nach Stallausmast) nicht beeinflusst. Das Fettsäuremuster von Almfleisch ist im Allgemeinen ernährungsphysiologisch günstiger als nach Stallmast.

Abstract

The keeping of livestock on alpine pastures has a long tradition in the Alpine region and the term ‘alpine pasture’ has a good image. For the nationwide marketing strategy ‘Von der Alm’ for meat products, Almwirtschaft Österreich, AMA Marketing and AREC Raumberg-Gumpenstein collected information on beef production on Alpine pastures. Using data from AMA and the Austrian Meat Inspection (ÖFK), the status quo of the slaughter performance of steers, heifers, suckler calves and young cows was analyzed.

Most of the steers, heifers and suckler calves belonged to the breed FV or were FV crosses with beef breeds (CH, LI, WBB). Approximately 1/3 of the cattle were slaughtered within three months after removal from alpine pasture. A later slaughter date after the Alpine grazing had a significantly positive effect on carcass weight, conformation and fat class as well as net daily gain of the steers and heifers. Nevertheless, around 70% of the carcasses of steers and heifers that were slaughtered shortly after the Alpine season were classified in the desired conformation classes U and R, respectively, while 1/4 (steers) to 1/3 (heifers) in the desired fat class 3. In the case of suckler calves, the time of slaughter after the Alpine pasture season had a statistically significant but practically negligible effect on carcass weight, conformation and fat class, and net weight gain.

Meat from animals slaughtered shortly after the Alpine pasture season had a numerically lower intramuscular fat content, particularly in lambs. Meat tenderness (shear force) was not affected by slaughter date. The fatty acid pattern of the meat was numerically more favorable than of meat from animals that were finished in the barn after the Alpine pasture.

Literatur

- BRANSCHIED W, HONIKEL KO, VON LENGERKEN G, TROEGER K (2007): Qualität von Fleisch und Fleischwaren – Band 1., 2. Auflage, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 551 S.
- BLANCO M, CASASUS I, RIPOLL G, ALBERTI P, PANEA B, JOY M (2017): Is meat quality of forage-fed steers comparable to the meat quality of conventional beef from concentrate-fed bulls? J. Sci. Food Agri. 97, 4943-4952.
- DALEY CA, ABBOTT A, DOYLE PS, NADER G, ALARSON S (2010): A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef [serial online], Nutr. J., 9:10.
- FRICKH JJ, ZOLLITSCH W, SMULDERS F (2003): Kennzahlen der Fleischqualität und Überprüfung der Wirtschaftlichkeit von jungen, intensiv gemästeten Fleckviehstieren und verschiedenen Gebrauchs-kreuzungen in Hinblick auf eine Weiterentwicklung von Qualitätsprogrammen. Abschlussbericht für das Forschungsprojekt Nr. 1238 im Auftrag des BMLFUW.
- HÄUSLER J, ENZENHOER S, FÜRST-WALT L B, STEINWIDDER A (2015): Auswirkungen unterschiedlicher Absetztermine auf extensiv gefütterte Fleckviehmutterkühe und deren Kälber 2. Mitteilung: Entwicklung der Jungrinder in der Säugeperiode und in der intensiven Ausmastperiode. Züchtungskunde 87, 391-412.
- HÄUSLER J, VELIK M, TERLER G, EINGANG D, KITZER R, GRIESEBNER A, ROYER M, KAUFMANN J, GALLNBÖCK M, GUGGENBERGER T, STEINWIDDER A (2024): Kreuzungskühe aus Milchrasse × Angus – eine Option für die Mutterkuhhaltung? 51. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 69-100.
- MOREL I (2010): Effizienz verschiedener Rindertypen für die Fleischproduktion. 37. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 53-56.
- TERLER G, VELIK M, HÄUSLER J, KITZER R, KAUFMANN J (2014): Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern (Fleckvieh×Limousin und Limousin) aus der Mutterkuhhaltung. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 85-95.
- VELIK M, SINKOVITS D (2020): ALMO Ochsen – Schlachtleistungs-Ergebnisse in der grünlandbasierten Ochsenmast unter Berücksichtigung von Rasse, Alter und Gewicht. 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 45-54.
- VELIK M, GUGGENBERGER T, HELL C, STEINWIDDER A (2022): Untersuchungen zur Mast- und Schlachtleistung sowie zu Fleischqualität und Umweltwirkungen von Alm-Rindern und Alm-Lämmern aus Österreich. Dafne-Abschlussbericht Nr. 101586 im Auftrag des BML.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Trautenfels 15, A-8951 Stainach-Pürgg

³ Masterstudentin der Universität für Bodenkultur, Department für Agrarwissenschaften, Institut für Nutztierwissenschaften

* Ansprechpartner: Dr. Margit VELIK, margit.velik@raumberg-gumpenstein.at

Erstellung eines HACCP-Systems und eines Hygienekonzeptes zur Qualitätssicherung innerhalb der Nahrungsmittelversorgungskette von Trockenfrüchten

Creation of a HACCP system and a hygiene concept for quality assurance within the food supply chain of dried fruit

Cigdem Ciftci*, Carmen Büttner, Artemis Rumbou, Deniz Baltaci

Einleitung

Getrocknete Früchte verzeichnen weltweit eine steigende Popularität und erfordern hohe Qualitätsstandards, insbesondere in Bezug auf ihre gesundheitliche Unbedenklichkeit. Eine Gefahrenanalyse ist notwendig, um Risiken für die Produkthygiene bzw. Qualitätssicherung zu identifizieren und Präventionsmaßnahmen umzusetzen. Ziel der Arbeit war die Analyse kritischer Kontrollpunkte (CP und CCP) in der Lebensmittelkette getrockneter Feigen und damit die Identifizierung von Qualitätsrisiken, die während des gesamten Nachernteprozesses entstehen könnten.

Die Türkei ist der weltweit führende Produzent von Trockenfeigen, wobei 80 % der Feigen in der türkischen Ägäisregion produziert wird (TAGEM, 2018; TAGEM, 2019, CILINGIROGLU, 2021). Bisherige Studien bestätigen die Speichermotte (*Ephestia cautella*), die Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella*), Feigenmotte (*Cadra figuliella* oder *Ephestia figulella*) und der Backobstkäfer (*Carpophilus hemipterus*) als wesentliche Vorratsschädlinge für getrocknete Früchte (BALTACI, 2015). Zu den wesentlichen Pilzbefällen werden Schwarzsimmel (*Aspergillus niger*) und die Innenfruchtfäule (*Endosepsis*) gezählt (AKSOY et al., 2001). Der moderne Vorratsschutz stellt einen signifikanten Faktor dar und umfasst neben der Prophylaxe und der Befreiung von Nahrungsmitteln auch den Schutz von Qualitäten gegenüber Schädlingen (BALTACI, 2009). Globale Lebensmittelverluste könnten bei einer Kooperation aller Beteiligten in der Wertschöpfungskette bis zu 70 % vermieden werden (CLEMENS, 2022). Das HACCP „Hazard Analysis and Critical Control Points“ ist ein System zur Gefahrenanalyse das darauf abzielt, spezifische Gefahren zu identifizieren und darauf basierend Maßnahmen zu ergreifen, um das Kontaminationsrisiko zu minimieren und als Analyse gesundheitlicher Gefahren der einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette zu dienen (BFR, 2021). Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die Entwicklung prozessspezifischer Lösungen. Zu den Risikofaktoren, die zu Lebensmittelverlusten führen, zählen Schaderreger, die Transportbedingungen sowie Maßnahmen zum Pflanzen- und Vorratsschutz, die als ungeeignet zu bewerten sind.

Material und Methoden

Untersucht wurden die landwirtschaftliche Produktion von Trockenfrüchten, die Nacherntemaßnahmen, die Verarbeitung und der Absatz. Die Grundsätze wurden auf Grundlage des HACCP-gestützten Systems (BFR, 2021) berücksichtigt. Die Identifizierung von Problemen, Gefahren, Risiken, kritischen Kontrollpunkten und Lösungen ist ein wesentlicher Aspekt des Prozesses. Die Strategien dienen der Optimierung der Wertschöpfungskette und der Prävention von chemischen, biologischen sowie physikalischen Gefahrenquellen. Die Festlegung von Grenzwerten sowie die Entwicklung und Implementierung von Überwachungsverfahren sind von zentraler Bedeutung.

Zu diesem Zweck wurde ein Online-Fragebogen entwickelt, der spezifische Probleme in der Praxis von den Produzenten, Verarbeitern und Abnehmern in der Türkei und Deutschland erfasst. Der Fokus der Umfrage lag auf Fragen zu Unternehmensinformationen, dem Angebot an Trockenfrüchten sowie der Häufigkeit von Schädlings- und Kontaminationsbefall, Präventionsmaßnahmen und dem Hygienebewusstsein. Die Fragen basierten auf Informationen aus der Literatur. Es erfolgte der Kontakt mit einer Anzahl von mehr als 160 Fachakteuren aus dem Bereich der Trockenfrüchte. Die Einladung wurde auf elektronischem Wege, telefonisch sowie in persönlicher Form übermittelt. Links sowie jeweils ein QR-Code wurden beigelegt. Der Test umfasste 31 anonyme Multiple-Choice-Fragen mit voreingestellten Ankreuz-Antworten, die in den Sprachen Deutsch, Englisch, Spanisch, Persisch und Türkisch durchgeführt werden konnten. Die Fragen wurden jeweils separat präsentiert, wobei die Möglichkeit bestand,

zur vorherigen Frage zurückzukehren, um ggf. Eingaben zu korrigieren. Die Auswertung basiert ausschließlich auf den vollständig beantworteten Fragebögen. Bei den unvollständigen Erhebungsbögen wurden die relevanten Fragen nicht beantwortet, sodass eine valide Auswertung nicht möglich war. Die Auswertung der Umfrage wurde nach einer Dauer von zwei Monaten vorgenommen. In dieser Zeit wurden 32 vollständig beantwortete Fragebögen eingereicht. Die vorliegende Umfrage kann als eine Stichprobe geringer Größe interpretiert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der Standortverteilung zeigt, dass die Teilnehmer (53,12 %; 17 Teilnehmer) aus Deutschland und aus der Türkei (46,88 %; 15 Teilnehmer) stammen. Die Mehrheit der Befragten haben angegeben, über eine geringere Anzahl von 1-50 Mitarbeitern mit mehreren Marktpositionen zu verfügen. In der Regel mangelt es kleineren und mittelgroßen Unternehmen sowohl an der erforderlichen Fachkompetenz als auch an den notwendigen Ressourcen, um ein HACCP nachhaltig zu etablieren, sie aufrechtzuerhalten und kontinuierliche Dokumentationen sowie Audits durchzuführen (HIEBL, 2017). Die Untersuchungen über Lagertemperaturen zeigen, dass in Deutschland bei 4-8 °C und bei über 15 °C und in der Türkei bei 4-8 °C sowie bei 8-12 °C gelagert wird. Die Teilnehmer in Deutschland haben für die Lagerluftfeuchtigkeit Werte zwischen 10 und 30 % sowie 50 und 70 % angegeben. In der Türkei hingegen ist eine gleichmäßigere Verteilung der Präferenzen auf die Bereiche 10 bis 70 % festzustellen. Die vorliegenden Unterschiede können auf strengere Vorschriften, Gegebenheiten und unterschiedliche Atmosphären zurückgeführt werden. Aus der wissenschaftlichen Literatur geht hervor, dass eine Luftfeuchtigkeit von 55-65 % bei 4 °C empfohlen wird (SEN et al., 2010). Die Vermeidung hoher Feuchtigkeitswerte über 70 % in beiden Ländern lässt den Schluss zu, dass das Risiko von Verderb und Qualitätsverlusten als signifikant eingestuft wird. Es ist auffällig, dass 12,5 % der Teilnehmer keine Kenntnisse über die optimale Lagertemperaturen verfügen. Dies lässt auf Mängel in der Schulung bzw. Fortbildung der Mitarbeiter/innen schließen. Hinsichtlich der Qualitätskontrolle während des Transports wurden in über 90 % der Fälle Aspekte wie Verpackung, Hygiene und Sauberkeit und in rund 44 % der Fälle wird die Kühlung als Präventionsmaßnahme genannt. Die identifizierten Krankheiten und Schädlinge wurden anhand von Pflanzenresten, Mineralien, Motten, Käfern, Larven sowie Schimmelbefall wie Aflatoxine und Ochratoxine angegeben, die in jeder Phase (Abb. 1) der Produktion von getrockneten Feigen auftreten können. Der Anteil der Befragten, die angaben, bisher keine Schädlinge bzw. Fremdkörper im Produkt gehabt zu haben, beläuft sich auf 30 %. Defizite bei der Reinigung oder der Verarbeitung können als Ursache der Verunreinigungen und Schädlingsbefälle angenommen werden. Die Mehrheit der Befragten haben angegeben, dass sie jährlich einen Verlust von 10-50 Kilogramm verzeichnen, der aussortiert, vernichtet oder verkauft wird. Etwa 47 % der untersuchten Unternehmen setzen ein HACCP-System ein. Die 18,7 % der Teilnehmer haben eine Umsetzung des HACCP-Systems abgelehnt verzeichnet. Als Grund wurde der Personalmangel, der Kostenaufwand, der Zeitaufwand sowie die schlichte Umsetzung genannt.

Die Ergebnisse der Studie zeigen im Allgemeinen eine positive Reaktion der Teilnehmer auf Hygienevorschriften, wobei ein kleiner Anteil der Teilnehmer sich gegen Bekämpfungsmaßnahmen entschieden haben. Dies lässt sich mit einer fehlenden Anerkennung des Problems erklären. Es lassen sich positive Ergebnisse in Bezug auf die Hygiene sowie in diversen weiteren Bereichen konstatieren. Es besteht insbesondere ein Bedarf hinsichtlich der Schulung des Personals über die Lebensmittelhygiene, Protokollierung, Dokumentation und Grenzwerteinhaltung. Die Implementierung eines Lebensmittelsicherheitskonzepts, wie beispielsweise das HACCP, sowie die Einhaltung anerkannter Hygienevorschriften, Grenzwerten und Vorschriften sind für die Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit unerlässlich. Die Optimierung von Arbeitsabläufen sowie die Hinzuziehung externer Experten und zuständigen Behörden werden explizit empfohlen, um eine Verbesserung und Implementierung des Systems im betreffenden Unternehmen zu gewährleisten. Zudem ist die effektive Kommunikation zwischen allen teilhabenden Akteuren an der Wertschöpfungskette zu fördern. Die Beteiligten können Aufschluss darüber geben, welche Verbesserungen angestrebt werden sollten. Ferner wird die Umsetzung neuer Technologien und Methoden empfohlen. Des Weiteren eine Verbraucherbefragung aufschlussreich, um die Zufriedenheit mit den Produkten zu ermitteln.



Abbildung 1: Wesentlicher Ablauf der Produktion von getrockneten Früchten

Zusammenfassung

Als beliebtes Nahrungsmittel unterliegen getrocknete Früchte hohe Qualitätsstandards, insbesondere in Bezug auf ihre gesundheitliche Unbedenklichkeit. Um die Risiken für Qualitätsverluste zu identifizieren und Präventionsmaßnahmen zu treffen, ist eine Gefahrenanalyse erforderlich. Ziel der Untersuchung war die Analyse kritischer Kontrollpunkte sowie die Identifizierung von möglichen Gefahrenquellen in der Lieferkette von getrockneten Feigen. Mithilfe eines Online-Fragebogens wurden Probleme bei Produzenten, Verarbeitern und Abnehmern in der Türkei und in Deutschland erfasst, darunter Schädlinge, Kontaminationen und angewendete Präventionsmaßnahmen sowie das Hygienebewusstsein der Teilnehmer. Die teilnehmenden Unternehmen waren überwiegend klein und mittelgroß. Ein signifikanter Anteil der Befragten hatte kein HACCP-System implementiert und verfügte nur über ein begrenztes Wissen in diesem Bereich. Als häufige Schädlinge wurden Schimmelbefall, Motten, Käfer und Larven angegeben, die mit unterschiedlichen Maßnahmen bekämpft werden. Obwohl die Teilnehmer die erforderlichen Maßnahmen einsetzen, bestehen jedoch Defizite bei der Bekämpfungsstrategien. Die Ergebnisse bezüglich der Hygiene sind positiv, jedoch bestehen auch Bereiche, die einer Optimierung bedürfen. Die Schulung des Personals in den Bereichen Lebensmittelhygiene, Protokollierung und Grenzwertkontrolle sind von großer Bedeutung. Die Umsetzung eines Lebensmittelsicherheitskonzepts, die Einhaltung von Hygienevorschriften und die Optimierung der Arbeitsabläufe sind für die Minimierung des Lebensmittel- bzw. Qualitätsverlustes unerlässlich. Beratung durch Fachexperten, optimierte Kommunikation und innovative Technologien könnten zu einer erheblichen Verbesserung beitragen. Die Befragung ist als Stichprobe zu betrachten. Es wird empfohlen, eine erneute Befragung mit spezifischen Fragen und einer größeren Teilnehmerzahl durchzuführen. Zudem wäre eine Verbraucherbefragung zur Ermittlung der Zufriedenheit mit der Produktion empfehlenswert.

Abstract

Dried fruits are subjects to high-quality standards in food industry, particularly regarding its health safety. To identify quality risks and implement preventive measures, a hazard analysis is required. The purpose of the study was to analyse critical control points in the supply chain of dried figs and to identify quality risks. An online survey was used to identify problems among producers, processors, and buyers in Turkey and Germany, including pest infestation, contamination, preventive measures, and hygiene practices. The participating companies were predominantly small and medium-sized. A significant proportion of respondents had not implemented a HACCP system and had limited knowledge in this area. Mold, moths, beetles and larvae were identified as common pests, which are controlled using various

measures. The participants are doing a good job, but there are deficits in terms of control measures. The results in terms of hygiene are positive, but there are also areas that require optimization. Adequate staff training in the areas of food hygiene, logging and control of limit values is of high relevance. The implementation of a food safety concept, compliance with hygiene regulations and the optimization of work processes are necessary. External experts, optimized communication and innovative technologies could contribute to a substantial improvement. The survey should be regarded as a random sample. It is recommended that a new survey be conducted with more specific questions and a larger number of participants. A consumer survey to determine satisfaction with production would also be recommended.

Literatur

- AKSOY U, CAN H Z, HEPAKSOY S, SAHIN N (2001): İncir Yetiştiriciliği, TÜBİTAK Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları (Fig Growing, Turkey Agriculture Research Project Publications).
- BALTACI D (2009): Zum Vorratsschutz mit Gasen: Kohlenstoffdioxid zum Qualitätserhalt bei Feigen und Sulfurylfluorid gegen vorratsschädliche Insekten. Doktorarbeit, Universität Rostock.
- BALTACI D (2015): Aktuelle Vorratsschutzforschungen in der Türkei. Conference: 18. Tagung der AK Vorratsschutzes.
- BFR (2021): Fragen und Antworten zum Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)-System. Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
- CLEMENS A (2022): Studie: Bis zu 70% der globalen Lebensmittel-Verluste könnten vermieden werden. McKinsey and Company, Inc, Düsseldorf, Abgerufen am 26.06.2023, von <https://www.mckinsey.de/news/presse/2022-09-23-food-loss>
- CILINGIROGLU A (2021): İncir raporu. Türkiye Ziraat Odaları Birliği (TZOB), Ankara
- HIEBL M R (2017): Strategisches Controlling in Klein- und Mittelunternehmen. Controlling für kleine und mittlere Unternehmen, 2, 149-171.
- Sen F, Meyvaci K B, Aksoy U, Koc S, Sarilar S, Kocatürk R (2010): Changes in quality of dried fig fruit and processed fig products under cold and ambient storage conditions. Acta horticulturae, 877, 853-860. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.877.114>
- TAGEM (2018): İncir Ocak 2018, Ürün No:08. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- TAGEM (2019): İncir Ocak 2019, Ürün No:08. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.

Adressen der Autoren

Lebenswissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

* Ansprechpartner: Cigdem Ciftci, phytomedizin@agrar.hu-berlin.de

Von der Notwendigkeit zum Genuss – Wie Trinknahrung für Senior*innen medizinischen Mehrwert und sensorisches Potenzial vereinen kann

From necessity to pleasure - how nutritional drinks for senior citizens can combine medical added value and sensory potential

Kathrin Heim*, Cornelia Felbinger, Roswitha Enzelberger und Andrea Reiterlehner

Einleitung

Im Jahr 2023 betrug die durchschnittliche Lebenserwartung laut Statista von neugeborenen Männern in Österreich geschätzt rund 79,4 Jahre; bei den Frauen waren es 84,2 Jahre. Damit stieg diese seit den 1970er Jahren kontinuierlich an und wird auch weiterhin steigen (STATISTIK AUSTRIA 2024).

Das Altern geht zumeist mit einer Verschlechterung der Sinneswahrnehmung einher. Während Seh- und Hörbeeinträchtigungen allgemein bekannt sind, treten auch Veränderungen in der Geschmacks-, Geruchs- und Texturwahrnehmung auf (DOTY und KAMATH 2014; HUTCHINGS et al. 2014; WITHERS et al. 2013). Diese Veränderungen können den Genuss von Lebensmitteln und die Ernährungsweise beeinflussen (DAVENPORT, 2004). Ältere Menschen stehen zudem oft vor weiteren sensorischen Barrieren, etwa Dysphagie, Zahnprothesen oder motorischen Einschränkungen. Hinzu kommen Medikamenteneinnahme und psychologische Faktoren wie eingeschränkte Kognition oder depressive Verstimmungen, die die Wahrnehmung von Sinnesreizen erschweren können. Diese Barrieren tragen in weiterer Folge häufig auch zu einer unzureichenden Ernährung bei, was das Risiko von Protein- und Energiemangel sowie Unterernährung erhöht. (NATIONAL HEALTH SERVICE 2015). Medizinische hochkalorische Trinknahrung oder Trinknahrung als ergänzende Nahrungsmittelzufuhr, die für besondere gesundheitliche Bedürfnisse entwickelt wurde, kann hierbei unterstützend wirken. Medizinische Trinknahrungen sollen also denjenigen bei der Ernährung helfen, die Schwierigkeiten haben, ausreichend Nahrung zu sich zu nehmen. Denn in den Produkten sind Nährstoffe und Energie auf wenig Masse konzentriert (VAN HECKE, 2024). Jedoch liegt der Fokus dieser Produktgruppe zumeist ausschließlich auf den gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen, der Genusswert ist zweitrangig.

Angesichts der vielschichtigen sensorischen Einschränkungen älterer Menschen gilt es jedoch als unerlässlich, die sensorische Qualität sowie die damit verbundene Lebensqualität älterer Menschen zu fördern und künftig stärker in den Fokus zu rücken. (METHVEN L et al. 2016)

Um hierzu einen Beitrag leisten zu können, haben sich Forscherinnen des FHWN Campus Wieselburg damit beschäftigt, die Akzeptanz aktuell am österreichischen Markt erhältlicher hochkalorischer Trinknahrung (welche unter die Kategorie Medizinprodukte fallen) bei der Zielgruppe der älteren Menschen zu erheben und daraus Optimierungsmaßnahmen abzuleiten, um in weiterer Folge das Genusserlebnis der Zielgruppe beim Konsum von Trinknahrung zu steigern.

Material und Methoden

Studiendesign: Mehrere sensorische Akzeptanztests wurden zwischen August und Oktober 2024 als Central Location Tests in Pflege- und Betreuungszentren durchgeführt. Die Verkostungsproben der Marke Fresubin, Nutricia Fortimel, Nestle resource, B Braun und all in, in den Geschmacksrichtungen Erdbeere, Vanille, Schokolade und Kaffee, wurden an 110 Proband*innen ausgegeben, welche zum Verkostungszeitpunkt vorübergehend oder permanent in Pflege- und Betreuungszentren untergebracht waren. Eine Vorauswahl der Proband*innen wurde von den Betreuer*innen in den Zentren vorgenommen. Rund die Hälfte der Proband*innen verkostete die Proben bei Raumtemperatur, die andere Hälfte der Teilnehmer*innen bekam die Proben gekühlt gereicht, hierzu wurden die Proben im Vorfeld zumindest 24 Stunden bei ~6 °C gelagert und unter Einhaltung der Kühlkette transportiert. Die Proband*innen erhielten vier bzw. fünf Proben ihrer präferierten Geschmacksrichtung. Die Proben wurden sequentiell monadisch in transparenten Kunststoffbechern, vierstellig codiert, zu je 40 ml zur Bewertung serviert. Eine Rückverkostung war nicht möglich. Die Darreichung erfolgte blind, also ohne Information zu Hersteller oder Marke. Zum Neutralisieren wurde Wasser angeboten. Auf die im Produkt enthaltenen Allergene wurde ausdrücklich hingewiesen.

Im Hauptteil des Fragebogens wurde mittels 5-Punkt-Hedoniskalen der Geschmack der Proben erhoben. Die Beurteilung des Geschmacks wurde um JAR-Fragen zur Intensität der Geschmacksrichtung

und der Konsistenz erweitert, um zu erheben, ob die Beurteilung des Geschmacks abhängig von den genannten Produkteigenschaften der Proben ist. Darüber hinaus wurde nachgefragt, was besonders gut und besonders schlecht an den Proben gefallen hat und ob die Proband*innen im Vorfeld bereits einmal Trinknahrung konsumiert haben. Schließlich mussten die Teilnehmer*innen demographische Daten bekanntgeben.

Die Datenerfassung wurden mit Hilfe des Programms Microsoft Excel durchgeführt. Die Ergebnisse einzelner Teilnehmer*innen wurden auf Grund offensichtlich mangelnder Urteilsfähigkeit von der statistischen Auswertung ausgeschlossen, so dass schlussendlich 93 vollständige Ergebnisse zur Datenanalyse gelangten.

Statistische Datenauswertung: Die Beschreibung der gewonnenen Daten erfolgte über die deskriptive Statistik und Mittelwertsberechnungen. Zur Datenanalyse wurde die einfaktorielle Varianzanalyse herangezogen. Außerdem wurde durch eine Penalty Analyse überprüft, inwiefern Optimierungspotenzial hinsichtlich der überprüften Produkteigenschaften der Proben gegeben ist. Als Signifikanzniveau wurde der Standardwert von 5 % angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse in Abbildung 1 zeigen, dass die Trinknahrungs-Proben durchwegs positiv mit Mittelwerten zwischen 3,00 und 4,15 auf der 5-Punkte Hedonik-Skala bewertet wurden, wobei die Geschmacksrichtung Vanille über alle Marken hinweg tendenziell am beliebtesten (3,70) und signifikant besser als die letztplatzierte Geschmacksrichtung Kaffee (3,19) beurteilt wurde. Zwischen den unterschiedlichen Marken war kein signifikanter Bewertungsunterschied erkennbar. Ein Optimierungspotenzial wurde durch die Penalty-Analyse vor allem hinsichtlich der Geschmacksintensität sichtbar, die durchwegs als zu gering empfunden wurde. Die Konsistenz hingegen wurde bei allen Proben einheitlich als ideal wahrgenommen. Die Trinktemperatur stellte sich als wesentliche Eigenschaft heraus, die einen signifikanten Einfluss auf die geschmackliche Akzeptanz der beurteilten Proben hatte.

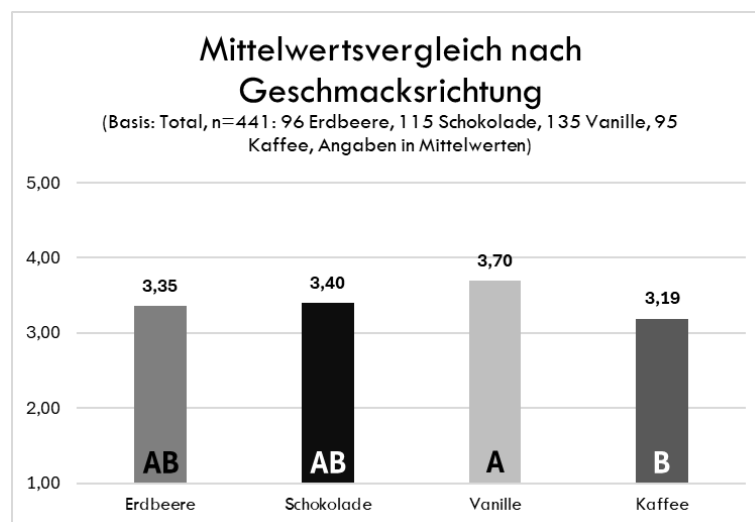


Abbildung 1: Mittelwertsvergleich nach Geschmacksrichtungen

Wie Abbildung 2 zeigt, wurden die Geschmacksrichtungen Erdbeere und Schokolade signifikant besser bewertet, wenn die Proben gekühlt waren. Die Geschmacksrichtung Vanille wurde gekühlt im Mittelwert mit 3,87 bewertet und bei Raumtemperatur mit 3,51, wobei sich hier kein signifikanter Unterschied bei der Bewertung zeigte. Lediglich die Sorte Kaffee wurde bei Raumtemperatur tendenziell besser bewertet als gekühlt.

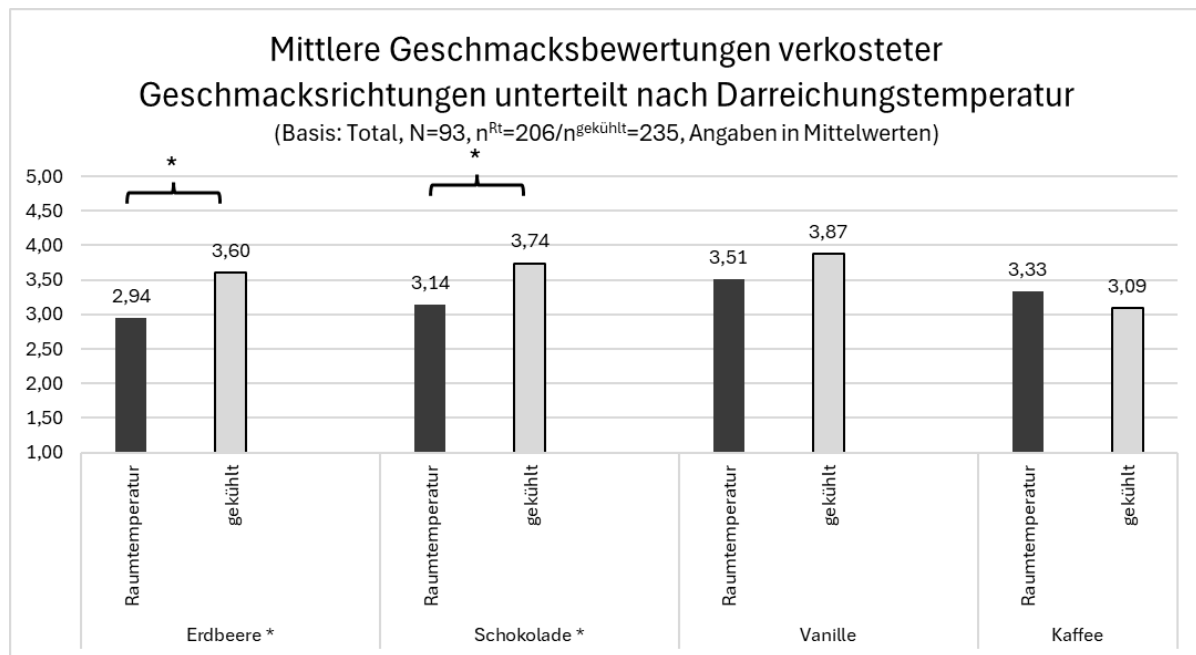


Abbildung 2: **Mittlere Geschmacksbewertungen verkosteter Geschmacksrichtungen unterteilt nach Darreichungstemperatur**

Aus den qualitativen Aussagen der Proband*innen lässt sich darüber hinaus ableiten, dass die wahrgenommene „Natürlichkeit“ des Aromas in Kombination mit der Geschmacksintensität neben der Trinktemperatur mögliche Schlüsselfaktoren für die Akzeptanz und die Konsumbereitschaft darstellen können. Trinknahrung wird von vielen Teilnehmenden als notwendiges Übel wahrgenommen, das mit dem Altern assoziiert wird, anstatt als genussvolles Produkt. Dies deutet auf ein Potenzial hin, durch gezielte Optimierungen den Genusswert zu steigern und die Akzeptanz zu erhöhen.

Um das Genusserlebnis der Zielgruppe der älteren Menschen, welche auf Trinknahrung als ergänzende Ernährung angewiesen sind, zu verbessern, könnte es auf Basis der erhobenen Daten zielführend sein, die Produkte an bekannte Verzehrsituationen anzupassen und beispielsweise die Sorte Erdbeere oder Schokolade gekühlt oder gefroren als Eis anzubieten. Der Schokoladedrink könnte als ansprechend dekorierter Drink wie ein Kakaogetränk oder die Kaffee-Trinknahrung warm im Lieblingshäferl wie ein Nachmittagskaffee serviert werden. Die Vanillevariante könnte als Vanillesauce auf Apfelstrudel oder als Pudding serviert, für Abwechslung sorgen.

Zusammenfassung

Im Zuge der Studie wurden die sensorische Akzeptanz von hochkalorischer medizinischer Trinknahrung bei älteren Menschen erhoben und Optimierungsmaßnahmen zur Steigerung des Genusserlebnisses abgeleitet. Hintergrund ist die steigende Lebenserwartung und die damit verbundene Zunahme älterer Menschen, die von vielschichtigen physischen Einschränkungen betroffen und auf ergänzende Ernährung angewiesen sind. Während medizinische Trinknahrung auf die Deckung des Nährstoffbedarfs fokussiert ist, bleibt der Genusswert oft zweitrangig, was die Akzeptanz negativ beeinflussen kann.

Im Rahmen eines sensorischen Akzeptanztests wurden in NÖ Pflege- und Betreuungszentren marktübliche Trinknahrungen in den Geschmacksrichtungen Erdbeere, Vanille, Schokolade und Kaffee getestet. Die Stichprobe umfasste 93 Seniorinnen, die nach definierten Einschlusskriterien ausgewählt wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Geschmacksrichtung Vanille insgesamt die höchste Akzeptanz erzielte, während Kaffee am wenigsten bevorzugt wurde. Die Trinktemperatur (Raumtemperatur vs. gekühlt) hatte einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz: Gekühlte Proben wurden signifikant besser bewertet (MW = 3,59) als solche bei Raumtemperatur (MW = 3,26). Insbesondere die Sorten Erdbeere und Schokolade profitierten signifikant von einer gekühlten Darreichung, während Kaffee bei Raumtemperatur präferiert wurde. Zudem wurde die Aromaintensität vieler Produkte als zu gering wahrgenommen, was in der Penalty-Analyse als Optimierungspotenzial identifiziert wurde.

Die qualitativen Aussagen der Proband*innen verdeutlichen, dass eine „natürliche“ Aromawahrnehmung bevorzugt wird, diese jedoch mit ausreichender Geschmacksintensität kombiniert sein sollte.

Trinknahrung wird von vielen Teilnehmenden als notwendiges Übel wahrgenommen, das mit dem Altern assoziiert wird, anstatt als genussvolles Produkt. Dies deutet auf ein Potenzial hin, durch gezielte Optimierungen den Genusswert zu steigern und die Akzeptanz zu erhöhen.

Basierend auf den Ergebnissen wird empfohlen, die sensorische Qualität von Trinknahrung durch eine intensivere Aromatisierung, eine optimierte Trinktemperatur sowie eine Anpassung an bekannte Verzehrsgewohnheiten (z. B. gekühlte Darreichung als Dessert oder warm als Kaffeeersatz) zu verbessern. Darüber hinaus könnte eine gezielte Kommunikation über alternative Konsumformen sowie sensorisch optimierte Produktvarianten dazu beitragen, Trinknahrung als attraktive und genussvolle Ergänzung zur Ernährung im Alter zu etablieren.

Abstract

In this study, the sensory acceptance of high-calorie nutritional drink for older people was assessed and optimization measures to increase the enjoyment experience were derived. The background to this is the rising life expectancy and the associated increase in older people who are affected by complex physical limitations and are dependent on supplementary nutrition. While medical nutrition focuses on meeting nutritional requirements, the enjoyment value often remains secondary, which can have a negative impact on acceptance.

As part of a sensory acceptance test, commercially available drinking foods in the flavors strawberry, vanilla, chocolate and coffee were tested in nursing and care centers. The sample comprised 93 senior citizens who were selected according to defined inclusion criteria.

The results show that the vanilla flavor achieved the highest acceptance overall, while coffee was the least preferred. The drinking temperature (room temperature vs. chilled) had a significant influence on acceptance: chilled samples were rated significantly better ($MW = 3.59$) than those at room temperature ($MW = 3.26$). The strawberry and chocolate varieties in particular benefited significantly from chilled presentation, while coffee was preferred at room temperature. In addition, the aroma intensity of many products was perceived as too low, which was considered optimal in the penalty analysis.

The qualitative statements of the respondents make it clear that a “natural” flavor perception is preferred, but that this should be combined with sufficient flavor intensity. Many participants perceive drinking food as a necessary evil associated with ageing rather than as a pleasurable product. This indicates a potential to increase the enjoyment value and acceptance through targeted optimization.

Based on the results, it is recommended that the sensory quality of drinking foods be improved through more intensive flavoring, an optimized drinking temperature and an adaptation to known consumption habits (e.g. chilled presentation as a dessert or warm as a coffee substitute). In addition, targeted communication about alternative forms of consumption and sensory-optimized product variants could help to establish drinkable foods as an attractive and enjoyable supplement to nutrition in old age.

Literatur

DAVENPORT R J (2004): The flavor of aging. *Science of Aging Knowledge Environment*, 2004(12).
DOTY R L und KAMATH V, 2014: The influences of age on olfaction: A review. *Frontier Psychology*, 5, 20.

HUTCHINGS S C, FOSTER K D, GRIGOR J M V, BRONLUND J E und MORGENSTERN M P (2014): Temporal dominance of sensations: A comparison between younger and older subjects for the perception of food texture. *Food Quality and Preference*, 31, 106–115.

METHVEN L, JIMENEZ-PRATENDA M L und LAWLOR J B (2016): Sensory and consumer science methods used with older adults: A review of current methods and recommendations for the future, *Food Quality and Preference*, Volume 48, Part B, Pages 333-344, ISSN 0950-3293, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.07.001>.

NATIONAL HEALTH SERVICE (2015): Malnutrition. URL: <<http://www.nhs.uk/conditions/malnutrition/pages/introduction.aspx>>. Accessed 6 May 2015.

STATISTIK AUSTRIA (2024, September 26): Lebenserwartung bei der Geburt in Österreich nach Geschlecht von 2013 bis 2023 (in Jahren) [Graph]. In Statista. Zugriff am 29. Januar 2025, von <https://de-statista-com.wn.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/18642/umfrage/lebenserwartung-in-oesterreich/>, abgerufen am 29.01.2025

VAN HECKE G (2024): Fresubin® oder YFood®? Unterschiede bei Trinknahrungen. In: Die PTA in der Apotheke. Umschau Zeitschriftenverlag GmbH. 23.7.2024, abgerufen am 31.01.2025

WITHERS C, GOSNEY M A und METHVEN L (2013): Perception of thickness, mouth coating and mouth drying of dairy beverages by younger and older volunteers. Journal of Sensory Studies, 28(3), 230–237.

Adressen der Autoren

Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Kathrin HEIM BA MA, kathrin.heim@fhwn.ac.at

Okara als Alternative zu Mandelmehl in Schokolademacarons

Okara as an alternative to almond flour in chocolate macarons

Anna Freytag und Andrea Reiterlehner*

Einleitung

Im Jahr 2022 wurden etwa 2,5 Milliarden Tonnen an Lebensmitteln verschwendet oder gingen entlang der Lebensmittelherstellung verloren (Global food waste in 2023, 2023). Bei der industriellen Erstverarbeitung von pflanzlichen Lebensmitteln fallen Jahr für Jahr Millionen Tonnen an Nebenprodukten an. Beispiele dafür sind beschädigte Rohstoffe, Samen, Schalen, Spelzen, Kleie, Ölkuchen und Melasse. Einige dieser Nebenprodukte sind reichhaltige Quellen für diverse Vitamine, Ballaststoffe oder Proteine. (Rațu et al., 2023, 1). Vor dem Hintergrund globaler Herausforderungen wie Ressourcenknappheit, Lebensmittelverschwendung und dem Bedarf an nachhaltigen Ernährungssystemen rückt die gezielte Verwertung solcher Nebenprodukte zunehmend in den Fokus lebensmitteltechnologischer Forschung (Safdie, 2023).

Im Zuge dieser Forschungsarbeit wurde das Nebenprodukt Okara, welches bei der Sojadrinkproduktion anfällt, für die Herstellung von Macarons als Alternative zu Mandelmehl verwendet. Es wurden Versuchsreihen durchgeführt, um den Einfluss verschiedener Okara-Konzentrationen auf die Eigenschaften der Macarons zu testen. Die gezielte Trocknung und Verarbeitung von Okara ermöglichte die Entwicklung eines Schokolademacarons mit 30 % Okaraanteil, das hinsichtlich Konsistenz, Glanz und Struktur mit der klassischen Variante auf Mandelmehlbasis vergleichbar ist.

Material und Methoden

Produktentwicklung: Zur Entwicklung von Macarons mit Okara als Mandelmehlersatz wurden in mehreren Versuchsstufen systematische Backversuche durchgeführt. Zunächst erfolgten Vorversuche mit frischem und anschließend mit getrocknetem Okara zur Beurteilung der Backeigenschaften und sensorischen Eignung. Das Okara wurde bei 100 °C im Heißluftofen getrocknet, gemahlen, zweifach gesiebt und hatte nach dem Trocknen einen Wassergehalt von 3,83%. In den Hauptversuchen wurde das Mandelmehl vollständig durch getrocknetes Okara ersetzt, wobei sechs abgestufte Mengenverhältnisse (50 %, 45 %, 40 %, 35 %, 30 % und 25 %) getestet wurden. Die Macarons wurden unter konstanten Bedingungen (140 °C, Heißluft, offener Zug) gebacken, mit einer standardisierten Schokoladenganache gefüllt und hinsichtlich Struktur, Textur und Optik beurteilt. Für die sensorische Beurteilung wurden die sechs Proben mit unterschiedlichen Okara Anteilen anhand ihrer Konsistenz als auch dem Aussehen bewertet. Dabei zeigte sich folgendes: Die höheren Okara-Anteile (50 % bis 40 %) führten zu unerwünschten Eigenschaften: Die Schalen zeigten eine grobe Porung, waren sandig im Mundgefühl oder zu kompakt in der Konsistenz. Bei einem Anteil von 35 % konnte erstmals eine einheitliche Oberflächenstruktur beobachtet werden, die Konsistenz war jedoch noch leicht zu kompakt. Die 30 %-Variante zeigte im Vergleich die besten Ergebnisse: Die Oberfläche war glatt und glänzend, das Innere nur stellenweise leicht hohl, und das Mundgefühl ähnelte jenem klassischer Macarons am stärksten. Bei einem Okaraanteil von 25 % war das Ergebnis zwar ebenfalls optisch gelungen, die Schalen waren jedoch sehr hohl.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde die 30 %-Okara-Variante als optimale Rezeptur identifiziert und für die sensorische Akzeptanzprüfung mit 100 Proband:innen ausgewählt.

Hedonische Prüfung – Akzeptanztest: Zur sensorischen Bewertung der Okaramacarons wurde ein Akzeptanztest mit ungeschulten Konsument:innen durchgeführt. Bewertet wurden je ein Schokolademacaron mit Mandelmehl sowie eines mit 30 % getrocknetem Okara als Mandelmehlersatz. Dabei kam eine hedonische 9-Punkte-Skala zum Einsatz, mit der Aussehen, Geruch und Geschmack getrennt bewertet wurden. Die Skala reichte von „Mag ich überhaupt nicht“ bis „Mag ich besonders gern“. Die Verkostung erfolgte in sequenziell monadischer Form unter kontrollierten Bedingungen, die Proben wurden randomisiert und blind codiert. Die Mittelwerte der Akzeptanzurteile dienten der Bewertung der allgemeinen Produktakzeptanz. Ziel war es, die sensorische Beliebtheit der Okaramacarons im Vergleich zu herkömmlichen Macarons zu erfassen.

Ergebnisse und Diskussion

An der sensorischen Akzeptanzprüfung nahmen insgesamt 100 ungeschulte Proband:innen teil, wobei der Großteil der Teilnehmenden (etwa zwei Drittel) der Altersgruppe zwischen 22 und 28 Jahren zuzuordnen war. Der Frauenanteil lag bei 72 %. 83 % der Personen hatten bereits vor der Verkostung Erfahrungen mit dem Produkt „Macaron“.

Im Rahmen der sensorischen Prüfung wurden zwei Produktvarianten getestet: ein klassisches Schokoladenmacaron auf Mandelmehlbasis sowie ein Macaron, bei dem 30 % des ursprünglich vorgesehenen Mandelmehls durch getrocknetes Okara ersetzt wurden. Die sensorische Bewertung erfolgte mittels einer hedonischen 9-Punkte-Skala zu den Attributen Aussehen, Geruch, Geschmack, Nachgeschmack, Konsistenz und Gesamtakzeptanz. Zusätzlich kamen Freitextfragen sowie eine Penalty-Analyse („Just About Right“-Skala) zum Einsatz.

Das Aussehen wurde bei der Referenzvariante mit Mandelmehl signifikant besser bewertet: 90 % der Proband:innen vergaben Bewertungen im positiven Bereich („mag ich gern“ bis „mag ich besonders gern“), während dies beim Okaramacaron lediglich 67 % taten.

Bezüglich des Geruchs zeigten sich geringe Unterschiede zugunsten der Okara-Variante. Diese wurde von 95 % der Testpersonen positiv bewertet, während die Mandelmehlvariante in diesem Bereich um 10 % schwächer abschnitt.

Die Analyse des Geschmacks ergab, dass 95 % der Proband:innen das Okaramacaron im positiven Bereich der Skala einordneten. Im Vergleich dazu wurde das Mandelmehlmacaron von 87 % der Teilnehmenden ähnlich positiv beurteilt. Das Okaramacaron wies zudem geringere Ablehnungswerte („mag ich nicht besonders“ oder schlechter) auf.

Die Konsistenz wurde bei beiden Proben mehrheitlich als angenehm empfunden. 92 % der Bewertungen zur Okara-Variante lagen im positiven Bereich der Skala, verglichen mit 88 % bei der Mandelmehlprobe. Auffällig war, dass die Okara-Probe mit 25 % deutlich häufiger mit „mag ich besonders gern“ bewertet wurde als die Vergleichsprobe (16 %).

In Bezug auf die Gesamtakzeptanz zeigte sich ein leichter Vorteil für das Okaramacaron. Der Mittelwert lag bei 7,44, während die Mandelmehlvariante mit einem Durchschnittswert von 7,16 knapp dahinter lag. Die geringen Standardabweichungen deuten auf eine homogene Urteilsverteilung innerhalb der Stichprobe hin.

Die qualitative Auswertung der offenen Antworten ergab, dass bei beiden Varianten die Konsistenz, der Geschmack und der Schokoladenanteil besonders häufig positiv hervorgehoben wurden. Kritikpunkte beim Okaramacaron betrafen vorrangig das Aussehen und die wahrgenommene Süße, die teilweise als unausgewogen beschrieben wurde.

Die Penalty-Analyse anhand der JAR-Skala zeigte, dass die Knusprigkeit und Weichheit bei beiden Proben überwiegend als „genau richtig“ bewertet wurden. Bei der Okara-Variante wurden 71,38 % der Bewertungen für die Knusprigkeit und 72,24 % für die Weichheit als optimal eingeordnet. Diese Werte liegen in einem vergleichbaren Bereich zur Mandelmehlprobe.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Macaron-Variante mit 30 % getrocknetem Okara hinsichtlich Geschmack, Nachgeschmack, Konsistenz und Gesamtakzeptanz mit der klassischen Referenzprobe nicht nur vergleichbar ist, sondern in einzelnen sensorischen Parametern sogar signifikant besser bewertet wurde. Das äußere Erscheinungsbild schnitt bei der Okara-Variante schwächer ab. Aus technologischer und sensorischer Sicht ist somit festzuhalten, dass der Ersatz von Mandelmehl durch Okara in der gewählten Dosierung von 30 % eine vielversprechende Alternative zur klassischen Rezeptur darstellt.

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung einer alternativen Rezeptur für Schokoladenmacarons unter teilweisem Ersatz von Mandelmehl durch Okara, einem ballaststoffreichen Nebenprodukt der Sojadrinkherstellung. Vor dem Hintergrund globaler Lebensmittelverluste und im Sinne nachhaltiger Nebenproduktverwertung wurde untersucht, inwieweit sich getrocknetes Okara sensorisch und technologisch als funktioneller Bestandteil in der Macaronsherstellung eignet.

In den Hauptversuchen wurde Mandelmehl durch sechs abgestufte Anteile getrockneten Okaras (25–50 %) ersetzt und die Backeigenschaften sowie die sensorischen Parameter systematisch analysiert. Die Variante mit 30 % Okara zeigte in Bezug auf Oberflächenstruktur, Textur und Mundgefühl die größte

Ähnlichkeit zum klassischen Produkt und wurde daher für die anschließende sensorische Akzeptanzprüfung ausgewählt. Diese wurde mit 100 ungeschulten Konsument:innen durchgeführt und mittels hedonischer 9-Punkte-Skala sowie Just-About-Right-Analyse ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Okara-Variante in den Kategorien Geschmack, Nachgeschmack, Konsistenz und Gesamtakzeptanz vergleichbare bis bessere Bewertungen als das Mandelmehlprodukt erzielte. Lediglich das Aussehen wurde bei der klassischen Variante positiver beurteilt. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass durch gezielte technologische Anpassung eine sensorisch akzeptierte und nachhaltige Produktalternative auf Basis von Okara hergestellt werden kann. Damit leistet die Arbeit einen Beitrag zur innovativen Nebenproduktverwertung und Produktdiversifizierung in der Backwarenindustrie.

Abstract

The objective of this study was to develop an alternative formulation for chocolate macarons by partially replacing almond flour with okara, a fiber-rich byproduct of soymilk production. In light of global food loss and the need for sustainable byproduct utilization, this research investigated the sensory and technological suitability of dried okara as a functional ingredient in macaron production.

In the main experimental phase, almond flour was substituted with six graded levels of dried okara (25–50%), and the resulting samples were systematically analyzed with respect to their baking performance and sensory characteristics. The formulation containing 30% okara exhibited the greatest similarity to the conventional product in terms of surface structure, texture, and mouthfeel, and was therefore selected for subsequent sensory acceptance testing.

This consumer test was conducted with 100 untrained panelists and evaluated using a 9-point hedonic scale combined with a Just-About-Right (JAR) analysis. The results demonstrated that the okara-based formulation received comparable or superior ratings to the almond flour control in terms of flavor, aftertaste, texture, and overall acceptance. The only attribute where the traditional version was rated more favorably was appearance.

These findings indicate that, through targeted technological adjustments, it is possible to create a sensory-acceptable and sustainable product alternative using okara. This study thus contributes to innovative byproduct valorization and product diversification within the bakery industry.

Literatur

GLOBAL FOOD WASTE in 2023. (2023, 22. August). Website. <https://greenly.earth/enus/blog/ecology-news/global-food-waste-in-2022>

RATU, R. N., VELESCU, I. D., STOICA, F. (2023). Application of Agri-Food By-Products in the Food Industry. *Agriculture*, 13 (1559), 1-3. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081559>

SAFDIE, S. (2023, 22. August). Global Food Waste in 2023. Website. <https://greenly.earth/en-us/blog/ecology-news/global-food-waste-in-2022>

Adressen der Autoren

Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Andrea REITERLEHNER BEd., MA, andrea.reiterlehner@fhwn.ac.at

Untersuchungen zum Verlauf des pH-Werts während des Pressvorgangs von Weißweintrauben und Rotweinmaische

Investigations into the pH value during the pressing process of white wine grapes and red wine mash

Michael Doberer*, Sebastian Oberschil und Davin Wittmann

Einleitung

Die Gewinnung des Mostes aus Weintrauben entsteht durch Anwendung von Druck im Prozess des Pressens. Der entstehende Most kann in drei Fraktionen unterteilt werden: der Seihmost, der Pressmost und der Scheitermost.

Die Zusammensetzung der unterschiedlichen Pressfraktionen ist unterschiedlich, eine grobe Unterteilung ist in Abbildung 1 zu sehen. Sie veranschaulicht den Effekt der Traubenverarbeitung auf die Inhaltsstoffe des Mostes. Es wird deutlich, dass das Stehenlassen auf der Maische dem Most bzw. dem späteren Wein mehr Inhaltsstoffe verleiht, deren Einfluss auf die Weinqualität sowohl positiv als auch negativ sein kann (CHRISTMANN, 2001). Beim Vergleich der Traubenverarbeitungsmethoden in aufsteigender Reihenfolge – Ganztraubenpressung, Normalpressung und Maischestandzeit – zeigen sich deutliche Unterschiede in der Konzentration verschiedener Inhaltsstoffe. Mit zunehmender Extraktionsintensität (von Ganztraubenpressung über Normalpressung zur Maischestandzeit) werden immer mehr Inhaltsstoffe freigesetzt. Dabei nimmt die Menge an Fehlaromen, Trub, Polysacchariden, Aminosäuren, Gesamtstickstoff, Aromastoffen, phenolischen Substanzen, pH-Wert, Kalium und Extrakt zu. Diese Stoffe können die Weinqualität positiv beeinflussen, indem sie beispielsweise zur Komplexität und Intensität der Aromen beitragen. Sie können die Qualität auch negativ beeinflussen durch das Entstehen unerwünschter Geschmacksnoten oder durch erhöhte Trubgehalte. Spannend sind die Ergebnisse des Kaliums, welches über eine längere Maischeverweildauer im Most extrahiert wird. Diese Erhöhung des Kaliumgehalts führt zu einem Weinsteinausfall, wodurch der Weinsäuregehalt sinkt (CHRISTMANN, 2001). Die Konsequenz dieses Prozesses ist eine Abnahme der titrierbaren Gesamtsäure. Mit dem Kaliumanstieg und der Minderung der Weinsäure steigt der pH-Wert des Produkts. Die Tendenz des stei-

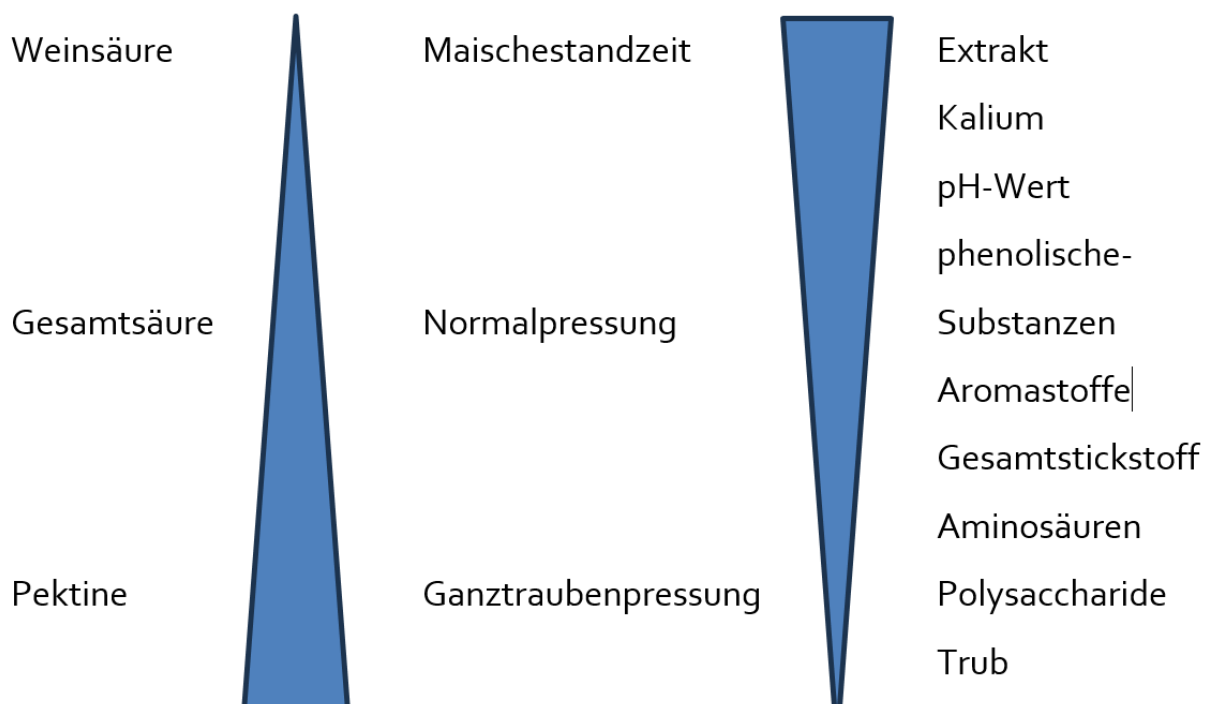


Abbildung 9: Einfluss der Traubenverarbeitung auf sensorisch wichtige Inhaltsstoffe nach CHRISTMANN (2001)

genden pH-Werts beim Pressvorgang frischer Trauben lässt sich in mehreren Arbeiten, wie beispielsweise auch von Darias-Martín et al. (2004), bestätigen. Diese Arbeit ist ein weiterer Beitrag zu den Untersuchungen des pH-Werts während des Pressvorgangs.

Höhere pH-Werte im Most können negative Folgen auf viele Aspekte der Weinbereitung haben. Die SO_2 -Dissoziation sinkt deutlich, die mikrobiologische Stabilität wird allgemein gefährdet bei höheren pH-Werten und Schönungsmittel wie bspw. Bentonit wirken schlechter. Ein wesentlicher Einflussfaktor auf den pH-Wert ist Kalium: Während des Pressvorgangs wird Kalium aus den Beerenbestandteilen gelöst. Es reagiert mit Weinsäure zur Bildung von Kaliumhydrogentartrat, das teilweise ausfällt. Dadurch sinkt der Gehalt an freier Weinsäure im Most, was zu einem Anstieg des pH-Werts führt.

Die Untersuchung von Christmann (2001) zeigt ebenso, dass während des Pressvorgangs bei der Verarbeitung von Trauben eine spezifische Verteilung der Mostausbeute in Abhängigkeit von der Presszeit und dem anliegenden Druck vorhanden ist. Während der ersten 15 Minuten der Aufschüttzeit flossen bereits 55 % der Gesamtmostmenge von der Presse ab (CHRISTMANN, 2001). In den nächsten 30 Minuten, bei einem Druckanstieg bis zu 0,2 bar, wurden weitere 27 % der Mostmenge gewonnen. Somit konnten innerhalb von 25 % der gesamten Presszeit insgesamt 80 % der erzielbaren Mostausbeute erreicht werden. Um die verbleibenden 17 % der Mostmenge auszupressen, waren jedoch 75 % der gesamten Presszeit erforderlich.

In dieser Arbeit wird untersucht, wie stark sich der pH-Wert im Verlauf des Pressvorgangs frischer weißer Trauben und roter Maische verändert und in welchem Zusammenhang diese Veränderung mit dem Kaliumgehalt bei den weißen Traubenpressungen steht. Ziel ist es, die Dynamik dieser beiden Parameter messtechnisch zu erfassen und daraus mögliche Ableitungen für das Pressen zu treffen.

Material und Methoden

In Abbildung 2 ist der Versuchsplan zu sehen, bei dem zuerst die ganzen Trauben gerebelt und in die Presse befördert wurden. An der HBLAuBA für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg, Niederösterreich, wurden vier Varianten gepresst, drei mit Weißweitrauben und eine mit Rotweinformaische (nach einer Maischegärung). Zusätzlich wurden drei Weißweinvarianten am Weingut Oberschil in Hagenbrunn, Niederösterreich, durchgeführt.

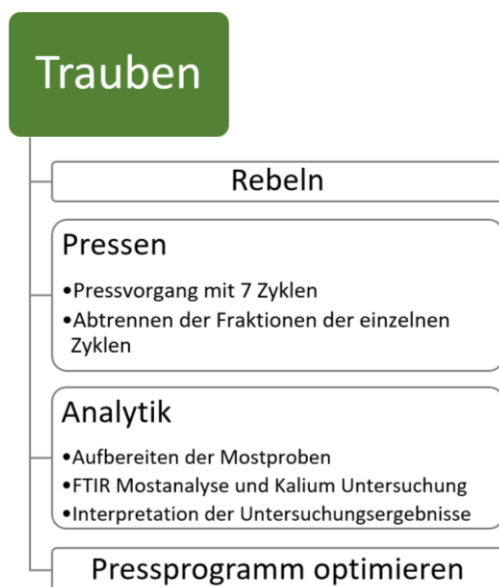


Abbildung 10: **Versuchsplan**

Tabelle 1: **Varianten, Rebsorten und Verarbeitungsbetrieb**

V1	Grüner Veltliner	HBLAuBA
V2	Gemischter Satz	HBLAuBA
V3	Weißburgunder	HBLAuBA
V4	Roesler	HBLAuBA
V5	Grüner Veltliner	Weingut Oberschil
V6	Grüner Veltliner	Weingut Oberschil
V7	Blütenmuskateller	Weingut Oberschil

Die verwendeten Rebsorten sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Probenahme für die Analysen erfolgte jeweils während der Druckhaltezeit der einzelnen Presszyklen. Die eingestellten Drücke der Presszyklen sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Proben wurden einerseits mit einer FTIR-Analyse für typische Mostparameter untersucht und zusätzlich wurde der Kaliumgehalt mittels AAS bestimmt. Bei den Varianten am Weingut Oberschil wurde nur der pH-Wert ermittelt. Die verwendeten Pressen waren beides geschlossene pneumatische Tankpressen der Firma Wottle. An der HBLAuBA war es der Typ TPG 2600 Smart Press und am Weingut Oberschil der Typ TPN 2200.

Für die Auswertung wurden die Ergebnisse der pH-Wertmessungen und zum Teil die Kaliummessungen zu den unterschiedlichen Presszyklen miteinander verglichen und korreliert. Zusätzlich wurde eine Anova durchgeführt, um herauszufinden, ob die Presszyklen einen Einfluss auf den pH-Wert und auf den Kaliumgehalt aufweisen.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 2: **pH-Werte und Kaliumgehalte der Varianten zu den Presszyklen**

Presszyklus	Druck	pH V1	K V1	pH V2	K V2	pH V3	K V3	pH V4	pH V5	pH V6	pH V7
0	0,0 bar	3,42	1815	3,35	1333	3,42	1457	3,49	3,33	3,45	3,43
1	0,3 bar	3,56	1967	3,54	1694	3,5	1769	3,48	3,50	3,53	3,45
2	0,5 bar	3,59	1945	3,62	1878	3,56	1880	3,48	3,56	3,55	3,46
3	0,8 bar	3,61	1993	3,65	1962	3,6	1949	3,47	3,60	3,58	3,47
4	1,0 bar	3,66	2057	3,7	2059	3,63	2004	3,48	3,66	3,66	3,48
5	1,2 bar	3,7	2153	3,76	2140	3,68	2052	3,47	3,67	3,68	3,54
6	1,5 bar	3,77	2214	3,88	2238	3,74	2193	3,47	3,70	3,72	3,54
7	1,8 bar	3,83	2291	3,92	2318	3,85	2261	3,48	3,70	3,75	3,55

Die Ergebnisse der pH-Werte aller Varianten und die Kaliumgehalte der Varianten 1-3 sind in Tabelle 2 dargestellt. Bei allen sechs weißen Rebsorten (V1-V3, V5-7) ist erkennbar, dass die pH-Werte mit fortlaufendem Presszyklus und somit auch zunehmenden Druck ansteigen. Bei der Rotweinsorte (V4) steigt der pH-Wert nicht an. Die Ergebnisse des Bestimmtheitsmaßes zwischen pH-Wert und Kaliumgehalt zu den unterschiedlichen Presszyklen sind in Tabelle 3 dargestellt. Es sind nur die Bestimmtheitsmaße der Varianten 1-3 dargestellt, da bei den Varianten 4-7 keine Kaliumgehalte gemessen wurden. Es zeigt sich, dass bei den weißen Presschargen eine hohe Korrelation vorhanden ist zwischen pH-Wert

und Kaliumgehalt. Mit fortlaufender Zahl des Presszyklus und damit fortlaufender Erhöhung des Pressdrucks steigt der pH-Wert und der Kaliumgehalt an. Das Kalium wird aus den Beerenschalen extrahiert. Der pH-Wert steigt an im Most, da das Kalium mit Weinsäure reagiert und gepuffert wird. Bei den weißen Pressvarianten war ein pH-Wert-Anstieg pro bar Druck von 0,07 bis zu 0,30 zu verzeichnen. Ebenfalls stieg der Kaliumgehalt pro bar Druck von 252 mg/l bis zu 502 mg/l. Der Kaliumgehalt pro pH-Einheit stieg um 1204 mg/l bis zu 1793 mg/l an.

Von den weißen Varianten stieg bei V7 der pH-Wert geringer an als bei den restlichen weißen Varianten. Diese Variante ist die Einzige, die eine kurze Maischestandzeit von zwei Stunden vor der Pressung hatte. Insofern ist hier davon auszugehen, dass der einflussgebende Faktor auf den geringeren pH-Wert Anstieg nicht die Rebsorte Blütenmuskateller ist, sondern die Maischestandzeit.

Die Werte des pH-Werts während der Rotweinpresse (V4) verwundern nicht. Die Rotweincharge wurde nach einer zweiwöchigen Maischegärung gepresst. Hier kann davon ausgegangen werden, dass das Kalium aus den Traubenschalen vollständig extrahiert wurde und somit während des Pressvorgangs kein weiteres Kalium extrahiert wurde und der pH-Wert gleichbleib.

Tabelle 3: Bestimmtheitsmaß der Varianten 1-3

Variante	Bestimmtheitsmaß pH-Wert zu K	p-Wert Bestimmtheitsmaß ($\alpha=0,05$)
V1	0,9712	<0,001
V2	0,9711	<0,001
V3	0,9252	<0,001

Die ANOVA für die Presszyklen und den pH-Werten ergab einen signifikanten Unterschied ($F(7, 40) = 13,26$, $p < 0,00000001$), was darauf hinweist, dass die pH-Werte zu den verschiedenen Presszyklen signifikant unterschiedlich sind. Die ANOVA für die Presszyklen und die Kaliumgehalte ergab ebenso einen signifikanten Unterschied ($F(7, 16) = 15,51$, $p < 0,00001$). Es zeigt, dass der Kaliumgehalt zu den verschiedenen Presszyklen ebenso signifikant variiert. In den Abbildungen drei und vier sind die pH-Werte und die Kaliumgehalte der weißen Varianten dargestellt.

Allgemein ist fraglich, dass obwohl in dieser Arbeit der pH-Wert zu den Presszyklen mit den aufsteigenden Drücken untersucht wurde und das Ergebnis sehr klar ist, ob nicht der Druck der ausschlaggebende Faktor ist, sondern nicht eher der Faktor Zeit. Dazu sind weitere Untersuchungen notwendig. Die Ergebnisse sind recht klar, dennoch sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden um zu überprüfen, ob weitere Faktoren einen Einfluss haben. So könnten sich Unterschiede ergeben aufgrund der Rebsorte, der Verweildauer der Trauben im Saft (Maischestandzeit oder keine/Lesemaschine oder Handlese), aufgrund der Temperatur, Einsatz eines Reblers und mehr. Zusätzlich sollte untersucht

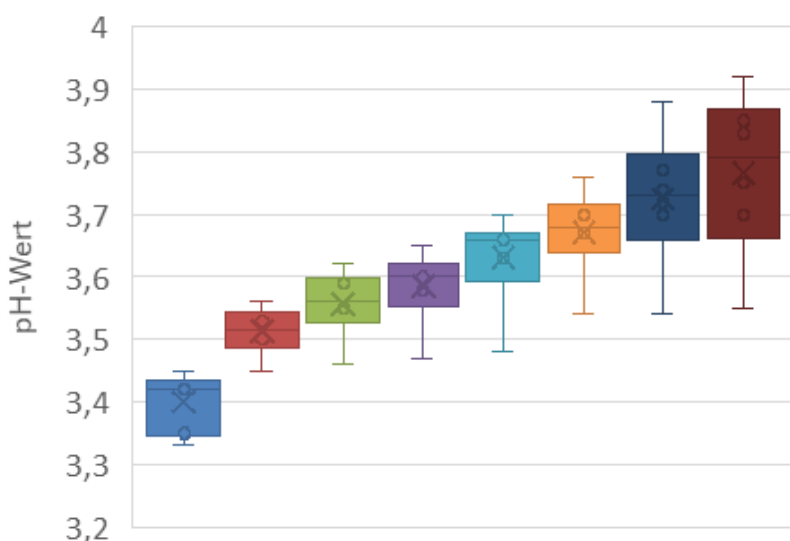


Abbildung 11: Boxplot pH-Werte der weißen Varianten (V1-V3, V5-V6) zu den Presszyklen

werden, ob der pH-Wert bei unterschiedlichen Faktoren ähnlich stark ansteigt oder es Unterschiede gibt.

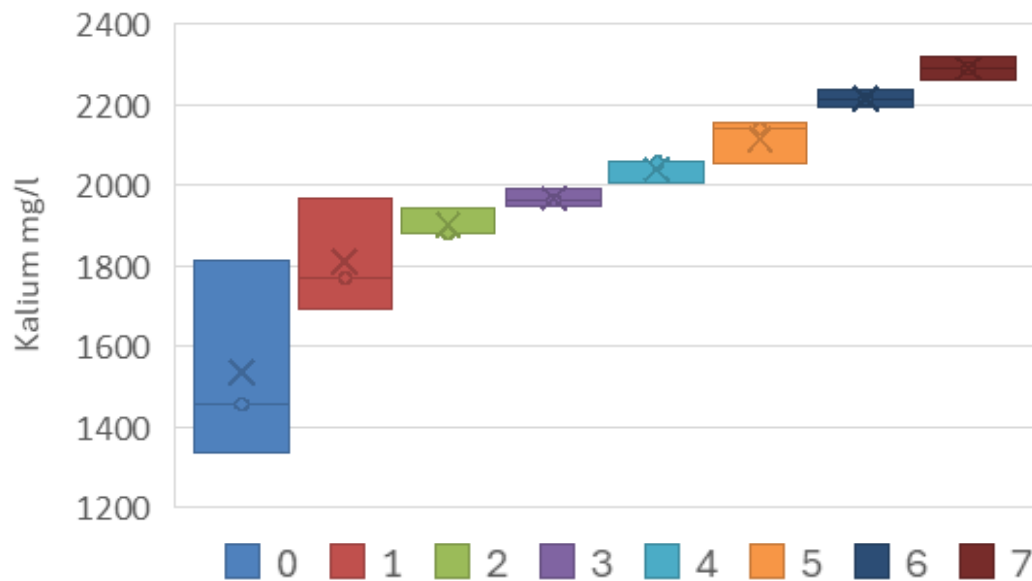


Abbildung 12: Boxplot Kaliumwerte der weißen Varianten V1-V3 zu den Presszyklen

Zusammenfassung

In der Arbeit wurden bei sieben Pressvorgängen (davon sechs mit frischen Trauben von Weißweinsorten und eine Rotweinmaischepressung) laufend Proben gezogen und die Parameter pH-Wert mit dem Pressdruck und Kaliumwerte verglichen. Die Untersuchungen zeigen, dass höherer Pressdruck den pH-Wert des Mostes durchschnittlich um 0,19 pro bar Druck erhöht, was mit einer verstärkten Kaliumfreisetzung aus den Beerenschalen korreliert. In der Praxis führt dies zu Veränderungen in der Weinqualität, insbesondere hinsichtlich mikrobiologischer Stabilität und SO₂-Dissoziation. Bei Rotwein blieb der pH-Wert stabil, da Kalium bereits während der Maischegärung ausgelaugt wurde. Andere Studien bestätigen den Zusammenhang zwischen Druck, Kaliumgehalt und pH-Wert.

Abstract

In this study, samples were continuously taken during seven pressing processes (six of which were carried out with fresh white wine grapes and one with red wine mash), and the pH parameters were compared with the pressing pressure and potassium levels. The investigations show that higher pressing pressure increases the pH of the must by an average of 0.19 per bar of pressure, which correlates with increased potassium release from the grape skins. In practice, this leads to changes in wine quality, particularly with regard to microbiological stability and SO₂ dissociation. In red wine, the pH remained stable because potassium was already leached out during the mash fermentation. Other studies confirm the relationship between pressure, potassium content, and pH.

Literatur

CHRISTMANN, M (2001): Schonende Traubenverarbeitung. Theoretische Grundlagen, Konsequenzen und Auswirkungen. 1. Auflage, Meiningen
DARIAS-MARTÍN, J., DÍAZ-GONZÁLEZ, D., DÍAZ-ROMERO, C. (2004): Influence of two pressing processes on the quality of must in white wine production. Journal of Food Engineering 63, 337-339.

Adressen der Autoren

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: DI Michael DOBERER, michael.doberer@weinobst.at

Untersuchungen zu unterschiedlichen Gärungstypen bei Wein

Influence of varying protein and starch contents on the ethanol yield of cereals and maize

Michael Doberer*, Viktoria Wurst, Leonhart Duffek, David Reinberger,
Emil Pudill und Pavol Michalek

Einleitung

Das Projekt Pied de Cuve der HBLAuBA für Wein- und Obstbau beschäftigt sich mit unterschiedlichen Gärmethoden bei Wein. Hier ist ein Bericht erster Ergebnisse des Projekts, das eine Laufzeit bis Ende 2027 hat. Die Ergebnisse wurde gewonnen durch die tatkräftige Unterstützung von fünf Schülerinnen und Schülern der HBLA, die im Rahmen ihrer Diplomarbeiten mitgewirkt haben.

Das Projekt soll weitere Erkenntnisse im Bereich der Gärung von Wein bringen. Der Einsatz von Reinzuchthefer ist die verbreitetste Variante der Gärung von Wein. Dabei wird üblicherweise käuflich erwerbbare Trockenhefe, die rehydriert werden muss, angewendet. Aufgrund der Wirkung der Hefen, die speziell für die Bedingungen in Wein selektiert werden, führt dies üblicherweise zu dem erwarteten Ergebnis, dass der komplette Zucker in Alkohol umgewandelt wurde und keine geschmacklich erkennbaren Fehltöne entstehen (Hamatschek, J. 2015). Die Spontangärung verzichtet auf den Einsatz von Reinzuchthefer. Das Ziel ist, dass die im Most vorhandene Hefe die Gärung durchführt. Die Hefen kommen hierbei aus mehreren Quellen, einerseits sind im Weingarten auf den Trauben Hefen vorhanden und während der Verarbeitung der Trauben zu Most gibt es reichlich Infektionsquellen, da auf den Gerätschaften im Weinkeller ebenso Hefen sind. Die Spontangärung kann ebenso zu einer vollkommenen Verarbeitung von Zucker zu Alkohol führen. Aufgrund des Verzichts der Reinzuchthefer ist das Risiko jedoch erhöht, dass eine Gärung nicht komplett abgeschlossen wird und Fehltöne entstehen. Dies liegt an den Bedingungen, die üblicherweise bei Spontangärungen vorherrschen. Eine geringere Anzahl an Hefezellen bedeutet einen langsameren Start der Gärung, mit der Folge, dass unerwünschte Mikroorganismen weniger stark von der Hefe unterdrückt werden können. Um auf eine höhere Hefezellzahl zu kommen, wird üblicherweise mit einem höheren Trubgehalt vergoren, was dazu führen kann, dass bei laufender Gärung der vermehrt vorhandene Trubgehalt eine wildere Gärung bewirken kann, mit der Konsequenz der leichteren Bildung von Fehltönen. Ein weiterer Ansatz der Gärung ist Pied de Cuve. Dabei wird ein Teil eines bereits gärenden Mostes einem frischen Most zugegeben (Börlin M. et al. 2020). Der gärende Most kann dabei aus einem anderen Tank kommen oder es wird ein Gäransatz extra im Weingarten erstellt, für den die Trauben im Weingarten eingemaischt werden, die Gärung beginnt spontan und der gärende Most kann als Gäransatz verwendet werden. Dies führt zu einem im Vergleich zu Spontangärung raschen Angären des Mostes, da eine hohe Hefezellzahl eingebracht wird. Zusätzlich kann sichergestellt werden, dass zumindest den Anfang der Gärung auch tatsächlich die Hefen aus dem Weingarten durchführen.

Die Gärung mittels Spontangärung wird häufig für die Produktion von Natural Wines angewandt. Für diese Art von Wein ist essenziell, dass möglichst wenig Einfluss durch önologische Maßnahmen wie Schönungen auf das Produkt einwirken. Diese Aussage ist aber ebenso für klassisch produzierte Weine treffend. Zusätzliche Maßnahmen sind erwünscht, die den Einsatz von Schönungsmittel möglichst reduzieren. Bentonit wird in der Weinbereitung angewendet, um thermolabile Proteine im Wein zu entfernen, damit diese nicht in der gefüllten Flasche zu Trübungen führen. Bentonit ist als Schönungsmittel nicht selektiv, die Anwendung führt zu Aromaverlusten im Wein.

Während der Lese 2024 gab es fünf unterschiedliche Versuche. Versuch 1 beschäftigte sich mit dem Vergleich der Gärmethoden Spontangärung, Gärung mit Reinzuchthefen und Gärung mittels Pied de Cuve. Versuch 2 beschäftigte sich mit dem Einfluss unterschiedlicher Trübungsgrade auf die Spontangärung, Versuch 3 beschäftigte sich mit dem Einfluss der Probenentnahmestelle auf die Hefezellzahlmessung, Versuch 4 beschäftigte sich mit dem Einfluss der Gärtemperatur bei Spontangärung auf den Bentonitbedarf der Weine und Versuch 5 beschäftigte sich mit der Qualität Spontanvergorener Weine. Ein Hinweis gleich vorweg. Die Ergebnisse sind aufgrund nicht klarer Bedingungen zum Teil sehr unerwartet gewesen. Aufgrund dessen mussten die Versuche zum Teil angepasst werden.

Material und Methoden

Für alle Versuche wurde der gleiche Most (der Sorte Grüner Veltliner) verwendet. Für Versuch 5 wurde ein zusätzlicher Most (Weißburgunder) verwendet. Beide Moste stammen aus Trauben der Weingärten in Klosterneuburg der HBLAuBA für Wein- und Obstbau. Die Trauben wurden von der Abteilung Kellerwirtschaft übernommen, gerebelt, gepresst, enzymiert und über Nacht in einen Tank zum Klären gegeben. Alle Gärungen des Grüner Veltliner wurden in 34 Liter Glasballons durchgeführt. Der Weißburgunder in Versuch 5 wurden im 220 Liter Maßstab durchgeführt. Bei allen Versuchen wurde das Zuckergewicht in °KMW und die Temperatur mittels Handbiegeschwinger bestimmt, FTIR-Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten für Most- und Weintypische Parameter wie Glucose, Fructose, Säuren, pH-Wert und Alkohol durchgeführt. Bei den Versuchen 1 bis 3 wurde ebenso die Hefezellzahl zu drei Zeitpunkten bestimmt. Die Zeitpunkte waren nach Beginn der Gärung, zu Mitte der Gärung und zu Ende der Gärung. Die Ergebnisse der Hefezellzahlbestimmungen werden hier noch nicht weiter beschrieben, da die Auswertung noch nicht vollständig ist.

Versuche 1-5	Grüner Veltliner Most	Jahrgang 2024	Lesegradation: 20,9° KMW
Versuch 5	Weißburgunder Most	Jahrgang 2024	Lesegradation: 18,4° KMW

Versuch 1

Es gab drei Varianten: Spontangärung, Reinzuchthefer und Pied de Cuve. Bei der Spontangärungsvariante wurden die Behälter nahezu randvoll gefüllt und die im Most vorhandenen Hefen sollten die Gärung von selbst (spontan) starten. Dies wurde bei allen Spontangärungen der Versuche 2-5 ebenso gehandhabt. Die Variante Reinzuchthefer wurde mit der Hefe 18-2007 der Firma IOC und dem Hefestarter Go-Ferm Sterol Flash beimpft. Die Hefe wurde dafür nach Produzierendenangabe rehydriert. Die Herstellung des Gäransatzes für die Pied de Cuve Variante war etwas komplizierter. Dafür wurden knapp 100 kg Grüner Veltliner Trauben aus dem gleichen Weingarten sechs Tage vor der Lese für den Most der Versuche gelesen. Die Trauben wurden in drei sterilisierte 60 L Plastikbehälter gegeben und mit dem Stielgerüst eingemaischt. Die Behälter blieben direkt im Weingarten. Die Maische hatte nach sechs Tagen eine Zuckergradation zwischen 0,1 und 0,9° KMW. Die Pied de Cuve Gäransätze wurden über ein Sieb von der Maische getrennt und für die drei Wiederholungen der Pied de Cuve Variante verwendet. Die Glasballons der drei Wiederholungen wurden mit 1,7 Liter Gäransatz befüllt und auf die 34 L mit Most vollgefüllt. Jede Variante des Versuch 1 wurde dreimal wiederholt, in Summe gab es neun Gärungen. Der Trübungsgrad wurde für den Versuch bei 153 NTU eingestellt, die eingestellte Gärtemperatur lag bei 20°C.

Versuch 2

Bei Versuch 2 gab es ebenso drei Varianten: die Gärungsart war die Spontangärung, der variierende Faktor war der Trübungsgrad. Variante 1 wurde mit 153 NTU (leichte Trübung) in die Gärung eingeleitet, Variante 2 mit 303 NTU (mittlere Trübung) und Variante 3 mit 588 NTU (starke Trübung). Jede Variante wurde dreimal wiederholt. Die eingestellte Gärtemperatur lag bei 20°C bei allen Varianten.

Versuch 3

Für Versuch 3 wurde zu Mitte der Gärung aus den Glasballons der Varianten aus Versuch 2 Proben gezogen. Der variierende Faktor war die Tiefe der Probenziehung in den 34 L Glasballons. Die Probenentnahmestelle 1 war am oberen Rand des Behälters, die Probenentnahmestelle 2 war knapp unterhalb der Mitte des Behälters. In Abbildung 1 sind die Behälter zu sehen. Ziel des Versuchs 3 war herauszufinden, es Unterschiede der Hefezellzahl an den zwei Probenentnahmestellen gab. Dies sollte dazu dienen, um die Ergebnisse der Hefezellzahl der Versuche 1 und 2 zu validieren.



Abbildung 13: **34 Liter Gärgebinde der Versuche**

Versuch 4

Für Versuch 4 wurde Most verwendet mit einem Trübungsgrad von 303 NTU, der Gärart Spontangärung und dem variierenden Faktor der eingestellten Gärtemperatur. Variante 1 wurde auf 20°C Gärtemperatur eingestellt, Variante 2 auf 25°C Gärtemperatur und Variante 3 auf 30°C. Jede Variante wurde dreimal wiederholt. Die Varianten wurden im Anschluss an die Gärung auf vorhandenes thermolabiles Protein untersucht. Dazu wurden pro Wiederholung fünf Erlenmeyerkolben mit je 100 ml Wein vorbereitet. Einer der fünf Erlenmeyerkolben wurden mit umgerechnet 50 g/hl Bentonit behandelt, einer mit 100 g/hl, einer mit 150 g/hl, 200 g/hl und einer wurde unbehandelt belassen.

Versuch 5

Dieser Versuch sollte ursprünglich die Qualität der entstandenen Weine aus den Versuchen 1, 2 und 4 untersuchen. Hier ist ein Ergebnis gleich vorweggenommen: alle entstandenen Weine aus den genannten Versuchen hatten am Ende der Gärung Werte der flüchtigen Säuren über dem Grenzwert und waren demnach verdorben. Dies zeigte sich in der Sensorik klar. Zu dem Zeitpunkt konnte der Betrieb der Abteilung Kellerwirtschaft noch 450 Liter unfiltrierten gekühlten Weißburgunder Most zur Verfügung stellen. Dieser wurde aufgeteilt in einen 220 Liter Stahltank und ein Barriquefass mit einem Volumen von ebenso knapp 220 L. Der NTU-Wert dieser Moste wurde nicht näher betrachtet, der Trub wurde vorab noch etwas aufgewirbelt, um eine für die Spontangärung notwendige Trübung aufzuweisen. Die zwei entstandenen Weine konnten für eine Verkostung verwendet werden. Bei der Kost nahmen 34 Verkostende teil, die meisten davon mit Expertise im Weinbereich. Der Fragebogen ist in Abbildung 2 zu sehen. Es sollte einerseits erfragt werden, welcher der beiden Weine besser schmeckt und ob und welcher Unterschied zwischen den Weinen besteht. Die Teilnehmenden wussten, dass die Verkostung zum Thema Spontangärung stattfand.

Verkostung

Welcher der beiden Weine schmeckt Ihnen besser?

- ☐ Probe 1
- ☐ Probe 2

Erkennen Sie einen Unterschied zwischen den beiden Weinen? (Fokus nicht auf den Zuckergehalt)

- ☐ Ja
- ☐ Nein

Was würden Sie sagen, ist der Unterschied zwischen den Weinen?

Abbildung 14: Fragebogen zu der Verkostung der zwei Weine aus Versuch 5

Ergebnisse

Es wurden für die Versuche zwar einige FTIR-Messungen von Most und Wein durchgeführt, allerdings werden die FTIR-Ergebnisse hier nicht weiter dargestellt. Die dargestellten Ergebnisse beschränken sich auf die gemessenen Mostgewichte. Der Grund dafür ist, dass keine der Gärungen den Zucker vollständig vergären konnte und die flüchtigen Säurewerte alle über dem gesetzlichen Grenzwert von 1,08 g/L lagen. Sensorisch war keiner der Grüner Veltliner Weine aus den Versuchen 1-5 fehlerfrei.

Versuch 1

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse des Versuchs 1 dargestellt. Sie stellen die gemittelten Mostgewichte in °KMW aus den drei Wiederholungen der Varianten Spontangärung (SP NTU 153) Reinzuchtheife (RZH NTU 153) und Pied de Cuve (PDC NTU 153) dar. Die Pied de Cuve Variante startet mit geringeren Mostgewichten durch die Zugabe des Gäransatzes. Ihre Gärung läuft anfangs am schnellsten. Die Spontangärungsvariante beginnt erwartungsgemäß später zu vergären und hat nach 60 Tagen immer noch ein Mostgewicht von über 7° KMW. Die Reinzuchtheifevariante gärt zwar stetig, allerdings ist diese Variante weit hinter den Erwartungen einer üblichen Reinzuchtgärung. Keine der Varianten konnte die Gärung nach 60 Tagen abschließen. Aufgrund der bereits stark vorhandenen flüchtigen Säurewerte wurden die Gärungen abgebrochen.

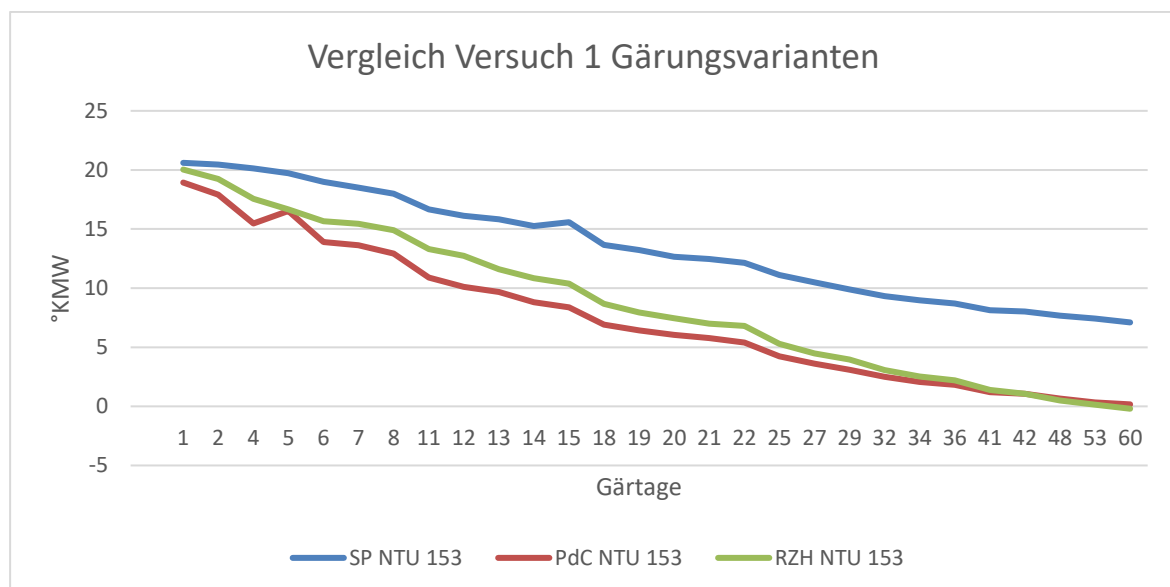


Abbildung 15: Gärverlauf der Varianten Versuch 1

Versuch 2

In Abbildung 4 sind die gemittelten Mostgewichte der unterschiedlichen Trübungsvarianten dargestellt. Die trübste Variante konnte am schnellsten das Mostgewicht reduzieren, gefolgt von der mittleren Trübungsvariante. Die Variante mit dem geringsten Trubanteil war am langsamsten. Alle Trübungsvarianten hatten die Gärung nach 60 Tagen noch nicht abgeschlossen (mit Mostgewichten zwischen 4° und 7° KMW) bei Werten der flüchtigen Säuren über dem Grenzwert.

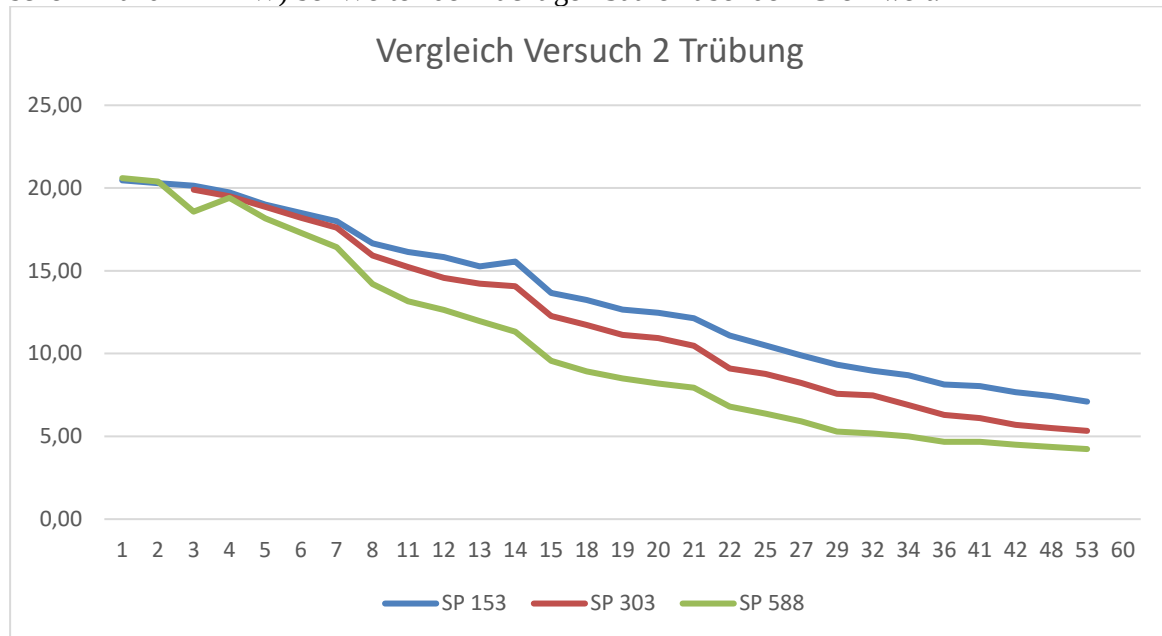


Abbildung 16: Gärverlauf der Varianten Versuch 2

Versuch 3

Da die Ergebnisse der Hefezellzahl in dieser Arbeit nicht dargestellt werden, werden die Ergebnisse des Versuchs 3 nicht näher erläutert. Die wichtigste Aussage soll aber nicht vorenthalten werden: es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Probenentnahmestellen bezüglich der Hefezellzahl.

Versuch 4

In Abbildung 5 sind die gemittelten Mostgewichte des Versuchs 4 dargestellt. Auch die Gärungen dieses Versuches konnten die Gärungen nicht abschließen, nach 51 Tagen wurden die Gärungen unterbrochen bei Mostgewichten zwischen 6° und 7° KMW. Wichtig zu erwähnen ist, dass die eingestellte Gärtemperatur nicht durchgehend die Gärtemperatur war, sondern jede der Varianten zumindest für sieben Tage die eingestellte Temperatur auch im Most erreichte.

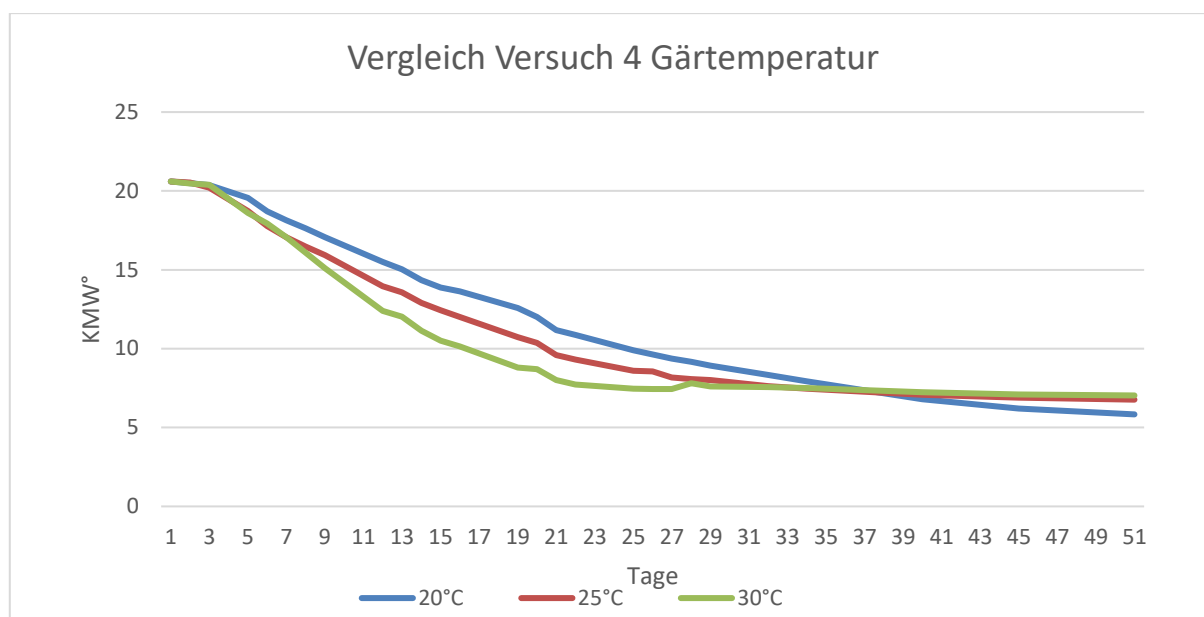


Abbildung 17: **Gärverlauf der Varianten Versuch 4**

Die Ergebnisse des Bentonitbedarfs sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Wiederholungen 1.1-1.3 sind die Weine der Variante mit 20°C, 2.1-2.3 die Weine der Variante mit 25°C und 3.1-3.3 die Weine der Variante mit 30°C. Bei Variante 20°C wäre eine Schönung von 100 g/hL Bentonit notwendig gewesen, bei den anderen beiden Varianten eine Schönung von 50 g/hL, um das thermolabile Eiweiß komplett zu entfernen. Insofern hat hier die höhere Temperatur von 25°C einen leichten Vorteil gebracht im Vergleich zu den 20°C eingestellter Gärtemperatur. Die 30°C bringen keinen weiteren Vorteil.

Tabelle 4: **Ergebnisse des Bentonitschönungsbedarfs**

Variante	Bentonit (0g)	50g	100g	150g	200g
1.1	Sediment	kleines Sediment	klar	klar	klar
1.2	Sediment	kleines Sediment	klar	klar	klar
1.3	Sediment	kleines Sediment	klar	klar	klar
2.1	leichte Trübung	klar	klar	klar	klar
2.2	leichte Trübung	klar	klar	klar	klar
2.3	leichte Trübung	klar	klar	klar	klar
3.1	leichte Trübung	klar	klar	klar	klar
3.2	leichte Trübung	klar	klar	klar	klar
3.3	leichte Trübung	klar	klar	klar	klar

Versuch 5

Die Weine konnten die Gärung innerhalb von knapp drei Wochen mit etwas erhöhten Restzuckergehalten von 10 g/L fast komplett abschließen. Die Ergebnisse der Verkostung zeigten, dass unter den Teilnehmenden der Barrique-Wein beliebter war. Insgesamt erhielt dieser Wein 20 Stimmen, während derahltank-Wein nur 13 Stimmen auf sich vereinen konnte. Drei Teilnehmende konnten keinen Unterschied zwischen den beiden Weinen feststellen, 31 erkannten einen Unterschied. Der Unterschied der beiden Weine war laut den Teilnehmenden auf den Behälter zurückzuführen, ein Unterschied aufgrund

der Gärung wurde nicht beschrieben. Dieser war auch nicht vorhanden, dennoch ist spannend, dass keiner der Teilnehmenden die Gärung ansprach, obwohl die Thematik bekannt war. Anscheinend ist die Wahl des Behälters wichtiger als die Wahl der Gärart.

Diskussion

Anhand der Ergebnisse können wenige, bis keine Erkenntnisse über die unterschiedlichen Fragestellungen gewonnen werden.

Bei Versuch 1 zeigt sich dennoch ein ungefährender Trend bei den Gärungen, auch wenn gewisse Parameter nicht den üblichen Bedingungen entsprachen. So ist sehr verwunderlich, dass selbst die Reinzuchthehevariante einen überaus langsamen Gärverlauf aufwies. Der Gäransatz Pied de Cuve hat zu Beginn gut funktioniert, letztlich konnte kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden. Auch die Spontangärungsvariante ist in Summe untypisch verlaufen. Die Praxis zeigte bereits vielfach, dass Spontangärungen gut funktionieren können.

Bei Versuch 2 war ein Trend zu erkennen, dass trübere Moste für die Spontangärung tendenziell von Vorteil sein können, da jedoch auch hier die flüchtigen Säurewerte zu hoch waren, konnten keine zusätzlichen sensorischen Auswertungen gemacht werden, die aufgrund der möglichen Gärndynamik bei hohen Trubgehalten spannend wären.

Die Ergebnisse des Versuches 4 sind durchaus spannend, aber auch diese sind sehr unüblich. Grüner Veltliner Weine sind bekannt dafür, einen sehr hohen Bedarf an Bentonit aufzuweisen. Schönungsmengen von bis zu 1000 g/hL können bei dieser Sorte vorkommen. Insofern sind die Ergebnisse des Versuches 4 sehr niedrig.

Generell ist davon auszugehen, dass die Bedingungen für die Gärungen, besonders für die Spontangärung schlecht waren. Obwohl der Grüner Veltliner am 12.9.2024 gelesen wurde, hatte dieser bereits eine Gradation von 20,9° KMW. Für Spontangärungen im kleinen Gebinde ist das wohl zu hoch. Und als letzter Punkt kann wohl das häufige Probenziehen und damit einhergehender Sauerstoffeintrag in die gärenden Moste genannt werden, als möglicher Faktor für ein Entstehen flüchtiger Säuren in den Weinen.

Die Versuche werden wiederholt unter angepassten Bedingungen um bessere Erkenntnisse zu gewinnen.

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Projekts über die Gärung bei Wein wurden im Lesejahr 2024 fünf Versuche durchgeführt. Die Gärungen konnten im kleinen Maßstab von 34 Litern nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Dennoch zeigen sich gewisse Tendenzen. Die Gärart mit dem Hefeansatz Pied de Cuve hat Potential, um Hefen aus dem Weingarten in den Weinkeller zu bringen und um ein rasches Angären des Mostes zu gewährleisten. Ein höherer Trubgehalt im Most ist vermutlich vorteilhaft für die Durchführung einer Spontangärung. Eine höhere Gärtemperatur von 25°C kann einen leicht positiven reduzierenden Einfluss auf die Aufwandsmenge von Bentonit für das Entfernen von thermolabilem Eiweiß bringen.

Abstract

As part of a project on wine fermentation, five trials were conducted in the 2024 harvest year. The fermentations could not be successfully completed on a small scale of 34 liters. Nevertheless, certain trends are emerging. The fermentation method using the "Pied de Cuve" yeast starter has the potential to bring yeasts from the vineyard into the winery and ensure rapid starting of the fermentation of the must. A higher sediment content in the must is likely beneficial for spontaneous fermentation. A higher fermentation temperature of 25°C can have a slightly positive, reducing effect on the amount of bentonite required to remove thermolabile proteins.

Literatur

HAMATSCHEK J. (2015): Technologie des Weines. Eugen Ulmer KG, 233-252.

BÖRLIN M. et al. (2020): The "pied de cuve" as an alternative way to manage indigenous fermentation: impact on the fermentative process and *Saccharomyces cerevisiae* diversity. *OENO One* 2020, 3, 435-442.

Adressen der Autoren

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: DI Michael DOBERER, michael.doberer@weinobst.at

Erste Erfahrungen bei der Weinbereitung mit Hilfe des Bakteriums *Zymomonas mobilis* anstelle der Hefe *Saccharomyces cerevisiae*

*First experiences in winemaking using the bacterium *Zymomonas mobilis* instead of the yeast *Saccharomyces cerevisiae**

Harald Scheiblhofer*, Michael Doberer, Patrick Bader, Lorenz Öhlzelt, Karin Mandl, Karin Silhavy-Richter und Elsa Patzl-Fischerleitner

Einleitung

Die Verwendung der Hefe *Saccharomyces cerevisiae* ist in der Praxis der Weinbereitung weitläufig etabliert. Allerdings könnten bei dieser in Zukunft als Folge des Klimawandels Probleme auftreten: steigende pH-Werte, sinkende Säurewerte und erhöhte Alkoholgehalte stellen die größten Probleme dar. Ziel dieser Arbeit war es, eine mögliche Alternative zu *Saccharomyces cerevisiae* zu finden, welche diese Probleme bewältigt und gleichzeitig über zufriedenstellende sensorische Eigenschaften verfügt. Nach ausgiebiger Recherche wurde das Bakterium *Zymomonas mobilis* für die Durchführung der Versuche ausgewählt.

Material und Methoden

In dieser Arbeit wurde im 25 Liter Maßstab bei den Sorten Cabernet Franc und Grüner Veltliner der Gärverlauf, die Gärungsnebenprodukte und die sensorischen Eigenschaften von *Zymomonas mobilis* untersucht. Die Ermittlung der analytischen Eigenschaften wurde überwiegend mittels FT-IR Analytik durchgeführt. Die sensorische Eignung der fertigen Weine wurde mittels Verkostung überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse erwiesen sich als durchaus positiv. Während der Vergärung des säurearmen weißen Mostes produzierte das Bakterium Milchsäure aus Zucker, wodurch am Ende ein Milchsäurewert von über 7 g/l (Abb. 4) und ein reduzierter Alkoholgehalt im Versuch mit Weißwein vorzufinden (Abb. 2) war. Zudem wies das Bakterium auch zufriedenstellende sensorische Eigenschaften auf. Die Weine im Weißwein-Versuch wurden (trotz ihrer kantigen Säure) als sehr gut mit Noten von exotischen Früchten, Grapefruit, Zitrone und Himbeere beschrieben. Die Weine beim Rotwein-Versuch wurden als geschmacklich gut bezeichnet, mit Cassis-Aromen und Noten von roten Früchten.

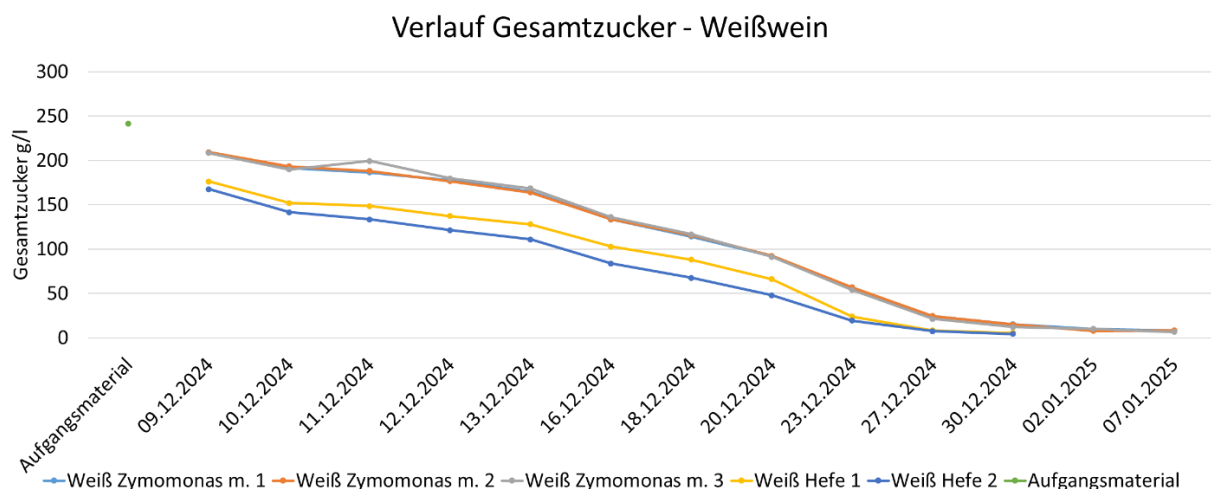


Abbildung 1: Verlauf Gesamtzucker – Weißwein

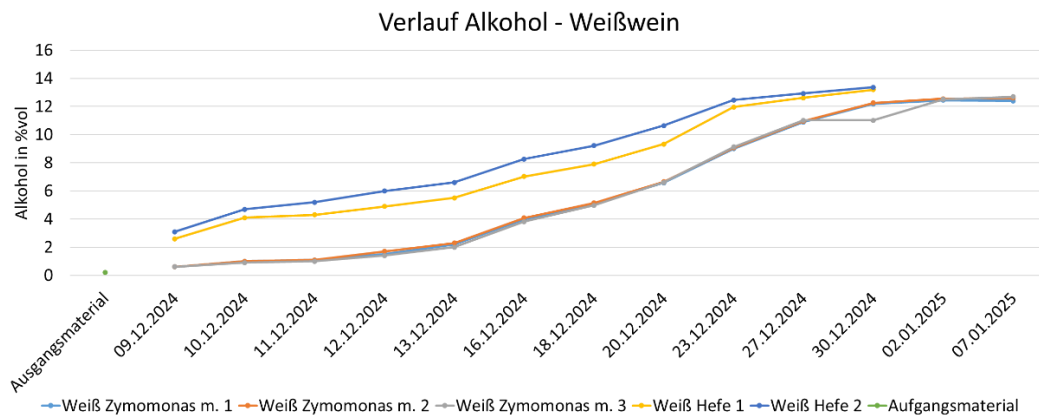


Abbildung 2: **Verlauf Alkohol – Weißwein**

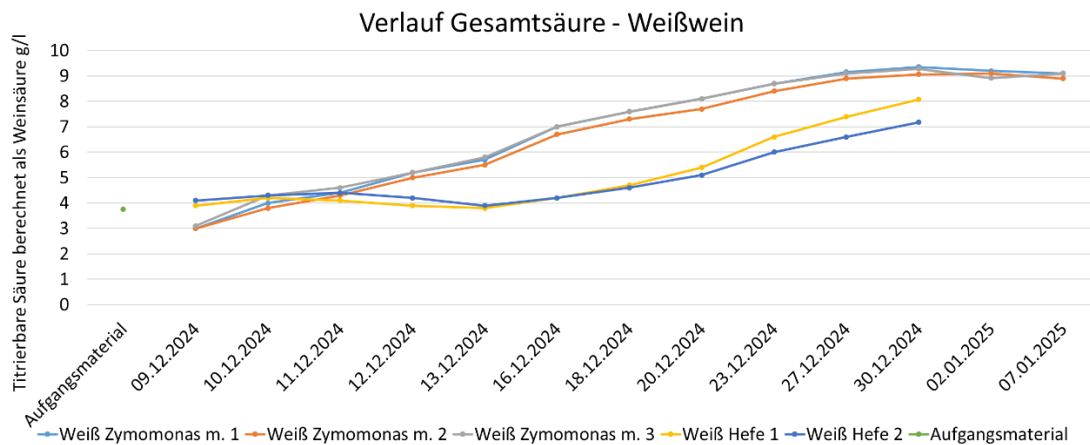


Abbildung 3: **Verlauf Gesamtsäure – Weißwein**

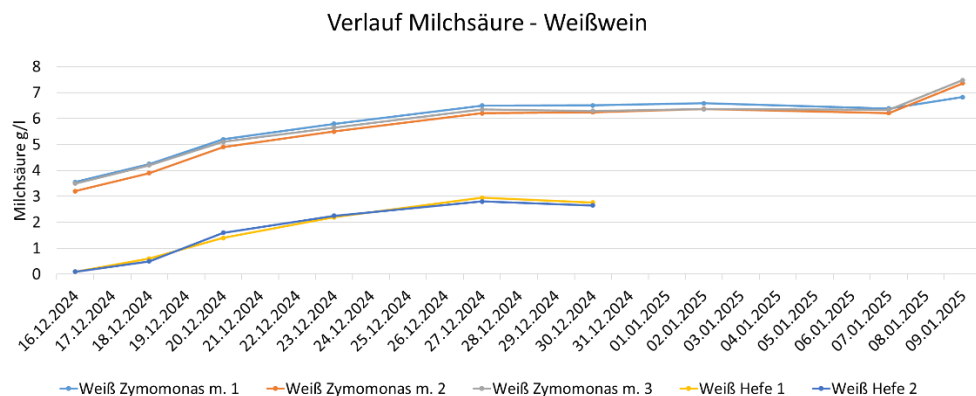


Abbildung 4: **Verlauf Milchsäure - Weißwein**

Zusammenfassung

Saccharomyces-Hefe hat sich weltweit als sehr bewährte Methode zur Weinbereitung erwiesen. Trotz ihrer Dominanz wurden in den vergangenen Jahren neue Gärmethoden erforscht. Ziel dieser Arbeit war die Erforschung einer neuen Möglichkeit zur Weinbereitung unter Verwendung des Bakteriums „*Zymomonas mobilis*“ für Cabernet Franc und Grünen Veltliner. Für diesen Versuch wurden Glasballons mit Cabernet Franc und Grünen Veltliner unter österreichischen Rahmenbedingungen vorbereitet und mit *Zymomonas mobilis* und im Vergleich auch mit Reinzuchtheife als Referenz beimpft. Die Gärung wurde unter den gleichen Bedingungen für *Zymomonas mobilis* und *Saccharomyces cerevisiae* durchgeführt. Hierbei hat sich herausgestellt, dass entgegen den Erwartungen, die Hefe die Gärung schneller abgeschlossen hat als das Bakterium. Außerdem stellte sich heraus, dass *Zymomonas mobilis* einen signifikanten Wert an Milchsäure produzierte. Der fertige Weißwein hielt alle gesetzlichen Grenzwerte ein und wurde bei der Verkostung als exotisch, fruchtiger Sauvignon Blanc mit Kaltgäraromen beschrieben. Auch der Rotwein war unter den gegebenen und nicht immer ganz einfachen Rahmenbedingungen durchaus zufriedenstellend. Fazit dieser Arbeit ist, dass *Zymomonas mobilis* eine mögliche und interessante Alternative zur Reinzuchtheife, für die Vergärung von Mosten und Maischen ist.

Abstract

Saccharomyces yeast has proven to be a very effective for wine fermentation worldwide. Despite its dominance, new fermentation methods have been researched in recent years. The aim of this study was to investigate a new possibility for wine fermentation using the bacterium “*Zymomonas mobilis*” for Cabernet Franc and Grüner Veltliner under Austrian conditions. For this experiment, glass carboys were prepared for Cabernet Franc and Grüner Veltliner, with a few glass carboys serving as a reference with yeast. Fermentation was carried out under the same conditions for *Zymomonas mobilis* and *Saccharomyces cerevisiae*. It was found that, contrary to expectations, the yeast completed fermentation faster than the bacterium. Furthermore, *Zymomonas mobilis* produced a significant amount of lactic acid. The finished white wine complied with all legal limits and was described at the tasting as an exotic, fruity Sauvignon Blanc with cold fermentation aromas. The red wine was also quite satisfactory under the given, not always easy, conditions. The conclusion of this work is, that *Zymomonas mobilis* is a possible and interesting alternative to yeast for the fermentation of musts and mashes.

Adressen der Autoren

HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Ansprechpartner:

Prof. Dipl.-Ing. Harald Scheiblhofer

Abteilungsleiter Kellerwirtschaft

Mobil +43 664 3126624

Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

Büro: Agnesstraße 60, 3400 Klosterneuburg

harald.scheiblhofer@weinobst.at www.weinobstklosterneuburg.at

Eine Einrichtung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

Erste Erfahrungen bei der Weinbereitung mittels Fed-Batch-Fermentation bei österreichischen Weinen

First experiences in winemaking using fed-batch fermentation in Austrian wines

Harald Scheiblhofer*, Michael Doberer, Isabel Scheiblhofer, Florentina Weiss, Christoph Gausterer, Christoph Detz und Elsa Patzl-Fischerleitner

Einleitung

Viele Winzer haben aufgrund klimatischer Veränderungen und den daraus entstehenden höheren Zuckergradationen mit Problemen bei der klassischen Gärung zu kämpfen. Durch die Konstanthaltung des Zuckergehalts bei 50g/L während der Gärung in Form einer Fed-Batch-Fermentation sollen negative Parameter reduziert werden. In dieser Arbeit wurde vor allem die „grundsätzliche Machbarkeit“ und die analytischen Parameter einer kontinuierlichen Gärung, durch Gärsteuerung mit drei verschiedenen Methoden, untersucht. Ziel der Arbeit war es vor allem die Fed-Batch-Methode auf ihre Praxis-tauglichkeit zu testen. Ein weiteres Ziel der Arbeit war es, die Reduktion des Acetaldehydgehaltes und eine damit verbundene geringere Menge an SO₂, die benötigt wird um das Acetaldehyd abzubinden, zu erreichen. Weiters sollte durch die Fed-Batch-Fermentation ein geringerer Gehalt an Essigsäure erzielt werden. Die Lösung diverser Schwierigkeiten beim Versuchsaufbau, in dem Fall die benötigten zwei Kühlhäuser mit jeweils unterschiedlichen Temperaturen, als auch die praktischen Erfahrungen während der Durchführung des Versuchs sollen eine Hilfestellung für weitere Versuche dieser Art sein.

Material und Methoden

Das Ziel dieser Arbeit war eine möglichst lange Gärphase bei 50g/L Zucker durch permanente Zugabe von frischem Most zum gärenden Most zu erreichen. Zu Beginn wurden etwa 10% des Gesamtmostes bis zum Wert von 50 g/L Zucker vergoren und dann die Dosierung des Mostes gestartet. Der frische Most wurde bis zur Dosierung in den gärenden Most, in einem Kühlraum bei 1°C gelagert um eine Gärung zu verhindern). Nach dem Ende der Dosierung wurde er Wein trocken durchgegoren und danach konventionell ausgebaut (siehe Abbildung 1 und 2). Als Vergleichsvarianten diente eine klassische Batch-Gärung.

Überblick über die 3 Dosierungsarten:

Zeitgesteuert

- Dosiergerät
- Grüner Veltliner
- Hefe „Oenoferm Freddo“
- 3x 25 L Ballons

Online-Refraktometer und Schwinggabel

- Online-Refraktometer „Vinipilot“
- Schwinggabel „PLATOO“
- Grüner Veltliner (Versuch wurde abgebrochen)
- Weißburgunder
- Hefe „Oenoferm-Freddo“
- 2x 220 L Edelstahltanks

Batch-Gärungen

- Grüner Veltliner
- Weißburgunder
- Hefe „Oenoferm Freddo“
- 3x 25 L Ballons
- 3x 34 L Ballons

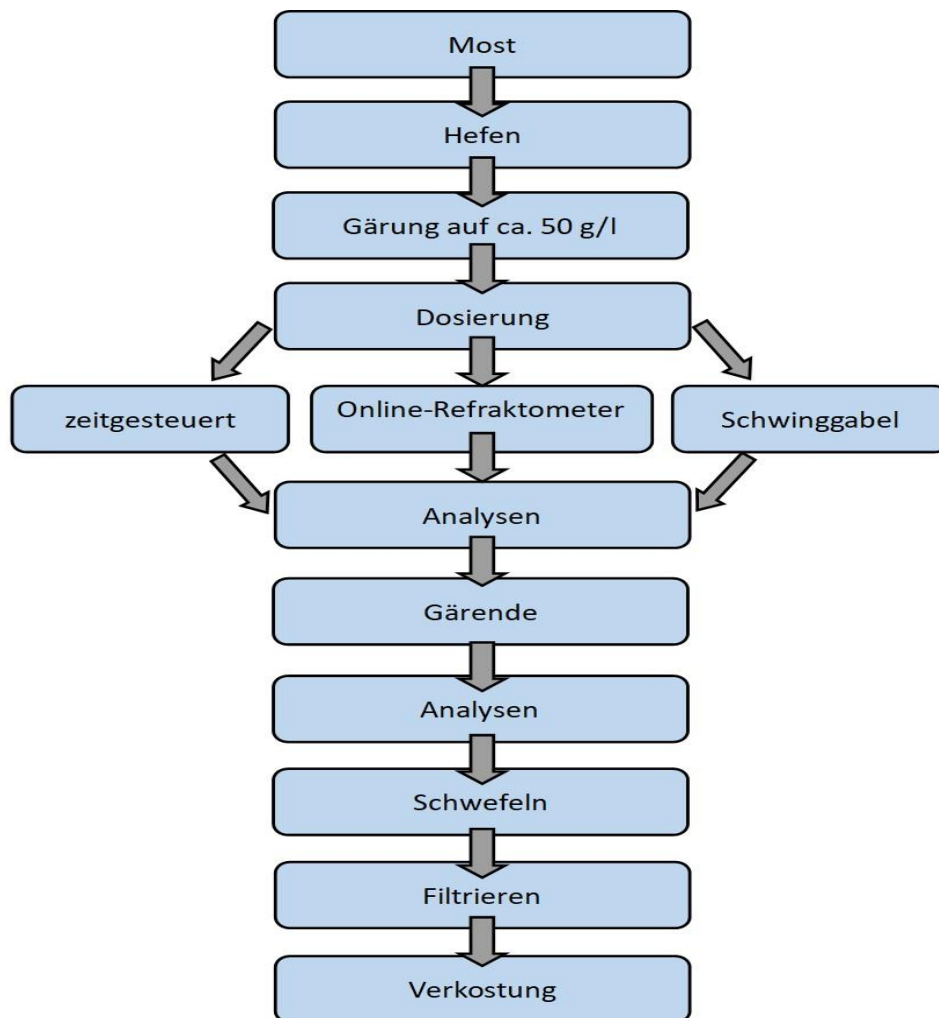


Abbildung 1: **Versuchsplan**

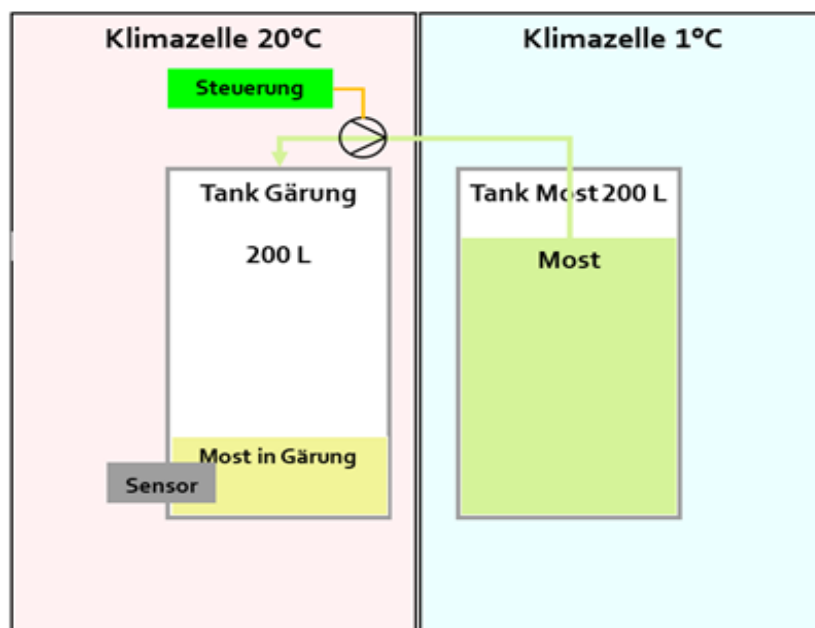


Abbildung 2: **Schema des praktischen Versuchsaufbaus**

Ergebnisse und Diskussion

Die Versuche aller drei Fed-Batch-Methoden zeigten, dass im Gegensatz zur Literatur, die Essigsäuregehalte durch diese Methode nicht reduziert werden konnte. Zu den hohen Essigsäurewerten kam es vor allem durch die langsamen, schleppenden Gärungen und dem doch sehr geringen Gehalt an Most im Tank, der eine große Angriffsfläche für unerwünschte Mikroorganismen bietet. Weiters konnte zwar ein reduzierter Acetaldehydgehalt, wie ebenfalls in der Literatur beschrieben, festgestellt werden. Dieser ist allerdings auch oder vor allem auf einen spontanen biologischen Säureabbau, den alle Versuche durchlaufen haben, zurückzuführen. Die für den Versuchsaufbau benötigten zwei Klimakammern mit sehr unterschiedlichen Temperaturen wurden durch eine Bohrung durch die Wand miteinander verbunden. Das Hinuntergären auf die erwünschten 50 g/L funktionierte prinzipiell vor allem bei den zweiten Versuchen sehr gut. Mittels Schwinggabel und Online-Refraktometer konnte der Zuckergehalt während der Fed-Batch-Phase sehr gut bei 50 g/L gehalten werden. Die zeitgesteuerte Variante erwies sich dagegen als eher unbrauchbar. Wichtig für die weitere Praxis ist ein guter Hefeansatz, am besten mit dem „Hefe-Butler“, der einen schnellen Gärstart ermöglicht und generell eine schnelle Gärung, die unerwünschten Mikroorganismen nicht die Chance bietet sich zu vermehren. Weiters ist das Ansäuern des Mostes empfehlenswert, um den pH-Wert zu senken und damit unerwünschte Mikroorganismen zu unterdrücken.

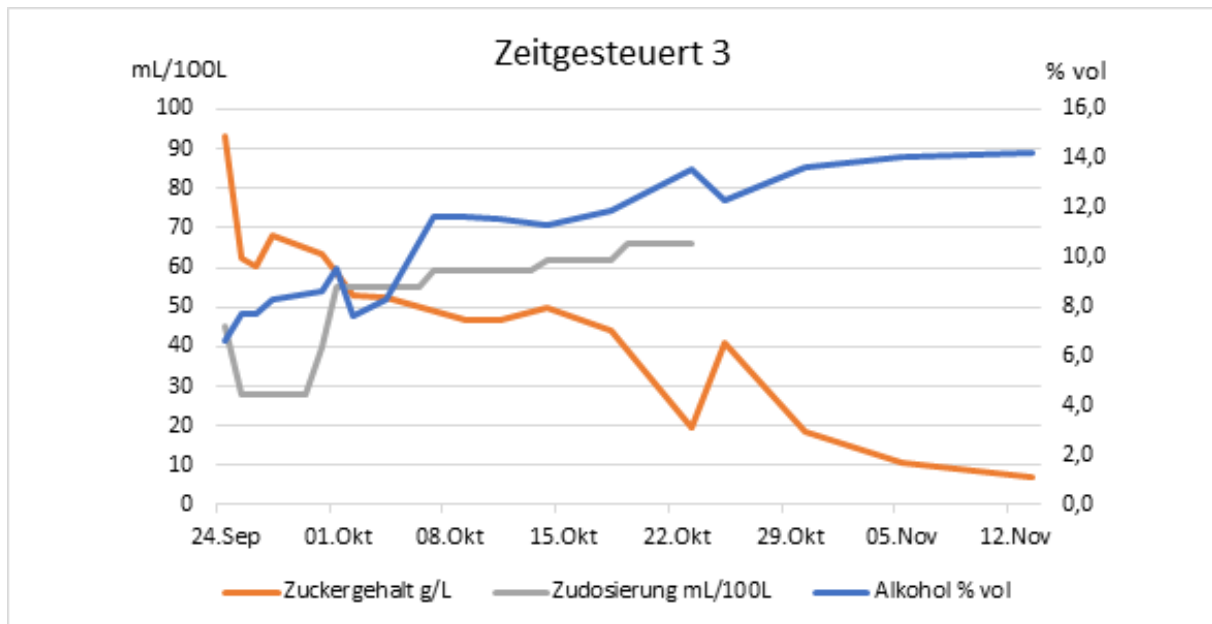


Abbildung 3: Konstante Dosierung pro Zeiteinheit

In Abbildung 3 sind der Zuckergehalt, die Zudosierung und der Alkohol dargestellt. Es konnte ein stark schwankender Gehalt zwischen 20 und 50 g/L Zucker gehalten werden. Gegen Ende wurde eine Korrektur des Zuckergehalts von 20 g/L auf die angestrebten 50 g/L vorgenommen, bevor die Dosierung gestoppt wurde. Der Alkoholgehalt erreicht am Ende 14,2 % vol. Die Gärung stockte nach dem Ende der Zudosierung und blieb schließlich bei einem Restzuckergehalt von 5,8 g/L stehen.

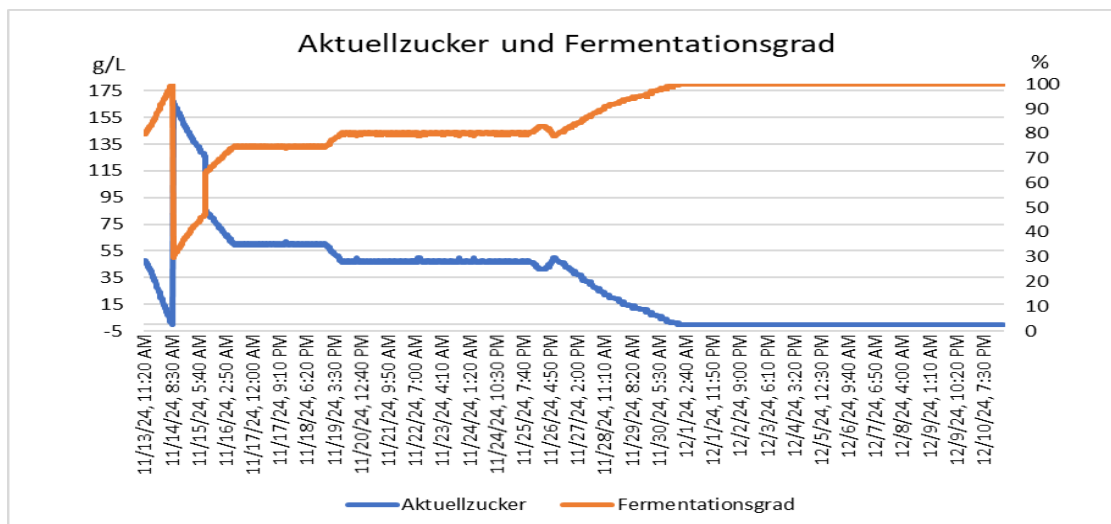


Abbildung 4: Verlauf des „Aktuellzuckers“ und des Fermentationsgrades während der Gärung

Abbildung 4 zeigt den Verlauf des Aktuellzuckers und des Fermentationsgrades. Nach dem anfänglichen Auf und Ab, bedingt durch das Herausfinden der richtigen Systemeinstellung, ist danach ein kontinuierlicher Verlauf mit leichten Schwankungen zu erkennen. Anschließend sinkt der Aktuellzucker auf 0,0 g/L und der Fermentationsgrad steigt auf 100 %. Der Most garte somit vollständig zu Ende.

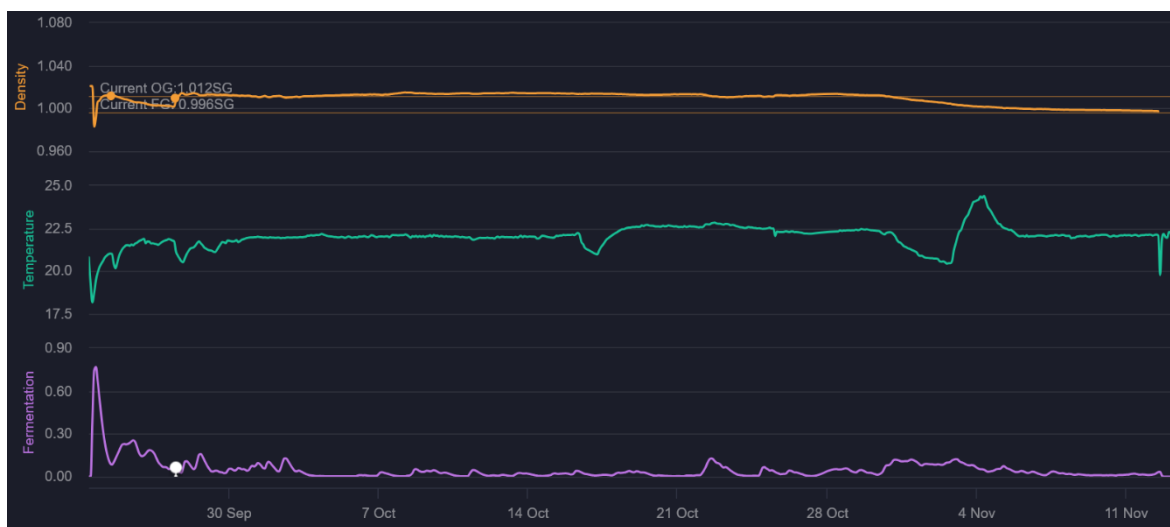


Abbildung 5: Verlauf der Dichte und Temperatur durch Messung mittels Schwinggabel

Die Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Dichte und Temperatur durch Messung mittels Schwinggabel in der PlaatoPro-App. Ergänzend rechnet die App einen Gärungsgraphen aus. Der orangefarbene Graph zeigt die Dichte (=density) und der grüne Graph die Temperatur in °C. Der violette Gärungsgraph wird in mSG/h angegeben, was für milli specific gravity per hour steht. Dieser Graph ist ein errechneter Faktor für die Gäraktivität der zeigt, um wie viel sich die relative Dichte (specific Gravity = SG) pro Stunde verändert. Aufgrund der geringen Veränderung wird die Einheit milli vor die Dichte gesetzt.

Nachdem die richtige Dichte, bei der der gärende Most ca. 50 g/L Zucker hat, herausgefunden wurde, erkennt man einen kontinuierlichen Verlauf. Die Temperatur bleibt weitgehend konstant bei 21 °C mit kleinen Schwankungen. Die Dichte liegt anfangs bei einem Wert von 1,0200, stabilisiert sich bei ca. 1,0120 und nimmt gegen Ende langsam ab, weil nicht mehr zudosiert wird.

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss der Fed-Batch-Fermentation anhand analytischer Parameter, hier vor allem Acetaldehyd und Essigsäure, zu untersuchen und die daraus resultierenden Fed-Batch-Weine mit klassisch batch-fermentierten Weinen zu vergleichen. Es wurden drei verschiedene Steuerungsmethoden eingesetzt: die zeitgesteuerte Methode, ein Online-Refraktometer und eine Schwinggabel. Die Gärung wurde zu Beginn bis zu einem Restzuckergehalt von 50 g/L durchgeführt. Anschließend wurde versucht, diesen Restzuckergehalt durch kontinuierliche Zugabe von Most konstant zu halten. Die Ergebnisse der ersten Versuche zeigten aufgrund einer zu langen, stockenden Gärung hohe Essigsäurewerte und damit keine Reduktion wie in der Literatur beschrieben. In der zweiten Versuchsreihe waren ebenfalls erhöhte Essigsäurewerte zu verzeichnen, jedoch in geringeren Mengen als in den ersten Versuchen. Es konnte beobachtet werden, dass alle Versuche eine malolaktische Gärung durchliefen, wodurch der Gehalt an Acetaldehyd sank. Daher konnte aber kein positiver Einfluss durch die Fed-Batch-Fermentation auf den Acetaldehydgehalt bewiesen werden. Mittels Schwinggabel und Online-Refraktometer konnte der Zuckergehalt während der Fed-Batch-Phase sehr gut bei 50 g/L gehalten werden. Die zeitgesteuerte Variante erwies sich dagegen als unbrauchbar.

Abstract

The goal of this paper was to show the impact of a fed-batch-fermentation by means of analytic parameters of the fed-batch-wines, especially on acetaldehyde and acetic acid, compared to batch-fermented-wines. The three different control methods time-controlled, online-refractometer and tuning fork density meter were used. The fermentation was carried out until a residual sugar content of 50 g/L was reached. After that it was tried to hold the residual sugar at the level of 50 g/L by continuously dosing must to the fermenting must. The results of the first trials showed high levels of acetic acid due to a long-lasting, sluggish fermentation, and thus no reduction as described in the literature. The second round of trials also contained acetic acid, but not as high levels as the first attempts. It could be observed that all of the trials underwent malolactic fermentation, which had an effect on the content of acetaldehyde. Consequently, no positive effect of the fed-batch-fermentation on acetaldehyde levels could be demonstrated. Using a tuning fork and online refractometer, the sugar content was maintained at 50 g/L during the fed-batch phase. The time-controlled method proved to be unusable.

Adresse der Autoren

HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Ansprechpartner:

Prof. Dipl.-Ing. Harald Scheiblhofer

Abteilungsleiter Kellerwirtschaft

Mobil +43 664 3126624

Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

Büro: Agnesstraße 60, 3400 Klosterneuburg

harald.scheiblhofer@weinobst.at www.weinobstklosterneuburg.at

Eine Einrichtung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

Aktuelle Entwicklungen bei der Herstellung von alkoholreduzierten und entalkoholisierten Weinen in Österreich

Current developments in the production of reduced-alcohol and dealcoholized wines in Austria

Harald Scheiblhofer*

Einleitung

Begriffsdefinition.

Alkoholkorrektur: Reduktion um max. 20% des vorhandenen Alkohols, aber nicht unter den Mindestalkohol der Produktkategorie.

Teilweise entalkoholisierter Wein (und NICHT teil-entalkoholisierter Wein): Alkohol unter dem Mindestalkohol der Produktkategorie aber über 0,5 %vol.

entalkoholisierter Wein: Produkt mit weniger als 0,5 %vol.

2024: Große Nachfrage nach Alkoholkorrektur

Wird in den nächsten Jahren immer wieder ein Thema werden

Jungweine mit 15%vol Alkohol

Max 20%. Also wenn Wein z.B. 15 %vol. Alkohol hat darf ich 20 % (=3 %vol.) entfernen, ohne dies zu deklarieren.

Bei 13 %vol. dürfte ich 2,6%vol entfernen.

Bei 10 %vol. würde ich dann auf 8 %vol. kommen und damit wäre es kein „klassischer“ Wein mehr,....

Material und Methoden

Alkoholkorrektur würde mit Membrantechnologie sehr gut gehen.

Bis jetzt 2 Hürden:

Brennrecht, Zollrecht -> wird hier nicht schlagend!

„Abwasserrecht“ kommt auf die BH drauf an. Ist in der Realität ein Thema für Lohnunternehmer.

Bis vor kurzem keine optimierte Anlage vorhanden. Jetzt erster Lohnunternehmer in Österreich.

entalkoholisierter Wein

laut österreichischem Weingesetz in der geltenden Fassung:

~~„entalkoholisierter Wein“: Getränk aus Wein, Landwein oder Qualitätswein, dessen Alkoholgehalt im Wege einer geeigneten und schonenden Entgeistung auf 0,5% vol. oder weniger abgesenkt wurde;~~

~~Entalkoholisierter Wein ist ein Getränk aus Wein, Landwein oder Qualitätswein,... Weiters ist der Zusatz von Kohlensäure und Aromen gestattet~~

Widerspricht EU Recht und ist daher nicht anzuwenden!!

Europäisches Weinrecht

Basis bereits fertig vergorener Wein

Alkoholgehalt von unter 0,5%

KEIN WASSERZUSATZ erlaubt

Noch immer keine OIV Definition, was jetzt eigentlich entalkoholisierter Wein ist. Seit 10 Jahren in Diskussion. Macht alles sehr schwierig.

Aktuell 3 Ansätze

Es ist nur das erlaubt, was auch im Wein erlaubt ist.

Es ist (wesentlich) mehr erlaubt

Es gibt entalkoholisierten Wein wo nur das erlaubt ist, was auch im Wein erlaubt ist und es gibt ein entalkoholisierendes weinähnliches Getränk (ein coolerer Name wäre noch wünschenswert, also sowas wie „endlich gutschmeckender entalkoholisierter Wein“) wo (fast) alles erlaubt ist.

alkoholarmer Wein

laut österreichischem Weingesetz in der geltenden Fassung:

~~alkoholarmer Wein“: Getränk, das entweder wie entalkoholisierter Wein oder durch Verschnitt von entalkoholisiertem Wein mit Wein, Landwein oder Qualitätswein hergestellt wurde und dessen Alkoholgehalt mehr als 0,5% vol., höchstens jedoch 5,0% vol. beträgt;~~

Laut EU-Weinrecht gibt es sowas gar nicht.

Hier würde das unter „teilweise entalkoholisierten Wein“ fallen. Dieser darf aber auch mehr als 5%vol. haben.

Angereicherter (aufgebesselter) Wein...

Darf nicht entalkoholisiert/alkoholreduziert werden

Wenn ich 1000 Liter nicht angereicherten Wein mit 1 Liter angereichertem Wein verschneide, gilt die Gesamtmenge als angereichert.

Das dürfte in der Praxis Probleme verursachen (Zukauf, Händler,...)

Aufpassen:

Wenn ich einen entalkoholisierten Wein mit einem „normalen Wein“ verschneide, um eine Alkoholkorrektur zu machen oder einen teilweise entalkoholisierten Wein herzustellen, dann...

...verlasse ich aktuell das Weingesetz und ich bin im Lebensmittelgesetz und damit darf ich das Wort Wein nicht mehr verwenden.

Wenn ich im Zuge der Alkoholkorrektur eine Teilmenge komplett entalkoholisiere und den Wein „irgendwie im System halte“ und vor allem nicht im Kellerbuch die Teilmenge als entalkoholisierten Wein deklariere, dann sollte es gehen. Aber auf gar keinen Fall mit einem „anderen Wein“ verschneiden.

Ergebnisse und Diskussion

Grundsätzlichste rechtliche Fragen offen:

Was ist entalkoholisierter Wein?

Welche Technologie darf ich verwenden?

Was darf ich zusetzen?

Die Praxis passt sich an das Recht an oder das Recht passt sich an die Praxis an?

Im Moment geht der Trend eher in Richtung letzteres.

Fundamentale Unterschiede zu Wein:

Alkoholfreier Wein kann schimmeln und ist auch sonst (mikrobiologisch) extrem instabil im Vergleich zu Wein

Damit ist die Abfüllung und Stabilisierung ein großes Thema und ich muss mich als (BIO)Winzerin mit Dingen wie Sorbinsäure, DMDC, Pasteurisierung, Glykolipide... beschäftigen

Alkoholfreier Wein kann ablaufen

Alkoholfreier Wein schmeckt (noch immer nicht) ... gut

Das gute/schlechte Gewissen:

wie erzeuge ich (in Österreich) halbwegs akzeptablen alkoholfreien (Rot)Wein? Schaumwein ist weniger schwierig.

Wie argumentiere ich:

- die Nachhaltigkeits-Versprechen der Firmen
- das/die Natürlichkeits-Versprechen
- die Kunst des traditionellen (handwerklichen) Weinmachens

Die Angabe des Mindesthaltbarkeitsdatums ist erforderlich ...

Bei entalkoholisierten Weinen aber nicht bei teilweise entalkoholisierten Weinen.

NICHT WEINRECHT – Getränken: weinähnliche und schaumweinähnliche Getränke

Einkauf im Supermarkt:

Wein kann ablaufen?

Wein ist abgelaufen.

Wein ist so richtig abgelaufen. Ich hoffe der ist im Lager irgendwo stehen geblieben.
MitarbeiterInnen-Schulung...

Bin ich schon 18? Wieso stellt man mir das System an der Kassa diese Frage bei alkoholfreiem Wein?

Nach einer Verkostung von 30 „Weinen“, also alkoholfrei

Nach den 30 „Weinen“ kam keine Stimmung auf. Normal wird es am Ende solcher Verkostungen immer etwas laut(er), die Aufmerksamkeit lässt nach und die „Stimmung steigt“. Das war auffallend anders und wurde vom Publikum so wahrgenommen und angesprochen.

Bio

Aktuell noch nicht erlaubt. Sollte sich in Kürze ändern.

Nur Destillation. Membrantechnologie nicht erlaubt

E-246 Glykolipide gefordert. Wirklich ihr Ernst?

Wer produziert (in Österreich) entalkoholisierten Wein

Niemand wirklich

Lohnanbieter? → noch keine und mit bisherigen Technologien auch keine in Sicht

Aber neue Technologien und gesetzliche Auslegungen in Sicht

Praktische Probleme/Tipps

Alkoholfreier Wein wird.. /alkoholarmer Wein kann schimmeln. Umgang mit solchen Produkten kommt in der Vorstellungswelt von WinzerInnen nicht vor, da Wein nicht schimmeln kann und daher Abfüllung und Co darauf nicht ausgelegt ist.

Alkoholfreier Wein läuft ab

Alkoholfreien Wein gibt unter Umständen im Geschäft erst ab 18

Hydrophobe Membrane darf man nicht mit (tensidhaltigen) „Membranreinigern“ reinigen.

Gleich zu einem der größten Probleme: die Abfüllung

Schimmel/Schimmelsporen

Bisher ungelöst

DMDC (Velcorin) Dosieranlage nötig (sehr teuer). Für Spezialisten und Großbetriebe

2 x pasteurisieren um Schimmelsporen auszuschalten → CO₂ ?

Sorbinsäure gegen Hefen effektiv, gegen Schimmel keine Erfahrung

Benzoessäure: sollte gut wirken, ist aber VERBOTEN

Fumarsäure gegen Bakterien? Auch keine Erfahrungen

Eine der (Haupt)quellen für Schimmelsporen: RTK

Alkohol schmeckt auch süß

Alkohol schmeckt wie ca. 25 g/L Zucker...

... außerdem verliert der Wein einiges an Volumen/Mouthfeeling

Aromarückgewinnung bei der Destillation

Problem: Aromen destillieren viel schneller ab als Alkohol (Ethanol)

Aromaschonung bei der Destillation

2 Durchgänge

➔ Aromadestillation:

0,2 – 3% des Volumens haben fast alle sehr flüchtigen Aromen

➔ Entalkoholisierungsdestillation

20% des Volumens mit dem meisten Alkohol

Einsatz von Adsorberharz

Harz adsorbiert hydrophobe Komponenten → die meisten Aromastoffe

Adsorption ist logarithmisch zum Alkoholgehalt

Ablauf:

Destillation -> Alkohol 80% + Aroma
Verdünnung des Aromas
Passage des Ionentauschers zur Adsorption
Desorption der Aromastoffe mit Destillat
Anteiliger Rückverschnitt

FlavoLogic

Hydrophobes Harz

Aroma/Alkoholhaltige Flüssigkeiten stark verdünnen

Am Harz Aromen adsorbieren

Aromen von Harz mit konzentriertem Alkohol runterwaschen und wieder dem Wein zuführen. Damit enthält der entalkoholisierte Wein zwangsläufig wieder etwas Alkohol

Stark verdünnte Flüssigkeit wieder mittels Vakuumverdampfer aufkonzentrieren um den Alkohol zu gewinnen

Sehr simple Technologie (sehr) hoher Energieeinsatz

(Mehr oder weniger) patentiert und daher relativ teuer

Aktuell Trend in Richtung Membrantechniken

Sehr viele Vorteile (vor allem geschmacklich)

Sollte auch Vorteile bei Energieverbrauch bringen

Kleine(re) Anlagen möglich

Ideal als Kombination: Mehrere Membrantechnologien oder Membran plus (Vakuum)Destillation

„BIO-Branche“ lehnt diese Technologie nach meinem Wissenstand (zumindest bis jetzt) prinzipiell ab

Sehr vielversprechend:

Umkehrosmose (eigentlich Ultrafiltration) plus hydrophobe Membran

Oder

Umkehrosmose (eigentlich Ultrafiltration) plus Vakuumdestillation

In beiden Fällen wird das Aroma und „alles Gute“ vom Wasser-Alkohol-Teilstrom getrennt, der Alkohol entfernt aus diesem Teilstrom entfernt und danach alles wieder vermengt. Damit gibt es (fast) keine Aromaverluste/Aromaveränderungen.

Nachhaltigkeit/gute Geschichten

Wichtig für Konsumenten

Naja. Relativ schwer argumentierbar

Man muss viel Marketing machen und gute Geschichten erfinden/erzählen

Kosten

Nanofiltration (bekannt als Umkehrosmose) plus hydrophobe Membran: ab 250.000 €

Nanofiltration plus Vakuumdestillation: ab 500.000 €, wie es aktuell aussieht aber eher ab 1 Mio €

Vakuumdestillation oder Spinning Cone Column: ab 1 Mio. €

Eine Anlage auf Basis von Nanofiltration und Zusatz von Wasser ist weiterhin nicht erlaubt und die damit produzierten Produkte illegal. Diese Technologie wäre aber zum Beispiel bei anderen Getränken (auch „Wein- Alternativ-Getränken“) und Bier zulässig und solche Anlagen sind ab 100.000 € zu haben, Kleinanlagen schon ab 50.000 €.

Eine zusätzliche Aromarückgewinnung (Stichwort „Flavologic“-Technologie) kann sich bei Dienstleistung mit bis zu 1 Euro pro Flasche niederschlagen.

Technologien auf Membranbasis sind bei Korrekturen bis 20 % Alkoholentzug sehr leistungsfähig. Für die Herstellung von alkoholfreien Weinen sinkt die Leistung aber stark ab und man kann mit aktuellen Anlagen mit Leistungen von 1.000 Liter entalkoholisierendem Wein pro Tag rechnen. Vakuumdestillation schaffen etwa 1.000 Liter pro Stunde.

Neben den reinen Anlagekosten sind (vor allem bei Vakuumdestillationsanlagen) noch Kosten für Gebäude, Zollfreilager, Explosionsschutz ... fällig. Diese „Nebenkosten“ können sich auch schnell auf 1 Mio. € summieren, womit man bei „großen Anlagen“ zur Herstellung von entalkoholisierendem Wein (wie sie aktuell international für die Lohnproduktion eingesetzt werden) mit mindestens 2 Mio. € Investitionskosten rechnen sollte.

Lohnerzeugung (im Ausland)

Black Box

Schwer nachvollziehbare Vorgänge/Technologien

Ich kaufe Wein aus Spanien, schicke ihn nach Deutschland und schreibe meinen Namen auf das Produkt damit es aussieht als wäre es österreichischer Wein. Oder so ähnlich. Das Kleingedruckte liest eh kaum einer.

Zusammenfassung

Grundsätzlichste (rechtliche) Fragen offen:

Was ist entalkolisierter Wein? Welche Technologie darf ich verwenden? Was darf ich zusetzen?

Auch viele praktische Fragen nach wie vor ungelöst.

Es tut sich aber sehr viel auf dem Gebiet. Dran bleiben und weiter Lösungen finden und Erfahrungen sammeln.

Abstract

Fundamental (legal) questions remain unanswered: What is dealcoholized wine? What technology can I use? What can I add?

Many practical questions also remain unresolved.

But a lot is happening in this field. Stay tuned and continue to find solutions and gain experience.

Adresse des Autors

HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Ansprechpartner:

Prof. Dipl.-Ing. Harald Scheiblhofer

Abteilungsleiter Kellerwirtschaft

Mobil +43 664 3126624

Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

Büro: Agnesstraße 60, 3400 Klosterneuburg

harald.scheiblhofer@weinobst.at www.weinobstklosterneuburg.at

Eine Einrichtung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

Analyse des hefeverfügbaren Stickstoffs in Traubenmost- ausgewählte Bestimmungsmethoden des hefeverfügbaren Stickstoffs auf dem Prüfstand kommender Winzergenerationen

Analysis of yeast-assimilable nitrogen in grape must - selected determination methods tested by future generations of winemakers

Stefan Nauer*, Sebastian Reinisch, Markus Rappold und Elsa Patzl-Fischerleitner

Einleitung

Stickstoff ist ein wichtiger Nährstoff für die Hefe, der in ausreichender Menge zur Verfügung stehen muss, um eine unkomplizierte Gärung mit gleichmäßigem Verlauf zu ermöglichen (SCHNEIDER 2016). Im Traubenmost liegt der für die Hefe verwertbare Stickstoff einerseits in organischer Form (aus Aminosäuren, freier Aminostickstoff, FAN) und andererseits anorganisch in Form von Ammonium (NH_4^+) vor. Die Hefe kann für ihre Stoffwechselprozesse beide Formen heranziehen, wobei die Verfügbarkeit des organischen Stickstoffs stark davon abhängt, von welcher Aminosäure dieser stammt (Arginin wird besonders gut von der Hefezelle verstoffwechselt, Prolin dagegen gar nicht). Die Folgen eines zu hohen bzw. zu niedrigen Gehalts an hefeverfügbarem Stickstoff im Traubenmost sind sehr vielfältig. Liegen hohe YAN-Werte (Yeast Assimilable Nitrogen: $\text{YAN} = \text{FAN} + \text{NH}_4^+$) im Most vor, ist zwar die Fermentationsrate erhöht, es kann aber auch zu verstärkter Bildung von flüchtigen Säuren, Ethylcarbamat und biogenen Aminen im Wein kommen. Liegen dagegen niedrige YAN-Werte im Most vor, verläuft die Gärung langsamer bis hin zu Gärstockung. Darüber hinaus führt dies möglicherweise zu verstärkter Bildung von Thiolen und höheren Alkoholen, wogegen die für bestimmte Aromen im Wein verantwortlichen Esterverbindungen und Fettsäuren vermindert gebildet werden können (BELL und HENSCHKE 2008). Ursprünglich wurde der Gesamtgehalt an YAN im Labor mittels Formoltitration bestimmt. Da hierbei eine giftige, wässrige Formaldehydlösung zum Einsatz kommt, die kanzerogen wirken kann, wurde auf die Verwendung ungiftiger Alternativmethoden großer Wert gelegt. Alternativ können Ammoniumstickstoff (anorganischer Stickstoff) und FAN (organischer Stickstoff) separat gemessen und die Ergebnisse addiert werden, um den gesamten hefeverfügbaren Stickstoff zu erhalten. Ammoniumstickstoff wird im Labor mit enzymatischen Methoden gemessen, der freie Aminostickstoff wird meist mit der sogenannten OPA/NAC-Methode ermittelt, die den Einsatz eines Spektralphotometers erfordert (DUKES und BUTZKE 1998).

Weiters kann der organische Stickstoff auch kolorimetrisch mittels EBC-Ninhydrin-Methode analysiert werden, aber auch dafür ist ein Spektralphotometer notwendig (LIE 1973). Diese Methode stammt ursprünglich aus der Bierbranche, wurde jedoch für die Analysen im Traubenmost adaptiert. Eine weitere Möglichkeit zur Messung des Ammoniumstickstoffs ist die Verwendung einer ionenselektiven Ammoniak-Elektrode, die aber auch in der Anschaffung etwas kostspieliger ist und Laborerfahrung voraussetzt.

Seit 2014 ist auch das CDR WineLab®-Analysesystem am Markt, das aus einem Analysator auf Basis photometrischer Technologie besteht und mit vorkalibrierten Methoden ausgestattet ist. Der Ablauf der Methoden ist dabei illustriert und schrittweise dokumentiert. Dieses System ermöglicht somit ohne erforderliches Fachpersonal die Durchführung von Analysen zur Kontrolle des Weinherstellungsprozesses im Weinkeller. Für die Umsetzung sind Mikroliter-Pipetten und, abhängig vom verwendeten Testkit, vorgefüllte Reagenzien bzw. Küvetten erforderlich. Die YAN-Analyse der CDR-Methode basiert auf einer getrennten Bestimmung von anorganischem und organischem Stickstoff.

Material und Methoden

Material: Als Material dienten 39 reinsortige authentische weiße Traubenmoste und 22 reinsortige rote authentische Traubenmoste aus dem Jahr 2020. Diese Proben repräsentierten nicht nur die dominierenden heimischen Rebsorten, auch die Weinbaugebiete waren entsprechend abgebildet. Die Mostproben wurden nach dem Pressen in je 4x100ml Probengefäßen gesammelt und eingefroren. Vor der Analyse wurden die Proben schonend aufgetaut. Es wurden jeweils 2 Methoden von Schülern der HBLA für Wein- und Obstbau im Rahmen eines Matura-Diplomprojekts durchgeführt und zusätzlich mit jeweils einer in der Prüfstelle des Bundesamts für Wein- und Obstbau etablierten Methode verglichen.

Bestimmung des organischen Stickstoffs:

- EBC-Ninhydrin-Methode: kolorimetrische Bestimmung des organischen Stickstoffs (FAN): Durch Erhitzen der Probe und unter Zugabe von Ninhydrin entsteht bei einem pH von 6,7 ein blau-violetter Komplex, welcher mit einem Photometer bei einer Wellenlänge von 570 nm gemessen wird (Messung im Schülerlabor).
- CDR WineLab®-Touch: photometrische Bestimmung des organischen Stickstoffs (FAN): α -Aminostickstoff reagiert in Gegenwart von N-Acetyl-L-Cystein mit o-Phthalaldehyd unter Bildung des Isoindolderivats. Die bei 366 nm gemessene Differenz der Absorption korreliert mit der Menge an organischem Stickstoff, ausgedrückt in mg/l Stickstoff (Messung im Schülerlabor).
- Photometrische Analyse: Bestimmung des organischen Stickstoffs mittels OPA/NAC-Methode (DUKES und BUTZKE 1998) in der Prüfstelle.

Bestimmung des anorganischen Stickstoffs (NH_4^+):

- Ammoniakmessung mittels NH_3 -Elektrode: potentiometrische Bestimmung: Das Ammoniumion wird durch die Zugabe von Natronlauge als Ammoniakgas freigesetzt. Das Gas diffundiert durch die semipermeable Membran und erhöht den pH-Wert des inneren Elektrolyts, Diese Veränderung wird gemessen. Die Veränderung des pH-Wertes und die Konzentration an Ammonium ist direkt proportional (Messung im Schülerlabor).
- CDR WineLab®-Touch: enzymatische Bestimmung: Ammonium reagiert, katalysiert von der Glutamatdehydrogenase, mit NADH und α -Ketoglutarat und bildet NAD^+ und Glutamat. Die Abnahme der Absorption der NADH-Lösung, gemessen bei 366 nm, ist proportional zur Menge des anorganischen Stickstoffs in der Probe (Messung im Schülerlabor).
- Enzymatische Analyse des anorganischen Stickstoffs mittels Testkit von r-Biopharm (Enzytec Liquid Ammonia Art. No. E8390) in der Prüfstelle.

Ergebnisse und Diskussion

Die Streuung der Ergebnisse für jede durchgeführte Analysemethode des anorganischen und organischen hefeverfügbaren Stickstoffs in weißen und roten Mosten ist in den Abbildungen 1-4 in Form von Kastengrafiken (Boxplots) dargestellt. Die horizontale Linie stellt den Median dar, der weiße Punkt in der Mitte des Kästchens liefert den Mittelwert, die „Whisker“-Linien über und unter jedem Kästchen erstrecken sich bis zu den gemessenen Minimal- und Maximalwerten. Rote Kreise stellen Ausreißer dar.

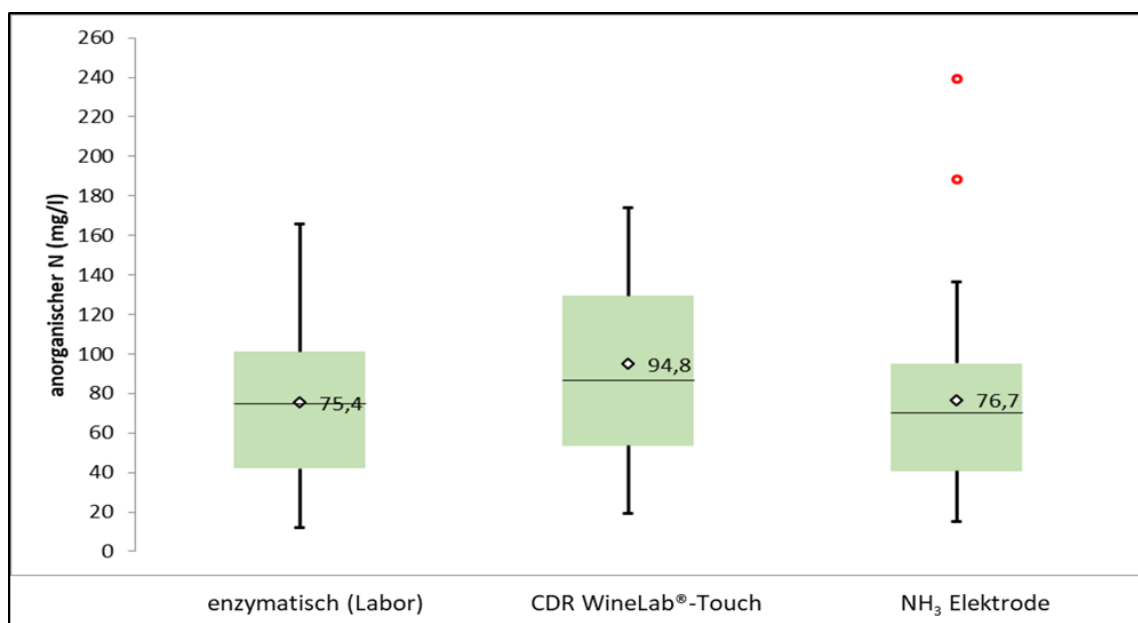


Abbildung 1: **Methodenvergleich – anorganischer Stickstoff (NH_4^+) in 39 weißen Traubenmosten**

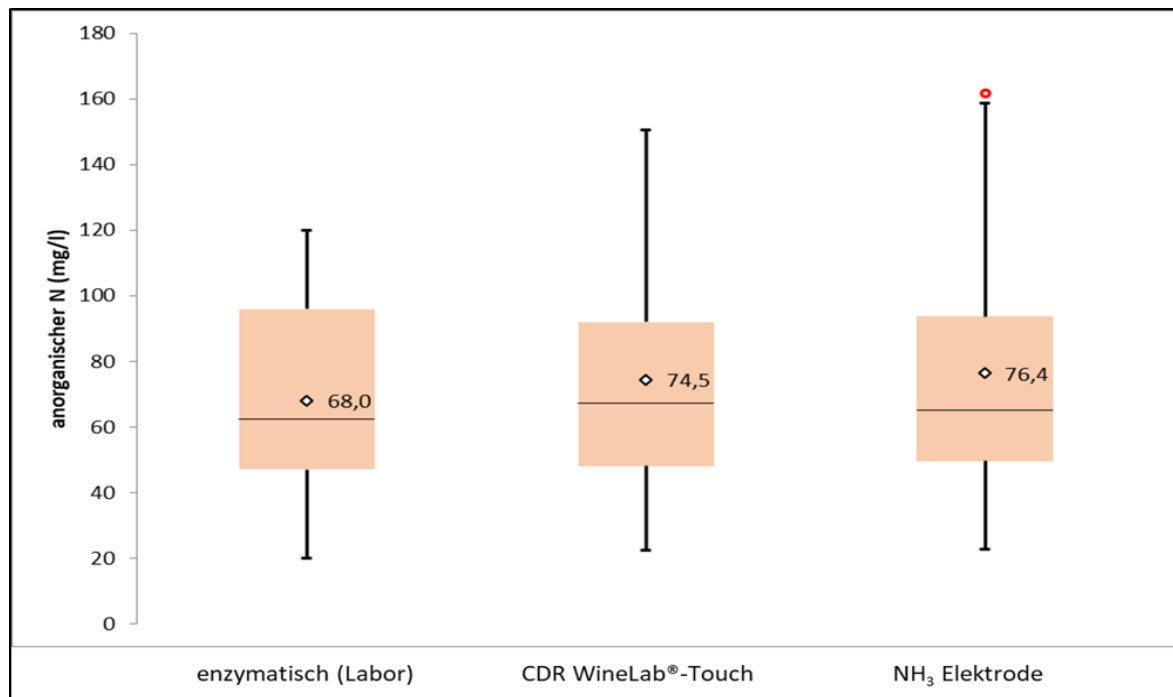


Abbildung 2: **Methodenvergleich – anorganischer Stickstoff (NH₄⁺) in 22 roten Traubenmosten**

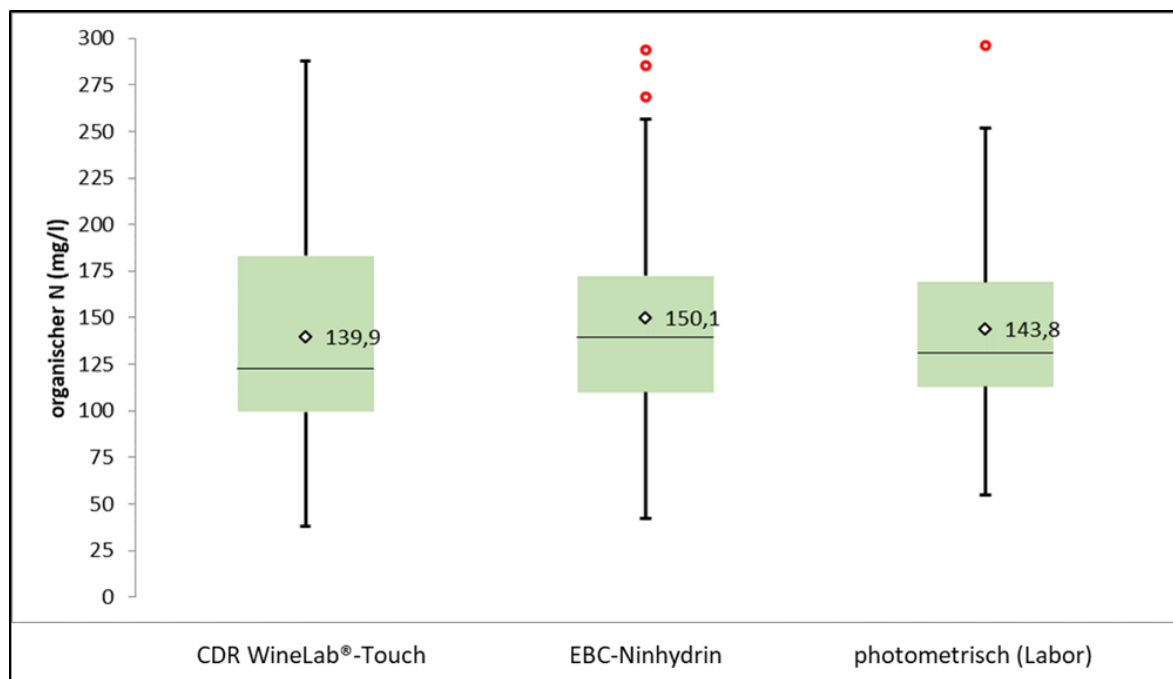


Abbildung 3: **Methodenvergleich – organischer Stickstoff in 39 weißen Traubenmosten**

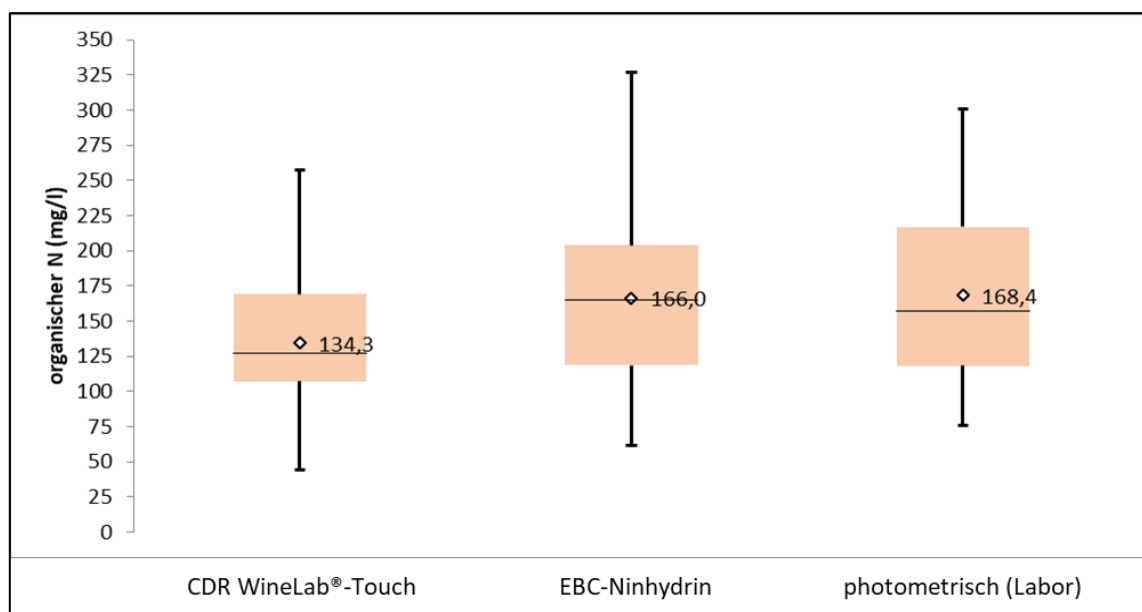


Abbildung 4: **Methodenvergleich – organischer Stickstoff in 22 roten Traubenmosten**

Alle Methoden unterscheiden sich in der Analysendauer, und besonders der Arbeitsaufwand, sowie die Dauer des Ablaufs können als Fehlerquellen genannt werden.

Tabelle 1: **Überblick über die Leistungskennzahlen der einzelnen Methoden**

	Leistungskennzahlen der Methoden			
	anorganischer Stickstoff		organischer Stickstoff	
	CDR WineLab® Touch	NH ₃ -Elektrode	CDR WineLab® Touch	EBC-Ninhydrin
Standardabweichung - weißer Most	8 mg/l	14 mg/l	5 mg/l	7 mg/l
Variationskoeffizient - weißer Most	14%	16%	5%	10%
Standardabweichung - roter Most	5 mg/l	12 mg/l	17 mg/l	15 mg/l
Variationskoeffizient - roter Most	10%	31%	21%	21%

Fazit: So wie die Kontrolle des Gehalts an schwefliger Säure, die Bestimmung des pH-Werts, der titrierbaren Säure und des Restzuckers sollte auch die Feststellung des Gehalts an anorganischen und organischen hefeverfügbaren Stickstoff im Most zur Routine werden. Gerade in Zeiten des Klimawandels sollte man den Stickstoffbedarf des Mosts kennen, um Defizite zielgerichtet ausgleichen zu können. Hefenährsalze werden häufig prophylaktisch gegeben, ohne die entsprechenden Ausgangswerte im Most zu kennen. Nur die optimale Stickversorgung führt zu einem ausbalancierten und fehlerfreien Produkt.

Das Analyseninstrument CDR WineLab®-Touch bietet eine rasche, flexible und einfache Möglichkeit, die notwendigen Stickstoffparameter selbst zu analysieren. Die Benutzerfreundlichkeit hat ihren Anschaffungspreis (ca. 7500 Euro – Stand 2022), dazu kommen noch die Ausgaben pro Analyse, die je nach Parameter zwischen 1,80 und 4,50 Euro liegen. Demgegenüber stehen die Kosten im Labor der Prüfstelle des Bundesamts für Wein- und Obstbau von ca. 30 Euro für die Analyse des gesamten hefeverfügbaren Stickstoffs. Darüber hinaus sollte der Umgang mit Kolbenhubpipetten gut beherrscht werden. An der HBLA und BA für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg wird ein Kurs über anwenderfreundliche Methoden und der Umgang mit der Standardausstattung für Betriebslabore angeboten. Das CDR WineLab® Touch ist derzeit auch Teil dieses Kurses.

Das Fazit ist, dass das CDR WineLab®-Touch reproduzierbare und praktikable Ergebnisse bei der Analyse des hefeverfügbaren Stickstoffs liefert. Auch die anderen durchgeführten konventionellen Methoden sind präzise und zweckdienlich, benötigen aber viel mehr Zeit, chemisch-physikalisches Grundwissen und eine spezielle Laborausstattung. Das CDR WineLab®-Touch ist nicht nur für die kommende

Winzergeneration prädestiniert, sondern bietet nach etwas Einarbeitungszeit auch für Winzer ein All in One-Analysengerät mit einer Fülle an Methoden.

Zusammenfassung

Im Fokus dieser Arbeit standen die Analysenparameter anorganischer bzw. organischer hefeverfügbarer Stickstoff in weißen und roten Mosten, untersucht mit dem Analyseninstrument CDR WineLab®-Touch. Dabei wurden die Ergebnisse dieses Instruments mit den auf gleiche Art im Labor durchgeführten Methoden (kolorimetrische Bestimmung des FAN und enzymatische Bestimmung von NH_4^+), sowie anderen konventionellen Methoden (EBC-Ninhydrin-Methode, Ammoniakmessung mittels NH_3 -Elektrode) verglichen und Aspekte wie Aufwand und Handhabung beurteilt.

Das CDR WineLab®-Touch liefert reproduzierbare und praktikable Ergebnisse bei der Analyse des hefeverfügbaren Stickstoffs. Auch die anderen durchgeführten konventionellen Methoden sind präzise und zweckdienlich, benötigen aber viel mehr Zeit, chemisch-physikalisches Grundwissen und eine spezielle Laborausstattung.

Abstract

The focus of this work was on the analysis parameters of inorganic and organic yeast-assimilable nitrogen in white and red musts, examined using the CDR WineLab®-Touch analysis instrument. The results of this instrument were compared with the methods carried out in the same way in the laboratory (colorimetric determination of FAN and enzymatic determination of NH_4^+), as well as other conventional methods (EBC ninhydrin method, ammonia measurement using NH_3 electrode) and aspects such as effort and handling were assessed.

The CDR WineLab®-Touch delivers reproducible and practical results in the analysis of yeast-available nitrogen. The other conventional methods used are also precise and useful, but require much more time, basic chemical knowledge and special laboratory equipment.

Literatur

DUKES B.C. and BUTZKE C.E. (1998): Rapid Determination of Primary Amino Acids in Grape Juice Using an o-Phthaldialdehyde/N-Acetyl-L-Cysteine Spectrophotometric Assay *Am J Enol Vitic.* 49:125-134

LIE S (1973): The EBC-Ninhydrin Method for Determination of Free Alpha Amino Nitrogen. *Journal of the Institute of Brewing*, 79: 37-41. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1973.tb03495.x>

BELL S.-J. and HENSCHKE P. (2005) Implication of nitrogen nutrition for grapes fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11(3): 242 – 295. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2005.tb00028.x

SCHNEIDER I (2016): Nur Stickstoff in Form von Ammonium? *Das deutsche Weinmagazin* 19, 26-29.

Adressen der Autoren

HBLA und BA für Wein- und Obstbau, Abteilung Chemie und Qualitätskontrolle, Wienerstraße 74, 3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: Dr. Stefan NAUER, stefan.nauer@weinobst.at

Da ist der Wurm drin - Laborversuche im Rahmen des Projektes Drahtwurm-Control

That's where the worm is - Lab experiments in the scope of the project 'Drahtwurm-Control'

Stephan Manhalter*, Anna Moyses, Matthias Wernicke und Katharina Wechselberger

Einleitung

Drahtwürmer bezeichnet umgangssprachlich die Larven von Schnellkäfern (Elateridae). Sie sind als Schädlinge in der Landwirtschaft bekannt und richten besonders beim Anbau von Kartoffeln und Mais beträchtliche Schäden an. Während sie bei Kartoffeln die zu erntenden Knollen beschädigen, sind beispielsweise bei Mais, Ölkürbis und Zuckerrüben die Keimlinge vom Fraß betroffen. Schätzungen durch Umfragen bei betroffenen Landwirt:innen zufolge, liegt der Schaden an Kartoffeln im 5-jährigen Schnitt bei ca. 15%. Es gibt mehrere Gattungen, die Schäden verursachen, aber *Agriotes* ist die wirtschaftlich wichtigste in Österreich.

Im Verlauf des Projektes Drahtwurm-Control wurden und werden verschiedene Bekämpfungs- und Vorbeugemaßnahmen getestet. Bis Projektende sollen diese Maßnahmen auch nach objektiven Gesichtspunkten in ihrer Nachhaltigkeit, Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit bewertet werden.

Eine vielversprechende biologische Bekämpfungsmethode ist der Einsatz von *Metarhizium brunneum*, einem entomopathogenen Pilz, der die Schnellkäfer-Larven im Bestand reduzieren soll.

Material und Methoden

Topfversuche

In insgesamt vier separaten Topfversuchen wurden elf Präparate mit einer Negativkontrolle und einer Positivkontrolle (Force Evo) verglichen. Je Variante wurden vier Wiederholungen zu je drei Töpfen angelegt. Je Topf wurden 300 g Substrat (sandig-toniger Lehm mit ca. 3 % Humusgehalt) mit dem jeweiligen Präparat behandelt. Einige Präparate wurden in zwei Konzentrationen eingesetzt, um auch schwache, dosisabhängige Effekte abbilden zu können (Tabelle 1).

Drahtwürmer

Die Drahtwürmer stammten zum Großteil aus Aufsammlungen von Kartoffellästern bei der Ernte im Herbst des Vorjahres. Diese wurden vor dem Versuch auf Artniveau bestimmt und nach Art sortiert in Zuchtboxen mit Blumenerde überführt. Für die Versuche wurden gezielt *Agriotes obscurus* und *A. ustulatus* verwendet. Es wurde versucht bei allen Experimenten eher mittelgroße Drahtwürmer zu verwenden. In jeden Topf wurden drei Drahtwürmer gesetzt und über einen Zeitraum von 6 bis 8 Wochen beobachtet.

Präparate

Neben chemisch-synthetischen Insektiziden wurden auch in der biologischen Landwirtschaft verwendbare Präparate getestet. Zusätzlich wurden Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenhilfsmittel getestet, denen eine Wirkung gegen den Drahtwurm nachgesagt wird (Tabelle 1).

Auswertung

Über die jeweils ca. fünf bis sechs Wochen Experimentlaufzeit wurden insgesamt drei primäre Parameter erhoben: Bei dem wöchentlichen Wechsel der verfütterten Karottenscheiben wurde die Fraßaktivität auf einer Skala von 0 bis 3 ermittelt (Tabelle 2). Nach Abschluss des Experiments wurden zudem Mortalität (Anzahl der toten Drahtwürmer) und die Drahtwurm-Vitalität nach Vernon et al. (2008, Tabelle 3) erhoben.

Tabelle 1: **Getestete Präparate**

Präparat	Komponenten	Typ	Zulassung	Bio	Varianten	Aufwand- menge
Force Evo	Tefluthrin	PSM	Ja	Nein	1x	16 kg/ha
Karate 0,4 GR	lambda-Cyhalothrin	PSM	Ja	Nein	1x	15 kg/ha
Spintor GR	Spinosad	PSM	Ja	Ja	1x	12 kg/ha
Picador 1,6 MG	Cypermethrin	PSM	Ja	Nein	1x	12 kg/ha
Soil Tonic G	Zeolith, Glycerin, Pflanzenextrakte	BHS	VO (EU) 2019/515 - DE	Ja	1x, 10x	20 kg/ha
Granhumix Gold	Org. C/N, Mycorrhiza- pilze, <i>Bacillus spp.</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> n.d.	BHS	VO (EU) 2019/515 - IT	Ja	1x, 10x	15 kg/ha
DIA 109I	Pflanzenextrakte	PHM	Nicht am Markt	Ja	1x, 10x	20 L/ha
Kalkstickstoff	gebundener Stickstoff, CaO, MgO	DM	Ja	Ja	min, max	250 kg/ha – 400 kg/ha
GreenSky	Huminsäure	PHM	Ja	Ja	1x, 10x	10 L/ha
Lalguard M52 OD	<i>Metarhizium brunneum</i> Ma 43	PSM	Nicht gg. DW	Ja	0,5 %, 5 %	1,25 L/ha in 400-800 L Wasser/ha
Stericlean Soil	<i>Beauveria bassiana</i> n.d.	BHS	VO (EU) 2019/515 - HU	Ja	1x, 10x	2 L/ha
Ekofertile	<i>Lactobacillus spp.</i> , Spurenelemente, Meta- bolite	PHM	VO (EU) 2019/515 - DE	Ja	5 %, 50 %	~1-10 L in 100 L Lö- sung(/ha)

BHS: Bodenhilfsstoff, PHM: Pflanzenhilfsmittel, PSM: Pflanzenschutzmittel

Tabelle 2: **Kurzbeschreibung der Fraßbewertung**

Bewertung	Beschreibung
Fraß 0	Kein Fraß
Fraß 1	Fraß nur oberflächlich, maximal 10 mm ²
Fraß 2	Fraß mit maximal zwei Löchern bis zu einer Gesamttiefe von 3 mm, oberflächlich maximal 30 mm ²
Fraß 3	Alles darüber hinaus

Tabelle 3: **Kurzbeschreibung der Vitalitätsbewertung nach Vernon et al (2008)**

Bewertung	Beschreibung
Vitalität 4	Unbeeinträchtigte Vitalität, bewegt sich innerhalb von 2 min aus dem Zentralkreis einer Filterpapierarena.
Vitalität 3	Unkoordinierte Bewegung, Krümmung (C oder S-Form) noch möglich, schafft es innerhalb des Zeitlimits nicht aus dem Zentralkreis, z.T. durch Berührung hervorgerufen
Vitalität 2	Keine koordinierte Krümmung mehr möglich, Bewegung von Beinen und Mundwerkzeugen
Vitalität 1	Nur noch Bewegung von Mundwerkzeugen, Atmungsbewegungen
Vitalität 0	Keine sichtbaren Bewegungen mehr, „tot“

Ergebnisse und Diskussion

Fraßverhalten

Das Fraßverhalten wurde erst ab dem zweiten Experiment dokumentiert. Besonders bei Karate 0,4 GR (86,4 %) und Force Evo (90,7 - 96,8 %) zeigt sich eine hohe durchschnittliche Reduktion der Fraßaktivität (Abbott, 1925). Bei den Kalkstickstoff- und Huminstoff-Behandlungen ist die Fraßaktivität im Vergleich zur Kontrolle bis zu 45% erhöht.

Mortalität

Besonders bei den Behandlungen mit Force Evo und Lalgard M52 OD gibt es zwei Fälle, bzw. einen Fall, wo die Anzahl an toten Drahtwürmern zu Experimentende signifikant höher war als in der jeweiligen Kontrolle (Abbildung 1). Die errechnete Wirksamkeit von Force Evo liegt bei ca. 60-70%, bei Lalgard M52 OD liegt sie bei ausreichender Substratfeuchte und frischem Produkt bei knapp über 40%.

Vitalität

Ein Großteil der überlebenden Drahtwürmer war voll vital (Vitalität 4). Nur bei Force Evo, Karate 0,4 GR und Spintor GR gab es einen quantifizierbaren, aber nicht bei allen Varianten signifikanten negativen Einfluss auf die Vitalität.

Diskussion

Allgemein war die Fraßaktivität beim dritten Experiment geringer, was zum Teil dem Umstand geschuldet ist, dass viele Drahtwürmer sich in der letzten Phase vor der Verpuppung befunden haben, besonders in der Kontrolle. Allgemein lässt sich aber sagen, dass sich bei Drahtwürmern aus der gleichen Kohorte über ihr Fraßverhalten leicht nicht-invasiv Daten zur Vitalität ablesen lassen. Wenn es ihnen gut geht, dann fressen sie oft viel, meist fokussiert im Kambium der Karottenscheiben. Der Umkehrschluss, dass es ihnen nicht gut geht, weil sie nichts fressen, ist im Einzelfall bzw. kurzfristig nicht zulässig, weil sie sich z.B. in Häutung befinden können. Über eine größere Gruppe und längere Zeiträume hinweg ist es etwas leichter sich am Fraßverhalten zu orientieren. Die gemittelte Fraßaktivität je Topf korreliert signifikant, mit der Vitalität der enthaltenen lebenden Drahtwürmer (ca. 0,4, $p < 0,001$, $n = 216$, Spearman) ist aber allein nicht ausreichend, um die gesamte Variabilität in der Vitalität bei der Endauswertung zu erklären.

Es ist evident, dass sich die Effektivität des Pilzpräparates zwischen beiden Experimenten unterscheidet, allerdings nicht stark genug, um zwischen den Behandlungen mit gleicher Konzentration bezüglich der Anzahl toter Drahtwürmer statistisch signifikant zu sein. Es deutet aber darauf hin, dass das angebrochene Produkt, wie zu erwarten war, an Effektivität verloren hatte.

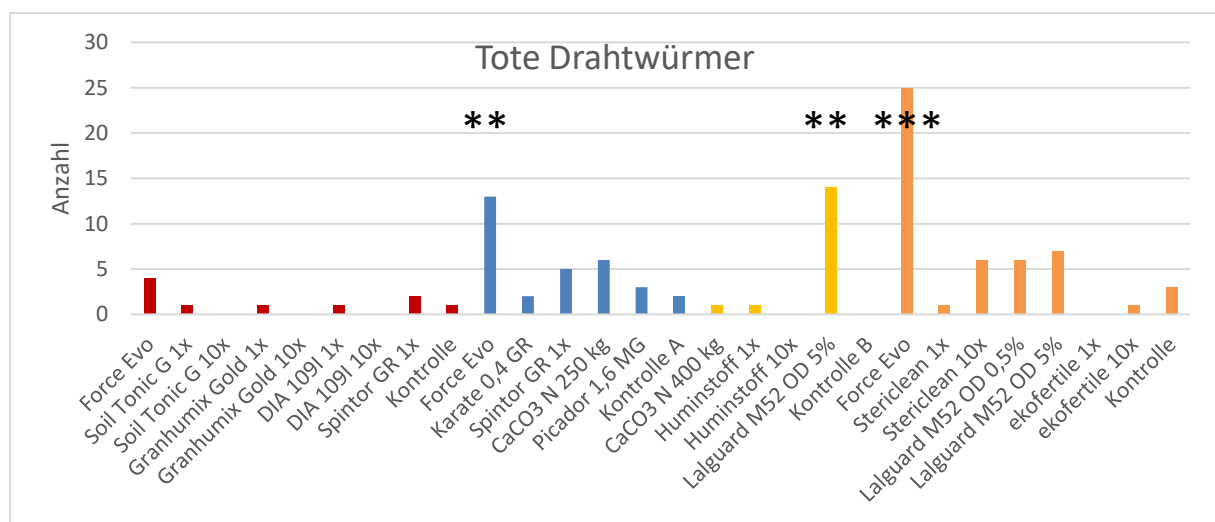


Abbildung 1: Anzahl toter Drahtwürmer je Variante, Experimente in jeweils anderer Farbe gehalten. Signifikanter Unterschied zur jeweiligen Kontrolle mit Asterisk markiert.

Zusammenfassung

In mehreren Topfversuchen wurden verschiedene Mittel gegen Drahtwürmer (*Agriotes obscurus*, *A. ustulatus*) getestet, um ihre Überlebensrate und Vitalität, sowie ihr Fressverhalten zu untersuchen.

Einige der verwendeten Wirkstoffe bzw. (-Gemische) sind zugelassene Pflanzenschutzmittel, andere gehören zu den Dünge- oder Pflanzenhilfsmitteln. Die Dünge- und Pflanzenstärkungsmittel wurden zudem in einfacher und zehnfacher Konzentration getestet. Alle Behandlungen wurden gegen eine unbehandelte Negativkontrolle und eine mit Force Evo behandelte Positivkontrolle getestet. Von all den Präparaten, mit denen das Substrat in den Töpfen behandelt wurde, zeigte nur die Behandlung mit Force Evo und mit Lalgard M52 OD (5 %) eine erhöhte Mortalität (jeweils 36,7 - 72,7 % bzw. 42,4 % Wirkungsgrad nach Abbott, 1925). Den größten negativen Effekt auf ihr Fraßverhalten hatten Force Evo (90,7 - 96,8 %) bzw. Karate 0,4 GR (86,4 %) berechnet nach Abbott (1925). Die Untersuchung sublethaler Effekte der Präparate erhöht die Einschätzungsgenauigkeit.

Abstract

The impact of different compounds on wireworms (*Agriotes obscurus*, *A. ustulatus*) was investigated in multiple pot experiments to gauge their survival rate and vitality as well as how much they eat. Some of the used compounds were registered pesticides and others can be classified as fertilizers or “tonics”. The fertilizers and soil additives were tested both in recommended and 10x dosage. They were compared to the untreated negative control and Force Evo as positive control. The pot experiments showed that of the compounds directly applied to the substrate only wireworms in Force Evo and Lalgard M52 OD (5 %) treated substrate showed increased mortality (36.7 - 72.7 % and 42.4 % efficiency respectively, calculated after Abbott, 1925). The highest negative effect on feeding behavior had Force Evo (90.7 – 96.8 %) and Karate 0.4 GR (86.4 %), calculated after Abbott (1925). The investigation of sub-lethal effects of the compounds on the wireworms enables a better evaluation overall.

Danksagung

Ich bedanke mich bei meinen Kolleg:innen Anna Moyses, Matthias Wernicke, Michaela Maresch, und bei der Projektleiterin Katharina Wechselberger für die großartige Zusammenarbeit und tatkräftige Unterstützung.

Vielen Dank auch an die Fördergeber, die dieses Projekt erst ermöglicht haben:

Finanziert wird das Projekt vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft. DaFNE – Projektfördernummer 101587, sowie den Bundesländern.

Literatur

ABBOTT, W. S. (1925): A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.

VERNON, R. S., VAN HERK, W., TOLMAN, J., ORTIZ SAAVEDRA, H., CLODIUS, M. und GAGE, B. (2008): Transitional Sublethal and Lethal Effects of Insecticides After Dermal Exposures to Five Economic Species of Wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*, 101 (2): 365-374.

Adressen der Autoren

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Abteilung Nachhaltiger Ackerbau, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: Stephan MANHALTER, MSc., stephan.manhalter@ages.at

Anwendung multifunktional wirksamer Pilze gegen Bodenschädlinge: Green Tools 1st

Application of multifunctionally effective fungi against soil pests: Green Tools 1st

Hermann Strasser^{1*}, Hannah Popp-Embleton¹, Jürg Enkerli² und Maria Zottele¹

Einleitung

Entomopathogene Pilze der Gattungen *Beauveria* und *Metarhizium* sind multifunktional wirksame Pathogene, welche neben ihrer Wirkung als Pflanzenschutzmittel auch als Biostimulanzien für Pflanzen dienen können. Eine wachsende Zahl von Studien belegt, dass die in-situ applizierten Pilze der Gattungen *Beauveria* und *Metarhizium* auch eine wichtige Rolle als Endophyten, als Förderer des Pflanzenwachstums, als Antagonisten von Pflanzenkrankheiten sowie Besiedler der Rhizosphäre einnehmen. Diese beschriebenen Eigenschaften sind für uns von besonderem Interesse und werden unter der Prämisse „Entomopathogene Pilze - ein biologisches Insektizid und auch Pflanzenhilfsstoff bzw. Biostimulanz“ eingehend in unseren DaFne Forschungsprojekten ASPROSOLUTION und SCARABKLAR untersucht. Unsere experimentellen Arbeiten fokussieren sich auf die Entwicklung (1) neuer Dispersionsformulierungen unter Verwendung unserer Produktionsstämme BIPESCO 2 (*Beauveria brongniartii*) und BIPESCO 5 (*Metarhizium brunneum*); (2) sowie die Integration dieser Produkte in neue, innovative IPM-Strategien, und (3) der Begründung, warum diese als Biostimulanzien zukünftig eingesetzt werden sollen?

Material und Methoden

Beauveria und Metarhizium-Produktion: Die BIPESCO Stämme BIPESCO 2 (Handelsname: MelocontTM Pilzgerste) und BIPESCO 5 (Handelsname: GranmetTM GR) werden als kryokonservierte Sporensuspensionen in unserer Mykothek gehalten und bei Bedarf auf Sabouraud Glucose Agar (SDA) Platten kultiviert. Luftkonidien werden auf Pilzgerste im Großmaßstab produziert und anschließend mit einem Mycoharvester-Sieb geerntet (< 250 µm). Die Pilzkulturen und die Sporenvorräte werden bis zu einem Monat gekühlt gelagert.

Topfversuche: Es wurden zwei Ausbringungsmethoden für den Stamm BIPESCO 5 in Zuckerrübenkulturen (*Beta vulgaris*) untersucht: (i) eine Ausbringung in den Wurzelbereich von Zuckerrübe (Rhizosphärenaktivität und mögliche Kolonisierung durch das Wurzelsystem) und (ii) eine Ausbringung auf die Blattoberfläche (mögliche Kolonisierung durch den Blattbereich). Für die Inokulation wurden 14 Tage alte Setzlinge verwendet. Alle Pflanzen wurden im Gewächshaus bei 24°C und 16h Beleuchtung gezogen. Die Pflanzen wurden 2 x pro Woche 5 Minuten lang automatisch bewässert. Pro Behandlung wurden 10 Pflanzen verwendet. Für die Anwendungen wurden Sporenabwaschungen verwendet. Für die Sprühanwendung auf der Blattoberfläche wurde die Konzentration auf 5*10⁷ Sporen pro Milliliter eingestellt (2 mL pro Pflanze), für die Inokulationslösung zur Beimpfung des Bodens wurde eine Konzentration von 1*10⁸ Sporen/ml verwendet (100µL pro Pflanze). Zur Kontrolle wurden die Pflanzen nur mit einer 0,1%igen (w/v) Tween[®] 80-Lösung behandelt.

Nachweis endophytisches Wachstum: Unter Anwendung eines „green fluorescent protein“ (GFP) markierten *Metarhizium* Stamms wird zur Zeit die Ausbreitung des Pilzes in der Zuckerrübe untersucht. Weiters wird unter zur Hilfenahme des TraitFinder Systems (mit PlantEye; Phenospex B.V., Niederlande; <https://www.youtube.com/watch?v=LwMHAi8SRRI>) die Auswirkungen der Behandlungen auf das Pflanzenwachstum bewertet. Teil der 13 erhobenen Werte sind folgende Parameter: digitale Biomasse, Greenness, Höhe, Höhenmaximum, Farbton [Farbe], Blattwinkel, Blattfläche, NDVI [normalisierter digitaler Vegetationsindex], NPCI [normalisierter Pigment-Chlorophyll-Verhältnis-Index], PSRI [Pflanzen-Seneszenz-Reflexionsindex].

Austestung volatiler organische Verbindungen - Biostimulanz Wirkung: Die flüchtigen Bestandteile von *Metarhizium brunneum* (d.h. 1-octen-3-ol und 3-octanon) wurden in vitro auf insektizide Eigenschaften getestet, sowie zurzeit im Choice-Testsystem auf ihre Wirkung als Attraktant bzw. Repellent auf adulte *Asproparthenis punctiventris* geprüft (Abbildung 1).

Ergebnisse und Diskussion

Die multifunktionale Lebensweise von insektenpathogenen Pilzen kann als die Eigenschaft eines Pilzes beschrieben werden, welcher sowohl als Saprobiont als auch als Endophyt und/oder Parasit in Erscheinung tritt. *Beauveria*- und *Metarhizium* Arten zeigen tatsächlich diese genotypische Plastizität, wenn sie unterschiedlichen Umweltkonditionen ausgesetzt werden. Diese Pilz-Generalisten sind in der Lage, saprobisch oder als Kolonisator von Pflanzen oder Insekten zu persistieren (Barelli et al. 2016). Gerade in den letzten zehn Jahren wurden vermehrt Arbeiten über die multifunktionelle Lebensweise dieser Pilze publiziert: Sie sind häufig nicht nur für die Parasitierung von Schadinsekten verantwortlich (Schädlingsbekämpfungsmittel), sondern fördern die Pflanzengesundheit durch die Bildung symbiotischer Verbindungen mit den Pflanzenwurzeln. Heute wissen wir, bestätigt durch den Einsatz von GFP markierten Isolat, dass unsere Pilzkandidaten-Stämme, entsprechend ihrer stammesgeschichtlichen Entwicklung, auch als endophytisch lebende Pilze eine positive Wirkung auf Pflanzen ausüben können. Es wird vermutet, dass auch Blattsauger gezielt mit dem endophytisch lebenden Entomopathogen infizieren können, indem sie über den Saftstrom das Pathogen aktiv aufnehmen.

Entomopathogene Pilze wie *Metarhizium* und *Beauveria* haben bekanntermaßen auch ein breites metabolisches Repertoire und einige dieser Stoffe, unter anderem volatile organische Verbindungen (VOC), wurden bereits charakterisiert. Unsere jüngsten Untersuchungen bestätigten, dass *M. brunneum* VOCs freisetzt, welche eine Verhaltensänderung bei Bodenschädlingen (*Phyllopertha horticola*, *Agriotes* spp., *Diabrotica virgifera virgifera*) bewirkt. Die Autoren Wood et al. (2022) gehen davon aus, dass die Hauptfunktionen dieser Verbindungen in der Hemmung mikrobieller Konkurrenten liegen. Diese als mikrobielle Pflanzenbiostimulanzien definierten Substanzen werden von unseren Pilzen synthetisiert und freigesetzt und haben zusätzlich die Fähigkeit, die Wachstumseigenschaften von Pflanzen zu verbessern. Jüngste Untersuchungen haben auch gezeigt, dass sie zusätzlich als effiziente Semiochemikalien als Insektizid und Molluskizid wirken können. Während die biostimulierende Wirkung von *Metarhizium* per se gut dokumentiert ist, zeigen jüngste Arbeiten, dass auch dessen VOC das Pflanzenwachstum unabhängig von der mikrobiellen Aktivität deutlich verbessern können (Wood, 2022).

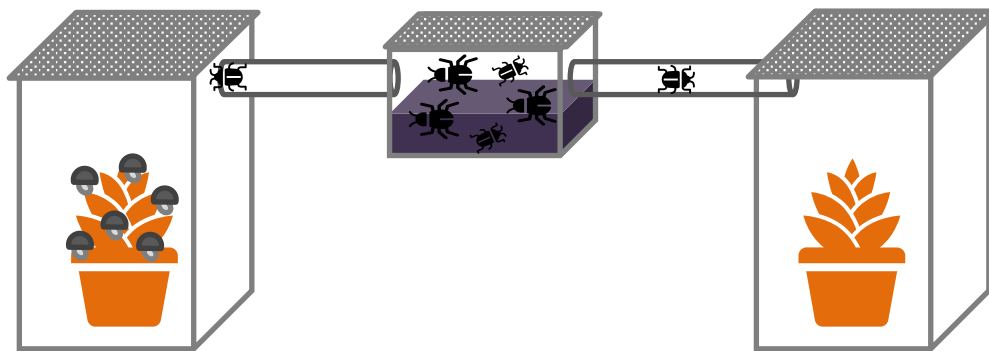


Abbildung 1: **Choice Testsystem zur Austestung von volatilen Pilzwirkstoffen (Biostimulanzien) auf das Verhalten von adulten Schadinsekten.**

Wie Barelli und Co-Autoren (2016) richtig resümierten, nämlich dass „die traditionelle Forschung zu insektenpathogenen Pilzen sich fast ausschließlich auf die Virulenz der Insekten und auf die Steigerung der Virulenz konzentrierten“, ist die Forschung heute bemüht aufzuzeigen, dass eine Reihe von biologischen Insektenbekämpfungsmitteln auf Basis von *Beauveria* und *Metarhizium* auch Pflanzen besiedeln können und so möglicherweise eine größere Rolle im Ökosystem spielen als bisher angenommen wurde. Auch wenn immer häufiger Firmen von der Funktion ihrer Wirkstoffe als Pflanzenstärkungsmittel, Pflanzenhilfsstoff, Biostimulanz bzw. von einer Dual-Use Anwender-Produkt sprechen, bleibt jedoch darauf hinzuweisen, dass für eine Anwendung von *Metarhizium* und *Beauveria* zumindest eine nationale Zulassung gemäß Verordnung (EG) 1107/2009 Art. 22 und Art. 47 bindend bleibt. So ist es auch unser Ziel, neue Dispersionformulierungen für *Beauveria* und *Metarhizium* zu entwickeln und diese wie das Produkt Granmet GR (Agrifutur s.r.l., Alfianello) als Low Risk Wirkstoff zu registrieren (Granmet™ GR BIPESCO 5; aut. N. 17143).

Zusammenfassung

Seit mehr als 100 Jahren werden endophytisch insektenpathogene Pilze (EIPP) als natürliche Feinde von Arthropoden auf ihre wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeit hin untersucht und entwickelt. Eine wachsende Zahl von Studien belegt, dass in-situ applizierte entomopathogene Pilze der Gattungen *Beauveria* spp. und *Metarhizium* spp. auch eine wichtige Rolle als Endophyten, als Förderer des Pflanzenwachstums, als Antagonisten von Pflanzenkrankheiten sowie Besiedler der Rhizosphäre einnehmen. Diese kürzlich beschriebenen Eigenschaften sind von besonderem Interesse und sollten unter der Prämisse „Entomopathogene Pilze - ein biologisches Insektizid und auch Pflanzenhilfsstoff“ eingehender diskutiert werden. So ist es unser Ziel, neue Dispersionformulierungen für *Beauveria* und *Metarhizium* zu entwickeln und diese auch wie das Produkt Granmet GR (Agrifutur s.r.l., Alfianello) als Low Risk Wirkstoff zu registrieren (Granmet™ GR BIPESCO 5; aut. N. 17143). Trotz anhaltender Skepsis, zumindest auf nationaler Ebene, bleibt die Zulassung von *Metarhizium* und *Beauveria* als EIPP gemäß Verordnung (EG) Nr. 1107/2009, Artikel 22 und 47, weiterhin verbindlich - insbesondere aufgrund ihrer multifunktionalen Wirksamkeit.

Abstract

For more than 100 years, endophytic-insectpathogenic fungi (EIPF) have been studied and developed as natural enemies of arthropods, with regard to their potential for commercial application. A growing number of new studies show that in-situ applied entomopathogenic fungi of the genus *Beauveria* and *Metarhizium* also play an important role as endophytes, as plant growth promoters, as antagonists of plant diseases and as colonisers of the rhizosphere. These recently described properties are of particular interest and should be discussed in more detail under the premise ‘Entomopathogenic fungi - a biological insecticide and plant adjuvant’. As such, we aim to develop new dispersion formulations for *Beauveria* and *Metarhizium* and register them as low-risk active agents (Granmet GR BIPESCO 5; aut. N. 17143), as was done for the product Granmet™ GR (Agrifutur s.r.l., Alfianello). Despite ongoing scepticism, at least on a national level, authorisation for the use of *Metarhizium* and *Beauveria* as EIPF in accordance with Regulation (EC) No. 1107/2009, Articles 22 and 47, will remain binding — particularly due to their multifunctional efficacy.

Danksagung

Diese Forschungsarbeit wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft (Pr.Nr. 101749 ASPROSOLUTION) und dem BMLUK in Zusammenarbeit mit den österreichischen Bundesländern (Pr.Nr. 101849 SCARABKLAR) gefördert.

Literatur

BARELLI L., MOONJELY S., BEHIE S.W., BIDOCHKA M.J. (2016) Fungi with multifunctional lifestyles: endophytic insect pathogenic fungi. *Plant Mol Biol*, 90, 6, 657-64.
WOOD M.J., KORTSINOLOU A.M., KHOJA S., KOUVELIS V.N., MYRTA A., MIDTHASSEL A., LOVERIDGE E.J., BUTT T.M. (2022) *Metarhizium brunneum* (Hypocreales: *Clavicipitaceae*) and its derived volatile organic compounds as biostimulants of commercially valuable Angiosperms and Gymnosperms. *J. Fungi*, 8, 10, 1052.

Adressen der Autoren

¹ Universität Innsbruck, Institut für Mikrobiologie, Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck

² Agroscope Reckenholz, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

* Ansprechpartner: Dr. Hermann STRASSER, hermann.strasser@uibk.ac.at

Evaluierung der Virulenz von Stämmen der entomopathogenen Pilze *Beauveria bassiana* und *B. brongniartii* an Engerlingen des Maikäfers (*Melolontha* spp.)

Evaluation of the virulence of strains of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and B. brongniartii against Melolontha spp. grubs

Melanie Studera* und Christa Schafellner

Einleitung

Die Larven (Engerlinge) des Feld- und Waldmaikäfers (*Melolontha melolontha* & *M. hippocastani*) verursachen durch ihren polyphagen Wurzelfraß Schäden im Grünland sowie in land- und forstwirtschaftlichen Kulturen. Da keine Zulassungen für chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel bestehen, wird eine Kontrolle der Engerlinge durch wiederholte mechanische Bodenbearbeitung durchgeführt. An steilen Hanglagen oder in Dauerkulturen inkl. Baumschulen ist diese Form der Bekämpfung nur beschränkt durchführbar. Mykoinsektizide, in denen entomopathogene Pilze als Wirkstoff eingesetzt werden, stellen in erschwerten Kontrollsituationen sowie ergänzend eine bedeutende Bekämpfungsmethode dar.

Die Arten *Beauveria bassiana* und *B. brongniartii* werden bereits zur biologischen Bekämpfung von Maikäfer-Engerlingen eingesetzt. Dabei ist *B. brongniartii* auf diese Art spezialisiert, *B. bassiana* wird hingegen gegen eine Vielzahl blattfressender Arthropoden eingesetzt. Entomopathogene Pilze bilden Stämme aus, die sich in Aspekten ihrer Biologie (z.B. Thermotoleranz, Spezifität, Virulenz) unterscheiden. Im Rahmen dieser Studie wurden je ein Stamm *B. brongniartii* (BIPESCO 2) und *B. bassiana* (BOV1) mit dem Anwendungsbereich gegen Maikäferlarven sowie vier *B. bassiana* Stämme (ATCC 74040, GHA, PPRI 5339, R444) mit Anwendungsbereichen gegen blattfressende Insekten anhand ihrer Wachstumsraten bei konstanten Temperaturen verglichen. Zusätzlich wurden Infektionsversuche an Engerlingen im zweiten und im dritten Larvenstadium (L2 & L3) sowie an Larven der Großen Wachsmotte (*Galleria mellonella*) durchgeführt.

Material und Methoden

Isolation der Stämme: Die Stämme ATCC 74040, GHA, PPRI 5339 und R444 wurden aus kommerziell erhältlichen Mykoinsektiziden isoliert. Die Stämme BIPESCO 2 und BOV1 wurden von den Entwicklern zur Verfügung gestellt und lagen als Kulturen auf Agarplatten vor.

Herstellung der Sporensuspensionen: Die sporulierenden Kulturen wurden mit 7 ml 0.1% Tween® 80 Lösung gespült. Mit einer Impföse wurde die Sporenmasse abgelöst, anschließend wurden die Konidien in einem Ultraschallbad sowie durch Vortex-mischen vom Myzel getrennt. Die Sporensuspensionen wurden mittels einer mit Watte gestopften serologische Pipette gefiltert, wodurch Myzelteile in der Watte verblieben. In den Suspensionen blieben ausschließlich Konidien erhalten, die Konidiendichte wurde mithilfe einer Bürker-Türk Zählkammer bestimmt und entsprechend mit Tween-Lösung verdünnt. Die Vitalität der Sporen wurde durch die Keimungsrate nach 24 Stunden auf Agarmedium evaluiert.

Wachstumsversuch: Pro *Beauveria*-Stamm wurden fünf Wiederholungen auf zwei Medien (PDA = potato dextrose agar, S2D = Sabouraud 2% dextrose agar) und fünf konstanten Temperaturen (10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C) angelegt. In die Mitte jede Platte wurde 1 µL Konidiensuspension mit einer Dichte von 10⁴ Sporen pro mL aufgetragen. Nach 21 Tagen Inkubationszeit wurde der Durchmesser der Kulturen an zwei Stellen gemessen und gemittelt.

Infektionsversuch: Für die Zucht der Engerlinge wurden Käfer von Paarungsbäumen (Roskastanien) in Tulln a. d. Donau, NÖ im April 2024 abgesammelt. Die im Labor abgelegten Eiern wurden bis zum 2. Larvenstadium herangezüchtet. Zusätzlich wurden Tiere im 3. Larvenstadium aus dem Freiland (Golling a. d. Salzach, Sbg. & Waidhofen a. d. Ybbs, NÖ) im Juni und Juli 2024 gesammelt. Die Engerlinge wurden einzeln in Gefäßen mit Torf gehalten und wöchentlich mit Karottenstücken gefüttert. Nach einer achtwöchigen Quarantäne wurden je 100 µL Suspension mit einer Sporendichte von 5 * 10⁶ Konidien pro mL direkt auf die Engerlinge pipettiert. Je 30 L3-Engerlinge aus Golling wurden mit den Stämmen

BIPESCO 2, BOV1, GHA, PPRI 5339 und R444 sowie mit Tween-Lösung in der Kontrollgruppe inokuliert. Die gezüchteten L2-Engerlinge wurden mit BIPESCO 2, BOV1 (n = 29) und Tween (n = 21) behandelt.

Die Versuchstiere wurden bei 20 °C inkubiert und dreimal wöchentlich über einen Zeitraum von 56 Tagen kontrolliert. Da nach diesem Zeitraum nur eine geringe Mortalität eingetreten war, wurde die Temperatur auf 25 °C erhöht und dem Substrat Gartenerde hinzugefügt, wodurch der pH-Wert erhöht und die übermäßige Feuchtigkeit gesenkt werden konnte. Eine erneute Infektion wurde nach dem gleichen Schema durchgeführt. Zusätzlich wurden L3-Engerlinge aus Waidhofen mit den Stämmen ATCC 74040 (n = 12), BIPESCO 2 und BOV1 (n = 19, Kontrolle: n = 10) sowie *G. mellonella* Larven mit allen sechs *Beauveria*-Stämmen (n = 30) infiziert und über einen Zeitraum von 84 Tagen kontrolliert. Die *G. mellonella* Larven wurden in Gruppen zu fünf Tieren in einer mit Filterpapier ausgelegten Petrischale gehalten.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl die Temperatur als auch das Wachstumsmedium hatten einen signifikanten Effekt auf die Wachstumsrate der Stämme. Auf PDA zeigten die Stämme ATCC 74040, GHA und PPRI 5339 eine signifikant höhere Wachstumsrate, die Stämme BIPESCO 2, BOV1, R444 zeigten keinen Unterschied zwischen den Medien. Die tägliche Wachstumsrate der Stämme stieg zwischen 10 °C und 25 °C kontinuierlich an (Abb.1). Bei 30 °C unterschied sich das tägliche Wachstum nicht von jenem bei 25 °C, jedoch konnten nur die Stämme ATCC 74040 und BIPESCO 2 an über zwei der insgesamt zehn Platten erfolgreich anwachsen. Der Wachstumserfolg der Stämme war signifikant von der Temperatur abhängig. *B. brongniartii* weist üblicherweise ein niedrigeres Temperaturoptimum sowie Temperaturmaximum als *B. bassiana* auf (AREGGER-ZAVADIL 1992), der *B. brongniartii* Stamm BIPESCO 2 konnte bei 30 °C trotzdem erfolgreich wachsen.

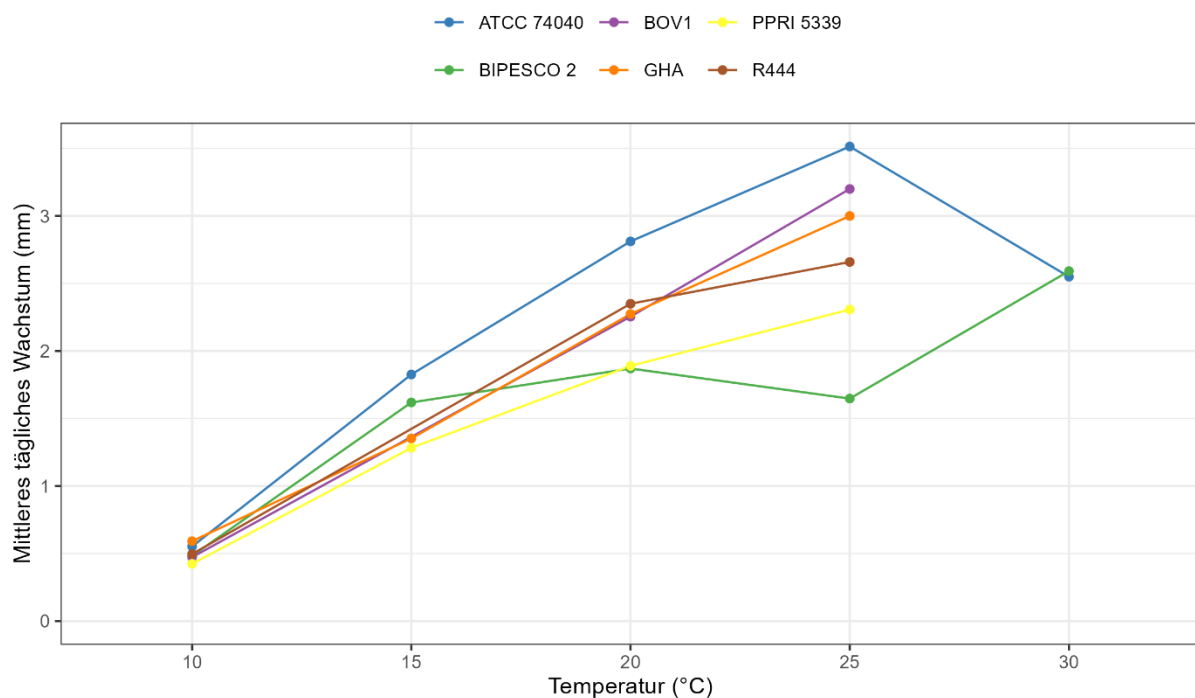


Abbildung 1: Mittleres tägliches Wachstum der *Beauveria* spp. Stämme bei fünf konstanten Temperaturen zwischen 10 °C und 30 °C (n = 10).

Obwohl sich das Wachstum der Pilzstämme deutlich unterschied, zeigten sich bei den Infektionsversuchen mit den Engerlingen auch nach 140 (bzw. 84) Tagen keine signifikanten Mortalitätsunterschiede zwischen den Behandlungsgruppen. Die Letalzeiten für 50 % der Engerlinge (LT₅₀) lagen zwischen 50 und 274 Tagen, es konnte jedoch kein signifikanter Einfluss der Behandlungen festgestellt werden. Bei den Larven von *G. mellonella* Larven zeigte sich jedoch ein signifikanter Effekt zwischen den Behandlungen, der LT₅₀-Wert lag zwischen 17 und 28 Tagen, jener der Kontrolle bei 40 Tagen.

Möglicherweise wirkte sich das mehrfache Überimpfen der Kulturen im Verlauf des Versuches negativ auf die Virulenz der Stämme aus. Die aus kommerziellen Produkten isolierten Stämme wurden vor dem Infektionsversuch fünfmal überimpft, die als Kultur erhaltenen Stämme dreimal. Entomopathogene Pilze verringern nach mehrfacher Kultivierung auf künstlichem Nährmedium ihre Virulenz. LOESCH et al. (2010) konnten diesen Effekt beim Stamm BIPESCO 2 jedoch erst nach zehn Überimpfungen feststellen. Die erfolgreiche Abtötung der *G. mellonella* Larven widerspricht einem vollständigen Virulenzverlust der Stämme, es ist jedoch möglich, dass für die großen Maikäfer-Engerlinge eine zu geringe Sporenkonzentration vorhanden war, um die Tiere in einem entsprechenden Zeitraum abzutöten. Weiters könnten abiotische Bedingungen die Infektiosität verringert haben, daher wurden im zweiten Abschnitt des Versuches pH-Wert, Temperatur und Feuchtigkeit möglichst an das Optimum des Pilzes angepasst. Ein weiterer möglicher Einflussfaktor auf die unterschiedlichen Mortalitätserfolge zwischen den Larven von *G. mellonella* und den Maikäfer-Engerlingen könnte in der jeweiligen Haltungsweise der Tiere liegen (Abb. 2). Das Filterpapier, auf dem *G. mellonella* gehalten wurde, könnte den Sporentropfen absorbieren und somit einen kontinuierlichen Kontakt zwischen Larve und Pilz herbeigeführt haben. Auf der hydrophoben Cuticula der Engerlinge könnte der Konidientropfen abgerollt sein, wodurch möglicherweise ein zu kurzer Kontakt bestand, um eine Infektion auszulösen.



Abbildung 2: Haltungsweise der Maikäfer-Engerlinge (links) und *G. mellonella* Larven (rechts).

Zusammenfassung

Mykoinsektizide basierend auf *Beauveria brongniartii* und *B. bassiana* werden zur biologischen Bekämpfung von Maikäfer-Engerlingen (*Melolontha* spp.) eingesetzt. *Beauveria* spp. wird in biologischen Insektiziden erfolgreich gegen blattfressende sowie bodenlebende Insekten formuliert und stellt eine ergänzende Alternative zu chemisch-synthetischen Insektiziden und intensiven Kulturmaßnahmen dar. In dieser Studie wurden die Virulenz sowie die Wachstumsgeschwindigkeit von fünf *B. bassiana* Stämmen und einem *B. brongniartii* Stamm untersucht. Dabei wurden sowohl Stämme getestet, die bereits gegen Maikäfer genutzt werden (BIPESCO 2, BOV1), sowie Stämme, welche primär gegen blattfressende Insekten im Einsatz sind (ATCC 74040, GHA, PPRI 5339, R444). Die Wachstumsgeschwindigkeit der Stämme wurde bei Temperaturen zwischen 10 °C und 30 °C auf zwei Nährmedien verglichen. Infektionsversuche wurden an Maikäfer-Engerlingen im zweiten und dritten Larvenstadium durchgeführt sowie an Larven der Großen Wachsmotte (*Galleria mellonella*). Bei den Engerlingen konnten nach 140 Tagen keine signifikanten Unterschiede in der Mortalität zwischen den Infektionsgruppen festgestellt werden. An den empfindlichen Wachsmottenlarven zeigten sich in Abhängigkeit vom Pilzstamm unterschiedliche Infektionserfolge. Die geringen Mortalitätsraten der robusten Engerlinge könnten auf das wiederholte Kultivieren der *Beauveria* Stämme auf synthetischen Nährmedien zurückzuführen sein. Zusätzlich könnten abiotische Faktoren (Temperatur, Feuchte, pH-Wert) während des Versuchs die Infektiosität der Isolate verringert haben.

Abstract

Mycoinsecticides which are based on the entomopathogenic fungi *Beauveria brongniartii* and *B. bassiana* are used for biological control of *Melolontha* spp. grubs. *Beauveria* spp. is successfully formulated

in biological plant protection products against leaf-feeding and soil-dwelling insects and provide an important alternative to agrochemicals and intensive cultivation methods.

This study investigates the virulence and daily growth rate of five available *B. bassiana* and one *B. brongniartii* strain. The tested strains include those already used against *Melolontha* spp. (BI-PESCO 2, BOV1) as well as strains primarily applied against leaf-feeding insects (ATCC 74040, GHA, PPRI 5339, R444). Growth trials were conducted at temperatures ranging from 10 °C to 30 °C to compare the growth rates of the strains on two different growth media. A bioassay was performed on *Melolontha* spp. grubs in the second and third instar, as well as on wax moth larvae (*Galleria mellonella*). For the *Melolontha* spp. grubs no significant differences in the mortality were observed even after 140 days. However, the highly susceptible *G. mellonella* larvae presented varying mortality rates dependent on the treatment. The lack of mortality differences in the robust *Melolontha* spp. grubs may be attributed to the repeated subculturing of the *Beauveria* strains on artificial growth media. Additionally, abiotic factors (temperature, humidity, pH) may have influenced the infectivity of the isolates.

Literatur

AREGGER-ZAVADIL, E. (1992): Grundlagen zur Autökologie und Artspezifität des Pilzes *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch als Pathogen des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.). Dissertation, ETH-Zürich, Schweiz.

LOESCH A., HUTWIMMER S., STRASSER H. (2010): Carbon utilization pattern as a potential quality control criterion for virulence of *Beauveria brongniartii*. In: Journal of Invertebrate Pathology 104, 58-65.

Adressen der Autoren

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien, Österreich

* Ansprechpartner: Melanie STUDERA, melanie.studera@students.boku.ac.at

Auftreten und Bekämpfung des Erdbeerblütenstechers (*Anthonomus rubi*)

Occurrence and control of the strawberry blossom weevil (*Anthonomus rubi*)

Urban Spitaler^{1*}, Mattia Baraldo¹, Kelina Kuppelwieser^{1,2}, Elisabeth H. Koschier²,
Cristina A. Ferreri¹

Einleitung

Der Erdbeerblütenstecher (*Anthonomus rubi*) ist ein wirtschaftlich bedeutender Schädling im Anbau von Erdbeeren und anderen Beerenobstarten wie Himbeeren und Brombeeren. Der kleine Rüsselkäfer gehört zur Familie der Curculionidae und ist in weiten Teilen Europas verbreitet. Die Weibchen legen ihre Eier in Blütenknospen ab, die anschließend durch abnagen des Stiels abgetrennt werden (Tonina et al., 2021). In der Folge sterben die Knospen ab, wodurch es zu erheblichen Blüten- und Ertragsverlusten kommen kann (Abb. 1). Besonders problematisch ist der Schaden in der Erdbeerproduktion, so auch in Südtirol.

Die Bekämpfung des Erdbeerblütenstechers gestaltet sich schwierig, da die Tiere während der Larvenentwicklung in den Knospen verborgen bleiben. Klassische Insektizidmaßnahmen zeigen oft nur eine begrenzte Wirkung und müssen genau zum richtigen Zeitpunkt eingesetzt werden, um die adulten Käfer zu treffen und dabei die Bestäubung der Erdbeerpflanzen nicht zu beeinträchtigen. In den letzten Jahren wurden vermehrt alternative Strategien wie das Monitoring mittels Gelbtafeln und Pheromonen, der Einsatz von entomopathogenen Pilzen sowie die Förderung natürlicher Gegenspieler untersucht. Erste Laborversuche zeigen, dass bestimmte Pilze wie *Beauveria bassiana* hohe Mortalitätsraten beim Käfer verursachen können. Allerdings sind diese Methoden in der Praxis häufig durch klimatische Bedingungen oder geringe Parasitierungsraten eingeschränkt.

Ziel dieser Studie war es den Erdbeerblütenstecher mittels Monitorings des Fluges durch Gelbfallen und den entstehenden Schaden zu untersuchen. Untersuchungen zur Biologie und Ökologie des Erdbeerblütenstechers sollen zusätzliche Informationen liefern.

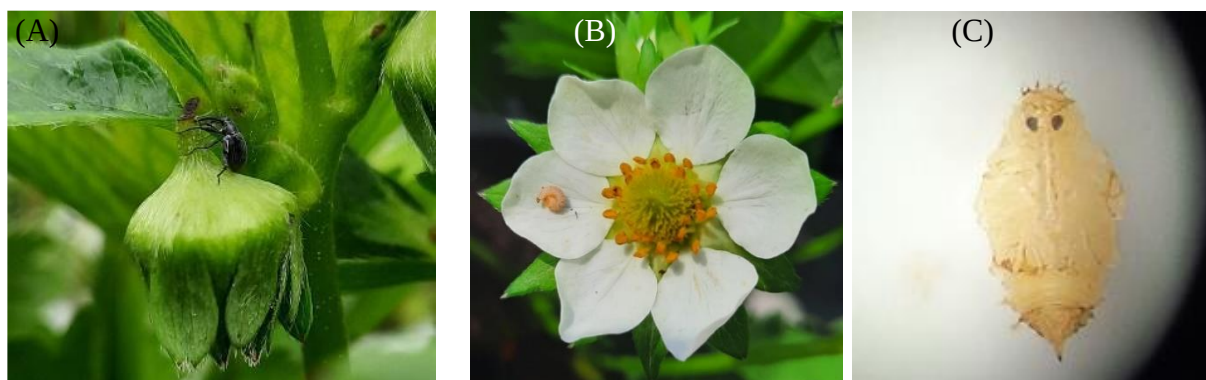


Abbildung 1: (A) Erdbeerblütenstecher auf einer abgebissenen Blütenknospe bei Erdbeere, (B) Larve des Erdbeerblütenstechers, und (C) Puppe des Erdbeerblütenstechers.

Material und Methoden

Monitoring mittels Gelbfallen: Zur Überwachung des Erdbeerblütenstechers wurden in den Jahren 2023 und 2024 im Passeiertal (Südtirol, Italien) Gelbfallen (40 × 25 cm, Russell IPM bzw. Glutor Giallo) in Kombination mit dem Pheromonködern PH-059-1SR (Grandlure 1 & 2) eingesetzt.

Es wurden vier Fallen installiert. Drei davon befanden sich in einer Tischkultur und eine befand sich in einem Himbeerafeld. Die Fallen wurden alle zwei Wochen ausgewertet. Gefangene Käfer wurden bei

4 °C in Alkohol konserviert und nach Geschlecht getrennt. Männchen können eindeutig durch einen Dorn zugeordnet werden, welcher hinter den Beinen beidseitig an der mittleren Coxa liegt. Weibchen fehlt dieser und werden daher durch das Fehlen des Dorns zugeordnet (Innocenzi et al., 2002). Stark beschädigte Tiere, bei denen keine Bestimmung möglich war, wurden nicht berücksichtigt.

Monitoring des Schadens: Bei 100 Erdbeerpflanzen wurde 2024 der auftretende Schaden im Jahresverlauf erhoben. Dazu wurde eine Reihe im Zentrum des Folientunnels ausgewählt und mit Markierungen versehen. Die Erhebung umfasste das Auszählen der abgetrennten Blütenknospen sowie der fehlenden Blütenknospen.

Sortenvergleich: Insgesamt wurden sieben einmaltragende Erdbeersorten (Arianna, Aprica, Elsanta, Federica, Joly, Roxana, Sonsation) untersucht. Die Pflanzen wurden in Töpfen mit 6 Pflanzen pro Topf am 16. Mai 2024 in einem Folientunnel gepflanzt. Der Versuch fand in drei Randreihen des Erdbeerfeldes mit je sechs Wiederholungen pro Sorte statt. Insgesamt wurden pro Sorte mindestens 200 Pflanzen verwendet. Am 27. und 28. Juni 2024 begann die Auswertung der geschädigten Knospen. Es wurden Daten zu Phänologie, Pflanzenvitalität sowie Merkmale wie Behaarung der Blattstiele aufgenommen, um mögliche Zusammenhänge mit dem Schaden zu erkennen.

Für den Sortenvergleich wurden Durchmesser von Stängeln, Knospen, Blüten- und Fruchtsielen gemessen. Zusätzlich wurde die Anzahl an Blüten, Früchten, beschädigten Knospen und adulte Käfer je Wiederholung erfasst, um Mittelwerte berechnen zu können.

Ergebnisse und Diskussion

Monitoring mittels Gelbfallen: Trotz starken Befalls in beiden Jahren konnten mit den Fallen nur sehr wenige Erdbeerblütenstecher gefangen werden (Abb. 2). Im Jahr 2023 wurden innerhalb von 14 Tagen maximal 9 Käfer gefangen, 2024 waren es maximal 14 Käfer. In Himbeerkulturen wurde eine ähnliche Anzahl an Käfern wie in Erdbeerkulturen festgestellt. Die Auswertung des Geschlechts ergab, dass an beiden Standorten Pässeier der prozentuelle Anteil der Männchen mit 60% deutlich höher war, als der Anteil an Weibchen (40%). Die mit Pheromon bestückten Gelbtafeln eignen sich somit gut zur Befallsüberwachung, sind jedoch für den Massenfang ungeeignet, da die Anzahl gefangener Käfer nicht ausreicht, um die Population wirksam zu reduzieren.

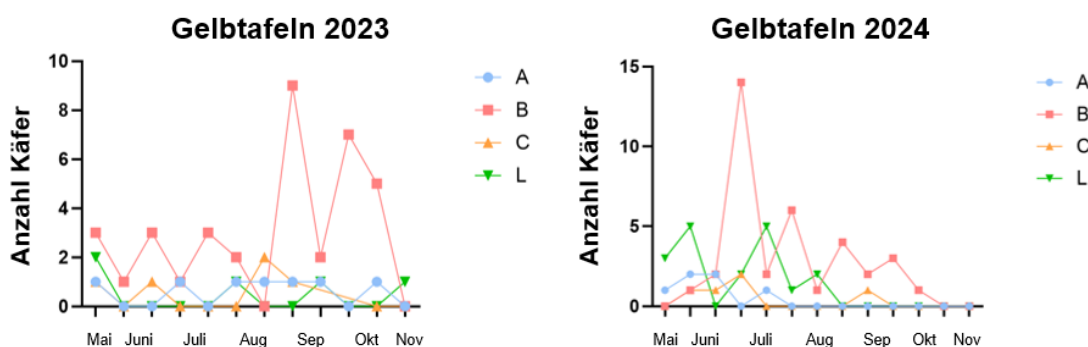


Abbildung 2: Anzahl gefangener Erdbeerblütenstecher. A, B, C bei Erdbeeren auf Tischkultur und L bei Himbeeren.

Monitoring des Schadens: Bei den einmaltragenden Erdbeersorten konnte von Blühbeginn bis Blühende eine hohe Anzahl geschädigter Knospen festgestellt werden (Abb. 3). Besonders problematisch ist dies bei den remontierenden Erdbeersorten, da über den Jahresverlauf mehr Knospen geschädigt werden als bei den einmaltragenden Sorten.

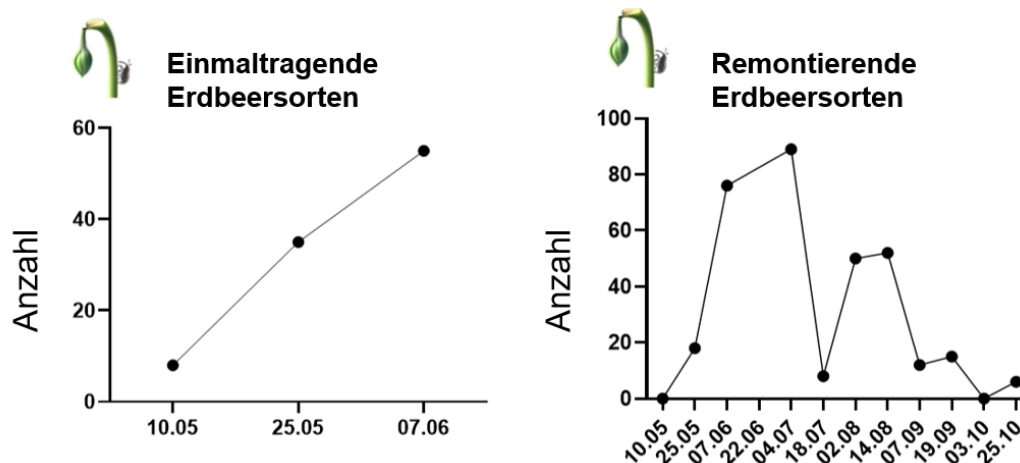
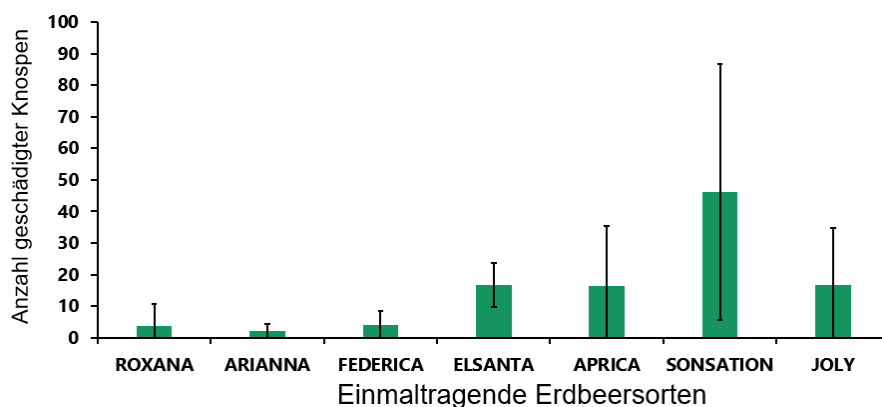


Abbildung 3: Anzahl durch den Erdbeerblütenstecher geschädigter Knospen im Jahresverlauf, bei einmaltragenden und remontierenden Erdbeersorten.

Sortenvergleich: Der Sortenvergleich zeigt deutliche Unterschiede in der Befallsstärke zwischen den Erdbeersorten, auch wenn aufgrund des nesterweisen Auftretens eine hohe Streuung der Daten vorliegt. Von den getesteten einmaltragenden Sorten erwies sich Sonsation als am anfälligsten, während Arianna den geringsten Befall aufwies.



Erste Laborversuche zeigen, dass bestimmte Pilze wie *Beauveria bassiana* hohe Mortalitätsraten beim Käfer verursachen können. Allerdings sind diese Methoden in der Praxis häufig durch klimatische Bedingungen oder geringe Parasitierungsraten eingeschränkt.

Zusammenfassung

Der Erdbeerblütenstecher (*Anthonomus rubi*) ist ein kleiner Rüsselkäfer. Er befällt Erdbeeren, Himbeeren, Brombeeren und kleine Rosengewächse. Die Eier und Larven entwickeln sich in den abgebliebenen Knospen, dadurch kommt es zum Verlust an Blütenknospen, was zu Ertragsverlusten führen kann. In Südtirol wurde das Auftreten des Erdbeerblütenstechers in den Jahren 2023 und 2024 im Passetal überwacht. Dabei wurde das Auftreten des Käfers mittel Gelbtafeln inkl. Pheromone überwacht und der auftretende Schaden bonitiert. Es konnte gezeigt werden, dass die Fallen zum Monitoring geeignet sind, allerdings wurden im Verhältnis zur vorhandenen Population nur wenige Käfer gefangen. Der Flughöhepunkt konnte im Juli und August festgestellt werden. Von den einmaltragenden

Erdbeersorten zeigten sich Arianna, Federica und Roxana als weniger attraktiv für den Erdbeerblütenstecher.

Abstract

The strawberry blossom weevil (*Anthonomus rubi*) is a small Curculionid beetle. It infests strawberries, raspberries, blackberries, and small rosaceous plants. Eggs and larvae develop inside severed flower buds, leading to the loss of buds and potentially resulting in yield losses. In South Tyrol, the occurrence of the strawberry blossom weevil was monitored in the Passeier Valley during 2023 and 2024. The presence of the beetle was monitored using yellow sticky traps with pheromones, and the resulting damage was assessed. It was shown that the traps are suitable for monitoring, although only a small number of beetles were caught relative to the actual population. The peak flight activity was observed in July and August. Among the once-bearing strawberry varieties, Arianna, Federica, and Roxana were found to be less attractive to the strawberry blossom weevil.

Literatur

TONINA L, ZANETTIN G, MIORELLI P, PUPPATO S, CUTHBERTSON A G S, GRASSI A (2021). *Anthonomus rubi* on Strawberry Fruit: Its Biology, Ecology, Damage, and Control from an IPM Perspective. *Insects*, 12(8), 701. <https://doi.org/10.3390/insects12080701>

INNOVCENTI PJ, HALL DR, CROSS JV, GREEN SV (2002). Sexing adults of the strawberry blossom weevil, *Anthonomus rubi* (Col., Curculionidae). *J Appl Entomol*, 126, 159–160. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00610.x>

Adresse der Autoren

¹Institut für Pflanzengesundheit, Versuchszentrum Laimburg, I-39051 Pfatten

²Institut für Pflanzenschutz, Universität für Bodenkultur Wien, A-1180 Wien

*Ansprechpartner: Dr. Urban SPITALER, urban.spitaler@laimburg.it

Wie schützen wir Europa vor der Einschleppung neuer, invasiver Pflanzenschädlinge?

How can we protect Europe from the introduction of new, invasive plant pests?

Christina Topitschnig* und Robert Steffek

Zusammenfassung

Schutz vor eingeschleppten Pflanzenschädlingen: Eine gemeinsame Verantwortung

Der zunehmende globale Handel sowie stetig wachsende Transportkapazitäten haben in den vergangenen Jahrzehnten das Risiko der Einschleppung neuer Pflanzenschädlinge nach Europa deutlich erhöht. Auch der Klimawandel trägt wesentlich zur Ausbreitung invasiver Arten bei und begünstigt oft deren Etablierung - auch in österreichischen Regionen. Einmal eingeschleppt, lassen sich diese Schädlinge kaum noch vollständig ausrotten - mit potenziell gravierenden Folgen: Ertragseinbußen in der Land- und Forstwirtschaft, aufwendige Bekämpfungsmaßnahmen wie ein verstärkter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sowie negative Auswirkungen auf Umwelt und Biodiversität. Der Schutz der Pflanzengesundheit ist daher eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, bei der das Vorsorgeprinzip der Europäischen Union (EU) eine zentrale Rolle spielt.

Internationale und nationale Zusammenarbeit im Bereich Pflanzengesundheit

Die Maßnahmen zum Schutz vor gefährlichen Pflanzenschädlingen und -krankheiten basieren auf der Internationalen Pflanzenschutzkonvention (IPPC), einem globalen, multilateralen Abkommen, das von 185 Staaten, darunter auch Österreich, unterzeichnet wurde. Übergeordnetes Ziel von Pflanzenschutzdiensten ist es, durch harmonisierte Pflanzengesundheitsstandards und Risikobewertungen die Einschleppung und Ausbreitung gebietsfremder Arten zu minimieren und damit einen sicheren internationalen Handel von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen zu gewährleisten. Die Pflanzenschädlingsverordnung (EU) 2016/2031 und Kontrollverordnung (EU) 2017/625 schaffen einheitliche Rahmenbedingungen für Import, Binnenhandel und Export. In Österreich wurden die entsprechenden Begleitmaßnahmen im Pflanzenschutzgesetz 2018 verankert. Die Amtlichen Pflanzenschutzdienste sind u.a. für die Durchführung phytosanitärer, risikobasierter Kontrollen im Handel und der Produktion sowie für das Monitoring von Quarantäneschädlingen (Überwachungsprogramm) verantwortlich.

Neue Pflanzenschädlinge vor der Haustür: aktuelle Herausforderungen

Um die Überwachung und Bekämpfung von Quarantäneschädlingen (QS) in der gesamten EU gezielt auf jene Arten zu konzentrieren, die das größte wirtschaftliche, ökologische oder soziale Schadpotenzial aufweisen, wurde eine Liste prioritärer Schädlinge erstellt. Sie bildet die Grundlage für ausgeweitete Erhebungen sowie die Erstellung von Notfall- und Aktionsplänen, um auf neue Ausbrüche bestmöglich vorbereitet zu sein. Der prioritäre Schädling Japankäfer (*Popillia japonica*) spielt aktuell eine besonders wichtige Rolle in Österreich. Auch das Bakterium *Xylella fastidiosa* könnte in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Früherkennung, praxisrelevante Innovationen aus der Forschung und koordinierte Maßnahmen sind zentrale Instrumente, um der Ausbreitung neuer, invasiver Arten effektiv entgegenzuwirken. Eine enge Zusammenarbeit zwischen allen beteiligten Akteuren ist dabei unerlässlich. Nur durch gemeinsame Anstrengungen lassen sich unsere Pflanzenbestände nachhaltig schützen – als Grundlage für gesunde Pflanzen, stabile Ökosysteme und eine zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft.

Abstract

Protection against introduced Plant Pests: A shared Responsibility

Increasing global trade and constantly growing transport capacities have significantly raised the risk of new plant pests being introduced to Europe in recent decades. Climate change also contributes significantly to the spread of invasive species and often favours their establishment, including in Austrian regions. Once introduced, these pests are almost impossible to eradicate with potentially severe consequences: yield losses in agriculture and forestry, costly control measures such as increased use of plant protection products and negative impacts on the environment and biodiversity. Safeguarding plant health is therefore a task for society as a whole, in which the precautionary principle of the European Union (EU) plays a central role.

International and National Cooperation in Plant Health Sector

Protective measures against harmful plant pests and diseases are based on the International Plant Protection Convention (IPPC), a global, multilateral agreement signed by 185 countries, including Austria. The overarching aim of plant protection services is to minimize the introduction and spread of non-native species by harmonized phytosanitary standards and risk assessments, thereby ensuring safe international trade of plants and plant products. Regulation (EU) 2016/2031 on protective measures against plant pests and Regulation (EU) 2017/625 on official controls establish uniform legal framework for imports, intra-EU trade and exports. In Austria, the corresponding requirements are implemented in the Plant Protection Act of 2018. The official Plant Protection Services are responsible, among other tasks, for carrying out phytosanitary, risk-based inspections in plant trade and production, as well as for the monitoring of quarantine pests (surveillance program).

Emerging Plant Pests knocking on the Door: Current Challenges

To ensure that the monitoring and control of quarantine pests (QPs) throughout the EU is focused on those species with the greatest potential economic, ecological, or social damage impact, a list of priority pests has been established. This list serves as the basis for intensified surveys and the development of contingency and action plans to ensure optimal preparedness for outbreaks. The priority pest Japanese beetle (*Popillia japonica*) plays a particularly significant role in Austria. In addition, the bacterium *Xylella fastidiosa* may become increasingly important in the future. Early detection, practice-oriented innovations derived from research and coordinated measures are key instruments for effectively counteracting the spread of new invasive species. Close cooperation between all stakeholders is essential. Only through joint efforts are we able to sustainably protect our crops – as the basis for healthy plants, resilient ecosystems and future-oriented agriculture and forestry.

Adressen der Autor:innen

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen, Gruppe Amtlicher Pflanzenschutzdienst Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: DI Christina TOPITSCHNIG, christina.topitschnig@ages.at

Japankäfer (*Popillia japonica*) - Einschleppungswege, Diagnose und Meldeplattform

Japanese beetle (*Popillia japonica*) - pathways of introduction, diagnosis and reporting platform

Anna Moyses^{1*}, Christa Lethmayer¹ und Christina Topitschnig²

Zusammenfassung

Der Japankäfer *Popillia japonica* ist aufgrund seines hohen Schadpotentials in der EU als prioritärer Unionsquarantäneschädling geregelt. Er zählt zu den Blatthornkäfern und ist ca. 10 mm lang. Kopf und Brust des Japankäfers sind grün metallisch schillernd, die Flügeldecken kupferfarbig mit metallisch grünem Rand. Ein typisches Erkennungsmerkmal sind die weißen Haarbüschel, jeweils 5 Büschel an der Seite des Hinterleibs und 2 Büschel auf dem letzten Hinterleibssegment.

Der Japankäfer kann mehr als 400 Pflanzenarten als Wirtspflanzen nutzen, indem sich die Käfer von Blättern, Blüten und Früchten und die Larven von Wurzeln ernähren. In der Landwirtschaft kann er beträchtliche ökonomische Schäden im Wein- und Obstbau verursachen, aber auch in feld- und gartenbaulichen Kulturen, an Zierpflanzen und Laubgehölzen, Rasenflächen und Wiesen.

In Österreich wurde der Japankäfer bisher noch nicht nachgewiesen, jedoch besteht ein hohes Einschleppungs- und Ansiedlungsrisiko. In Nord-Italien und der Schweiz ist er bereits eingeschränkt verbreitet und im grenznahen Deutschland und Slowenien wurden in den vergangenen Jahren vereinzelt Käfer in Fallen gefangen.

Die rechtzeitige Früherkennung ist wesentlich, um die Verbreitung und Etablierung des Japankäfers zu unterbinden. Daher gibt es seit Juli 2024, neben den Monitoring-Aktivitäten der Bundesländer, auf den Homepages der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH und des Amtlichen Pflanzenschutzdiensts eine österreichweite Online-Meldeplattform für verdächtige Käfersichtungen der Bürgerinnen und Bürger.

Über den Link <https://tforms.ages.at/japankaefer-meldungen/meldung-japankaefer> erreicht man die Meldeplattform, welche auch über das Smartphone zugänglich ist. Bei Japankäfer-Verdacht wird gebeten, nach der Überprüfung der Merkmale, Fotos in guter Qualität aufzunehmen und diese über das Online-Formular mit den korrekten Kontakt- und Fund-Daten hochzuladen.

Bis dato gab es noch keine bestätigten Japankäfer-Funde in Österreich. Die 2024 gemeldeten Insekten waren vor allem Rosenkäfer und andere Blatthornkäfer-Arten, aber auch verschiedene Wanzen-Arten waren darunter.

Dieses Jahr ist ab Ende Mai/Anfang Juni wieder mit einem möglichen Auftreten der ersten Japankäfer zu rechnen.



Abbildung 1: **Japankäfer** (© Moyses, AGES)

Abstract

The Japanese beetle (*Popillia japonica*) is regulated in the EU as a priority Union quarantine pest due to its high damage potential. It belongs to the scarab beetles and is about 10 mm long. Head and thorax are metallic green, elytrae copper-coloured with a metallic green edge. A typical identifying feature of the Japanese beetle are the white tufts of hair: five tufts on each side of the abdomen and two tufts on the last abdominal segment. The Japanese beetle can use more than 400 plant species as host plants. Beetles are feeding on leaves, flowers, and fruits, larvae on roots. In agriculture, it can cause significant economic damage in viticulture, fruit crops, but also in field- and horticultural crops, on ornamental plants and deciduous trees, in lawns and meadows.

In Austria, the Japanese beetle has not yet been detected so far, but there is a high risk of introduction and establishment. It occurs already in restricted areas in northern Italy and Switzerland, and in recent years, individual beetles have been caught in traps in border areas of Germany and Slovenia.

Early detection is essential to prevent the spread and establishment of the Japanese beetle. Therefore, a nationwide online reporting platform for suspicious beetle findings by citizens has been established on the websites of the Austrian Agency for Health and Food Safety GmbH and the Official Plant Protection Service since July 2024, in addition to the monitoring activities of the Federal States of Austria. The reporting platform, which is also accessible via smartphone, can be reached over the following link: <https://tforms.ages.at/japankaefer-meldungen/meldung-japankaefer>. If a Japanese beetle is suspected, please take good quality photos after checking the characteristics and upload them via the online form with the correct contact and finding data.

To date, there have been no confirmed findings of the Japanese beetle in Austria. The insects reported in 2024 were mainly rose beetles and other scarab beetle species, but also various bug species. This year, the first occurrence of Japanese beetles is expected again from the end of May/beginning of June.

Adressen der Autorinnen

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

² Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: DI Anna MOYSES, anna.moyses@ages.at

Eignung heimischer Baumarten als Wirtspflanzen für die invasive Eichennetzwanze *Corythucha arcuata* (Het., Tingidae)

Suitability of native tree species as host plants for the invasive oak lace bug Corythucha arcuata (Het., Tingidae)

Lisa Milanollo*, Christa Schafellner

Einleitung

Die aus Nordamerika stammende Eichennetzwanze *Corythucha arcuata* (Heteroptera, Tingidae) wurde im Jahr 2000 erstmals in Italien (Piemont, Lombardei) entdeckt, der Erstnachweis für Österreich stammt aus dem Spätsommer 2019 (SALLMANSHOFER et al. 2021). Seitdem breitet sich das Insekt rasant aus und fällt vor allem im Osten unseres Landes durch sein teils massenhaftes Auftreten im Laufe der Sommermonate auf. Sowohl Adulttiere als auch die Jugendstadien sitzen an der Blattunterseite ihrer Wirtspflanzen und verursachen durch intensive Saugtätigkeit Vergilbungen und vorzeitigen Blattfall. Damit verringert sich die Photosyntheseleistung der Bäume beträchtlich, was über Jahre die Vitalität der Bäume beeinträchtigen kann. Auch andere Auswirkungen auf Eichenwald-Ökosysteme werden vermutet (Verlust der Biodiversität) (SALLMANSHOFER et al. 2021). Als Wirtspflanzen dienen heimische Eichen-Arten (*Quercus* spp.), jedoch wurde auch Befall an anderen Pflanzen, wie *Rubus* sp. oder Edelkastanie (*Castanea sativa*), beobachtet (BERNADINELLI 2006, CSÓKA et al. 2020). In der vorliegenden Arbeit wurden Entwicklung, Mortalität und Eiablagebereitschaft der Eichennetzwanze in Abhängigkeit vom Blattalter an fünf Baumarten im Labor untersucht: Traubeneiche (*Q. petraea*), Zerleiche (*Q. cerris*), Roteiche (*Q. rubra*), Hainbuche (*Carpinus betulus*) und Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Die beiden heimischen Eichenarten werden sehr gut als Wirtspflanzen angenommen, die nordamerikanische Roteiche gilt als ungeigneter Wirt (BERNADINELLI 2006),

Material und Methoden

Blattmaterial und Insekten: Anfang Juli, August und September 2024 wurden in einem Naturwaldreservat (Bischofswald, Siegendorf, Burgenland) Zweige von jeweils einem Einzelbaum der fünf Baumarten geerntet. Diese wurden in Klimaschränken kühl gelagert und die Blätter für Laborversuche verwendet. Blätter von *Q. petraea* mit Eigelegen der Eichennetzwanze wurden ebenfalls am Standort gesammelt. Die Eigelege wurden in einem Klimaschrank bei konstant $23 \pm 1^\circ\text{C}$ unter Langtagbedingungen (16 Stunden Licht, 8 Stunden Dunkelheit) gehalten. Die Entwicklungs- und Eiablageversuche wurden unter denselben Bedingungen durchgeführt.

Entwicklungsversuche: Frisch geschlüpfte Nymphen aus den Eigelegen wurden mit einem feinen Pinsel auf die Unterseite von Blättern auf feuchtem Filterpapier in Glaspetrischalen gesetzt. Die Nymphen wurden jeweils in Gruppen von zehn Individuen auf ein Blatt gesetzt, insgesamt für jede Baumart 60-100 Tiere pro Versuchsdurchgang. Die Entwicklung wurde jeweils für im Juli, August und September gesammelte Blätter dokumentiert. Da Mitte September im Freiland keine Eigelege mehr gefunden werden konnten und aus Eigelegen der eigenen Zucht nur wenige Nymphen schlüpften, war die Anzahl der Versuchstiere mit nur 10-15 Tieren pro Baumart für den September-Durchgang gering. Die Nymphen wurden jeden zweiten Tag auf Vitalität bzw. Mortalität kontrolliert und das Filterpapier befeuchtet. Das Datum des Todes bzw. der Adulthäutung wurde für jedes Individuum notiert. Zusätzlich wurden Nymphen bis zum vierten (vorletzten) Stadium auf *Q. petraea* Blättern gezüchtet und dann auf Blätter von *Q. rubra*, *C. betulus* und *F. sylvatica* transferiert. Von diesen Nymphen wurde das Datum des Todes bzw. der Adulthäutung dokumentiert.

Eiablageversuche: Jeweils ein Männchen und ein Weibchen der frisch gehäuteten Adulttiere aus den Entwicklungsversuchen wurden auf neue Blätter gesetzt. Die Differenzierung der Geschlechter erfolgte anhand der unterschiedlichen Morphologie des Abdomens bei Männchen und Weibchen. Nach 24-48 Stunden wurde das Männchen entfernt, das begattete Weibchen wurde einzeln auf dem Blatt belassen und jeden zweiten Tag auf Eiablage und Mortalität kontrolliert; bei Bedarf wurde das Blatt ausgetauscht. Das Datum der ersten Eiablage wurde notiert, danach wurde wöchentlich die Anzahl der abgelegten Eier gezählt. Die Eiablagen wurden bis zum Tod des Weibchens bzw. über einen Zeitraum von maximal

30 Tagen dokumentiert. Die Eiablagen wurden bei *Q. petraea* und *Q. cerris* auf im August und September geernteten Blättern beobachtet, bei *Q. rubra*, *C. betulus* und *F. sylvatica* nur auf Blättern vom August, da bereits beim ersten Versuchsdurchgang keine Eier abgelegt worden waren.

Datenauswertung: Die Daten wurden mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$) in Excel (Microsoft 365) ausgewertet, als post-hoc-Test wurde ein Scheffé-Test durchgeführt. Die Grafiken wurden mit Excel oder GraphPad Prism 10 erstellt.

Ergebnisse und Diskussion

Entwicklungserfolg und Mortalität auf unterschiedlichen Baumarten: Auf Blättern von *Q. petraea* und *Q. cerris* konnten sich die meisten Nymphen erfolgreich entwickeln, bei Blättern von *Q. cerris* war die Mortalität im Juli und August jeweils etwas höher als auf *Q. petraea* (Abb. 1). Auf Blättern von *Q. rubra*, *C. betulus* und *F. sylvatica* lag die Mortalität bei 100 % und keine einzige Nymphe erreichte das Adultstadium (Abb. 1). Frisch geschlüpfte Nymphen auf *Q. rubra* überlebten durchschnittlich 2,7 Tage, auf *C. betulus* 6,3 Tage und auf *F. sylvatica* 2,1 Tage (Mittelwerte aller Versuchsdurchgänge). Wurden die Nymphen erst im vierten Stadium (N4) auf Blätter dieser Baumarten transferiert, überlebten sie länger; einzelne Individuen häuteten sich zum Adulttier. Nach dem Umsetzen auf *Q. rubra* Blätter überlebten N4 Nymphen durchschnittlich 9,5 Tage, auf *C. betulus* 9,0 Tage und auf *F. sylvatica* 7,3 Tage. Die Überlebensdauer bezieht sich allerdings nur auf N4 Nymphen, die nicht das Adultstadium erreichten. Auf *Q. rubra* häuteten sich 1,4 % der N4 Nymphen zum Adulttier, auf *C. betulus* 13,3 % und auf *F. sylvatica* 0,0 %. Manche dieser Tiere lebten nach der Adulthäutung noch einige Wochen auf Blättern von *Q. rubra* und *C. betulus*. Die Ergebnisse aus den Laborversuchen deuten darauf hin, dass diese Baumarten zeitlich begrenzt als Nahrungsquelle dienen können, jedoch für eine Generationsentwicklung der Eichennetzwanze ungeeignet sind. Im Freiland wird gelegentlich Eichennetzwanzen-Befall auf *C. betulus* und *F. sylvatica* beobachtet (CSÓKA et al. 2020, eigene Beobachtungen), *Q. rubra* gilt hingegen als ungeeignete Wirtspflanze (BERNADINELLI 2006, CSÓKA et al. 2020).

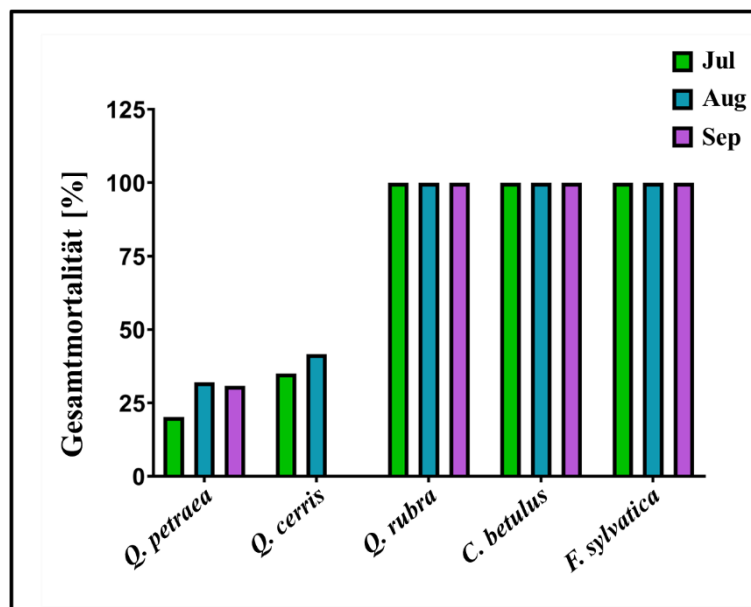


Abbildung 1: Gesamt mortalität (%) von *C. arcuata* Nymphen auf Blättern von fünf verschiedenen Baumarten, die im Juli, August und September geerntet wurden.

Entwicklungsdauer und Mortalität in Abhängigkeit vom Blattalter: Die Entwicklung vom Schlupf der Nymphen bis zur Adulthäutung auf *Q. petraea* war im Juli signifikant kürzer als auf *Q. cerris* (Abb. 2). Im August dauerte die Entwicklung auf *Q. petraea* länger als im Juli und auch länger im Vergleich zu *Q. cerris* auf Blättern aus allen drei Monaten. Der Zeitpunkt der Ernte im August erfolgte nach einer heißen und trockenen Periode, die Blätter von *Q. petraea* waren ledrig-steif. Bei *Q. cerris* wurde kein derartiger Unterschied bei den Blättern beobachtet und auch bei den Versuchsergebnissen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Monaten Juli, August und September. Diese Beobachtun-

gen decken sich mit jenen von BERNADINELLI (2006), wonach sich die Entwicklung der Eichennetzwanze besonders auf *Q. petraea* und *Q. robur* im Laufe des Sommers verzögert. Neben den klimatischen Bedingungen vor der Blatternte könnte auch eine saisonale Veränderung in der Blattqualität mit der längeren Entwicklungsdauer zusammenhängen, insbesondere in Bezug auf einen Anstieg sekundärer Inhaltsstoffe (Tannine) mit einer gleichzeitigen Abnahme der Stickstoffgehalte (BERNADINELLI 2006). Die Entwicklungsdauer im September unterschied sich in den Versuchen zwar nicht signifikant von jener im Juli, aufgrund der geringen Anzahl an Versuchstieren im September sind diese Daten jedoch nur bedingt aussagekräftig.

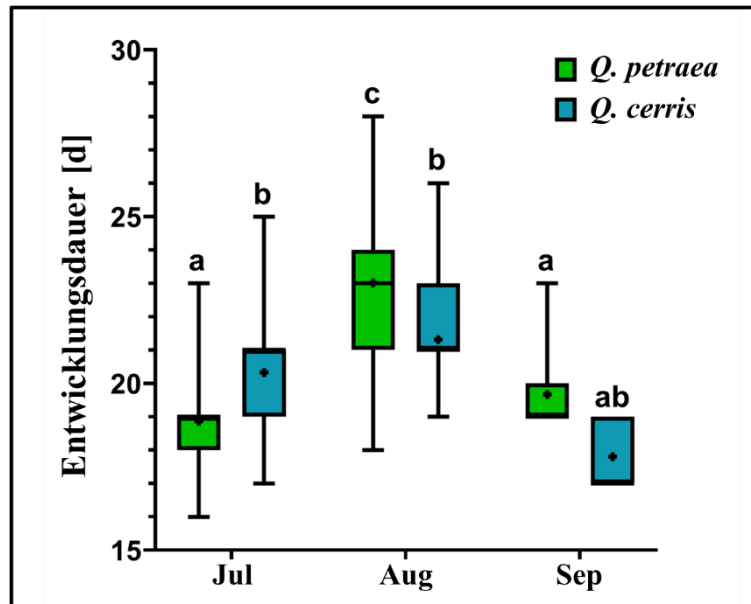


Abbildung 2: Gesamtentwicklung (Tage) von *C. arcuata* im Juli, August und September auf Traubeneiche (*Q. petraea*) und Zerreiche (*Q. cerris*) bei 23°C. Die Entwicklung umfasst den Zeitraum vom Schlupf der Nymphen bis zur Adulthäutung. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede (ANOVA, post-hoc Scheffé, $p < 0,05$).

Eiablage: Eiablagen erfolgten nur auf Blättern von *Q. petraea* und *Q. cerris*, mit Ausnahme eines einzelnen Weibchens, das auf einem Hainbuchenblatt vier Eier abgelegte (Tab. 1). Dies bestätigt die Vermutung, dass *Q. rubra*, *C. betulus* und *F. sylvatica* für eine Generationsentwicklung der Eichennetzwanze ungeeignet sind. Bei *Q. petraea* und *Q. cerris* konnten keine signifikanten Unterschiede bezogen auf Baumart und Monat beobachtet werden ($p = 0,72$), allerdings war die Schwankungsbreite an Eiern pro Weibchen sehr hoch und die durchschnittliche Eizahl pro Weibchen lag bei 40 (Tab. 1). In den Versuchen von STATTLER (2024) wurden bis zu 150 Eier pro Weibchen gezählt. Die niedrige Zahl abgelegter Eier könnte in Zusammenhang mit einer geringeren Blattqualität im August und September stehen.

Tabelle 1: Anzahl abgelegter Eier pro *C. arcuata* Weibchen auf Blättern von fünf Baumarten. Die Eiablage wurde bis zum Tod des Weibchens, maximal aber für 30 Tage beobachtet.

	MW±SD	Min - Max	n
<i>Q. petraea</i> (Aug)	41±17,9	12 - 75	20
<i>Q. petraea</i> (Sep)	42±20,6	3 - 79	20
<i>Q. cerris</i> (Aug)	37±18,0	13 - 69	20
<i>Q. cerris</i> (Sep)	37±15,1	8 - 64	20
<i>Q. rubra</i> (Aug)	0	-	3
<i>C. betulus</i> (Aug)	0±0.8	0 - 4	28
<i>F. sylvatica</i> (Aug)	0	-	29

Zusammenfassung

Die invasive Eichennetzwanze findet in Österreich geeignete Wirtspflanzen wie die heimischen Eichenarten *Q. petraea* und *Q. cerris*. Die Entwicklungsdauer vom Schlupf der Nymphen bis zur Adulthäutung war am kürzesten auf *Q. petraea* Blättern, die Anfang Juli geerntet wurden und am längsten auf Blättern derselben Baumart vom August. Auf *Q. cerris* Blättern dauerte die Entwicklung in allen drei Monaten in etwa gleich lange. Möglicherweise verändert sich die Blattqualität während der Sommermonate bei *Q. petraea* stärker als bei *Q. cerris*. Die heiße und trockene Witterung vor und während der Blatternte im August 2024 könnte sich stärker auf die Beschaffenheit der Blätter von *Q. petraea* ausgewirkt haben als bei *Q. cerris*. Auf *Q. rubra*, *C. betulus* und *F. sylvatica* konnte sich kein Versuchstier vollständig entwickeln, die frisch geschlüpften Nymphen verstarben wenige Tage nach dem Umsetzen auf die Blätter. Ältere Nymphen überlebten auf diesen Baumarten etwas länger und einzelne Tiere häuteten sich bis zur adulten Wanze. Eiablagen erfolgten nur auf *Q. petraea* und *Q. cerris*. Es darf vermutet werden, dass *Q. rubra*, *C. betulus* und *F. sylvatica* lediglich als zeitlich begrenzte Nahrungsquelle genutzt werden können, wenn geeignete Wirtsbäume nicht zur Verfügung stehen. Dies gilt vor allem für *C. betulus* und *F. sylvatica*, bei denen Saugschäden im Freiland beobachtet werden, wenn in unmittelbarer Nachbarschaft alle Eichen starken Befall aufweisen. *Q. rubra* ist eine für die Eichennetzwanze ungeeignete Wirtspflanze.

Abstract

The oak lace bug *Corythucha arcuata* is native to North America and has been spreading successfully across Europe since its introduction to Italy approximately 25 years ago. In 2019, the insect was first detected in Austria. The invasive species has gained public attention due to outbreaks in recent years, especially in the eastern regions of our country. Adults and nymphs sit on the undersides of leaves and suck the sap of the parenchyma cells, causing discoloration of leaves and premature leaf drop, mainly on oak species (*Quercus* spp.). Occasionally, infestations on non-oak species like *Rubus* spp. are observed. The aim of this study was to investigate development, mortality and oviposition of *C. arcuata* in relation to leaf age on sessile oak (*Q. petraea*), Turkey oak (*Q. cerris*), red oak (*Q. rubra*), hornbeam (*Carpinus betulus*) and beech (*Fagus sylvatica*). Development on *Q. petraea* under controlled conditions in the laboratory was shorter on July leaves than on August leaves. No such differences were observed on *Q. cerris*. Mortality in both months was slightly higher on *Q. cerris* than on *Q. petraea*. On leaves from red oak, hornbeam and beech, all nymphs died before reaching the adult stage. Oviposition was observed only on the native oaks *Q. petraea* and *Q. cerris*.

Literatur

BERNADINELLI I (2006): Potential host plants of *Corythucha arcuata* (Het., Tingidae) in Europe: a laboratory study. J. Appl. Entomol. 130(9-10), 480–484.
CSÓKA G, HIRKA A, MUTUN S, GLAVENDEKIĆ M, MIKÓ Á, SZŐCS L, PAULIN M, EÖTVÖS C, CSABA G, CSEPELÉNYI M, SZÉNÁSI Á, FRANJEVIC M, GNINENKO Y, MIRZA D, MUJEZINOVIĆ O, ZÚBRIK M, NETOIU C, BUZATU A, BĂLĂCENOIU F, HRASOVEC B (2019): Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) –Heteroptera: Tingidae] in Eurasia. Agricultural and Forest Entomology 22: 61-74.
SALLMANNSHOFER M, ETTE S, HINTERSTOISSER W, CEC H T, HOCH G (2021): Erstnachweis der Eichennetzwanze, *Corythucha arcuata*, in Österreich. Forstschutz Aktuell 66: 19-24.
STATTLER S (2024): Temperature-related development and adult performance of the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Hemiptera: Tingidae). Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Adressen der Autoren

Universität für Bodenkultur, Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

* Ansprechpartnerin: Lisa MILANOLLO, BSc., milanollo.lisa@students.boku.ac.at

Bekämpfungsstrategien gegen die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*): Eine Studie zum Einsatz von Fruchtkalk®

Spotted-wing Drosophila (Drosophila suzukii) control strategies: A study on the use of Fruchtkalk®

Heinrich Haase^{1,2}, Carmen Büttner², Artemis Rumbou², Urban Spitaler¹

Einleitung

Die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) ist ein invasives Schadinsekt, welches besonders im Steinobst-, Beerenobst- und Weinanbau Ertragseinbußen und Qualitätsminderungen verursacht. Die Schäden entstehen primär durch die Eiablage, welche bevorzugt auf reifenden, intakten Früchten von kleiner Größe stattfindet, mit der darauffolgenden Entwicklung der Larvalstadien im Fruchtfleisch vgl. (KIRSCHBAUM D et al. (2016)). Diese Taufliege stammt aus Ostasien und wurde über Warenexporte über ihr ursprüngliches Ausbreitungsgebiet hinaus verbreitet. In Europa ist sie erstmalig 2008 nachgewiesen worden.

Derzeit sind besonders präventive Maßnahmen wie bspw. Schutznetze, die den Zuflug der Fliegen in die Anlagen vermindern, oder Lock- und Köderfallen hilfreich. Aktuell sind nur wenige Insektizidpräparate, vorwiegend synthetische und nicht-selektive, für diese Anwendungsgebiete zugelassen.

Dadurch sind die Bekämpfungsoptionen nach Etablierung der Kirschessigfliege im Bestand begrenzt, aus ökologischen Gründen kontraindiziert oder aufgrund von Bienenschutzauflagen untersagt. Dies gilt insbesondere für den ökologischen Anbau von Obst und Wein.

Um im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes eine weitere Komponente zu finden, die zur Regulierung der Schädlingspopulation im Bestand beiträgt, wurde in Laborversuchen die Wirkung von fiMUM® Fruchtkalk® auf die Eiablage sowie auf die Entwicklungsstadien der Kirschessigfliege erprobt. fiMUM® Fruchtkalk® ist entsprechend geltender EU-Vorschriften auch für den ökologischen, biologischen Landbau zugelassen und könnte auch dort zum Schutz der Kulturen zum Einsatz kommen. Im Zuge dieser Studie wurden drei voneinander unabhängige Laborversuche auf Heidelbeeren aus biologischem Anbau mit fiMUM® Fruchtkalk® (72% CaO, 2% MgO) durchgeführt:

1. Untersuchung einer möglichen Repellenzwirkung auf die Eiablage der *D. suzukii* Weibchen durch eine Behandlung mit fiMUM® Fruchtkalk®.
2. Erprobung einer möglichen Hemmwirkung auf die Entwicklung der Tiere nach bereits erfolgter Eiablage durch eine Behandlung mit fiMUM® Fruchtkalk® in der empfohlenen Konzentration, in halber Konzentration, in geviertelter Konzentration, sowie einer Behandlung mit dem Netzmittel fiMUM® PIMP ohne fiMUM® Fruchtkalk® - um eine mögliche Einzelwirkung dessen unterscheiden zu können - und einem Vergleich mit dem Insektizid Spinosad.
3. Untersuchung der adultiziden Wirkung von fiMUM® Fruchtkalk® bei *D. suzukii* und ein Vergleich der Sterblichkeit männlicher bzw. weiblicher Exemplare. Die Sterblichkeitsraten wurden hier auch mit dem Insektizid Spinosad verglichen.

Material und Methoden

Insekten

Die in den Versuchen beobachteten Fliegen stammten aus eigener Zucht am Versuchszentrum Laimburg. Eine bereits etablierte Population wurde genutzt um die Nachzucht für diese Studie aufzubauen. Die Fliegen wurden in Käfigen in Klimakammern unter folgenden klimatischen Bedingungen gehalten: T: 22±1°C, rel. Luftfeuchte: 65% ± 5%, 16 Lichtstunden pro Tag. Die Fliegen erhielten ein Nährmedium auf Apfelmarkbasis, angereichert mit Backhefe, sowie eine 5%ige Zuckerlösung. Das Nährmedium diente auch der Eiablage für die stetige Nachzucht.

Beeren

Die verwendeten Heidelbeeren stammten aus biologischer Produktion und hatten zu Beginn der Versuche keine Makel und eine vollständig intakte, relativ feste Schale und Fruchtfleisch.

Wirkstoffe

In dieser Studie wurde fiMUM® Fruchtkalk® vom Hersteller Bürger-Kalkhandel in der vom Hersteller empfohlenen Dosierung für die Anwendung als Düngemittel bzw. in halbiert und geviertelter Konzentration (15kg/ha in 1000l Wasser + Netzmittel fiMUM® PIMP c=0,03%) eingesetzt. Des Weiteren kam das Spinosadpräparat Laser™ vom Hersteller CORTEVA zum Einsatz.

Versuchsaufbau

In allen Versuchen kamen BugDorm®1 Käfige mit jeweils 20 männlichen und 20 weiblichen Fliegen zum Einsatz. Die Anzahl der Käfige pro Versuch variiert je nach Stichprobengröße.

1. Versuch (Repellenzwirkung auf die Eiablage): Zu Beginn dieses Versuches wurden fünf Käfige mit jeweils 20 Männchen und 20 Weibchen befüllt und mit dem Nährmedium sowie der 5%igen Zuckerlösung ausgestattet. Nach zwei Tagen, an denen die Fliegen sich weiter paaren konnten, wurden die Nährmedien aus den Käfigen entfernt und die Beeren hineingestellt. Die Beeren wurden für diesen Versuch mit der wässrigen Kalk-Netzmittel-Lösung bzw. mit Wasser - zur Kontrolle - behandelt. Es wurde hierbei deionisiertes Wasser verwendet. In die fünf Käfige wurden jeweils 10 mit dem Wirkmittel und 10 nur mit Wasser behandelte Beeren auf Petrischalen mit einer entsprechenden Markierung eingestellt. Die Anordnung der Beeren innerhalb der Käfige erfolgte randomisiert. Die Versuchskäfige standen in der Klimakammer unter den o.g. Bedingungen. Nach zwei Tagen wurden die Beeren entnommen, die abgelegten Eier unter dem Binokular ausgezählt und die Beeren anschließend wieder in den Käfig zurückgelegt. Die Anordnung der Petrischalen mit den Beeren wurde hierbei ein zweites Mal randomisiert. Nach fünf Tagen wurden die Eier erneut ausgezählt. In Früchten abgelegte Eier von *D. suzukii* sind unter dem Mikroskop leicht an den aus der Einstichstelle herausragenden Atmungsfilamenten erkennbar.

2. Versuch (Hemmwirkung auf die Entwicklung von Eiern): Für diesen Versuch wurden Heidelbeeren vorab von *D. suzukii* Weibchen mit Eiern belegt. Die Eier auf den Beeren wurden vor der Behandlung gezählt. Es wurden nur Beeren verwendet, die mit mindestens zwei Eiern belegt waren.

In diesem Versuch wurden sechs verschiedene Behandlungen untersucht: Kontrollgruppe mit Wasser, Spinosad, Netzmittel fiMUM® PIMP ohne fiMUM® Fruchtkalk®, fiMUM® Fruchtkalk® in voller Konzentration (s. oben), fiMUM® Fruchtkalk® in halbiert Konzentration (vgl. oben), fiMUM® Fruchtkalk® in geviertelter Konzentration (vgl. oben). Jede Beere wurde nach der Behandlung mit einem der Mittel einzeln in eine Kunststoffröhre gelegt, welche mit etwas Küchenpapier am Boden ausgestattet war, um ein Ertrinken der Larven, die die Beere im Zuge ihrer Entwicklung verlassen könnten, in austretendem Beerensaft zu verhindern. Diese Gefäße wurden auf Stative gestellt, markiert und bis zur Auszählung der sich entwickelten Tiere nach sechs Tagen in die Klimakammer gestellt. Es wurde hierbei erfasst wie viele Tiere sich aus den Eiern entwickelten und in welchem Entwicklungsstadium sich jene nach sechs Tagen befanden, außerdem, ob die Beeren sich danach noch in einem vermarktungsfähigen Zustand befanden.

3. Versuch (adultizide Wirkung): Es wurden drei Gruppen à 200 Fliegen, davon 100 männliche und 100 weibliche, zusammengestellt und von Hand aus Pflanzenschutzmittelspritzen mit dem entsprechenden Mittel benetzt. Die Kontrollgruppe erhielt eine Behandlung mit Wasser, eine weitere Gruppe wurde mit Spinosad behandelt und auf die dritte Gruppe wurde fiMUM® Fruchtkalk® appliziert. Die Gruppen wurden getrennt voneinander auf einer Grünfläche behandelt, indem die Fliegen durch die drei Seiten der Käfige mit Netzbespannung von unten nach oben und diagonal besprüht wurden. Die Auswertung erfolgte zwei Tage später durch Zählung der toten und lebenden Tiere, Geschlechtsbestimmung (anhand der charakteristischen schwarzen Flecken auf den Flügelspitzen der Männchen) und Berechnung der Mortalitätsraten.

Ergebnisse und Diskussion

Repellenzwirkung auf die Eiablage:

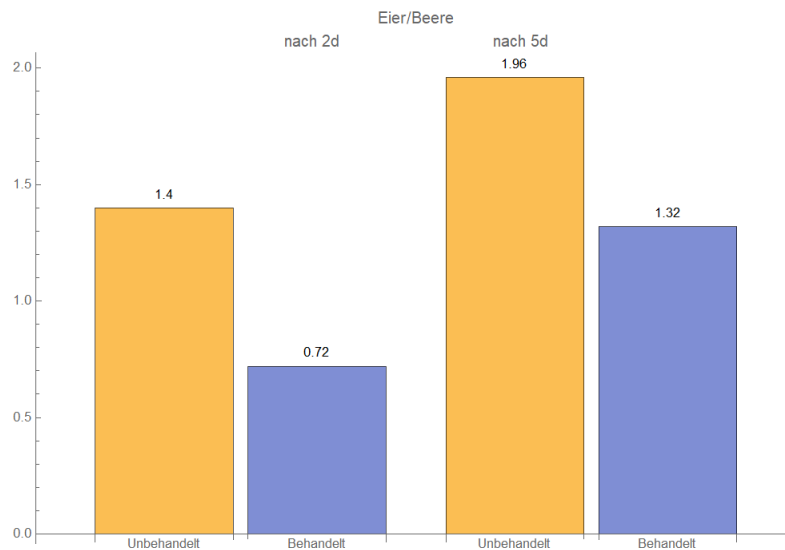


Abbildung 1: **Vergleich der durchschnittlichen Anzahl durch Kirschessigfliegen gelegter Eier auf mit fiMUM® Fruchtkalk® behandelten und unbehandelten Beeren nach 2d und 5d**

Auf Abbildung 1 ist zu erkennen, dass die Fliegen in diesem Versuch nach 2 Tagen und nach 5 Tagen weniger Eier auf die behandelten Beeren als auf die Beeren der unbehandelten Kontrollgruppe abgelegt hatten. Die Fliegen bevorzugten zur Eiablage die unbehandelten Beeren gegenüber denen mit einer Schicht des Kalkmittels fiMUM® Fruchtkalk® auf der Fruchtschale. Nach 2 Tagen ist bereits ein Unterschied in der Anzahl der abgelegten Eier zwischen den beiden Gruppen sichtbar. Die Eiablage in der mit fiMUM® Fruchtkalk® behandelten Gruppe entsprach nach 2 Tagen 51% der unbehandelten Kontrollgruppe. Nach 5 Tagen entsprach die Eiablage in der mit fiMUM® Fruchtkalk® behandelten Gruppe 67% der unbehandelten Kontrollgruppe.

Da die Beeren in diesem Laborversuch bereits nichtmehr mit der Pflanze verbunden gewesen sind, waren nach 5 Tagen in der Klimakammer die Schalen und das Fruchtfleisch der Beeren deutlich weniger fest, wodurch das Ablegen von Eiern in die Früchte für die Kirschessigfliegen besonders leicht und attraktiv wurde. Es wurde auch nur eine einmalige Behandlung durchgeführt, deren Wirkung innerhalb des Versuchszeitraumes womöglich abnahm. Weitere Versuche – besonders an Kulturpflanzen im Freiland – sind notwendig, um die Wirksamkeit besser erfassen zu können.

Hemmwirkung auf die Entwicklung von Eiern:

Es konnte durch fiMUM® Fruchtkalk® keine bedeutende und im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikante Hemmwirkung auf die Entwicklung der Kirschessigfliege innerhalb der Beeren beobachtet werden. Keine Beere außerhalb der Laser™-Gruppe befand sich nach den sechs Tagen noch in einem vermarktungsfähigen bzw. genießbaren Zustand.

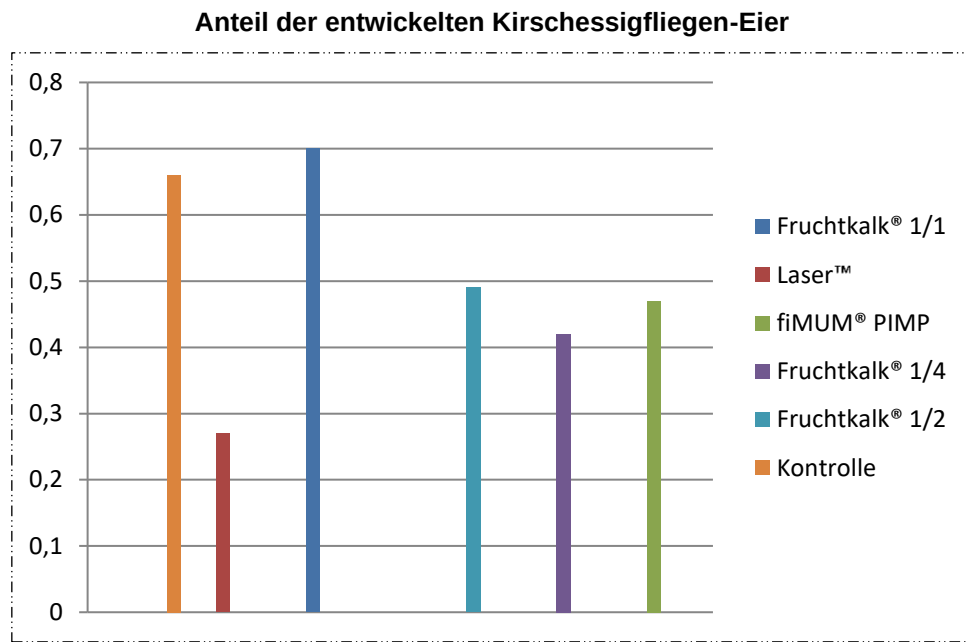


Abbildung 2: Anteil der über das Eistadium hinaus entwickelten Kirschessigfliegen 6d nach der Behandlung mit den getesteten Mitteln

Adultizide Wirkung:

Es wurde nach der Applikation von fiMUM® Fruchtkalk® eine Mortalitätsrate von 58,5% bei adulten Kirschessigfliegen beobachtet. Es besteht praktisch kein Unterschied bei der Wirkung auf männliche und weibliche Tiere. fiMUM® Fruchtkalk® ist nach direkter Exposition der Imagines im Vergleich zur Kontrolle deutlich tödlicher für die Kirschessigfliege, jedoch nur etwas mehr als halb so wirksam wie Spinosad. Es ist also annehmbar, dass besonders bei wiederholter Ausbringung in einem Feldbestand ein Teil der fortpflanzungsfähigen Population dezimiert werden kann.

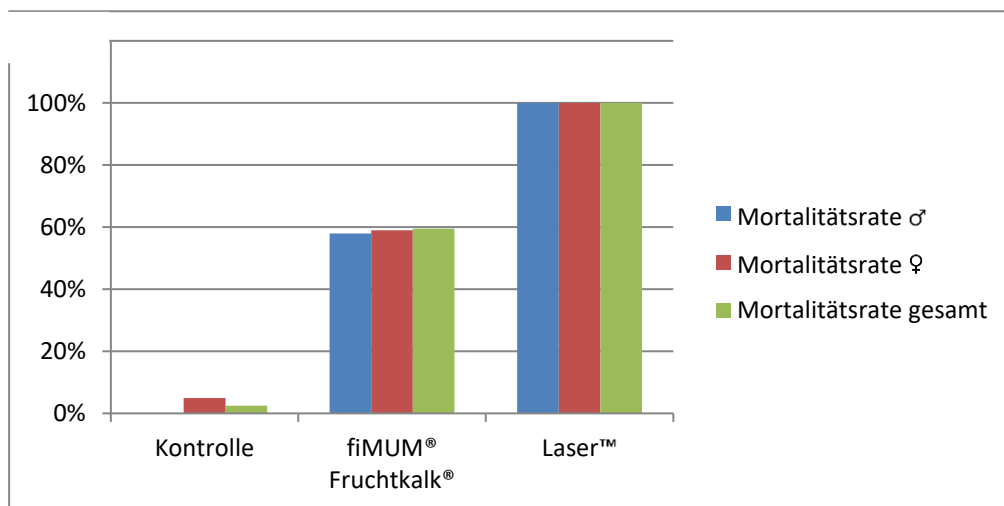


Abbildung 3: Vergleich der Mortalitätsraten männlicher und weiblicher Kirschessigfliegen 2d nach Applikation der getesteten Mittel

Zusammenfassung

Der Grundstoff fiMUM® Fruchtkalk® wurde auf mögliche Wirkungen gegen die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) untersucht. In den Laborversuchen konnte eine deutliche Verringerung der Eiablage auf Heidelbeeren durch das Präparat beobachtet werden, sowie eine adultizide Wirkung. Eine Hemmung der Entwicklung bereits in Heidelbeeren abgelegter Eier konnte nicht bestätigt werden. Der Einsatz von fiMUM® Fruchtkalk® könnte für die Bekämpfung der Kirschessigfliege nützlich sein, indem Früchte vor einer Beschädigung durch die sich nach der Eiablage in den Früchten entwickelnden Larven geschützt

werden und die Population der Imagines im Bestand verringert wird. Um diese Wirkungen zu bestätigen und die mögliche Wirksamkeit genau erfassen zu können, sowie gegebenenfalls Anwendungsempfehlungen für die Praxis aufstellen zu können sind weitere (Feld-)Versuche notwendig.

Abstract

The basic substances fiMUM® Fruchtkalk® was tested for possible effects against the Spotted Wing Drosophila (*Drosophila suzukii*). In these laboratory trials, a significant reduction of oviposition on blueberries was observed as well as an adulticidal effect. An inhibition of the development of eggs already laid in blueberries could not be confirmed. The use of fiMUM® Fruchtkalk® could be a useful tool for the control of the Spotted Wing Drosophila by protecting ripening fruit from damages caused by the development of larvae in the fruit after oviposition and by reducing the population of imagines in the crops. Further (field) trials are necessary to confirm these effects and to be able to precisely assess the possible effectiveness and, if possible, to make recommendations for practical application.

Literatur

KIRSCHBAUM D, FUNES C, BUONOCORE-BIANCHERI M, SUÁREZ L, OVRUSKI S (2016): The Biology and Ecology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). In: *Drosophila suzukii* Management 4, 46

Adressen der Autoren

¹Versuchszentrum Laimburg, Institut für Pflanzengesundheit, Laimburg 6, I-39040 Pfatten

²Lebenswissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

Innovative parasitenreduzierende Saatgutmischung und alternative Weidesysteme für Schafe und Ziegen

Influence of varying protein and starch contents on the ethanol yield of cereals and maize

Leopold Podstatzky*, Manuel Raggl

Einleitung

Parasiten können beim kleinen Wiederkäuer bedeutende wirtschaftliche Verluste hervorrufen. Vor allem in Biobereich bzw. bei Betrieben, die ungünstige Flächen (z.B. Steiflächen) mit kleinen Wiederkäuern bewirtschaften, sind wegen der Parasitenbelastung oftmals vor große Herausforderungen gestellt. Der häufige Einsatz von Entwurmungsmitteln in den letzten Jahrzehnten hat zur Folge, dass auch die Resistenzen enorm zugenommen haben. Um Alternativen in der Parasitenregulation zu untersuchen, wurde in einem Forschungsprojekt eine innovative Saatgutmischung bei dauernder Weidehaltung von Schafen und Jungziegen entweder auf Kurzrasenweide oder als TopGrazing untersucht.

Material und Methoden

Weidemischungen: Es wurde zwei Saatgutmischungen verwendet. Aus Tabelle 1 ist die Zusammensetzung der beiden Saatgutmischungen ersichtlich. Bei KWEI handelte es sich um eine kommerziell erhältliche Saatgutmischung der RWA Raiffeissen Ware Austria AG. In der innovativen Saatgutmischung wurden vermehrt Pflanzen mit einem erhöhten Gehalt an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen, die eine Wirkung gegen Endoparasiten haben sollen, verwendet. Zu diesen Pflanzen zählte etwa Esparsette, Hornklee und Zichorie.

Schafe: Die Schafe wurden auf drei Weideflächen gehalten: auf einer Kurzrasenweide (KW) mit der Standard-Saatgutmischung KWEI (S-KW) und auf zwei TopGrazing (TG) Weideparzellen, einmal mit KWEI (S-TG) und einmal mit der innovativen Saatgutmischung (V-TG). Die Weidezeit erstreckte sich in beiden Versuchsjahren von Anfang Juni bis Ende September. Es wurden in beiden Versuchsjahren die gleichen Tiere geweidet. D.h., dass im ersten Versuchsjahr junge, parasitologisch naive, Jungschafe geweidet wurden, die dann im zweiten Versuchsjahr schon eine immunologische Auseinandersetzung mit den Parasiten der Weide hatten. Im Winter wurde restriktiv gefüttert. Es erfolgten wöchentliche Gewichtserhebungen und Kotprobenuntersuchungen auf Eiausscheidung (EpG (Eier pro Gramm Kot)).

Jungziegen: Für diesen Versuch wurden in jedem Versuchsjahr neue abgesetzte, kastriert männliche Jungziegen verwendet. Die Versuchsweide wurde im Herbst vor Versuchsbeginn frisch angelegt und von der Milchziegenherde des Betriebes einmal beweidet, um eine geringgradige Parasitenbelastung sicherzustellen. Die Weidezeit erstreckte sich in beiden Versuchsjahren von Anfang Juni bis Ende September. Es erfolgten zweiwöchige Gewichtserhebungen und Kotprobenuntersuchungen auf EpG. Am Ende der Weideperiode wurden die Jungziegen geschlachtet. Aus den entnommenen Labmägen und Dünndärmen wurden die Parasiten gezählt.

Versuchsanordnung: Zwischen erstem und zweitem Versuchsjahr wurden bei beiden Tierarten Veränderungen vorgenommen. Dies erfolgte deshalb, weil im ersten Versuchsjahr teils große gesundheitliche Probleme auftraten. Die Schafe verblieben 3 bis 4 Tage in der jeweiligen Koppel. Nach der Beweidung wurden die Koppeln nachgemäht. Im zweiten Versuchsjahr wurden die Beweidung dahingehend geändert, dass in den Koppeln täglich weitergezäunt wurde und die Unterstände mit jedem neuen Koppelbezug mitwanderten. Bei den Ziegen gab es einen Unterstand (Getrennt in Gruppe Kurzrasenweide (KW) und Gruppe TopGrazing (TG)) am Beginn der Weidefläche. Im zweiten Versuchsjahr wurde der Unterstand in die Mitte der Weidefläche gelegt. Dadurch war es möglich, auch die jeweilige Weidefläche zu teilen, um dann bei besonderen klimatischen Herausforderungen mit abwechselnder Beweidung zu reagieren. Sowohl bei den Schafen (125 g Weizenkleie pro Tier und Tag) als auch bei den Jungziegen (1,5 kg pro 12 Tiere und Tag Kraftfutter) erfolgte im zweiten Versuchsjahr eine geringe Zufütterung. Bei den Ziegen wurde in regenintensiven Zeiten im zweiten Versuchsjahr zusätzlich Heu im Unterstand gefüttert.

Tabelle 1: **Zusammensetzung der Saatgutmischungen (KWEI, innov. SGM (Innovative Saatgutmischung))**

KWEI	Anteil (%)	Innov.SGM	Anteil (%)
Engl. Raygras	33,4	Engl. Raygras	5,0
Timothe	7,6	Knaulgras	10,0
Wiesenrsipe	51,4	Timothe	10,0
Weißklee	7,6	Wiesenschwingel	10,0
		Glatthafer	10,0
		Esparsett	16,0
		Luzerne	7,0
		Hornklee	12,0
		Zichorie	5,0
		Herbst-Löwenzahn	2,0
		Spitzwegerich	5,0
		Kl. Wiesenkopf	3,0
		Gew. Leimkraut	2,0
		Schafgarbe	1,0
		Wilde Möhre	2,0

Ergebnisse und Diskussion

Schafe: Im ersten Versuchsjahr waren die Gewichtszunahmen geringer als im zweiten Versuchsjahr. Diese geringen Zunahmen dürften auf die starke Parasitenbelastung im ersten Versuchsjahr zurückzuführen sein. Im zweiten Versuchsjahr, in dem die Parasitenbelastung deutlich niedriger war und die gleichen Tiere älter waren, konnten höhere Gewichtszunahmen als im ersten Jahr erreicht werden (Tab. 2). Trotzdem konnten zwischen den Gruppen nur numerische Unterschiede sowohl in den Zunahmen als auch in der Eiausscheidung festgestellt werden. Die erhoffte Wirkung durch die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe in der innovativen Saatgutmischung wurde nicht festgestellt. Einerseits dürfte die Konzentration der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe bei Beweidung doch zu gering sein. Immerhin gibt Heckenorn (2011) einen Gehalt von mindestens 5 % kondensierte Tannine in der Trockensubstanz an, die für eine nachweisbare Wirkung vorhanden sein müssen., andererseits ist TopGrazing eine Weidemethode, die in trockenen Regionen vor allem bei Rindern Anwendung findet (Winter und Starz, 2021). In den feuchten Gebieten der Steiermark führte das dazu, dass für die Parasitenlarven gute Lebensbedingungen durch das niedergetrampelte Weidefutter vorherrschten. Der Boden trocknete nicht ab und die UV-Einstrahlung wird durch die niedergetrampelte Pflanzenschicht auch behindert.

Im Gegensatz zum ersten Versuchsjahr war die EpG im zweiten Versuchsjahr geringer. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass erstens die Tiere noch im Stall vor Weideaustrieb entwurmt wurden und es im zweiten Versuchsjahr schon erwachsene Tiere waren, die eine gewisse Immunkompetenz aufbauen konnten.

Ziegen:

Die Gewichtszunahmen im ersten Versuchsjahr lagen deutlich unter denen des zweiten Versuchsjahres. Trotz der hohen Belastung vor allem in der TopGrazing-Gruppe, gab es weder im ersten noch im zweiten Versuchsjahr einen Unterschiede in der Gewichtsentwicklung zwischen den beiden Gruppen. Bei den EpG kam es in beiden Versuchsjahren zu einem starken Anstieg in der TopGrazing-Gruppe. Im ersten Versuchsjahr erfolgte dieser Anstieg vier Wochen nach Weidebeginn. Im zweiten Versuchsjahr gab es zwar auch vier Wochen nach Weidebeginn einen geringen Anstieg der EpG, der deutliche Anstieg erfolgte dann aber erst ab KW 33. Im ersten Jahr wurden die Jungziegen, auf Grund vermehrten Auftretens von Durchfall und der Gewichtsabnahmen, in der KW 29 entwurmt, wogegen sie im zweiten Versuchsjahr nicht entwurmt wurden. Bei den Ziegen konnte ebenfalls keine Wirkung der innovativen Saatgutmischung auf das Parasitengeschehen nachgewiesen werden. Auch hier dürften die günstigen Bedingungen für Parasitenlarven auf dem niedergetrampelten Weidegras zu diesen starken Anstiegen führen. Die Zählung der Parasiten im Labmagen wie auch im Dünndarm zeigte die höhere Belastung in der TopGrazing-Gruppe und die stärkere Belastung im zweiten Versuchsjahr.

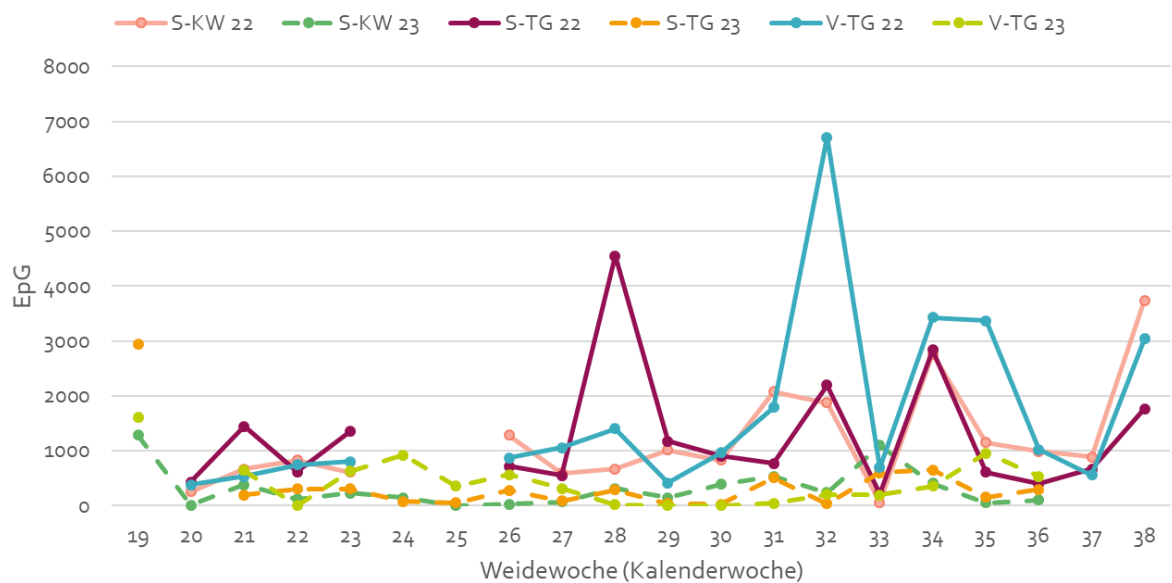


Abbildung 1: Koprologische Kotuntersuchung der Schafe in den Gruppen und Versuchsjahren (Eier pro Gramm Kot (EpG))

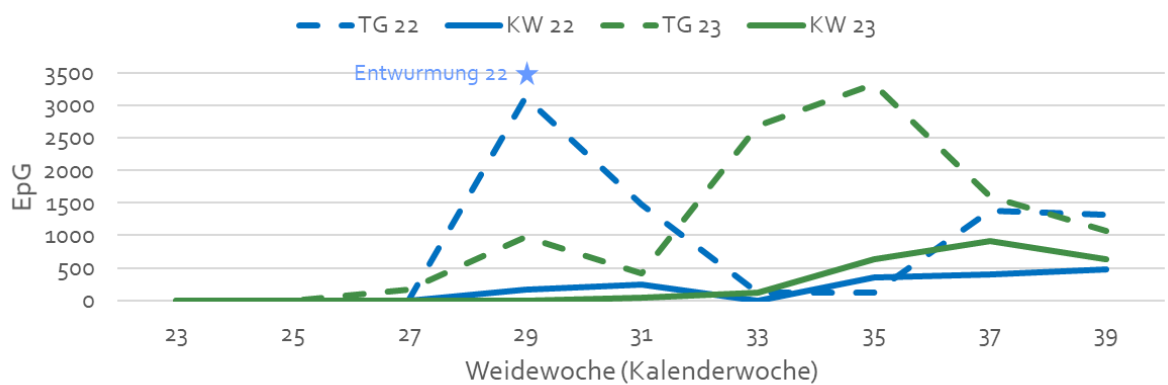


Abbildung 2: Koprologische Kotuntersuchung der Jungziegen in den Gruppen und Versuchsjahren (Eier pro Gramm Kot (EpG))

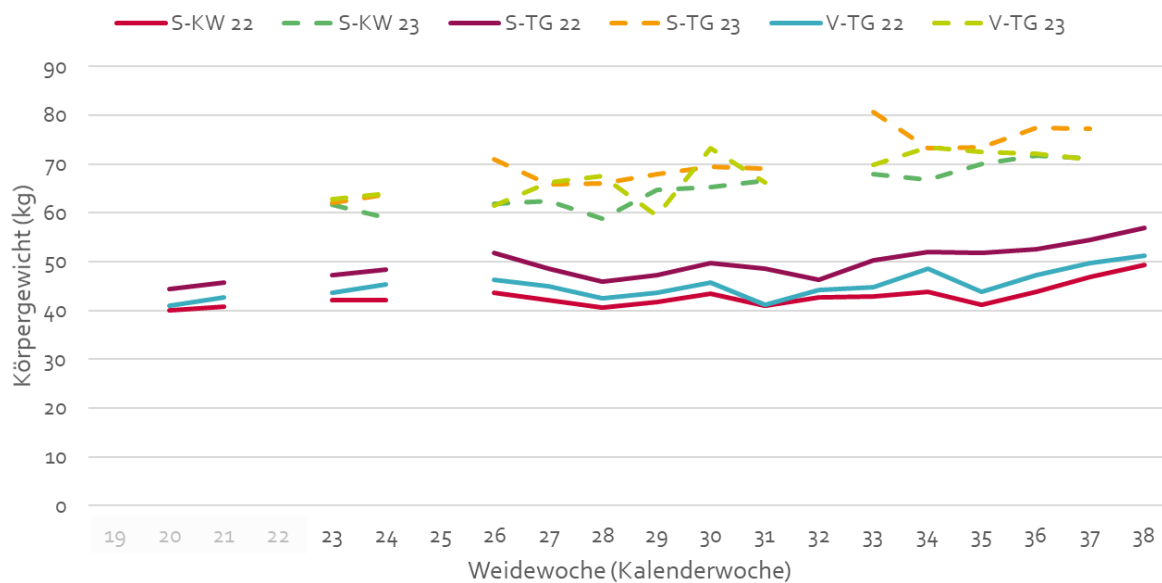


Abbildung 3: Gewichtsentwicklung der Schafe in den Gruppen und Versuchsjahren (kg Körpergewicht)

Tabelle 2: tägliche Zunahmen und mittlere Eiausscheidung im jeweiligen Versuchsjahr

Jahr	S-KW	S-TG	V-TG
	Tageszunahmen (g)		
2022	65	92	68
2023	169	114	104
	Parasitenbelastung (EpG)		
2022	513	463	624
2023	23	32	29

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Leopold PODSTATZKY, leopold.podstatzky@raumberg-gumpenstein.at

Durchmelken bei Ziegen: Möglichkeiten und Herausforderungen

Continuous milking in goats: possibilities and challenges

Leopold Podstatzky^{1*}

Einleitung

Die Milchziegenhaltung hat in den letzten Jahren in Österreich einen enormen Aufschwung erlebt. So stieg die Anzahl der Milchziegen von 27.054 im Jahr 2008 auf 38.998 im Jahr 2019. Nachdem die Ziege ein sehr fruchtbares Tier ist und 1 bis 2 Kitze am Ende der Trächtigkeit zur Welt bringt, fallen bei größeren Betrieben eine beträchtliche Anzahl an Kitzen an, die aufgezogen und vermarktet werden müssen. Vor allem die Vermarktung männlicher Kitze stellt bis heute die gesamte Ziegenmilchwirtschaft vor Herausforderungen. Aus deutschen Untersuchungen (Wolba et al., 2018) ist ersichtlich, dass es innerhalb von 10 Jahren zu einer Zunahme der Melktage gekommen ist. In den Jahren 2000 bis 2004 wiesen die Laktationen eine Länge von 275 bis 290 Tagen, in den Jahren 2010 bis 2014 eine Länge von 458 bis 481 Tagen auf. Dies lässt darauf schließen, dass vermehrt die Form des Durch- bzw. Dauermelkens praktiziert wird. In der Praxis wird zwischen Durchmelken und Dauermelken unterschieden. Vom Durchmelken spricht man, wenn eine hochträchtige Ziege ohne Trockenstellen weitergemolken wird. Unter Dauermelken versteht man das Melken über ein oder mehrere Jahre hinweg ohne die Tiere erneut zu belegen.

Material und Methoden

Es werden die Daten der Milchleistungsprüfung (Anzahl Melktage pro Laktation, , Milchmenge (kg) pro Laktation, Fettgehalt (%), Eiweissgehalt (%) und Fett und Eiweiss (kg). von zwei Betrieben beleuchtet (Betrieb B und Betrieb H). Aus den Daten der Melktage pro Laktation und der Milchmenge (kg) pro Laktation wurde die Milchmenge (kg) je Melktag in der jeweiligen Laktation berechnet. Es wurden die Daten von Tieren mit 3 bzw. 4 abgeschlossenen Laktationen verwendet. Im Betrieb B kamen 13 Ziegen mit abgeschlossenen 3 Laktationen und 7 Ziegen mit abgeschlossenen 4 Laktationen zur Auswertung. Im Betrieb H kamen 59 Ziegen mit abgeschlossenen 3 Laktationen und 8 Ziegen mit abgeschlossenen 4 Laktationen zur Auswertung. Beide Betriebe betreiben das Dauermelken seit 20 (Betrieb H) bzw. 9 Jahren (Betrieb B).

Ergebnisse und Diskussion

Es kamen, wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, bei Betrieb B 20 Ziegen mit abgeschlossenen Laktationen zur Auswertung, bei Betrieb H waren es 76 Ziegen. Die Melktage pro Ziege waren bei den Ziegen mit den 3 abgeschlossenen Laktationen in beiden Betrieben annähernd gleich, wogegen Betrieb B bei den Ziegen mit 4 abgeschlossenen Laktationen mehr Melktage pro Ziege und mehr Milch pro Melktag erreichte.

Tabelle 1: **Melktage (Mittelwert) / Ziege und Milchmenge (Mittelwert kg) / Melktag bei Tieren mit 3 bzw. 4 abgeschlossenen Laktationen**

Be- trieb	n Laktatio- nen	n Zie- gen	Melktage/Ziege MW	Melktage/Ziege Max	Milch/Melktag MW	Milch/Melktag Max
B	3	13	2220,5	1396	2,6	3,2
	4	7	2593,1	1398	2,9	4,0
H	3	59	2358,6	3670	2,4	4,4
	4	8	2065,1	1294	2,3	3,9

Tabelle 2: **Melktage, Milch (kg) und Milchmenge (kg) / Melktag bei Tieren mit 3 bzw. 4 abgeschlossenen Laktationen in den beiden Betrieben (Mittelwerte)**

Betrieb	n Laktationen	Laktation	Melktage	Milch (kg)	Milch (kg)/Melktag
B	3	1	245,5	474,2	1,9
		2	1061,5	2764,4	2,6
		3	913,5	2563,7	2,8
	4	1	275,3	593,0	2,2
		2	837,7	2246,9	2,9
		3	647,1	2268,7	3,3
		4	833,0	2286,3	2,8
H	3	1	341,3	767,5	2,2
		2	674,3	1800,4	2,7
		3	1343,0	3067,5	2,4
	4	1	284,9	639,0	2,3
		2	346,9	899,3	2,5
		3	783,1	1793,3	2,6
		4	650,3	1481,4	2,3

Tabelle 3: **Fett (%), Eiweiss (%), Fett und Eiweiss (kg) und Fett und Eiweiss (kg) / Melktag bei Tieren mit 3 bzw. 4 abgeschlossenen Laktationen in den beiden Betrieben (Mittelwerte)**

Betrieb	n Laktationen	Laktation	Fett %	EW %	Fett und EW kg	F+EW/Melktag
B	3	1	3,0	3,0	28,5	0,1
		2	3,1	3,1	171,8	0,2
		3	3,3	3,1	163,3	0,2
	4	1	3,3	3,0	36,2	0,1
		2	3,4	3,2	151,0	0,2
		3	3,1	3,1	137,8	0,2
		4	3,4	3,1	145,3	0,2
H	3	1	3,5	3,2	51,9	0,2
		2	3,6	3,3	120,6	0,2
		3	3,6	3,2	210,0	0,2
	4	1	3,4	3,3	43,5	0,2
		2	3,5	3,4	60,4	0,2
		3	3,5	3,3	120,1	0,2
		4	3,5	3,3	98,5	0,2

Bei diesen Ergebnissen wurden nur produktionstechnische Daten erfasst. Somit können keine Aussagen über eventuell vorhandene unterschiedliche funktionelle Veränderungen im Euter erfolgen (Rudovsky (2008). Safayi et al. (2010) konnten in ihren Untersuchungen feststellen, dass die Milchdrüse

einer durchmelkenden Ziege dem einer nicht durchmelkenden im späten Laktationsstadium entspricht. Salama et al. (2005) konnten in ihren Untersuchungen bei 12 und 24 monatigem Melken eine geringe Leistungsminderung bezüglich produzierte Milchmenge feststellen bei den 24 Monate gemolkenen feststellen. Andererseits waren die Gehalte an Inhaltsstoffen erhöht bei den 24 Monate gemolkenen erhöhte. Wolber et al. (2018) konnten in ihren Untersuchungen feststellen, dass, wenn innerhalb einer Laktation mehr als 305 Tage gemolken wurde, die Persistenz für Milchmenge und Fett-Eiweiss-Menge im zweiten Laktationsabschnitt höher ausfielen als bei Ziegen die nicht dauergemolken wurden.

Zusammenfassung

Die Vorteile des Durchmelkens kann man in einer Entlastung des peripartalen Stoffwechsels sehen ((Braunreiter, 2025, Salam et al., 2005) weil die Belastungen durch die hohe Milchleistung im geburtsnahmen Zeitraum wegfallen. Weiters sind der geringe Kitzanfall, der verringerte Arbeitsdruck und eine kontinuierliche Milchlieferrung über das ganze Jahr zu nennen.

Hier werden die Daten der Milchleistungsprüfung (Anzahl Melktage pro Laktation, Milchmenge (kg) je Laktation, Milchmenge (kg) je Melktag (in der jeweiligen Laktation) sowie Fett (%), Eiweiss (%) als auch Fett und Eiweiss (kg) je Melktag dargestellt. Die zwei Betriebe betreiben das Durchmelken seit 20 (H) bzw. 9 Jahren (B). Die Spannweite der Melktage reicht von mindestens 43 Tagen bis maximal 3670 Tagen, Die Milchmenge pro Laktationstag reichte von mindestens 1,0 Liter bis maximal 4,4 Liter.

Die gemolkene Fett und Eiweissmenge (kg) pro Laktationstag reichte von mindestens 0,1 kg bis maximal 2,0 kg. An Hand dieser Daten zeigt sich, dass ein Dauermelken bei Sannenziegen möglich ist. Fragen stellen sich bei dieser Art der Milchproduktion, wie z. B. mit Zuchtentscheidungen umgegangen wird. Gut melkende Ziegen werden nicht gedeckt, d.h., dass von diesen Ziegen keine Nachzucht, oder nur wenig Stückzahlen, nachkommen. Somit wird auch der Zuchtfortschritt geschmälert bzw. verlangsamt. Wenn die Laktationsdauer 305 Tage überschreitet, stellt sich außerdem die Frage, ob die alleinige Betrachtung einer 240 Tageleistung für die Zuchtbeurteilung und –entscheidung ausreichend ist? Weiter Untersuchungen sollte auf Grund der vielen offenen Fragen durchgeführt werden.

Abstract

The advantages of continuous milking can be seen by a reduction in peripartum metabolism, because the stress caused by high milk yield during the period of birth is eliminated. Other benefits include reduced fawning, reduced work pressure, and a continuous milk supply throughout the year. The milk yield test data (number of milking days per lactation, milk yield (kg) per lactation, milk yield (kg) per milking day (in the respective lactation), as well as fat (%), protein (%), and fat and protein (kg) per milking day) are presented here. The two farms have been practicing continuous milking for 20 (H) and 9 years (B), respectively. The milking days ranged from a minimum of 43 days to a maximum of 3670 days. The milk yield per lactation day ranged from a minimum of 1.0 liters to a maximum of 4.4 liters. The milked fat and protein yield (kg) per lactation day ranged from a minimum of 0.1 kg to a maximum of 2.0 kg. These data show that continuous milking is possible with Sannen goats. Questions arise with this type of milk production, for example, how breeding decisions are handled. Good milking goats are not mated, meaning that these goats produce no offspring, or only a small number during the whole life of production. This also reduces or slows down breeding progress. If the lactation period exceeds 305 days, the question also arises as to whether the sole consideration of 240 days of production is sufficient for breeding assessment and decision-making. Further research should be conducted due to the unanswered questions.

Literatur

- BRAUNREITER, C. (2025): Durchmelken von Ziegen, verlängerte Laktation. Bei uns am Hof. Das Fachmagazin für Kleinwiederkäuerhalter/innen 02 Winter 2024, 13.
- RUDOVSKY, A. (2008): Untersuchungen zum Einfluss des Durchmelkens und der Verlängerung der Ablamperperiode auf die Reproduktionsleistung und Milchezusammensetzung bei Ziegen. Dissertation Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig.
- SAFAYI, S., THEIL, P.K., HOU, L., ENGBAEK, M., NORGAARD, J.V., SEJRSEN, K., NIELSEN, O. (2010): Continuous lactation effects on mammary remodeling during late gestation and lactation in dairy goats. J. Dairy Sci. 93, 203-207.

SALAMA, A.A.K., CAJA, G., SUCH, X., CASALS, R., ALBANELL, E. (2005): Effect of pregnancy and extended lactation on milk production in dairy goats milked once daily. J. Dairy Sci. 88, 3894-3904.
WOLBER, M.R., HAMANN, H., HEROLD, P. (2018): Durch- und Dauermelken bei Milchziegen 1. Mitteilung: Analyse der systematischen Effekte auf Milchleistungsmerkmale. Züchtungskunde, 90, (5), 379-397.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Außenstelle Thalheim, Austrasse 10, 4600 Thalheim bei Wels

* Ansprechpartner: Dr. Leopold PODSTATZKY, leopold.podstatzky@raumberg-gumpenstein.at

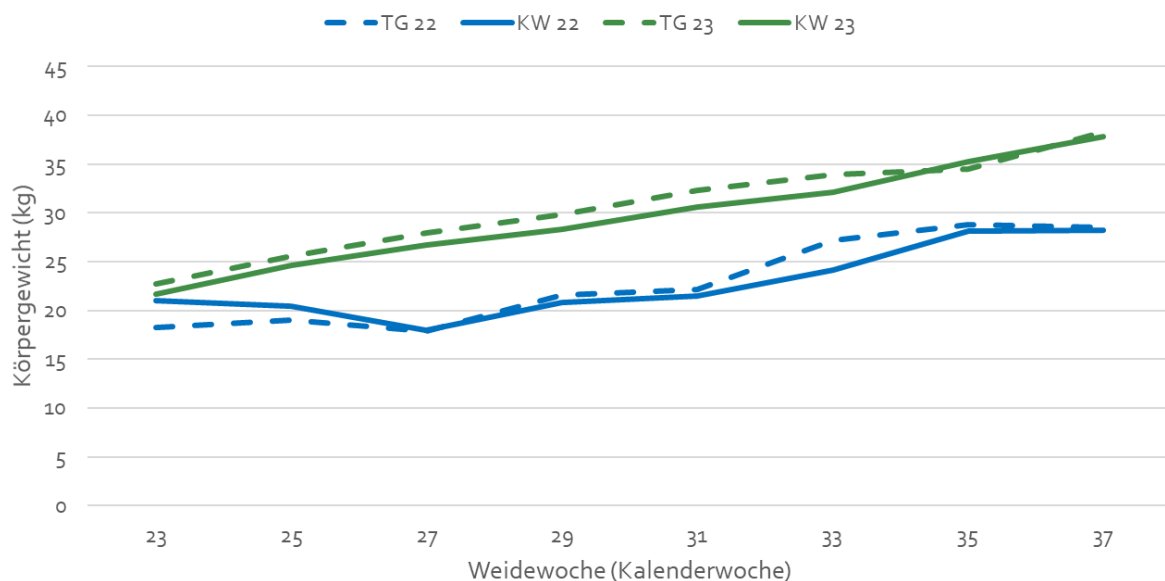


Abbildung 4: Gewichtsentwicklung der Jungziegen in den Gruppen und Versuchsjahren (kg Körpergewicht)

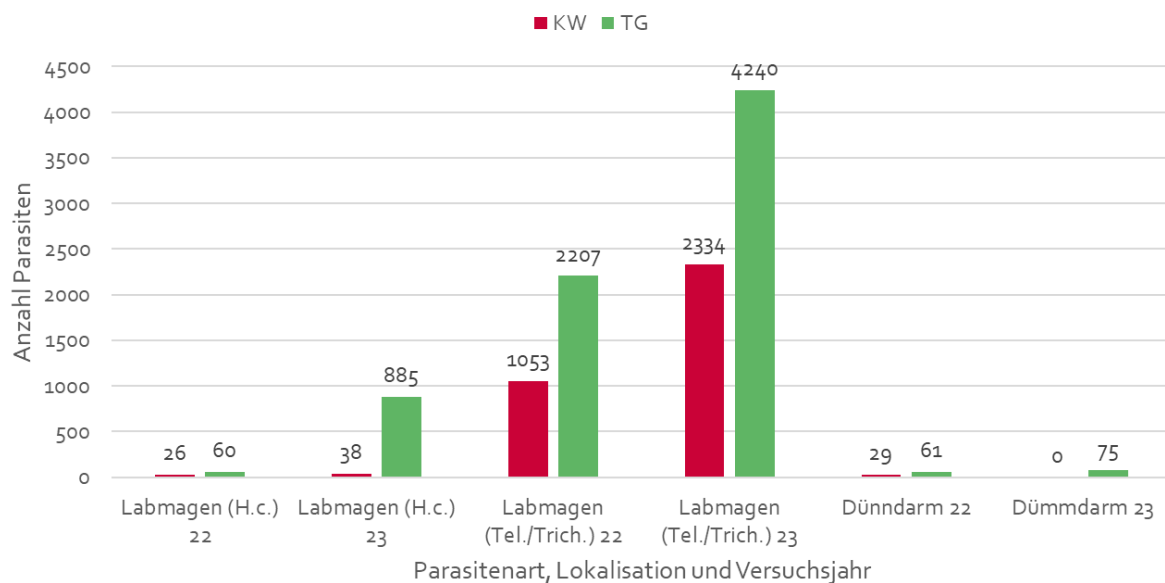


Abbildung 5: Anzahl Parasiten (H.c.: *Haemonchus contortus*, Tel.: *Teladorsagia c.*, Trich.: *Trichostrongylus* spp.) im Labmagen und Dünndarm in den Gruppen und Versuchsjahren

Änderungen zwischen den Versuchsjahren:

Schafe: Auf Grund der Probleme im ersten Versuchsjahr wurden folgende Adaptionen im Management durchgeführt: Von Koppelhaltung wurde auf TopGrazing umgestellt. D.h., dass auf den neuen Koppeln täglich ein Stück weitergezäunt wurde. Es erfolgte kein Nachmähen, es wurde so lange wie möglich beweidet. Außerdem wurden 125 Gramm Weizenkleie pro Tier und Tag verfüttert. Die Schafe wurden im zweiten Versuchsjahr noch im Stall vor dem Weideaustrieb entwurmt.

Ziegen: Auf Grund der Probleme im ersten Versuchsjahr wurde der Unterstand mittig in die Parzelle gesetzt und die Weidefläche jeder Gruppe geteilt. Dadurch konnte je nach Wettersituation und Aufwuchs auch innerhalb der Gruppe abgewechselt werden. Die Tiere wurden noch im Stall gegen Kokzidien behandelt. Es wurden im zweiten Versuchsjahr 1,5 kg Kraftfutter den 12 Jungziegen täglich verfüttert. In Regenperioden wurden den Ziegen zusätzlich Heu angeboten.

Im zweiten Versuchsjahr war weder bei den Schafen noch bei den Ziegen eine Entwurmung während der Weidezeit notwendig.

Zusammenfassung

Parasiten können beim kleinen Wiederkäuer bedeutende wirtschaftliche Verluste hervorrufen. Vor allem im Biobereich bzw. Betriebe, die ungünstige Flächen (z.B. Steilflächen) mit kleinen Wiederkäuern bewirtschaften sind wegen der Parasitenbelastung oftmals vor große Herausforderungen gestellt. In einem Forschungsprojekt wurden innovative Saatgutmischungen bei dauernder Weidehaltung von Schafen und Jungziegen entweder auf Kurzrasenweide oder als TopGrazing untersucht. Bei den Schafen wurde eine Kurzrasenweide mit der Saatgutmischung KWEI (S-KRW), sowie zwei TopGrazing Weiden (einmal mit der KWEI Saatgutmischung (S-TG) und einmal mit der innovativen Saatgutmischung (V-TG)) über 4 Monate beweidet. Bei den Jungziegen erfolgte die 4-monatige Beweidung auf einer Kurzrasenweide mit KWEI Saatgutmischung und auf einer TopGrazing Weide mit der innovativen Saatgutmischung. Die Weidezeit erstreckte sich in beiden Versuchsjahren von Juni bis Ende September. Auf Grund schlechter Ergebnisse (Parasitenbelastung, Zunahmen) im ersten Versuchsjahr wurden Veränderungen geplant und vor bzw. zu Beginn der zweiten Weideperiode durchgeführt. Auf Grund dieser Änderungen konnten im zweiten Weidejahr entsprechende Gewichtszunahmen bei den Jungziegen erreicht werden. Bei der Parasitenbelastung waren im ersten Jahr sowohl bei den Schafen als auch bei den Jungziegen Behandlungen notwendig, wogegen es im zweiten Weidejahr zwar zu mittelgradigen Parasitenbelastungen kam, aber keine klinischen Erscheinungen auftraten und auch keine Behandlungen notwendig waren.

Abstract

Parasites can cause significant economic losses in small ruminants. Especially in organic farming, or on farms that manage unfavorable areas (e.g., steep slopes) with small ruminants, parasite infestation often presents significant challenges. In a research project, innovative seed mixtures were tested in permanent grazing of sheep and young goats, either on short-grass pastures or as top-grazing pastures. The sheep were grazed for four months on a short-grass pasture with the KWEI seed mixture (S-KRW) and two top-grazing pastures (one with the KWEI seed mixture (S-TG) and one with the innovative seed mixture (V-TG)). The young goats were grazed for four months on a short-grass pasture with the KWEI seed mixture and on a top-grazing pasture with the innovative seed mixture. The grazing period in both trial years extended from June to the end of September. Due to poor results (parasite load, weight gain) in the first trial year, changes were planned and implemented before or at the beginning of the second grazing period. These changes enabled the goats to achieve corresponding weight gains in the second grazing year. Regarding parasite load, treatments were necessary for both the sheep and the goats in the first year. In contrast, moderate parasite loads were observed in the second year, but no clinical symptoms were observed, and no treatments were necessary.

Literatur

HECKENDORN, F. (2011): Fütterung von Esparsette bei Ziegen – Effekte auf innere Parasiten und Milch. Forum Kleinwiederkäuer, 8/2011, 14-17.

WERNE, S. (2013): Integrated control of gastrointestinal sheep nematodes. Dissertation ETH Zürich.

WINTER, M., STARZ, W. (2021): MobGrazing – Die Weidelösung in Dürrezeiten? Landwirt Bio 5/2021, <https://landwirt-media.com/mob-grazing-die-weideloesung-in-duerrezeiten/> (Abfrage: 08.05.2025)

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Leopold PODSTATZKY, leopold.podstatzky@raumberg-gumpenstein.at

Durchmelken bei Ziegen: Möglichkeiten und Herausforderungen

Continuous milking in goats: possibilities and challenges

Leopold Podstatzky*

Einleitung

Die Milchziegenhaltung hat in den letzten Jahren in Österreich einen enormen Aufschwung erlebt. So stieg die Anzahl der Milchziegen von 27.054 im Jahr 2008 auf 38.998 im Jahr 2019. Nachdem die Ziege ein sehr fruchtbares Tier ist und 1 bis 2 Kitze am Ende der Trächtigkeit zur Welt bringt, fallen bei größeren Betrieben eine beträchtliche Anzahl an Kitzen an, die aufgezogen und vermarktet werden müssen. Vor allem die Vermarktung männlicher Kitze stellt bis heute die gesamte Ziegenmilchwirtschaft vor Herausforderungen. Aus deutschen Untersuchungen (Wolba et al., 2018) ist ersichtlich, dass es innerhalb von 10 Jahren zu einer Zunahme der Melktage gekommen ist. In den Jahren 2000 bis 2004 wiesen die Laktationen eine Länge von 275 bis 290 Tagen, in den Jahren 2010 bis 2014 eine Länge von 458 bis 481 Tagen auf. Dies lässt darauf schließen, dass vermehrt die Form des Durch- bzw. Dauermelkens praktiziert wird. In der Praxis wird zwischen Durchmelken und Dauermelken unterschieden. Vom Durchmelken spricht man, wenn eine hochträchtige Ziege ohne Trockenstellen weitergemolken wird. Unter Dauermelken versteht man das Melken über ein oder mehrere Jahre hinweg ohne die Tiere erneut zu belegen.

Material und Methoden

Es werden die Daten der Milchleistungsprüfung (Anzahl Melktage pro Laktation, , Milchmenge (kg) pro Laktation, Fettgehalt (%), Eiweißgehalt (%) und Fett und Eiweiß (kg). von zwei Betrieben beleuchtet (Betrieb B und Betrieb H). Aus den Daten der Melktage pro Laktation und der Milchmenge (kg) pro Laktation wurde die Milchmenge (kg) je Melktag in der jeweiligen Laktation berechnet. Es wurden die Daten von Tieren mit 3 bzw. 4 abgeschlossenen Laktationen verwendet. Im Betrieb B kamen 13 Ziegen mit abgeschlossenen 3 Laktationen und 7 Ziegen mit abgeschlossenen 4 Laktationen zur Auswertung. Im Betrieb H kamen 59 Ziegen mit abgeschlossenen 3 Laktationen und 8 Ziegen mit abgeschlossenen 4 Laktationen zur Auswertung. Beide Betriebe betreiben das Dauermelken seit 20 (Betrieb H) bzw. 9 Jahren (Betrieb B).

Ergebnisse und Diskussion

Es kamen, wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, bei Betrieb B 20 Ziegen mit abgeschlossenen Laktationen zur Auswertung, bei Betrieb H waren es 76 Ziegen. Die Melktage pro Ziege waren bei den Ziegen mit den 3 abgeschlossenen Laktationen in beiden Betrieben annähernd gleich, wogegen Betrieb B bei den Ziegen mit 4 abgeschlossenen Laktationen mehr Melktage pro Ziege und mehr Milch pro Melktag erreichte.

Tabelle 1: **Melktage (Mittelwert) / Ziege und Milchmenge (Mittelwert kg) / Melktag bei Tieren mit 3 bzw. 4 abgeschlossenen Laktationen**

Be- trieb	n Laktatio- nen	n Zie- gen	Melktage/Ziege MW	Melktage/Ziege Max	Milch/Melktag MW	Milch/Melktag Max
B	3	13	2220,5	1396	2,6	3,2
	4	7	2593,1	1398	2,9	4,0
H	3	59	2358,6	3670	2,4	4,4
	4	8	2065,1	1294	2,3	3,9

Tabelle 2: **Melktage, Milch (kg) und Milchmenge (kg) / Melktag bei Tieren mit 3 bzw. 4 abgeschlossenen Laktationen in den beiden Betrieben (Mittelwerte)**

Betrieb	n Laktationen	Laktation	Melktage	Milch (kg)	Milch (kg)/Melktag
B	3	1	245,5	474,2	1,9
		2	1061,5	2764,4	2,6
		3	913,5	2563,7	2,8
	4	1	275,3	593,0	2,2
		2	837,7	2246,9	2,9
		3	647,1	2268,7	3,3
		4	833,0	2286,3	2,8
H	3	1	341,3	767,5	2,2
		2	674,3	1800,4	2,7
		3	1343,0	3067,5	2,4
	4	1	284,9	639,0	2,3
		2	346,9	899,3	2,5
		3	783,1	1793,3	2,6
		4	650,3	1481,4	2,3

Tabelle 3: **Fett (%), Eiweiss (%), Fett und Eiweiss (kg) und Fett und Eiweiss (kg) / Melktag bei Tieren mit 3 bzw. 4 abgeschlossenen Laktationen in den beiden Betrieben (Mittelwerte)**

Betrieb	n Laktationen	Laktation	Fett %	EW %	Fett und EW kg	F+EW/Melktag
B	3	1	3,0	3,0	28,5	0,1
		2	3,1	3,1	171,8	0,2
		3	3,3	3,1	163,3	0,2
	4	1	3,3	3,0	36,2	0,1
		2	3,4	3,2	151,0	0,2
		3	3,1	3,1	137,8	0,2
		4	3,4	3,1	145,3	0,2
H	3	1	3,5	3,2	51,9	0,2
		2	3,6	3,3	120,6	0,2
		3	3,6	3,2	210,0	0,2
	4	1	3,4	3,3	43,5	0,2
		2	3,5	3,4	60,4	0,2
		3	3,5	3,3	120,1	0,2
		4	3,5	3,3	98,5	0,2

Bei diesen Ergebnissen wurden nur produktionstechnische Daten erfasst. Somit können keine Aussagen über eventuell vorhandene unterschiedliche funktionelle Veränderungen im Euter erfolgen (Rudovsky (2008). Safayi et al. (2010) konnten in ihren Untersuchungen feststellen, dass die Milchdrüse

einer durchmelkenden Ziege dem einer nicht durchmelkenden im späten Laktationsstadium entspricht. Salama et al. (2005) konnten in ihren Untersuchungen bei 12 und 24 monatigem Melken eine geringe Leistungsminderung bezüglich produzierte Milchmenge feststellen bei den 24 Monate gemolkenen feststellen. Andererseits waren die Gehalte an Inhaltsstoffen erhöht bei den 24 Monate gemolkenen erhöhte. Wolber et al. (2018) konnten in ihren Untersuchungen feststellen, dass, wenn innerhalb einer Laktation mehr als 305 Tage gemolken wurde, die Persistenz für Milchmenge und Fett-Eiweiss-Menge im zweiten Laktationsabschnitt höher ausfielen als bei Ziegen die nicht dauergemolken wurden.

Zusammenfassung

Die Vorteile des Durchmelkens kann man in einer Entlastung des peripartalen Stoffwechsels sehen ((Braunreiter, 2025, Salam et al., 2005) weil die Belastungen durch die hohe Milchleistung im geburtsnahmen Zeitraum wegfallen. Weiters sind der geringe Kitzanfall, der verringerte Arbeitsdruck und eine kontinuierliche Milchlieferrung über das ganze Jahr zu nennen.

Hier werden die Daten der Milchleistungsprüfung (Anzahl Melktage pro Laktation, Milchmenge (kg) je Laktation, Milchmenge (kg) je Melktag (in der jeweiligen Laktation) sowie Fett (%), Eiweiss (%) als auch Fett und Eiweiss (kg) je Melktag dargestellt. Die zwei Betriebe betreiben das Durchmelken seit 20 (H) bzw. 9 Jahren (B). Die Spannweite der Melktage reicht von mindestens 43 Tagen bis maximal 3670 Tagen, Die Milchmenge pro Laktationstag reichte von mindestens 1,0 Liter bis maximal 4,4 Liter.

Die gemolkene Fett und Eiweissmenge (kg) pro Laktationstag reichte von mindestens 0,1 kg bis maximal 2,0 kg. An Hand dieser Daten zeigt sich, dass ein Dauermelken bei Sannenziegen möglich ist. Fragen stellen sich bei dieser Art der Milchproduktion, wie z. B. mit Zuchtentscheidungen umgegangen wird. Gut melkende Ziegen werden nicht gedeckt, d.h., dass von diesen Ziegen keine Nachzucht, oder nur wenig Stückzahlen, nachkommen. Somit wird auch der Zuchtfortschritt geschmälert bzw. verlangsamt. Wenn die Laktationsdauer 305 Tage überschreitet, stellt sich außerdem die Frage, ob die alleinige Betrachtung einer 240 Tageleistung für die Zuchtbeurteilung und –entscheidung ausreichend ist? Weiter Untersuchungen sollte auf Grund der vielen offenen Fragen durchgeführt werden.

Abstract

The advantages of continuous milking can be seen by a reduction in peripartum metabolism, because the stress caused by high milk yield during the period of birth is eliminated. Other benefits include reduced fawning, reduced work pressure, and a continuous milk supply throughout the year. The milk yield test data (number of milking days per lactation, milk yield (kg) per lactation, milk yield (kg) per milking day (in the respective lactation), as well as fat (%), protein (%), and fat and protein (kg) per milking day) are presented here. The two farms have been practicing continuous milking for 20 (H) and 9 years (B), respectively. The milking days ranged from a minimum of 43 days to a maximum of 3670 days. The milk yield per lactation day ranged from a minimum of 1.0 liters to a maximum of 4.4 liters. The milked fat and protein yield (kg) per lactation day ranged from a minimum of 0.1 kg to a maximum of 2.0 kg. These data show that continuous milking is possible with Sannen goats. Questions arise with this type of milk production, for example, how breeding decisions are handled. Good milking goats are not mated, meaning that these goats produce no offspring, or only a small number during the whole life of production. This also reduces or slows down breeding progress. If the lactation period exceeds 305 days, the question also arises as to whether the sole consideration of 240 days of production is sufficient for breeding assessment and decision-making. Further research should be conducted due to the unanswered questions.

Literatur

- BRAUNREITER, C. (2025): Durchmelken von Ziegen, verlängerte Laktation. Bei uns am Hof. Das Fachmagazin für Kleinwiederkäuerhalter/innen 02 Winter 2024, 13.
- RUDOVSKY, A. (2008): Untersuchungen zum Einfluss des Durchmelkens und der Verlängerung der Ablamperperiode auf die Reproduktionsleistung und Milchezusammensetzung bei Ziegen. Dissertation Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig.
- SAFAYI, S., THEIL, P.K., HOU, L., ENGBAEK, M., NORGAARD, J.V., SEJRSEN, K., NIELSEN, O. (2010): Continuous lactation effects on mammary remodeling during late gestation and lactation in dairy goats. J. Dairy Sci. 93, 203-207.

SALAMA, A.A.K., CAJA, G., SUCH, X., CASALS, R., ALBANELL, E. (2005): Effect of pregnancy and extended lactation on milk production in dairy goats milked once daily. J. Dairy Sci. 88, 3894-3904.
WOLBER, M.R., HAMANN, H., HEROLD, P. (2018): Durch- und Dauermelken bei Milchziegen 1. Mitteilung: Analyse der systematischen Effekte auf Milchleistungsmerkmale. Züchtungskunde, 90, (5), 379-397.

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Außenstelle Thalheim, Austrasse 10, 4600 Thalheim bei Wels

* Ansprechpartner: Dr. Leopold PODSTATZKY, leopold.podstatzky@raumberg-gumpenstein.at

Zuckerlamm – Lämmeraufzucht mit bestem Heu

Sugar Lamb – Lamb rearing with premium hay

Stefanie Gappmaier*, Thomas Guggenberger, Georg Terler,
Margit Velik und Reinhard Huber

Einleitung

Zum Zeitpunkt der Milchentwöhnung ist das Vormagensystem von Lämmern in Form, Größe und Funktion noch nicht vollständig entwickelt. Erst durch die mikrobielle Besiedelung des Pansens entwickelt sich das junge Säugetier langsam zum Wiederkäuer. Die mikrobielle Besiedelung des Pansens beginnt mit der vaginalen Geburt und wird über den Tierkontakt und die Grobfutteraufnahme vorangetrieben (Noci, 2010; Brade und Distl, 2015). Neben der mikrobiellen Besiedelung ist es aber auch entscheidend, dass das Vormagensystem an Volumen zunimmt. Während der Labmagen mit seiner enzymatischen Verdauungstätigkeit zu Beginn des Lebens 75 % vom Gesamtvolumen der Wiederkäuermägen ausmacht, sinkt dieser Anteil beim adulten Wiederkäuer auf 10 %. Gleichzeitig wächst das Volumen der Vormägen (Pansen, Netzmagen, Blättermagen) kontinuierlich und erreicht beim ausgewachsenen Wiederkäuer 90 % des Gesamtmagenvolumens (Schrag und Singer, 1987). Diese Vorgänge ermöglichen dem wachsenden Jungtier nach und nach faserreiche Nahrungsbestandteile mikrobiell zu verdauen und sich somit vom funktionalen Monogaster hin zum Wiederkäuer zu entwickeln. Als entscheidend für eine rasche Vormagenentwicklung wird in diesem Zusammenhang die Grobfutteraufnahme beschrieben (Khan et al., 2011). Allerdings spielt die Grobfutteraufnahme während der Milchtränke eine untergeordnete Rolle (Kahn et al., 2016; Terler et al., 2022). Das bedeutet, dass mit abnehmender Milchleistung der Muttertiere bzw. zum Zeitpunkt der Milchentwöhnung das entstehende Energie- und Nährstoffdefizit durch Futtermittel mit hoher Energie- und Nährstoffdichte ausgeglichen werden muss. Andernfalls kann das genetische Wachstumspotenzial der Tiere nicht voll ausgeschöpft werden. Der Einsatz von Kraftfutter in der Wiederkäuerernährung ist jedoch begrenzt, da sonst mit negativen Auswirkungen auf die Pansengesundheit (Azidose) zu rechnen ist. Alternativ liefern junge, gut gedüngte Gräserbestände ebenfalls hohe Protein- und Energiegehalte, mit dem Vorteil, dass sich Wiederkäuer im Laufe der Evolution auf die Verdauung von Gras spezialisiert haben (Klevenhusen et al., 2017).

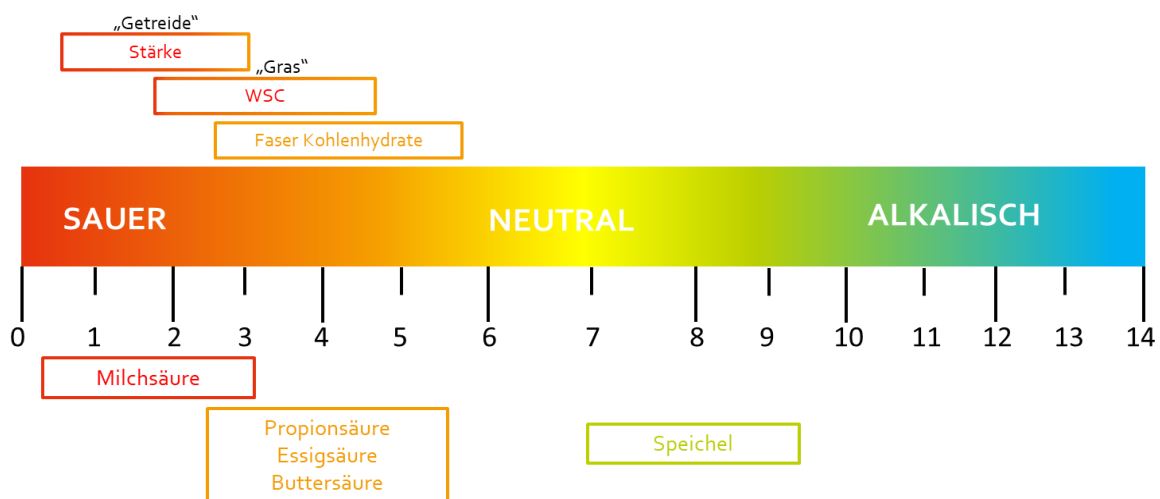


Abbildung 1: Bedeutung der unterschiedlichen Säurewirkung der Abbauprodukte von Stärke, WSC (wasserlöslichen Kohlenhydraten – Mono- und Disaccharide, Oligosaccharide und Fructane) bzw. Faser-Kohlenhydrate für den pH-Wert: Die symbiotisch lebenden Mikroorganismen im Pansen der Wiederkäuer sind neben der kontinuierlichen Futterzufuhr auf eine gleichbleibende Umgebungstemperatur und einen konstanten pH-Wert angewiesen. Die unterschiedliche Säurewirkung der Kohlenhydrate (Stärke bzw. WSC) haben einen Einfluss auf die Pansengesundheit. Der Optimal-Bereich des Pansen-pH-Wertes liegt zwischen 6,3 und 6,5.

Anders als Getreide lagert Gras seine Reservestoffe nämlich in Form von Zucker – genauer gesagt wasserlösliche Kohlenhydrate (WSC) – ein. Diese WSC werden zwar ebenfalls von den Pansenmikroben zu Säuren abgebaut, wirken jedoch weniger stark auf den Pansen-pH-Wert im Vergleich zur Säurewirkung des Stärkeabbaus (Klevenhusen und Zebeli, 2021; Abbildung 1). Weidegras ist aber nicht ganzjährig verfügbar, weshalb Heu bzw. Silage produziert werden müssen. Heu zeichnet sich durch eine gute Strukturwirkung mit all seinen Vorteilen für die Wiederkauaktivität und den Pansen-pH-Wert aus. Zudem können je nach Trocknungsverfahren Zuckergehalte von bis zu 20 % erreicht werden (Klevenhusen et al., 2018). Im Gegensatz dazu wird bei der Silage der Großteil des natürlich vorkommenden Zuckers durch die mikrobielle Fermentation zu Säuren abgebaut.

Material und Methoden

Um diese Vorteile von bestem Heu – sogenanntem Zuckerheu – in der Lämmeraufzucht zu untersuchen, wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein mehrjähriger Fütterungsversuch durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 98 Lämmer der Rassen Jura und Tiroler Bergschaf bis zu einer Lebendmasse von 25 kg muttergebunden aufgezogen. Danach wurden die Tiere in eine von zwei Fütterungsgruppen eingeteilt. In der Variante „ZH“ erhielten die Tiere ausschließlich Zuckerheu (rund 20 % Protein, 20 % Zucker und 11,2 MJ ME pro kg TM). In der Variante „ZH+“ erhielten die Tiere ebenfalls Zuckerheu und zusätzlich Kraftfutter (je 50 % der geschätzten täglichen Futteraufnahme). Bei der Auswahl der Kraftfutterkomponenten wurde darauf geachtet, auch Nebenprodukte aus der Lebensmittelindustrie (z. B. Weizenkleie) zu verwenden und zusätzlich den Energie- und Nährstoffgehalt der Gesamtration an den Bedarf der Tiere anzupassen (XP:ME-Verhältnis). Als Kontrollvariante „Heu+“ dienten Versuchsergebnisse aus vorangegangenen Fütterungsversuchen (Ringdorfer, 1997). Dabei erhielten die Tiere Heu mittlerer Qualität und eine für Lämmer typische Kraftfuttermischung im Umfang von 80, 60 bzw. 40 % der Gesamtration (Tabelle 1). Die statistische Auswertung wurde mit Statgraphics XVII unter Anwendung eines generalisierten linearen Modells (GLM) durchgeführt. Fütterungsgruppe, Rasse und Geschlecht gingen dabei als fixe Faktoren in das Modell ein.

Tabelle 1: **Versuchsplan: Grund- und Kraftfuttermittelverhältnis, Protein- und Energiegehalt in der Ration, sowie das Verhältnis zueinander sowie Lebendmasse der Lämmer bei Versuchsbeginn und Versuchsende.**

	Zuckerheu	Zuckerheu+	Heu+*		
Grundfutter	100 %	50 %	20 %	40 %	60 %
Kraftfutter 1		50 %			
Kraftfutter 2			80 %	60 %	40 %
XP in der Ration (g/kg TM)	210	166	201 ^b	197 ^b	183 ^a
MJ ME in der Ration (kg TM)	11,2	11,5	13,7 ^c	13,0 ^b	11,7 ^a
XP:ME-Verhältnis	18,5	14,5	14,7	15,2	15,6
Startgewicht (kg)	21	20	23	23	22
Endgewicht (kg)	44	44	40	40	40
			*Ringdorfer 1997		

TM – Trockenmasse; XP – Rohprotein; MJ ME – Metabolische Energie in Megajoule;

Ergebnisse und Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die hohe Schmackhaftigkeit des Zuckerheus die Futteraufnahme begünstigte (1.281 bzw. 1.264 g/d in der Variante ZH bzw. ZH+; Tabelle 2). Vergleichbare Futteraufnahmen konnten in früheren Versuchen (Ringdorfer, 1997) nur mit sehr hohen Kraftfutteranteilen erreicht werden (rund 1.210 g/d mit einem Kraftfutteranteil von 80 %). Schon in der Literatur wird ein hoher Zuckergehalt im Grundfutter als förderlich für die Futteraufnahme beschrieben (Jones und Roberts, 1991; Jones und Sant, 1992; Siever-Kelly et al., 1999). Siever-Kelly et al. (1999) untersuchten das Selektionsverhalten von Lämmern, wobei zuckerreicheres Weidegras bevorzugt wurde. Die Autoren

beschrieben eine erhöhte Schmackhaftigkeit des zuckerreichen Grases, welche schlussendlich zu erhöhten Tageszunahmen führte. Auch Lee et al. (2001) erreichten signifikant höhere Tageszunahmen in der Lämmerrmast auf Weiden mit erhöhtem Zuckergehalt.

Die hohen Futteraufnahmen werden weiterhin als förderlich für eine rasche Pansenentwicklung beschrieben. Kahn et al. (2016) nannten die Grobfutteraufnahme als entscheidenden Faktor für die Pansenentwicklung und die damit einhergehende Umstellung vom Monogaster zum Wiederkäuer. Zudem fanden Hartinger et al. (2022) einen signifikant höheren Anteil an faserabbauenden Mikroorganismen im Pansen von Kälbern, die zuckerreiches Heu erhielten, im Vergleich zu Kälbern, die mit herkömmlichem Heu und unterschiedlichen Kraftfutteranteilen gefüttert wurden.

Diese hohen Futteraufnahmen in den Varianten ZH und ZH+ führten außerdem zu hohen Tageszunahmen von 302 bzw. 296 g. Vergleichbare Tageszunahmen wurden in einem vorangegangenen Versuch mit Kraftfutteranteilen von rund 60 % erreicht (Ringdorfer, 1997). Vergleicht man die Futterverwertung der Gruppen ZH und ZH+, zeigt sich ein leichter Vorteil der Gruppe ZH+. Der natürliche hohe Proteingehalt der reinen Zuckerheu-Variante (ZH) bedeutete eine Versorgung über den Bedarf der Tiere. Diese Überversorgung führte zu keinem Vorteil in der Lebendmassezunahme, sodass grundsätzlich etwas mehr Futter (kg TM) bzw. mehr Eiweiß (g XP) für den Zuwachs von 1 kg Lebendmasse benötigt wurde (4,31 vs. 4,25 kg TM und 749 vs. 669 g XP in der Gruppe ZH vs. ZH+).

Tabelle 2: Einfluss der Grundfutterqualität und des Kraftfutteranteils in der Lämmerration auf die Futteraufnahme, täglichen Zunahmen und die Futterverwertung.

		Zuckerheu ¹	Zuckerheu+	Heu+*		
				80 %	60 %	40 %
Futteraufnahme						
Grundfutter	g TM	1281	771	233 ^a	447 ^b	646 ^c
Kraftfutter	g TM	0	493	977 ^c	732 ^b	453 ^a
Gesamtfutter	g TM	1281	1264	1210 ^c	1179 ^b	1099 ^a
Leistungsparameter						
LM Zunahmen	kg	23	24	17	17	18
Mastdauer	Tage	76	82	53	57	69
tägliche Zunahmen	g	302	296	329 ^c	301 ^b	255 ^a
Futterverwertung						
kg TM / kg LM-Zuwachs		4,31	4,25	3,77 ^a	3,97 ^b	4,36 ^c
g XP / kg LM-Zuwachs		749	669	628 ^a	661 ^b	723 ^c
MJ ME / kg LM-Zuwachs		45,7	47,1	42,6 ^a	43,8 ^a	46,5 ^b
				*Ringdorfer 1997		

LM – Lebendmasse; TM – Trockenmasse; XP – Rohprotein; MJ ME – Metabolische Energie in Megajoule; ¹Der Vergleich von Zuckerheu und Zuckerheu+ ergab keine signifikanten Unterschiede.

Zusammenfassung

Jung geerntetes Heu aus gut gedüngten Gräserbeständen liefert hohe Protein- und Zuckergehalte. Hohe Zuckergehalte fördern die Futteraufnahme und führen in Kombination mit hohen Proteingehalten zu hohen Tageszunahmen. Die natürliche Strukturwirkung des Heus stimuliert die Wiederkauaktivität der Tiere, was Vorteile für die Pansenentwicklung und Pansengesundheit mit sich bringt. Um diese Vorteile von bestem Heu – sogenanntem Zuckerheu - in der Lämmernaufzucht zu untersuchen, wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein mehrjähriger Fütterungsversuch durchgeführt. Insgesamt waren 98 Lämmer der Rassen Jura bzw. Tiroler Bergschaf im Versuch. Ab einer Lebendmasse von 25 kg wurden die Tiere in eine von zwei Fütterungsgruppen eingeteilt. In der Variante „ZH“ erhielten die Tiere ausschließlich Zuckerheu (rund 20 % Protein, 20 % Zucker und 11,2 MJ ME pro kg TM). In der Variante

„ZH+“ erhielten die Tiere ebenfalls Zuckerheu und zusätzlich Kraftfutter (je 50 % der geschätzten täglichen Futteraufnahme). Als Kontrollvariante „Heu+“ dienten Versuchsergebnisse aus vorangegangenen Fütterungsversuchen (Ringdorfer, 1997). Dabei erhielten die Tiere Heu mittlerer Qualität und eine für Lämmer typische Kraftfuttermischung im Umfang von 80, 60 bzw. 40 % der Gesamtration. Die Ergebnisse zeigen, dass die hohe Schmackhaftigkeit des Zuckerheus zu sehr hohen Futteraufnahmen führte. Damit verbunden erreichten die Tiere der Fütterungsgruppe ZH und ZH+ Tageszunahmen von rund 300 g. Hochwertiges Heu fördert eine hohe Grobfutteraufnahme, was wiederum zu beachtlichen Tageszunahmen führt und die Mastdauer verkürzt.

Abstract

Early-harvested hay from well-fertilized grasslands provides high protein and sugar contents. High sugar levels enhance feed intake and, in combination with high protein content, result in substantial daily weight gains. The natural structural effect of hay stimulates the animals' rumination activity, offering benefits for rumen development and health. To investigate the advantages of premium hay — so-called “sugar hay” — in lamb rearing, a multi-year feeding trial was conducted at AREC Raumberg-Gumpenstein. A total of 98 lambs from the Jura and Tyrolean-Mountain-Sheep breeds participated in the trial. After reaching a live weight of 25 kg, they were assigned to one of two feeding groups. In the “SH” variant, the animals received only sugar hay (around 20% protein, 20% sugar, and 11.2 MJ ME per kg DM). In the “SH+” variant, the animals also received the sugar hay plus concentrate feed (each accounting for 50% of the estimated daily intake). The control group, “Hay+,” was based on findings from previous feeding trials (Ringdorfer, 1997), where lambs were fed medium-quality hay and concentrate, making up 80%, 60%, or 40% of the total ration. The results indicate that the high palatability of sugar hay led to very high feed intakes. Consequently, lambs in the SH and SH+ feeding groups achieved daily gains of around 300 g. Premium hay enhances roughage intake, resulting in substantial daily weight gains and a shorter fattening period.

Literatur

- BRADE W, DISTL O (2015): Das ruminale Mikrobiom des Rindes - Teil 3: Eukaryotische Einzeller – weitere Bestandteile des Pansenmikrobioms. *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 93(3).
- HARTINGER T, PACÍFICO C, POIER G, TERLER G, KLEVENHUSEN F, ZEBELI Q (2022): Shift of dietary carbohydrate source from milk to various solid feeds reshapes the rumen and fecal microbiome in calves. *Scientific Reports* 12(1):12383.
- JONES E L, ROBERTS J E (1991): A note on the relationship between palatability and WSC content in PG. Ir. J. Agric. Res. 30: 163-167.
- JONES E L, SANT F I (1992): A photographic technique for assessing grazing behaviour and foraging activities of sheep on swards of selected PRG of varying WSC content. *Third Research Conference of Greenmount College of Agriculture and Horticulture* 73-74.
- KHAN M A, WEARY D, KEYSERLINGK M (2011): Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 94(3): 1071-1081.
- KHAN M A, BACH A, WEARY D M, VON KEYSERLINGK M A G (2016): Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 99(2): 885-902.
- KLEVENHUSEN F, PETRI R M, KLEEFISCH M-T, KHIAOSA-ARD R, METZLER-ZEBELI B U, ZEBELI Q (2017): Changes in fibre-adherent and fluid-associated microbial communities and fermentation profiles in the rumen of cattle fed diets differing in hay quality and concentrate amount. *FEMS Microbiology Ecology* 93(9).
- KLEVENHUSEN F, KLEEFISCH M-T, ZEBELI Q (2018): Feeding hay rich in water-soluble carbohydrates improves ruminal pH without affecting rumination and systemic health in early lactation dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 103(2): 466-476.
- KLEVENHUSEN F, ZEBELI Q (2021): A review on the potentials of using feeds rich in water-soluble carbohydrates to enhance rumen health and sustainability of dairy cattle production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 101(14): 5737-5746.

LEE M R F, JONES E L, MOORBYJ M, HUMPHREYS M O, THEODOROU M K, SCOLLAN N D (2001): Production responses from lambs grazed on *Lolium perenne* selected for an elevated water-soluble carbohydrate concentration. *Anim. Res.* 50(6): 441-449.

NOCI B (2010): Auswirkungen verschiedener Futterrationen auf das Wachstum und die Pansenentwicklung von Kälbern. Berlin, Freie Universität Berlin: 112.

RINGDORFER F (1997): Einfluss der Protein- und Energieversorgung auf die Mast- und Schlachtleistung von Lämmern. Abschlussbericht. BAL Gumpenstein.

SCHRAG L, SINGER H (1987): Das Buch vom Kalb. Schober Verlags-GmbH, Hengersberg.

TERLER G, POIER G, KLEVENHUSEN F, ZEBELIET Q (2022): Replacing concentrates with a high-quality hay in the starter feed in dairy calves: I. Effects on nutrient intake, growth performance, and blood metabolic profile. *Journal of Dairy Science* 105(3): 2326-2342.

SIEVER-KELLY C, LEURY D J, GATFORD K L, SIMPSON R J, DOVE H (1999): Spray topping annual grass pasture with glyphosate to delay loss of feeding value during summer. Herbage intake, digestibility and diet selection in penned sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 50 465-474.

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: DI Stefanie GAPPMAIER, Stefanie.Gappmaier@raumberg-gumpenstein.at

Futterraufnahme, Milchleistung und Stoffwechselfparameter von Milchkühen bei Verfütterung von Grünroggen- und Roggen-Wicke-Stroh-Silage

Feed intake, milk production and metabolic parameters of dairy cows fed rye silage or rye-vetch-straw silage

Georg Terler^{1*}, Theresa Gruber², Thomas Hartinger^{2,3} und Qendrim Zebeli²

Einleitung

In den letzten Jahren waren in Österreich vermehrt Wetterextreme zu beobachten. Schwere Gewitter mit Hagel oder Sturm sowie lang andauernde Trockenperioden können sowohl den Ertrag als auch die Qualität von Grundfuttermitteln für die Wiederkäuerfütterung massiv beeinträchtigen. Ausreichend Grundfutter guter Qualität ist jedoch eine wesentliche Voraussetzung für die Fütterung von Wiederkäuern. Daher ist es notwendig, sich Gedanken über mögliche alternative Grundfuttermittel im Falle von Grundfutterknappheit zu machen.

Zwischenfrüchte und Stroh sind (Neben-)Produkte aus dem Ackerbau, die zum Teil bereits in der Wiederkäuerfütterung eingesetzt werden und in Zukunft vermehrt als alternatives Grundfuttermittel Verwendung finden könnten. Der Futterwert von Stroh ist jedoch aufgrund der starken Lignifizierung niedrig, weshalb der Einsatz in der Milchviehfütterung limitiert ist. Durch eine Mischsilierung von Stroh und zuckerreichen Winterzwischenfrüchten könnten die Ligninkomplexe im Stroh zum Teil abgebaut und somit der Futterwert von Stroh erhöht werden (ABO-DONIA et al. 2022). In einem Versuch der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und der Veterinärmedizinischen Universität Wien wurde daher untersucht, welche Effekte die Fütterung von Roggen-Wicke-Stroh-Silage (RWSS) anstatt von reiner Grünroggensilage (RS) auf Futterraufnahme, Milchleistung, Verdauungsprozesse, Blutparameter sowie Wiederkauverhalten von Milchkühen haben.

Material und Methoden

Anfang Oktober 2022 wurden auf einem Feldstück der HBLFA Raumberg-Gumpenstein Grünroggen sowie eine Roggen-Wicke-Mischung (60 % Roggen, 20 % Zottelwicke und 20 % Pannonische Wicke) als Winter-Zwischenfrüchte angebaut. Anfang Mai 2023 wurden beide Zwischenfrüchte im Vegetationsstadium „Beginn Ähren/Rispenschieben“ gemäht. Auf die Roggen-Wicke-Mischung wurde nach der Mahd mit einem sauberen Miststreuer Stroh verteilt. Für die Mischsilage mit Stroh wurde die Roggen-Wicke-Mischung verwendet, um ähnliche Rohproteingehalte in beiden Silagen zu erhalten. Nach der Anwelkung des Ernteguts wurden Siloballen produziert. Die Roggen-Wicke-Stroh-Mischung wurde etwas früher siliert, um in beiden Silagen ähnliche Trockenmassegehalte zu erreichen. Tatsächlich waren die Trockenmassegehalte mit 24,2 % (RS) bzw. 25,5 % (RWSS) vergleichbar, allerdings lagen sie deutlich unter dem Optimalbereich von 30 bis 40 %.

Der anschließende Fütterungsversuch wurde von Oktober bis Dezember 2023 im Milchvieh-Laufstall der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Der Versuch war als Crossover-Experiment mit 2 Fütterungsgruppen, 2 Versuchsdurchgängen (Dauer: 2 Wochen Angewöhnungsphase und 2 Wochen Versuchsperiode) und 14 Milchkühen (10 Holstein Friesian und 4 Fleckvieh) konzipiert. In beiden Fütterungsgruppen erhielten die Kühe eine aufgewertete Grundfütterration (AGR) sowie täglich 2 kg Energiekraftfutter (25 % Gerste, 25 % Körnermais, 10 % Weizen, 25 % Trockenschnitzel, 15 % Weizenkleie), 2 kg Fertigfutter (Kuhkorn PLUS Energie, Fa. Garant) und 1 kg Rapsextraktionsschrot als Ergänzung. Die AGR der beiden Fütterungsgruppen unterschieden sich nur in der Zwischenfruchtsilage (RS oder RWSS), welche mit 43,8 % Hauptgrundfutterkomponente der AGR war. Die weiteren Komponenten der AGR waren je 14,6 % Maissilage und Heu, je 6,2 % Körnermais und Gerste, 3,0 % Weizen, 10,3 % Rapsextraktionsschrot und 1,3 % Mineralstoffmischung. Das Futter wurde zweimal täglich frisch vorgelegt (5:30 und 14:30). Die Milchkühe wurden in einem Automatischen Melksystem gemolken und einmal pro Versuchswoche wurde eine Milchprobe gezogen und zur Analyse an das Qualitätslabor Österreich geschickt.

Die Futterraufnahme sowie der Trockenmassegehalt der Silagen, der AGR und der Futterreste der AGR wurden täglich und der Trockenmassegehalt der Kraftfuttermittel wöchentlich bestimmt. Weiters wurden pro Versuchsdurchgang Sammelproben der Silagen, der AGR und der Kraftfuttermittel erstellt und

chemisch nach VDLUFA-Methoden analysiert sowie der Energiegehalt nach GfE (2001) ermittelt. Von der AGR wurde zudem der Gehalt an physikalisch effektiver Faser (peNDF) größer als 8 mm bestimmt. Am 3. und 8. Tag jeder Versuchsperiode wurden von jeder Kuh Kotproben und am 10. Tag Pansensaftproben mit einer Schlundsonde entnommen. In beiden Medien wurde unmittelbar nach der Probenahme der pH-Wert gemessen und später die Gehalte an flüchtigen Fettsäuren analysiert. Zudem wurden vom 8. bis zum 10. Tag der Versuchsperiode weitere Kotproben zur Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit mit Hilfe der Markermethode (Marker: salzsäureunlösliche Asche) entnommen. Die Blutproben wurden am 2. und 9. Tag jeder Versuchsperiode aus der Schwanzvene gezogen und das Kau- und Wiederkauverhalten wurde während 4 Tagen in der ersten Woche der Versuchsperiode erhoben. Die Analysen von Pansensaft, Kot und Blut wurden an der Veterinärmedizinischen Universität durchgeführt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 und der Prozedur MIXED. Für die Auswertung der Futteraufnahme und der Milchleistungsdaten wurden die fixen Effekte Ration, Versuchsdurchgang, Woche (innerhalb der Versuchsperiode) und die Wechselwirkung Ration × Woche berücksichtigt. Für die Auswertung der weiteren Daten wurden Ration und Versuchsdurchgang als fixe Effekte verwendet. Bei P-Werten unter 0,05 wurde ein signifikanter Unterschied und bei P-Werten zwischen 0,05 und 0,10 ein tendenzieller Unterschied zwischen den Versuchsgruppen angenommen. Eine detailliertere Beschreibung sowie ausführlichere Ergebnisse des Versuchs finden sich in TERLER et al. (2025).

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die Nährstoffzusammensetzung, der Energiegehalt und die Gärparameter der beiden Silagen dargestellt. Wie zu erwarten, gingen durch die Einmischung von rund 20 % Stroh in die RWSS die Gehalte an Rohprotein, Nicht-Faser-Kohlenhydrate und Energie im Vergleich zur RS zurück, während die Gehalte an Neutral-Detergenzien-Faser (aNDFom), Säure-Detergenzien-Faser (ADFom) und Säure-Detergenzien-Lignin (ADL) anstiegen. Hinsichtlich der Gärparameter fallen vor allem die hohen Buttersäuregehalte in beiden Silagen auf (nahezu 50 g/kg TM), die vermutlich auf den niedrigen Trockenmassegehalt der Silagen zurückzuführen sind. Die RWSS wies zudem höhere Gehalte an Milchsäure und Ethanol auf als die RS. Im Gegensatz zu den Silagen unterschieden sich die AGR in ihrer Nährstoffzusammensetzung kaum.

Tabelle 1: Nährstoffzusammensetzung, Energiegehalt und Gärparameter von Grünroggensilage (RS) und Roggen-Wicke-Stroh-Silage (RWSS) sowie der im Versuch eingesetzten AGR (MW ± Stabw.)

	RS	RWSS	AGR RS	AGR RWSS
Nährstoffzusammensetzung (g/kg TM) und Energiegehalt (MJ/kg TM)				
Rohasche	94,3 ± 12,1	89,3 ± 9,5	82,4 ± 1,9	75,4 ± 1,5
Rohprotein	134 ± 6	122 ± 4	131 ± 2	133 ± 4
Rohfett	23,8 ± 1,7	23,3 ± 1,3	22,0 ± 0,8	22,7 ± 2,9
Neutral-Detergenzien-Faser	523 ± 9	568 ± 23	484 ± 39	486 ± 3
Säure-Detergenzien-Faser	334 ± 9	366 ± 15	306 ± 24	309 ± 1
Säure-Detergenzien-Lignin	35,9 ± 6,6	41,2 ± 3,8	44,5 ± 3,0	43,5 ± 4,0
Nicht-Faser-Kohlenhydrate	225 ± 24	197 ± 16	280 ± 35	283 ± 1
Umsetzbare Energie	9,94 ± 0,24	9,65 ± 0,51	9,89 ± 0,02	10,03 ± 0,43
Nettoenergie Laktation	5,91 ± 0,17	5,71 ± 0,37	5,88 ± 0,01	5,97 ± 0,31
Gärparameter (g/kg TM, nur in Silagen analysiert)				
Milchsäure	6,62 ± 3,01	23,5 ± 8,5		
Essigsäure	9,27 ± 5,58	12,9 ± 0,7		
Propionsäure	4,49 ± 2,09	3,53 ± 0,40		
Buttersäure	47,2 ± 7,7	48,8 ± 5,8		
Ethanol	17,9 ± 3,3	29,5 ± 1,5		
pH-Wert	4,94 ± 0,16	4,59 ± 0,08		

Die Kühe der RWSS-Gruppe wiesen eine tendenziell (P = 0,08) niedrigere AGR-Aufnahme auf als die Kühe, die RS erhielten (Tabelle 2). Auf die Nährstoff- und Energieaufnahme sowie die ruminale Stickstoffbilanz hatte die Art der Silage jedoch keinen Einfluss. Allerdings war die peNDF-Aufnahme in der RWSS-Gruppe signifikant niedriger als bei den RS-Kühen. Bei allen Parametern der Futter-, Nährstoff- und Energieaufnahme wurde ein signifikanter Effekt der Versuchswoche und eine signifikante oder tendenzielle Wechselwirkung von Ration und Versuchswoche festgestellt. Bei genauerer

Betrachtung der Ergebnisse wird sichtbar, dass die Kühe der RWSS-Gruppe in der zweiten Versuchswoche signifikant mehr Futter, Nährstoffe und Energie aufnahmen als in der ersten. Das könnte darauf hindeuten, dass die Kühe mehr Zeit benötigten um sich an die RWSS zu gewöhnen als das bei der RS der Fall war.

Die Energie-korrigierte Milchleistung (ECM-Leistung) und die Milchezusammensetzung unterschieden sich nicht zwischen den Versuchsgruppen. Ebenso hatte die verfütterte Silage keinen Einfluss auf die Effizienz der Milchproduktion (kg ECM/MJ Nettoenergie Laktation-Aufnahme). Allerdings nahm die Effizienz der Milchproduktion zwischen erster und zweiter Versuchswoche deutlich ab, was im Falle der RS-Gruppe auf eine niedrigere ECM-Leistung und im Falle der RWSS-Gruppe auf die höhere Futteraufnahme zurückzuführen war. Zudem nahm auch der Harnstoffgehalt der Milch zwischen erster und zweiter Versuchswoche signifikant ab, was auf eine niedrigere Proteinversorgung in der zweiten Versuchswoche hindeutet. Allerdings war die Proteinbilanz in beiden Versuchswochen deutlich positiv. Aufgrund der zuvor beschriebenen Veränderungen zwischen den beiden Versuchswochen wäre es sinnvoll, länger dauernde Fütterungsversuche durchzuführen, um langfristige Effekte der Fütterung solcher Silagen auf Futteraufnahme und Milchleistung untersuchen zu können.

Tabelle 2: Einfluss von Ration und Versuchswoche auf Futteraufnahme, Milchleistung und Effizienz von Milchkühen bei Fütterung von Grünroggensilage (RS) oder Roggen-Wicke-Stroh-Silage (RWSS)

	RS		RWSS		SEM	P-Wert		
	W1	W2	W1	W2		Ration	Woche	R × W
Futter- und Nährstoffaufnahme (kg/d) und Energieaufnahme (MJ/d)								
Trockenmasse AGR	17,0	17,3	15,3 ^b	16,5 ^a	0,5	0,08	<0,01	0,06
Trockenmasse gesamt	21,3	21,5	19,6 ^b	20,9 ^a	0,5	0,10	<0,01	0,04
Rohprotein	3,09	3,11	2,91 ^b	3,08 ^a	0,06	0,24	<0,01	0,05
Neutral-Detergenzien-Faser	9,28	9,39	8,48 ^b	9,11 ^a	0,24	0,13	<0,01	0,04
Physikalisch effektive NDF	6,51	6,60	5,67 ^b	6,08 ^a	0,16	<0,01	<0,01	0,05
Nicht-Faser-Kohlenhydrate	6,79	6,87	6,36 ^b	6,72 ^a	0,15	0,20	<0,01	0,06
Metabolische Energie	224	226	210 ^b	222 ^a	5	0,20	<0,01	0,05
Nettoenergie Laktation	135	136	127 ^b	134 ^a	3	0,21	<0,01	0,05
Nutzbares Rohprotein	3,13	3,16	2,94 ^b	3,11 ^a	0,06	0,22	<0,01	0,05
RNB, g/d	-6,79	-6,67	-5,32	-5,36	1,55	0,53	0,92	0,84
Milchleistung, Milchezusammensetzung und Effizienz								
Energie-korrigierte Milch (ECM, kg/d)	29,0	27,8	28,5	28,3	0,5	0,99	0,19	0,34
Milchfett, %	4,59	4,61	4,64	4,72	0,17	0,75	0,61	0,74
Milcheiweiß, %	3,43	3,42	3,52	3,49	0,07	0,43	0,58	0,71
Laktose, %	4,82	4,78	4,80	4,82	0,06	0,94	0,85	0,31
Milchharnstoff, mg/100 ml	16,9	14,6	17,6 ^a	14,6 ^b	1,0	0,81	<0,01	0,67
Effizienz (kg ECM/MJ NEL-Aufnahme)	0,216	0,204	0,226	0,211	0,005	0,19	<0,01	0,67

W1 = Versuchswoche 1, W2 = Versuchswoche 2, SEM = Standardfehler des Mittelwerts, AGR = aufgewertete Grundfütterration, NDF = Neutral-Detergenzien-Faser, RNB = Ruminale Stickstoffbilanz, NEL = Nettoenergie Laktation

Die Ergebnisse der Verdaulichkeitsuntersuchungen in Tabelle 3 zeigen, dass die RWSS-Ration eine signifikant höhere Verdaulichkeit der Organische Masse sowie eine numerisch höhere aNDFom-Verdaulichkeit aufwies. Die Wiederkaudauer pro Tag unterschied sich nicht zwischen den beiden Rationen. Allerdings kauten die Kühe der RWSS-Gruppe pro kg Trockenmasseaufnahme tendenziell länger und pro kg peNDF signifikant länger wieder als die RS-Gruppe. Sowohl die höhere Verdaulichkeit als auch die längere Wiederkaudauer pro kg peNDF können durch die tendenziell niedrigere Futteraufnahme der RWSS-Gruppe erklärt werden. Durch die geringere Futteraufnahme blieb im Vergleich zu den RS-Kühen mehr Zeit, das Futter im Verdauungstrakt zu verdauen.

Der pH-Wert, der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren sowie die Zusammensetzung der flüchtigen Fettsäuren in Pansensaft und Kot unterschieden sich nicht zwischen den Fütterungsgruppen. Ebenso hatte die Fütterung keinen signifikanten Einfluss auf die Glukose-, Harnstoff-, Triglycerid-, Cholesterol- und β -Hydroxybutyrat (BHB)-Konzentration im Blut. Die BHB-Konzentration lag in beiden Versuchsgruppen leicht über dem Referenzbereich für Rinder, was grundsätzlich als ein Anzeichen für einen Ener-

giemangel gilt. Allerdings wurde in diesem Versuch in beiden Versuchsgruppen eine positive Energiebilanz festgestellt. Vielmehr dürfte der hohe Buttersäuregehalt der Silagen zu einem verhältnismäßig hohen Anteil an Buttersäure in den flüchtigen Fettsäuren des Pansensafts und in weiterer Folge zur erhöhten BHB-Konzentration im Blut geführt haben (BERGMAN 1990).

Tabelle 3: Verdaulichkeit der Ration, Wiederkauverhalten und ausgewählte Pansensaft-, Kot- und Blutparameter bei Fütterung von Grünroggensilage (RS) oder Roggen-Wicke-Stroh-Silage (RWSS)

	RS	RWSS	SEM	P-Wert
Verdaulichkeit der Ration (%)				
Organische Masse	77,6	80,0	0,6	0,01
Neutral-Detergenzien-Faser	66,8	69,2	1,2	0,16
Wiederkauverhalten				
min/d	522	520	15	0,91
min/kg TM-Aufnahme	57,2	63,8	2,5	0,06
min/kg peNDF-Aufnahme	81,0	95,4	3,6	<0,01
Zusammensetzung Pansensaft				
pH-Wert	6,81	6,80	0,05	0,84
Flüchtige Fettsäuren, mmol/L	90,9	86,4	3,0	0,30
Essigsäure, % der FFS	61,6	61,4	0,8	0,80
Propionsäure, % der FFS	18,2	18,1	0,5	0,81
Buttersäure, % der FFS	16,0	16,4	0,7	0,57
Zusammensetzung Kot				
pH-Wert	6,31	6,37	0,02	0,21
Flüchtige Fettsäuren, mmol/L	38,8	38,6	1,9	0,95
Essigsäure, % der FFS	73,8	74,0	0,6	0,78
Propionsäure, % der FFS	16,3	15,9	0,3	0,27
Buttersäure, % der FFS	6,88	6,88	0,43	0,99
Zusammensetzung Blut				
Glukose, mg/100 ml	61,3	64,7	1,4	0,10
Harnstoff, mg/100 ml	19,7	18,4	0,7	0,23
Triglyceride, mg/100 ml	17,0	16,3	0,5	0,30
Cholesteroll, mg/100 ml	198	199	8	0,92
β -Hydroxybutyrat, mmol/L	1,45	1,36	0,16	0,69

SEM = Standardfehler des Mittelwerts, TM = Trockenmasse, peNDF = physikalisch effektive NDF größer als 8 mm, FFS = Flüchtige Fettsäuren

Zusammenfassung

Die zunehmende Häufigkeit von Extremwetterereignissen führt immer öfter zu Ertrags- und Qualitätseinbußen in der Grundfutterproduktion für Wiederkäuer. Als mögliche Alternativen im Falle von Grundfutterengpässen gelten Zwischenfrüchte und Stroh, wobei der Einsatz von Stroh in der Milchviehfütterung aufgrund seines niedrigen Futterwerts limitiert ist. Durch Mischsilierung mit Zwischenfrüchten könnte der Futterwert von Stroh jedoch verbessert werden. In einem Fütterungsversuch mit 14 Milchkühen wurde daher untersucht, welche Effekte die Fütterung von Rationen, die hauptsächlich Grünroggensilage (RS) oder Roggen-Wicke-Stroh-Silage (RWSS) enthalten, auf Futteraufnahme, Milchleistung, Verdauungsprozesse, Blutparameter sowie Wiederkauverhalten von Milchkühen haben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fütterung von RWSS zu einem tendenziellen Rückgang der Futteraufnahme der Milchkühe führte. Die Nährstoffaufnahme, die Milchleistung, die Milchzusammensetzung sowie die Effizienz der Milchproduktion wurden dagegen durch die Art der Silage nicht beeinflusst. Ebenso zeigten sich bei Verfütterung der RWSS keine negativen Auswirkungen auf die Verdaulichkeit der Ration sowie Pansensaft-, Kot- und Blutparameter. Aufgrund dieser Ergebnisse kann der Schluss gezogen werden, dass RWSS ein geeignetes Alternativfuttermittel ist, um mögliche Grundfutterengpässe in der Milchviehfütterung auszugleichen. Allerdings ist noch unklar, wie sich die Verfütterung von RWSS langfristig auswirkt und ob ein Einsatz in der Fütterung von Milchkuhherden mit hohen Leistungen (über 30 kg durchschnittliche ECM-Leistung pro Tag) möglich ist.

Abstract

The increasing frequency of extreme weather events, like floods or droughts, is leading to yield and quality losses in forage production for ruminants. Possible alternatives in case of forage shortages are catch crops and straw, although the use of straw in dairy cattle feeding is limited due to its low feed value. However, the feed value of straw could be improved by mixed ensiling with catch crops. Therefore, the effects of feeding rations containing rye silage (RS) or rye-vetch-straw silage (RVSS) as the main component on feed intake, milk yield, digestive processes, blood parameters and rumination behaviour were investigated in a feeding trial with 14 dairy cows. The results show that feeding RVSS tends to reduce the feed intake of dairy cows. In contrast, nutrient intake, milk yield, milk composition and the efficiency of milk production were not affected by the type of silage. Similarly, feeding the RVSS had no negative effects on the digestibility of the ration and on rumen fluid, faeces and blood parameters. Based on these results, it can be concluded that RVSS is a suitable alternative feed to compensate for possible forage shortages in dairy cow feeding. However, the long-term effects of feeding RVSS are still unclear as well as the potential use in high yielding dairy herds (beyond 30 kg average ECM yield per day).

Literatur

ABO-DONIA FM, AHMED EL-SHORA M, ABD-ELAZIZ RIAD W, BASUONY ELGAMAL N, ABDEL-MENAEM EL-HAMADY W (2022): Improve the nutritional value and utilization of rice straw via an ensiling process with different sources of energy and nitrogen enrichment. *J Appl Anim Res* 50, 333-341.

BERGMAN EN (1990): Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol Rev* 70, 567-590.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen) (2001): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, No. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 135 S.

TERLER G, GRUBER T, HARTINGER T, ZEBELI Q (2025): Effects of replacing rye silage with mixed rye-vetch-straw silage on feed intake, milk production, digestion processes, and blood metabolites in dairy cows. *J Dairy Sci*, <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26060>.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Veterinärmedizinische Universität Wien, Zentrum für Tierernährung und Tierschutzwissenschaften, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

³ Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Endenicher Allee 15, D-53115 Bonn

* Ansprechpartner: Dr. Georg TERLER, georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

Mischung aus Holzlignanen und Tanninen bei hitzestressierten Ratten: Auswirkungen auf Leistung und antioxidative Kapazität

Mix of wood-lignans and tannins in rats kept under high ambient temperature: Effects on performance and antioxidant capacity

Christiane Schwarz^{1*}, Ahmad Baidlowi^{1,2}, Valentin Kraus^{1,3}, Martin Gierus¹

Introduction

Changing environmental conditions pose major challenges in livestock production that need to be overcome at all levels, including feeding. High ambient temperature can lead to heat stress, impeding the body from maintaining a constant temperature. Prolonged exposure to elevated temperature induces physiological and metabolic changes: An increase in reactive oxygen species can disturb the balance between antioxidants and prooxidants, linking heat stress directly to oxidative stress. In livestock, performance may be affected in the same way as antioxidant enzymes to adapt to heat stress (ALTAN et al. 2003; HU et al. 2019). Lignans and tannins are secondary plant metabolites belonging to the group of polyphenols and well known for their antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties (BRITO and ZANG 2018; HECKMANN et al. 2022). These compounds are abundant in various plants, including seeds, grains, and notably, wood bark. In recent years, their dietary use has garnered attention, particularly for their potential to enhance performance and antioxidant capacity. Thus, these compounds may mitigate the adverse effects of heat stress. When keeping animals at high ambient temperature, the response was expected to be low antioxidant capacity together with a high level of lipid peroxidation (ATTA et al. 2020; ERFANI et al. 2019). Therefore, the antioxidant potential of a lignan and tannin rich bark was tested in rats as a model kept at high ambient temperature. We hypothesised that the complementary feed can positively support the animal in terms of antioxidant capacity compared to control when kept under high ambient temperature.

Materials and Methods

A total of 24 male Sprague-Dawley rats (approval number: GZ 2022-0.151.441) were used to evaluate the effect of a wood lignan and tannins rich complementary feed supplemented in two different concentrations (control, Con; Con+0.75 g lignan+tannin-mix/kg, LT1; Con+1.5 g lignan+tannin-mix/kg, LT2) to a semi-synthetic diet (AIN-93G (REEVES et al. 1993)) for three weeks. Diets were formulated to provide 17.6% crude protein, 1.47% lysine, and 16.2 MJ ME/kg as fed. Animals (body weight (BW)=197±1.9 g) were kept pairwise on cellulose bedding at high ambient temperature (32°C) with a light-dark cycle of 12:12h. Cage-wise feed intake and individual body weight were determined weekly to calculate average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed conversion ratio (FCR). Subcutaneous body temperature was recorded daily using a transponder implant. On day 22 of trial, animals were euthanized for intestine and liver sampling. In tissue samples the level of lipid-peroxidation applying TBARS method (thiobarbituric acid reactive substances) and antioxidant capacity using ABTS method (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) were analysed. Tissue antioxidant enzyme activity glutathione peroxidase, superoxide dismutase and catalase were determined using standard methods (RAJKOVIĆ et al. 2022). Data were analysed applying one-way ANOVA (SAS Institute, Cary, NC, USA). For performance and body temperature repeated measures of week and day, respectively, were used in the statistical evaluation. The significance level was set at $p < 0.05$, trends were analysed at $p < 0.10$ and indicated with superscripts in brackets. Tukey test served as post-hoc test. Results are presented as least square means (LS-means) and pooled standard error of means (SEM).

Results and Discussion

Feeding increasing concentrations of a mix of lignans and tannins to rats kept at high ambient temperature led to no significant impact on ADG, ADFI and FCR (Table 1). However, feeding the high dose LT2 resulted in a lower overall body temperature compared to LT1.

Table 1. Zootechnical performance of rats kept at high ambient temperature and fed increasing dietary concentrations of a lignan and tannin mix for three weeks

	Con	LT1	LT2	SEM	p-value
ADG, g/d	4.3	4.5	4.1	0.3	n.s.
ADFI, g/d	14.8	15.4	15.2	0.3	n.s.
FCR, g/g	4.0	3.5	4.2	0.2	n.s.
Temperature, °C	37.9 ^b	38.1 ^a	37.7 ^c	0.1	*

Con: control; LT1: control+0.75 g lignan+tannin-mix/kg; LT2: control+1.5 g lignan+tannin-mix/kg; SEM standard error of the mean; n.s. not significant; * p<0.05

No differences were recorded for the antioxidant parameters (Table 2) analysed in intestinal tissue. However, ABTS was significantly increased in liver tissue of animals fed LT1 compared to the control (p<0.05) and a similar trend was seen for LT2 compared to control (p<0.10).

Table 2. Antioxidant parameter in tissues of intestine and liver of rats kept at high ambient temperature and fed increasing dietary concentrations of a lignan and tannin mix for three weeks

	Intestine					Liver				
	Con	LT1	LT2	SEM	p-value	Con	LT1	LT2	SEM	p-value
TBARS [nmol/g]	23.0	20.0	20.2	1.2	n.s.	71.7	89.2	69.7	5.3	n.s.
CAT [U/mg protein]	8.1	9.7	9.5	0.4	n.s.	212.2	213.3	235.8	13.9	n.s.
SOD [U/mg protein]	3.4	3.3	3.3	0.2	n.s.	24.5	23.7	26.1	1.4	n.s.
GPx [U/g protein]	106.1	95.5	93.8	4.6	n.s.	406.8	369.5	406.3	14.6	n.s.
ABTS [μmol Trolox Eq / g tissue]	61.2	59.7	61.9	1.3	n.s.	90.2 ^b	102.5 ^a	99.6 ^{a(b)}	1.9	*

Con: control; LT1: control+0.75 g lignan+tannin-mix/kg; LT2: control+1.5 g lignan+tannin-mix/kg; SEM standard error of the mean; n.s. not significant; * p<0.05

The reduced overall body temperature in the LT2 group suggests a potential thermoregulatory benefit of the higher feed concentration, potentially due to the antioxidant and anti-inflammatory properties of lignans and tannins (BRITO and ZANG 2018; HECKMANN et al. 2022). By neutralizing free radicals and reducing oxidative stress, lignans may therefore help in maintaining cellular functions and thus normalise body temperature. Additionally, selected lignans were reported to directly reduce body temperature by increasing heat loss and decreasing heat production in rats (HSIEH et al. 1998).

Results of the antioxidant parameters analysed highlight the potential of lignans and tannins to enhance antioxidant defences under stress conditions. Lignans, as phenolic compounds, might reduce the oxidative stress due to their ability to scavenge oxygen-derived free radicals (OGATA et al. 1997). Despite this higher antioxidant capacity, no reduction in lipid-peroxidation (TBARS) or adaptations in the activity of antioxidant enzymes were seen.

Results indicate that even though dietary lignans and tannins did not lead to a better performance at high ambient temperature, it nevertheless showed that it can help improve the antioxidant levels thereby potentially enhancing the animal's ability to cope with stress.

Zusammenfassung

Die Fähigkeit, mit höheren Umgebungstemperaturen zurechtzukommen, wird in Zukunft für die Leistung der Tiere entscheidend sein. In dieser Studie werden die Auswirkungen einer Mischung aus Holz-lignanen und Tanninen auf die Leistung und die antioxidative Kapazität von Ratten untersucht, die einer hohen Umgebungstemperatur ausgesetzt sind. Vierundzwanzig männliche Sprague-Dawley-Ratten wurden in drei Gruppen eingeteilt (Kontrolle (Con), Mischung aus niedrig konzentrierten Lignanen und Tanninen (LT1) und Mischung aus höherkonzentrierten Lignanen und Tanninen (LT2)), mit einem semisynthetischen Futter gefüttert und drei Wochen lang bei 32°C gehalten. Die Leistungsparameter, einschließlich der täglichen Zunahme (ADG), der täglichen Futteraufnahme (ADFI) und der Futterverwertung (FCR), wurden gemessen. Die antioxidative Kapazität und die Enzymaktivitäten wurden im Darmgewebe und in der Leber untersucht. Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede im ADG, ADFI und FCR zwischen den Gruppen. Allerdings senkte LT2 die Körpertemperatur im Vergleich zu

LT1 signifikant, was auf mögliche thermoregulatorische Vorteile bei Höherdosierung hinweist. Die mit ABTS gemessene antioxidative Kapazität war in der Leber der LT1- und LT2-Gruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe höher. Trotzdem wurden keine signifikanten Veränderungen bei der Lipidperoxidation oder den Aktivitäten antioxidativer Enzyme beobachtet. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Mischung aus Lignan und Tanninen die antioxidativen Abwehrkräfte stärken können, doch sind weitere Untersuchungen erforderlich, um ihre Auswirkungen auf die Marker für oxidativen Stress vollständig zu verstehen.

Abstract

The ability to cope with higher ambient temperature will be decisive for animal performance in the future. This study investigates the effects of a dietary mix of wood lignans and tannins on the performance and antioxidant capacity of rats exposed to high ambient temperature. Twenty-four male Sprague-Dawley rats were divided into three groups (control (Con), low lignan+tannin mix (LT1), and high lignan+tannin mix (LT2)), fed a semi-synthetic diet and kept at 32°C for three weeks. Performance parameters, including average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI), and feed conversion ratio (FCR), were measured. Antioxidant capacity and enzyme activities were assessed in intestinal tissue and liver. Results showed no significant differences in ADG, ADFI, and FCR among the groups. However, LT2 significantly reduced body temperature compared to LT1, indicating potential thermoregulatory benefits when using high dietary inclusion rates. Antioxidant capacity, measured by ABTS, was higher in the liver of LT1 and LT2 groups compared to control. Despite that, no significant changes were observed in lipid peroxidation or antioxidant enzyme activities. These findings suggest that lignans and tannins may enhance antioxidant defences, however, further research is needed to fully understand their impact on oxidative stress markers.

Acknowledgement

This work was created within a research project of the Austrian Competence Centre for Feed and Food Quality, Safety and Innovation (FFoQSI). The COMET-K1 competence centre FFoQSI is funded by the Austrian federal ministries BMK, BMDW and the Austrian provinces Lower Austria, Upper Austria and Vienna within the scope of COMET - Competence Centers for Excellent Technologies. The programme COMET is handled by the Austrian Research Promotion Agency FFG.

References

- ALTAN O, PABUCCUOGLU A, ALTAN A, KONYALIOGLU S, BAYRAKTAR H. (2003): Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. *Br Poult Sci*, 44(4), 545-550.
- ATTA MS, FARRAG FA, ALMADALY EA, GHONEIM HA, HAFEZ AS, AL JAOUNI SK, MOUSA SA, EL-FAR AH. (2020): Transcriptomic and biochemical effects of pycnogenol in ameliorating heat stress-related oxidative alterations in rats. *J Therm Biol*, 93, 102683.
- BRITO AF, ZANG Y. (2018): A Review of Lignan Metabolism, Milk Enterolactone Concentration, and Antioxidant Status of Dairy Cows Fed Flaxseed. *Molecules*, 24, 41(1).
- ERFANI M, GHAZI TABATABAEI Z, SADIGH-ETEGHAD S, FAROKHI-SISAKHT F, FARAJ-DOKHT F, MAHMOUDI J, KARIMI P, NASROLAHI A. (2019): *Rosa canina* L. methanolic extract prevents heat stress-induced memory dysfunction in rats. *Exp Physiol*, 104(10), 1544-1554.
- HECKMANN M, SADOVA N, DROTAROVA I, ATZMÜLLER S, SCHWARZINGER B, GUEDES RMC, CORREIA PA, HIRTENLEHNER S, POTTHAST C, KLANERT G, WEGHUBER J. (2022): Extracts Prepared from Feed Supplements Containing Wood Lignans Improve Intestinal Health by Strengthening Barrier Integrity and Reducing Inflammation. *Molecules*, 27(19), 6327.
- HSIEH MT, CHUEH FY, LIN MT. (1998): Magnolol decreases body temperature by reducing 5 hydroxytryptamine release in the rat hypothalamus. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 25(10), 813-817.
- HU R, HE Y, AROWOLO MA, WU S, HE J. (2019): Polyphenols as Potential Attenuators of Heat Stress in Poultry Production. *Antioxidants (Basel)*, 8(3).

OGATA M, HOSHI M, SHIMOTOHNO K, URANO S, ENDO T. (1997): Antioxidant activity of Magnolol, honokiol, and related phenolic compounds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(5), 557-562.

RAJKOVIĆ E, SCHWARZ C, KAPSAMER SB, SCHEDLE K, REISINGER N, EMMENHUBER C, OCELOVA V, ROTH N, FRIETEN D, DUSEL G, GIERUS M. (2022): Evaluation of a Dietary Grape Extract on Oxidative Status, Intestinal Morphology, Plasma Acute-Phase Proteins and Inflammation Parameters of Weaning Piglets at Various Points of Time. *Antioxidants*, 11(8), 1428.

REEVES PG, NIELSEN FH, FAHEY GCJ. (1993): AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. *Journal of Nutrition*, 123, 1939-1951.

Address of the authors

¹ Institute of Animal Nutrition, Livestock Products and Nutrition Physiology, Department of Agricultural Sciences, BOKU University, Muthgasse 11, A-1190 Wien

² Department of Bioresource Technology and Veterinary, Vocational School, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, ID

³ Austrian Competence Centre for Feed and Food Quality, Safety & Innovation (FFoQSI) GmbH, Technopark 1D, A-3430 Tulln

* Corresponding author: Mag. Dr. Christiane SCHWARZ, christiane.schwarz@boku.ac.at

Einfluss unterschiedlicher Futterrationen vom Absetzferkel bis zum schlachtreifen Schwein auf deren Mast- und Schlachtleistung

Influence of different diets from the weaning piglet to slaughter-ready pig on their fattening- and slaughter performance

Venus Fauland-Novak, Karl Schedle

Einleitung

Die Nutztierhaltung wird durch steigende gesellschaftliche Anforderungen und den aus globaler Sicht steigenden Konsum vor komplexe Herausforderungen gestellt. Eine nachhaltige Fütterung wird somit immer bedeutsamer, insbesondere die Wahl eines geeigneten Proteinträgers. Regionale Alternativen wie Rapsextraktionsschrot können ökologische Vorteile, gegenüber dem in den meisten Fällen importierten Soja, bringen (Schedle, 2016). Darüber hinaus werden die Gesundheit der Tiere und die Futterverwertung vom Fasergehalt des Futters und der Partikelgrößenverteilung beeinflusst (Schedle, 2016). Um eine nachhaltige Tierproduktion zu ermöglichen, sollten somit ernährungsphysiologische und ökologische Aspekte kombiniert werden.

Das Ziel der Arbeit bestand darin, den Einfluss verschiedener Futtermischungen (Mais-Weizen-Raps und Mais-Gerste-Soja) mit unterschiedlichem Fasergehalt und Partikelgrößenverteilung auf die Leistung und das Fressverhalten von Mastschweinen zu untersuchen. In diesem Zusammenhang wurde auch überprüft, ob das Geschlecht oder die freie Futterwahl ab 30 Kilogramm Lebendmasse die Mast- und Schlachtleistung sowie das Fressverhalten beeinflussen, um nachhaltige, tiergerechte und wirtschaftliche Fütterungsstrategien ableiten zu können.

Material und Methoden

Der Versuch startete an der österreichischen Schweineprüfanstalt in Streitdorf mit 96 ÖHYB-Ferkeln. Die Tiere wurden zunächst in Ferkelgruppen (24 Boxen á 4 Tiere) mit zwei unterschiedlichen Rationen (Mais-Gerste-Soja vs. Mais-Weizen-Raps) gefüttert. Ab 30 kg Lebendmasse wurden 60 Tiere in Gruppen (Mais-Weizen-Raps, Mais-Gerste-Soja und Wahlgruppen (=Wahlmöglichkeit zwischen beiden Futterrationen) in die Mast überstellt, wobei zusätzlich Futteraufnahme und Fressverhalten mittels Ohrentransponder erfasst wurden. Die Gewichtsentwicklung wurde während der Ferkelaufzucht dreimal boxenweise ermittelt und während der Mastperiode dann individuell wöchentlich dokumentiert.

Die Fütterung der Ferkel erfolgte in zwei Phasen. Die Unterteilung in die beiden Phasen erfolgte nach Gewicht: Absetzphase (8,09 kg $\pm$ 0,14 kg – 10,56 kg $\pm$ 0,16 kg) und Aufzuchtphase (10,56 kg $\pm$ 0,16 kg – 32,38 kg $\pm$ 0,33 kg). Die Fütterung der Schweine in der Mastperiode fand in drei Phasen statt. Je nach Gewicht wurde zwischen Starterphase (32,38 kg $\pm$ 0,33 kg – 46,79 kg $\pm$ 0,78 kg), Growerphase (46,79 kg $\pm$ 0,78 kg – 91,27 kg $\pm$ 1,18 kg) und Finisherphase (91,27 kg $\pm$ 1,18 kg – 117,82 kg $\pm$ 0,57 kg) unterteilt. In diesem Kontext wurden zwei unterschiedliche Rationen eingesetzt. Zum einen ein Futter mit Mais-Weizen-Raps und zum anderen ein Futter mit Mais-Gerste-Soja. Die beiden Futtersorten unterschieden sich in ihrer Zusammensetzung und dem Gehalt an Faserkohlenhydraten, obwohl sie vergleichbare verfügbare Nährstoffgehalte aufweisen sollten. Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung der Futterrationen aus der Ferkelaufzucht, Tabelle 2 die Zusammensetzung der Futterrationen aus der Mastperiode.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Futterrationen aus der Ferkelaufzucht

Futtermittel (%)	Ferkel VG1	Ferkel VG2	Ferkel VG1	Ferkel VG2
	Absetzstarter		Aufzuchtfutter	
Mais, %	31,47	50,55	30,00	49,27
Gerste, %	0,00	14,83	0,00	20,00
Weizen, %	37,62	0,00	38,98	0,00
Weizenkleie, %			3,00	0,00
Sojaextraktionsschrot, %		3,66	17,21	25,81
Rapsextraktionsschrot, %			5,00	0,00
Prämix Schaumann (Natupig F30 Start), %	30,00	30,00	0,00	0,00
Sonnenblumenöl, %	0,00	0,00	2,47	1,56
Futterkalk, %	0,39	0,38	1,33	1,29
Monocalcium-P, %	0,00	0,00	0,47	0,68
Viehsalz, %	0,00	0,00	0,32	0,32
L-Lysin-HCl, %	0,000	0,000	0,420	0,270
DL-Methionin, %	0,050	0,080	0,110	0,140
L-Threonin, %	0,080	0,050	0,170	0,140
L-Tryptophan, %	0,060	0,060	0,030	0,020
L-Valin, %	0,080	0,110	0,000	0,000
Vitamin- und Spurenelement, %	0,000	0,000	0,500	0,500
Phytase, %	0,000	0,000	0,015	0,015
Summe (%)	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle 2: Zusammensetzung der Futterrationen in der Mastperiode

Futtermittel (%)	VG1	VG2	VG1	VG2	VG1	VG2
	Starter		Grower		Finisher	
Mais, %	10,00	39,19	10,00	34,24	10,00	23,68
Gerste, %	0,00	37,07	0,00	48,72	18,32	55,56
Weizen, %	64,12	0,00	73,64	0,00	60,12	10,00
Weizenkleie, %	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00
Sojaextraktionsschrot, %	6,41	20,56	2,80	13,99	0,00	7,96
Rapsextraktionsschrot, %	10,00	0,00	5,55	0,00	3,73	0,00
Sonnenblumenöl, %	1,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Futterkalk, %	1,43	1,37	1,40	1,35	1,26	1,27
Monocalcium-P, %	0,04	0,45	0,00	0,23	0,00	0,08
Viehsalz, %	0,25	0,25	0,23	0,22	0,23	0,23
L-Lysin-HCl, %	0,540	0,330	0,570	0,380	0,540	0,410
DL-Methionin, %	0,070	0,140	0,060	0,130	0,050	0,090
L-Threonin, %	0,190	0,160	0,220	0,170	0,200	0,170
L-Tryptophan, %	0,030	0,030	0,040	0,030	0,030	0,030
L-Valin, %	0,000	0,020	0,000	0,040	0,000	0,020
Vitamin- und Spurenelement, %	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Phytase, %	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Summe (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Durch die Ermittlung der Futteraufnahme und des Gewichts zu drei Zeitpunkten in der Ferkelphase wurden die täglichen Zunahmen, die Futteraufnahme und die Futterverwertung für die verschiedenen Fütterungsphasen kalkuliert. In der Mastperiode (Starter-, Grower- und Finisherphase) wurden die Futteraufnahme individuell mittels Futterabrufstationen und das Gewicht individuell mittels wöchentlicher Wiegung erhoben. Ab einem Gewicht von 113 Kilogramm wurden die Tiere geschlachtet. Die Schlachtleistung umfasste unter anderem die Parameter intramuskulärer Fettgehalt, Dripsaftverlust, Rückenspeckdichte und Muskelfleischanteil. Während der Mastperiode wurde das Fressverhalten über einen Transponder aufgezeichnet. Es wurden zum einen die Fressrate (Fressgänge pro Tag) und zum anderen die mittlere Fressdauer pro Kilogramm Futter ermittelt. Ein Fressgang wurde ab zehn Sekunden Aufenthaltssdauer am Automaten gezählt.

Bei der Auswertung wurden die Daten unter anderem mit Pivot-Tabellen bei Microsoft Excel vorverarbeitet. Vor der statistischen Auswertung wurde eine Ausreißerkorrektur vorgenommen. Anschließend wurden die Daten mit der Statistiksoftware SAS analysiert. P-Werte die kleiner als 0,05 waren wurden als signifikant bewertet.

Ergebnisse

Ergebnisse der Ferkelaufzucht

In den ersten 49 Tagen der Aufzucht konnten durch die Analyse der Leistungsparameter keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Futtermischungen hinsichtlich der täglichen Zunahme (TGZ), der täglichen Futteraufnahme (tFA) und der Futterverwertung (FVW) festgestellt werden. Ferkel, die die Mais-Weizen-Raps-Ration erhalten haben, hatten eine durchschnittliche tägliche Zunahme von 407 Gramm, eine durchschnittliche tägliche Futteraufnahme von 0,70 Kilogramm und eine Futterverwertung von 1,74. Die Tiere, welche die Mais-Gerste-Soja-Ration erhalten haben, hatten eine durchschnittliche tägliche Zunahme von 402 Gramm, eine durchschnittliche tägliche Futteraufnahme von 0,67 Kilogramm und eine Futterverwertung von 1,70.

Ergebnisse der Mastleistung

Es traten keine Wechselwirkungen zwischen dem Geschlecht und dem Versuchsfutter auf. Das Geschlecht hatte einen signifikanten Einfluss auf das Endgewicht (Kastrat: 119,05 kg $\pm$ 0,57 kg, weiblich: 116,64 kg $\pm$ 0,57 kg), die tägliche Zunahme (Kastrat: 888 g $\pm$ 0,013 g, weiblich: 805 g $\pm$ 0,013 g) und die tägliche Futteraufnahme (Kastrat: 2,50 kg $\pm$ 0,04 kg, weiblich: 2,18 kg $\pm$ 0,04 kg). Kastraten wiesen insbesondere im Hinblick auf das Endgewicht, die tägliche Zunahme und die tägliche Futteraufnahme bessere Werte auf. Die Futtergruppen hatten jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Mastleistung.

Ergebnisse der Schlachtleistung

Das Geschlecht hatte bei vielen Parametern der Schlachtleistung (intramuskuläres Fett (Kastrat: 1,89 %, weiblich: 1,35 %), Rückenspeckdicke (Kastrat: 26,22 mm, weiblich: 22,40 mm), Fett-Fleisch-Verhältnis (Kastrat: 1:5,28 kg, weiblich: 1:6,58 kg), Anteil wertvoller Teilstücke (Kastrat: 50,42 %, weiblich: 52,49 %), Muskelfleischanteil (Kastrat: 58,62 %, weiblich: 60,43 %)) einen signifikanten Einfluss. Weibliche Tiere hatten tendenziell mehr Fleischanteile und mehr wertvolle Teilstücke. Kastraten hatten dafür mehr Rückenspeck und intramuskuläres Fett. Beim intramuskulären Fett hatte die Futterration einen signifikanten Einfluss. Die Mais-Weizen-Raps-Ration produzierte einen höheren intramuskulären Fettgehalt (1,92 %) als die Mais-Gerste-Soja-Ration (1,36 %) und die Wahlgruppe (1,78 %). Die meisten Schlachtleistungsparameter wurden von den Futtergruppen jedoch nicht signifikant beeinflusst.

Ergebnisse des Fressverhaltens

Tiere, die die Mais-Weizen-Raps-Ration erhielten, benötigten signifikant weniger Zeit pro Kilogramm Futteraufnahme (53,84 min/kg) als Tiere, die die Mais-Gerste-Soja-Ration erhielten (60,63 min/kg) und die Tiere der Wahlgruppe (64,32 min/kg). Die Fressgänge pro Tag waren bei der Mais-Weizen-Raps-Ration (19,47) ebenso signifikant höher (mehr Fressgänge pro Tag) als bei der Mais-Gerste-Soja-Ration (17,26) und der Wahlgruppe (16,55). Die Tiere fraßen somit häufiger und effizienter pro Fressgang. Das Geschlecht hatte keinen signifikanten Einfluss.

Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass sowohl in der Ferkelaufzucht als auch in der Mast keine signifikanten Unterschiede zwischen den getesteten Futterrationen hinsichtlich der Leistungsparameter tägliche Zunahme, tägliche Futteraufnahme und Futterverwertung bestanden. Diese Beobachtungen bestätigen, dass die Nährstoffzusammensetzungen der Mais-Weizen-Raps- sowie der Mais-Gerste-Soja-Ration hinsichtlich der Wachstumsleistung äquivalent und gut ausbalanciert wurden (Schedle, 2016). Ein deutlicher Einfluss des Geschlechts wurde sowohl auf Mast- als auch auf Schlachtleistungsparameter nachgewiesen. Kastraten erreichten signifikant höhere Endgewichte, tägliche Zunahmen sowie tägliche Futteraufnahmen im Vergleich zu weiblichen Tieren. Dies bestätigt den in der Literatur gut dokumentierten Geschlechtsdimorphismus hinsichtlich der Mastleistung (Pichler et al., 2022). Weibliche Tiere zeigten dagegen vorteilhaftere Werte bei Schlachtleistungsparametern wie Anteil wertvoller Teil-

stücke und Muskelfleischanteil. Diese Ergebnisse stimmen mit früheren Untersuchungen überein, welche die geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich Fett- und Muskelverteilung umfassend beschrieben haben (Bee et al., 2006).

Besonders hervorzuheben ist der signifikant höhere intramuskuläre Fettgehalt bei Tieren, die mit der Mais-Weizen-Raps-Ration gefüttert wurden. Dies könnte auf spezifische Zusammensetzungen oder Wechselwirkungen der Rationskomponenten zurückzuführen sein, wie beispielsweise Unterschiede in der Faserzusammensetzung (Schedle, 2016; Wood et al., 2008). Ein erhöhter intramuskulärer Fettgehalt verbessert typischerweise die sensorischen Eigenschaften des Fleisches und ist aus Sicht der Fleischqualität vorteilhaft (Wood et al., 2008).

Das Fressverhalten unterschied sich signifikant zwischen den Futtergruppen. Tiere der Mais-Weizen-Raps-Ration zeigten mehr Fressgänge pro Tag bei gleichzeitig kürzerer Zeitdauer pro Fressgang. Da die Gesamtfuttermittelaufnahme pro Tag jedoch vergleichbar war, deutet dies auf eine Veränderung im Fressverhalten hin. Diese Änderung könnte durch eine vorteilhafte Struktur oder eine höhere Schmackhaftigkeit der Ration ausgelöst worden sein, vermutlich aufgrund der faserreichen Komponenten (Jha & Berrocoso, 2015; De Leeuw et al., 2008).

Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass regionale Proteinquellen wie Raps eine attraktive Alternative zu importiertem Soja darstellen. Sie können ohne Leistungseinbußen eingesetzt werden und bieten eventuell Vorteile hinsichtlich Fleischqualität oder Fressverhalten. Zudem unterstreicht diese Untersuchung die Bedeutung des Geschlechts als wesentlichen Einflussfaktor in der Schweinemast, der besonders bei der Optimierung von Produktionssystemen und Vermarktungsstrategien berücksichtigt werden sollte.

Zusammenfassung

Die Studie untersuchte den Einfluss verschiedener Futtermittelmischungen (Mais-Weizen-Raps vs. Mais-Gerste-Soja) auf die Leistung, Schlachtqualität und das Fressverhalten von Mastschweinen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der Leistungsfähigkeit zwischen den Futtermittelmischungen festgestellt. Jedoch zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Geschlechts, wobei Kastraten höhere Wachstumsleistungen aufwiesen und weibliche Tiere bessere Schlachtparameter erzielten. Die Mais-Weizen-Raps-Ration führte zu einem erhöhten intramuskulären Fettgehalt und beeinflusste signifikant das Fressverhalten der Tiere, ohne die Gesamtfuttermittelaufnahme zu verändern. Somit bietet die faserreiche Ration mit Rapsextraktionschrot als regionale Proteinquelle eine attraktive und nachhaltige Alternative zu importiertem Sojaextraktionschrot.

Abstract

This study evaluated the impact of different feed rations (maize-wheat-rape seed vs. maize-barley-soy) on growth performance, carcass quality, and feeding behavior in fattening pigs. No significant differences in performance parameters between feed rations were found. However, significant gender differences emerged, with castrates demonstrating superior growth performance and females achieving more favorable carcass characteristics. The maize-wheat-rape seed ration resulted in higher intramuscular fat content and significantly altered feeding behavior without affecting total feed intake. Thus, the diet included rapeseed meal as a regional protein source represents an attractive and sustainable alternative to imported soybean meal.

Literatur

- Bee, G., Guex, G., & Herzog, W. (2006). Free-range rearing of pigs during the winter: adaptations in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits. *Journal of Animal Science*, 84(7), 1855–1865.
- De Leeuw, J. A., Bolhuis, J. E., Bosch, G., & Gerrits, W. J. J. (2008). Effects of dietary fibre on behaviour and satiety in pigs. *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(4), 334–342.
- Jha, R., & Berrocoso, J. F. D. (2015). Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. *Animal*, 9(9), 1441–1452.

Pichler J, Schwarz C, Gierus M, Schedle K. Choice feeding in fattening pigs: Effect of diets differing in nutrient density on feeding behaviour and fattening performance. *Czech Journal of Animal Science*. 2020;65(7):247-5.

Schedle, K. Sustainable pig and poultry nutrition by improvement of nutrient utilisation – A review. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment [Internet]*. 2016;67; 1:45-60.

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., et al. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343–358.

Adresse der Autoren

BOKU University, Department für Agrarwissenschaften, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie

*Ansprechpartner: Venus Fauland-Novak, BSc und Priv.-Doz. Dr. Karl Schedle,
karl.schedle@boku.ac.at

Erkenntnisse zu Schwefelgehalten in Gras- und Maissilagen

Findings on sulphur content in grass and maize silage

Reinhard Resch^{1*}, Gerald Stögmüller², Franz Tiefenthaller³

Einleitung

Schwefel (S) ist in Futtermitteln für Nutztiere ein wichtiger Baustein der essentiellen Aminosäuren Cystein und Methionin. Nach HOFFMANN (2022a) ist Schwefel nicht nur als ein Hauptnährstoff in der pflanzlichen Erzeugung anzusehen, sondern er gehört neben Phosphor, Kalzium, Magnesium, Natrium, Kalium und Chlor zu den sieben lebensnotwendigen Mengenelementen für die Rinderfütterung. Er sollte grundsätzlich in jeder Rationsberechnung berücksichtigt und bei Futtermitteluntersuchungen bestimmt werden. Der tägliche S-Bedarf einer Milchkuh mit 700 kg Körpermasse (KM), 4 % MilCHFett und 3,6 % Milcheiweiß beträgt in Abhängigkeit der Milchleistung zwischen 27 bis >51 g S/Milchkuh und Tag (LfL 2023), sodass der S-Bedarf mit 1,6-2,0 g S/kg TM in der Ration gedeckt werden kann (KAMPHUES et al. 2014). Nach GFE (2023) kann eine S-Übersorgung nachteilig bzgl. Spurenelementverwertung sein, daher geben KAMPHUES et al. (2014) für grobfutterreiche Rationen 4-5 g S/kg TM als tolerierbare Obergrenze an. HOFFMANN (2022b) rechnet schon bei einem Gehalt ab 3 g Schwefel/kg TM mit einem merklichen Rückgang der Futteraufnahme. Bei Gehaltswerten über 4 g S/kg TM treten Imbalancen mit anderen Mineralstoffen ein, speziell bei Kupfer und Selen wird durch einen Schwefelüberschuss die Absorption stark eingeschränkt, so dass sekundärer Kupfer- und Selenmangel festgestellt wird.

Nach BMLRT (2022) – Richtlinien für die sachgerechte Düngung (SGD) – sollte bei bedarfsgerechter Düngung mit Wirtschaftsdüngern der S-Bedarf von Grünland gedeckt sein. Nach DIEPOLDER und RASCHBACHER (2013) wiesen in Bayern 2 % der Futterproben mit zu geringen Proteingehalten ein Stickstoff-/Schwefel-Verhältnis (N/S) von mehr als 12:1 auf, ein Hinweis auf latenten S-Mangel bzw. ertragswirksamen S-Mangel, wenn das N/S-Verhältnis größer als 15:1 ist. In österreichischen Heuproben lagen insgesamt 17 % proteinschwache Proben über 12:1 im N/S-Verhältnis (RESCH und STÖGMÜLLER 2023a).

Im folgenden Beitrag wurden insgesamt 649 Gras- und 18 Maissilageproben aus dem bundesweiten LK-Silageprojekt 2024 (RESCH 2025) erstmals auf Schwefelgehalte ausgewertet, um beantworten zu können, ob österreichische Grünlandflächen zur Silageproduktion beim Schwefel bedarfsgerecht versorgt werden, um dadurch gute Stickstoffnutzung, Ertrag und entsprechende Rohproteingehalte in den Silagen zu gewährleisten.

Material und Methoden

LK-Silageprojekte werden seit dem Jahr 2003 regelmäßig durchgeführt, um die qualitative Situation von verschiedensten Silageproben aus der Praxis durch Laboranalyse und die Abfrage des Silagemanagements (Düngung, Ernte, Konservierung, Lagerung etc.) auswerten und daraus Strategien für Verbesserungen ableiten zu können. Im Jahr 2024 wurde die Schwefeldüngung hinsichtlich der mengenmäßigen und zeitlichen Gabe von schwefelhaltigen Düngemitteln abgefragt.

Die chemische Futtermitteluntersuchung erfolgte im Futtermittellabor Rosenau (Landwirtschaftskammer Niederösterreich) mittels Standardmethoden nach VDLUFA (2012), die Schwefelanalysen wurden nach Methode 10.7.1. (VDLUFA 2012) mit einem Schwefel-Analysator (LECO S832) durchgeführt. Alle Proben wurden auf den Rohnährstoffgehalt, entsprechend der Weender-Nährstoffanalytik, und Gärqualität untersucht.

Die validierten Daten wurden deskriptiv und auch statistisch mit der Software Statgraphics (Version XVII) ausgewertet. Die Mittelwertvergleiche erfolgten mit einer einfachen Varianzanalyse auf P-Niveau 95 %. Das Testverfahren für die Mittelwertvergleiche war Tukey-HSD.

Ergebnisse und Diskussion

Die S-Gehaltswerte reichten in den Grassilagen von 0,96 bis 4,6 g/kg TM, der mittlere S-Gehalt betrug 1,92 g/kg TM. Mit steigenden Rohproteingehalten (CP) stiegen auch die S-Gehalte in den Grassilagen an. Das erklärt auch, dass der proteinschwächere erste Aufwuchs weniger Schwefel enthielt als die Folgeaufwüchse (RESCH 2025). Im Vergleich dazu lagen die S-Gehalte in Grünfütter- und Heuproben tendenziell niedriger, bis zu Rohproteingehalten von etwa 170 g/kg TM (Abbildung 1). Maissilagen enthielten 0,6 bis 1,1 g S/kg TM und damit deutlich weniger Schwefel als Grünlandfutter.

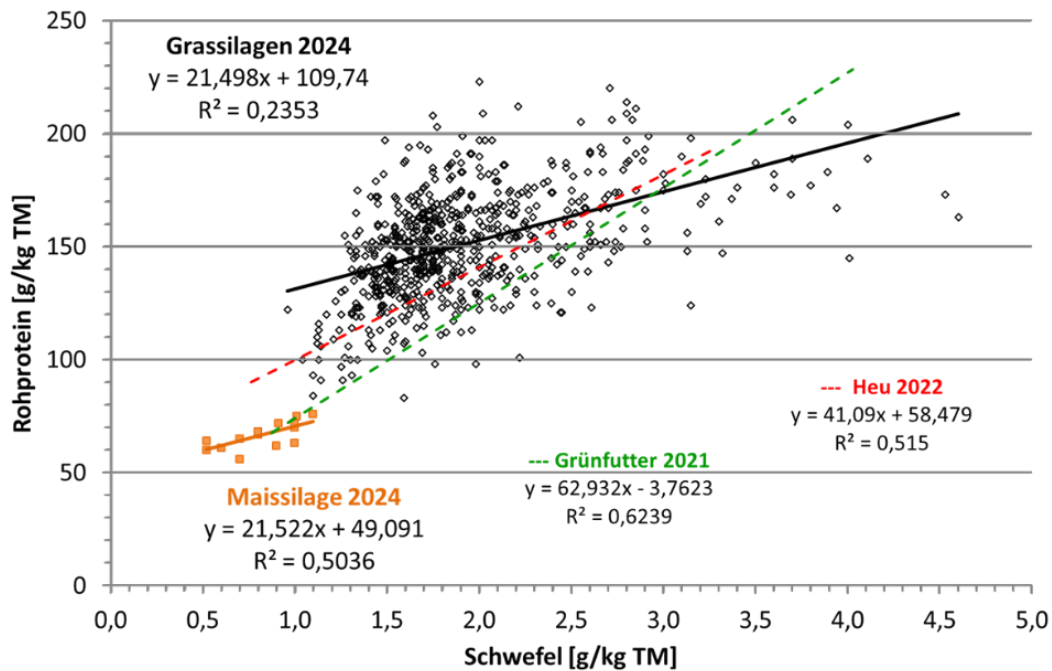


Abbildung 1: **Beziehung Schwefel- und Rohproteingehalt von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024), Heu (RESCH und STÖGMÜLLER 2023b) und Grünfütter (RESCH 2023)**

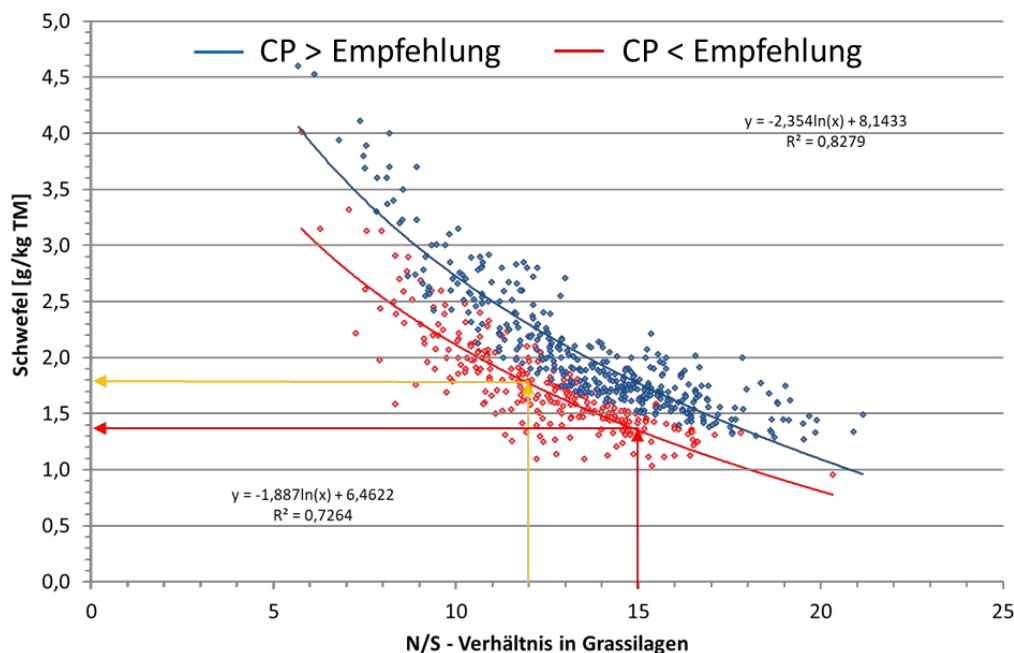


Abbildung 2: **Beziehung N/S-Verhältnis zum Schwefelgehalt von Grassilagen unter Berücksichtigung der Empfehlungen für den Rohproteingehalt (LK-Silageprojekt 2024)**

Jene Silageproben, welche im Vergleich zu den CP-Orientierungswerten (STÖGMÜLLER und RESCH 2017) zu geringe CP-Gehalte aufwiesen (rote Punkte in Abb. 2), hatten im Durchschnitt geringere S-Gehalte als jene Silageproben mit CP-Gehalten im Empfehlungsbereich (blaue Punkte in Abb. 2). Bei einem N/S-Verhältnis von 12:1 würde ein S-Gehalt von weniger als ca. 1,8 g/kg TM einen latenten S-Mangel anzeigen. Ein ertragswirksamer S-Mangel würde demnach im Durchschnitt wahrscheinlich bei einem S-Gehalt unterhalb von ca. 1,35 g/kg TM auftreten.

Mit Anwendung der Methode des Schwefel-Orientierungswertes wiesen 2,2 % der Grassilageproben ein N/S-Verhältnis über 15:1 und weniger als 1,35 g Schwefel/kg TM auf. Hier besteht tatsächlich eine hohe Wahrscheinlichkeit für einen ertragswirksamen S-Mangel. Darum müsste auf diesen Flächen unbedingt eine S-Ergänzungsdüngung im Frühjahr mit sulfathaltigen Düngern zum 1. Aufwuchs durchgeführt werden. Auf weiteren 16 % der Silageflächen lag ein latenter S-Mangel vor, d.h. die S-Gehalte lagen unterhalb von 1,8 g/kg TM und das N/S-Verhältnis zwischen 12:1 bis 15:1. Hier könnte auch eine ergänzende Schwefeldüngung empfohlen werden. Die Empfehlungen zur Schwefeldüngung für 18 %

der Grassilagebetriebe sind gut mit den Empfehlungen für Heubetriebe vergleichbar, wo nach RESCH und STÖGMÜLLER (2023) für 17 % eine S-Düngung im Frühjahr angeraten werden kann.

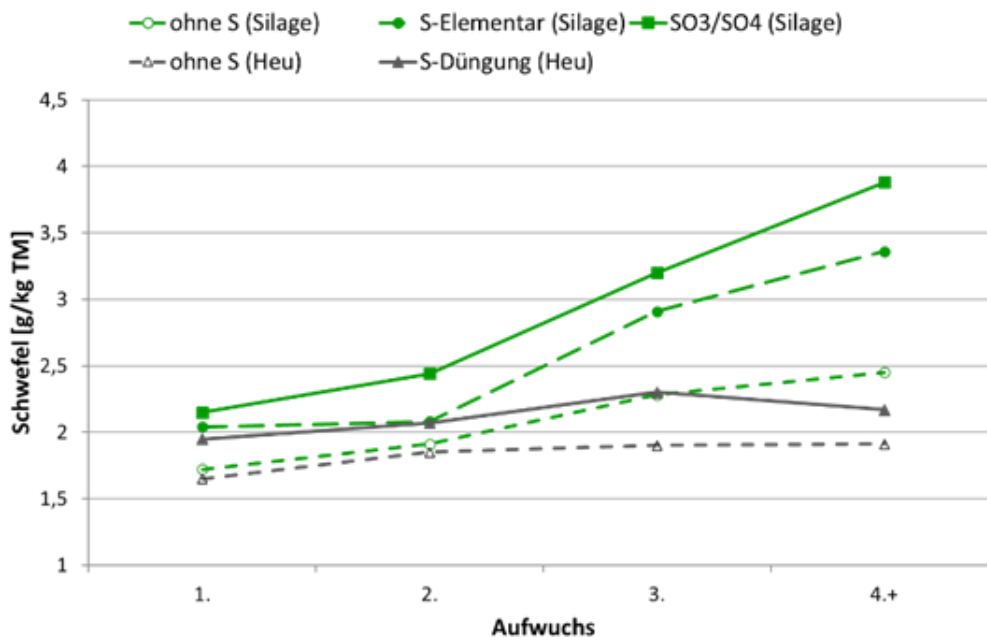


Abbildung 3: Einfluss der Schwefeldüngung auf den Schwefelgehalt in Grassilagen in Abhängigkeit des Aufwuchses (LK-Silageprojekt 2024, LK-Heuprojekt 2022)

Die Befragung im LK-Silageprojekt 2024 ergab, dass neben der Düngung mit Wirtschaftsdüngern insgesamt 20 % zusätzlich schwefelhaltige Düngemittel wie Sulfat (SO_4), Gips (Calciumsulfat), Bittersalz (Magnesiumsulfat), elementaren Schwefel u.a. düngten. Der Anteil an Bio-Silagebetrieben mit Schwefelanwendung betrug 7 %. Auf Heubetrieben setzten nur rund 12 % Schwefeldünger ein, jedoch war hier der Anteil der Biobetriebe bei ca. zwei Drittel.

Im Durchschnitt wurden bei Gabe von elementarem Schwefel 50 kg S/ha und bei leichtlöslichem Schwefel 7,4 kg SO_4 bzw. SO_3 /ha (Ammoniumsulfat, Calciumsulfat, Magnesiumsulfat) gedüngt, die maximale Menge war 90 kg S/ha und Gabe. Die Schwefeldüngung zeigte bei den Grassilagebetrieben im Durchschnitt eine deutliche Wirkung. Mit der Schwefeldüngung nahm der S-Gehalt in Grassilagen gegenüber keiner S-Düngung um durchschnittlich 0,47 g S/kg TM zu (Abbildung 3). Ähnliche Wirkungen von verschiedenen S-Düngern konnten in Grassilageproben auch von RYANT und SKLADANKA (2009) nachgewiesen werden. Grassilagen mit hohen Proteingehalten, wie jene des dritten bis sechsten Aufwuchses, können S-Gehalte deutlich über 3 g/kg TM enthalten, d.h. hier muss in der Fütterung der Milchkühe auf mögliche negative Wirkungen Rücksicht genommen werden (HOFFMANN 2022b), indem der Anteil in der Wiederkäuerration nicht zu hoch gewählt wird.

Die Schwefeldüngung hatte im Durchschnitt keinen signifikanten Einfluss ($P = 0,45$) auf den Rohproteingehalt der Grassilage, obwohl bei Gabe von SO_4/SO_3 (163 g CP/kg TM) gegenüber keiner S-Düngung (158 g CP/kg TM) ein leichter Vorteil herauskam. Ansonsten konnten keine signifikanten Wirkungen der S-Düngung auf Parameter Inhaltsstoffe und Gärqualität bei Grassilagen festgestellt werden.

Schlussfolgerungen

- 1) Das N/S-Verhältnis allein ist für eine praktische S-Düngungsempfehlung am Grünland mangelhaft, weil die Fehlerquote hinsichtlich tatsächlichem S-Bedarf zu hoch ist.
- 2) Die Methode des Schwefel-Orientierungswertes bringt eine deutliche Verbesserung für die S-Düngungsempfehlung. Dazu braucht man den Rohprotein- und den Schwefelgehalt, sowie das daraus errechnete N/S-Verhältnis einer Futterprobe.
- 3) Eine Schwefelgabe erhöht den S-Gehalt in Grassilage, speziell, wenn leicht löslicher, sulfathaltiger Dünger im Frühjahr gegeben wird.
- 4) Mit der S-Düngung war im Durchschnitt keine Steigerung des Rohproteingehaltes in Grassilagen verbunden.

Zusammenfassung

Im bundesweiten LK-Silageprojekt 2024 wurden 649 Gras- und 18 Maissilageproben aus österreichischen Praxisbetrieben auf Schwefelgehalte untersucht. Die S-Gehaltswerte reichten von 0,6 bis 1,1 g S/kg TM bei Maissilagen und von 0,96 bis 4,6 g S/kg TM bei Grassilagen (Mittelwert 1,92 g S/kg TM). Schwefelgehalte korrelieren positiv mit dem Rohproteingehalt. Die Schwefeldüngung bewirkte bei Grassilagen im Durchschnitt einen signifikanten Anstieg des Schwefelgehaltes um 0,47 g/kg TM, wobei leicht löslicher Sulfatschwefel die S-Gehalte stärker erhöhte als elementarer Schwefel. Die Schwefeldüngung hatte keine signifikant verbessernde Wirkung auf Rohproteingehalte und Gärqualität in Grassilagen. Die Bewertung eines Schwefelmangels anhand des Stickstoff/Schwefel-Verhältnisses muss als unzureichend eingestuft werden, weil viele Silageproben mit N/S-Verhältnissen über 12:1 dennoch ausreichende Rohproteingehalte aufwiesen. Eine Düngungsempfehlung in punkto Schwefelversorgung könnte für 18 % der Grassilageflächen ausgesprochen werden. Von der aktuellen Auswertung konnten Orientierungswerte für S-Gehalte abgeleitet werden. Zu geringe Rohproteingehalte von Grassilagen und S-Gehalte kleiner 1,8 g/kg TM weisen auf latenten S-Mangel und S-Gehalte kleiner 1,35 g/kg TM auf ertragswirksamen S-Mangel hin.

Abstract

In the LK silage project 2024, 649 grass and 18 maize silage samples from Austrian farms were analysed for sulphur (S) content. The S-content values ranged from 0.6 to 1.1 g S/kg DM for maize silage and from 0.96 to 4.6 g S/kg DM for grass silage (average 1.92 g S/kg DM). Sulphur contents correlate positively with the crude protein content. Sulphur fertilisation caused a significant increase in the sulphur content of grass silage by 0.47 g/kg DM. Fertilisation with easily soluble sulphate increased S-content more than elemental sulphur. Sulphur fertilisation did not have a significantly improving effect on crude protein content and fermentation quality in grass silage. The assessment of a sulphur deficiency based on the nitrogen/sulphur ratio must be classified as insufficient, because many silage samples with N/S ratios above 12:1, nevertheless showed sufficient crude protein contents. A fertilisation recommendation with regard to sulphur supply could be made for 18 % of the grass silage areas of participants. Orientation values for S contents in grass silage could be derived from the current evaluation. Too low crude protein contents of grass silage and S contents of less than 1.8 g/kg DM indicate a latent S deficiency and S contents of less than 1.35 g/kg DM indicate a yield-relevant S deficiency.

Literatur

- BMLRT [Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus] (2022): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland, 8. Auflage 2022, Wien, 184 S.
- DIEPOLDER M, RASCHBACHER S (2013): Genug Schwefel im Grünland? Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 5 S.
- GfE (2023): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE). Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 12, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 287 S.
- HOFFMANN M (2022a): Zur Schwefelversorgung der Milchkühe. LKV Sachsen. https://www.lkv-sachsen.de/fileadmin/Redaktion/LKSLabor/Blog/KW_4_Schwefel_2022_Hoffmann.pdf, (19.03.2025).
- HOFFMANN M (2022b): Milchviehfütterung: Warum Schwefel in der Mischration so wichtig ist. agrarheute Rind 01/2022. <https://www.agrarheute.com/tier/rind/milchviehfuetterung-schwefel-mischration-so-wichtig-593314>, (20.03.2025).
- KAMPHUES J, DOHM A, ZIMMERMANN J, WOLF P (2014): Schwefel- und Sulfat-Gehalte in Futtermitteln – noch oder wieder von Interesse? Übers. Tierernährg. 42, 81-139.
- LF L [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft] (2023): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen. 48. veränderte Auflage, August 2023, 110 S.
- RESCH R (2023): Qualität von Wiesenfutter in Abhängigkeit diverser Einflussfaktoren. 33 S. In:

RESCH R, KLINGLER A, GAIER L, GASSNER-SPECKMOSE K, BOHNER A, GRAISS W, Eichhorn, T, FRITZ C, WIESER S, HERNDL M, SCHAUMBERGER A (2023): Langzeitauswirkungen differenzierter Bewirtschaftungsintensität von Dauerwiesen unter besonderer Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Effekte. Abschlussbericht DaFNE-Projekt 101309 DW-NET4, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal.

RESCH R, STÖGMÜLLER G (2023a): LK-Grundfutterprojekte als Basis für die Qualitätsentwicklung von Gärfutter und Heu in Österreich. 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 29.-30. März 2023, 123-155.

RESCH R, STÖGMÜLLER G (2023b): Schwefelgehalte im Raufutter von Praxisbetrieben aus Österreich. Tagungsband zur 77. ALVA-Tagung, Linz, 288-292.

RESCH R (2025): Gras- und Maissilagen am Qualitätsprüfstand – Ergebnisse aus dem LK-Silageprojekt 2024. 52. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 9.-10. April 2025, Irdning-Donnersbachtal, 119-156.

RYANT P, SKLADANKA J (2009): The effect of applications of various forms of sulfur on the yields and quality of grass forage, Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science, 59:3, 208-216, DOI: 10.1080/09064710802011526.

STÖGMÜLLER G, RESCH R (2017): Durch Futteruntersuchungen Potentiale in der Fütterung nutzen. ÖAG [Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft], ÖAG-Info 5/2017, 16 S. VDLUFA [Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten] (Hrsg.) (2012): Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 / 22451-320

² Landwirtschaftskammer Niederösterreich (Futtermittellabor Rosenau), St. Pölten

³ Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Linz

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Dynamische Effekte von zugesetzten homofermentativen Milchsäurebakterien auf feuchte Grassilagen im Hinblick auf Gärqualität, TM- und Qualitätsverluste

Dynamic effects of applied homofermentative Lactobacilli on wet grass silage with regard to fermentation and mass losses

Reinhard Resch^{1*}, Sonja Axmann², Ewald Kramer³, Elisabeth Weidenholzer⁴

Einleitung

Das Ziel der Grünfütterkonservierung ist nach STEINHÖFEL et al. (2023), die Nährstoffe über einen längeren Zeitraum durch Inaktivierung mikrobieller und futtermittelspezifischer Enzyme quantitativ und qualitativ zu erhalten, d. h. Zersetzungsprozesse nur in einem unvermeidbaren oder erwünschten Maße zuzulassen. Der Erfolg der Konservierung wird nach RESCH et al. (2024) sowohl über die Höhe der Stoff- bzw. Masseverluste als auch über die Veränderung des Futterwertes, der Gärqualität sowie der Futtermittelhygiene definiert. Nach MUCK et al. (2003) ist der TM-Gehalt des einsilierten Futters der wichtigste Faktor, der direkt oder indirekt alle auftretenden physikalischen, biologischen und chemischen Prozesse im Silo beeinflusst. Nasssilagen weisen nach DLG (2025) TM-Gehalte unterhalb von 300 g/kg Frischmasse (FM) auf und tendieren zu Fehlgärungen mit Buttersäurebildung. Die möglichst schnelle Senkung des pH-Wertes ist nach PAHLOW et al. (2003) der Schlüssel zur Kontrolle von Enterobakterien und Clostridien wie *Clostridium butyricum* und *C. tyrobutyricum*. Nach DLG (2006) gilt es den definierten kritischen pH-Wert, der sich in Abhängigkeit des TM-Gehaltes ändert, zu unterschreiten (bis TM-Gehalt von 450 g/kg FM: $\text{pH} < 0,004 \times \text{TM} [\text{g}] + 3,2$; ab 450 g/kg FM $\text{pH-Wert} < 5,0$), ansonsten vermehren sich die Gärschädlinge bis eine hemmende Konzentration an undissoziierten Säuren und/oder ein ausreichend niedriger pH-Wert erreicht ist.

In den vergangenen 10 Jahren lagen die durchschnittlichen Buttersäuregehalte (Bs) von Grassilagen des ersten Aufwuchses aus Dauerwiesen in Österreich oberhalb von 12 g Bs/kg TM (RESCH 2021), also deutlich über dem Orientierungswert von kleiner 3 g Bs/kg TM (DLG 2006). Nach KAISER und WEISS (2007) können dafür zu niedrige Nitratgehalte bzw. nach WAGNER (2017) erhöhte Keimgehalte an Clostridiensporen im Siliergut verantwortlich sein.

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (R-G) [E: 14°05'54,63", N: 47°29'44,40"] wurde im Jahr 2024 ein exakter Silierversuch (S-78) angelegt, um ein Siliermittel (V2) auf der Basis von neu selektierten homofermentativen Milchsäurebakterien (MSB_{homo}) im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle (V1) an wenig angewelktem Siliergut mit einem TM-Gehalt von 238 g/kg FM zu prüfen, mit dem Ziel den Gärungsverlauf und die Silierverluste zu verfolgen. Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen zu diesem Silierversuch wurden von AXMANN et al. (2025) im gleichen Tagungsband publiziert.

Material und Methoden

Für den Silierversuch S-78 wurde eine homogene, gräserbetonte Dauerwiese (Grasanteil > 95 Gewichtsprozent) der HBLFA Raumberg-Gumpenstein vom 1. Aufwuchs am 09.05.2024 gemäht und einmal gezettet. Am 10.05.2024 vormittags erfolgte das Schwaden und danach die Ernte mit einem Kurzschnittladewagen (Pöttinger Typ FARO). Die theoretische Schnittlänge betrug 5-10 cm. Das Erntegut wurde durchmischt und in insgesamt 12 Weithalsfässer (WHF) mit 60 Liter Volumen eingefüllt. Dazu wurden Einzelchargen á 4,0 kg FM eingewogen und durch manuelle Tretarbeit von einer Person im Kunststofffass verdichtet. Mit 10 eingefüllten Einzelchargen wurden Lagerungsdichten zwischen 103 und 119 kg TM/m³ erreicht, der Mittelwert betrug 109,1 kg TM/m³. Nach RICHTER et al. (2009) sollte die Lagerungsdichte für den TM-Gehalt des Ausgangsmaterials von 237,7 g/kg FM zumindest 172,7 kg TM/m³ betragen. Das konnte durch die manuelle Verdichtung nicht erreicht werden. Das

Erntegut wies bei der Befüllung eine Temperatur von mehr als 30 bis 35 °C auf. Die Lufttemperatur im Lagerraum betrug bei der Befüllung 14 °C.

Das getestete biologische Siliermittel enthielt folgende Stämme von MSB_{homo}: *L. plantarum*, *Lc. lactis*, *L. paracasei* und *L. huelsenbergensis*. Die empfohlene Dosierung betrug 500 ml Ansatzlösung/Tonne Frischmasse (FM), d.h. je 4 kg FM wurden 2 ml MSB_{homo} von V2 benötigt, um die angestrebte MSB-Beimpungsdichte von 250.000 kolonienbildenden Einheiten (KBE) je Gramm Siliergut zu erreichen. Die pulverförmigen MSB_{homo} wurden mit 50 ml Wasser (Temperatur 25°C) angesetzt und danach in einer Mensur auf 500 ml mit Wasser aufgefüllt. Die gesamte Menge an MSB_{homo}-Ansatzlösung wurde in eine Sprühflasche überführt, mit welcher die exakte Zugabe zum Siliergut (4 kg FM) erfolgte, das sich in einer Mischmaschine befand. Gute Durchmischung wurde durch 60 Sekunden Mischdauer gewährleistet.

Nach Fertigstellung der Befüllung jedes einzelnen Fasses am 10.05.2024 erfolgte der luftdichte Verschluss mit dem Kunststoffdeckel, der durch einen Metallspannring fixiert wurde. Jede Variante wurde in 3-facher Wiederholung angelegt, damit der Versuch statistisch ausgewertet werden konnte. Die Lagerung der insgesamt 6 WHF erfolgte bei Raumtemperaturen zwischen 10 bis 18 °C. Die WHF wurden am 05.08.2024 (87 Tage Lagerung) und am 18.11.2024 (192 Tage Lagerung) geöffnet und Mischproben zum Zwecke der chemischen und mikrobiologischen Futteranalyse, sowie für die sensorische Futterbewertung gezogen. Die Beprobung wurde mit einem Stahlzylinderbohrer mit Wellenschliff (Innendurchmesser 50 mm) durchgeführt. Die chemischen Analysen erfolgten mit nasschemischen Methoden nach VDLUFA (2012), Der TM-Gehalt und die Nährstoffgehalte der Silagen wurde nach WEISSBACH und KUHLE (1995) anhand der Gehalte an volatilen Gärprodukten korrigiert. Die sensorische Silagebewertung erfolgte mit Hilfe der ÖAG-Sinnenbewertung nach RESCH et al. (2020).

Für die dynamische Beobachtung des Gärprozesses wurden transparente Vakuumbbeutel (VB mit 295 × 378 mm; Tara 32,3 g) in 3-facher Wiederholung mit ca. 500 g Siliergut von V1 bzw. V2 befüllt, mit einem Kunststofflabel versehen und danach vakuumiert. Die Beprobungszeitpunkte für die Messreihe waren: nach 1, 3, 7, 14 und 30 Tagen Lagerung.

Die Bestimmung der Silierverluste an Trockenmasse, Inhaltsstoffen und Energie erfolgte durch Wiegung der Behälter nach der Befüllung und zum Zeitpunkt der Siloöffnung. Wir wendeten das Prinzip der Methode Total-In vs. Total-Out nach KÖHLER et al. (2019) an. Im Fall der Proteinverluste musste in der Silage zuerst das TM- korrigierte Gewicht an Rohprotein ermittelt werden, danach wurde noch der Anteil an Ammoniak (NH₃-N) abgezogen. Bei den Energieverlusten wurde bei der Silage ebenfalls, wie bei der TM bilanziert, allerdings mit ME in MJ/kg TM. Aus der Gewichts Differenz zwischen Einwaage und Rückwaage wurde schließlich bilanziert und die prozentuellen Verluste festgestellt.

Die validierten Daten aus dem Silierversuch S-78 wurden deskriptiv und auch statistisch mit der Software Statgraphics (Version XVII) ausgewertet. Die Mittelwertvergleiche erfolgten mit einer einfachen Varianzanalyse auf P-Niveau 95 %. Das Testverfahren für die Mittelwertvergleiche war Tukey-HSD. Signifikante Differenzen wurden im Bericht in Form von hochgestellten Kleinbuchstaben (Indizes) neben dem Mittelwert tabellarisch dargestellt (Tabelle 1).

Ergebnisse und Diskussion

Der niedrige TM-Gehalt (237 g/kg FM) und der hohe Rohproteingehalt (168 g/kg TM) sprechen in Kombination mit dem Z/PK-Quotienten von 2,8 für eine mäßige Silierbarkeit des Ausgangsmaterials. Der Nitratgehalt von 35 mg/kg TM zeigte nach WEISS (2001) ein praktisch nitratfreies Erntegut, wodurch keine Hemmung einer Clostridienvermehrung durch reduziertes Nitrit zu erwarten war. Anhand des Rohfasergehaltes von 225 g/kg TM ist das Ausgangsmaterial auf den phänologischen Reifezustand frühes Ähren-/Rispenstadien (Ä/R) einzustufen, d.h. das Silofutter aus Dauerspähne lag im Orientierungsbereich von 220 bis 260 g/kg TM (STÖGMÜLLER und RESCH 2017).

Zwischen den Silagevarianten V1 und V2 gab es im Verlauf der Lagerung signifikante TM-Differenzen, zumindest ab der ersten Öffnung nach 87 Tagen (Tabelle 1). In Variante V2 sank der TM-Gehalt innerhalb der ersten 14 Tage nach Silierung gegenüber dem Erntegut von 238 auf ca. 230 g/kg FM, während in der Kontrolle der TM-Gehalt deutlich stärker auf ca. 215 g/kg FM zurückging.

Die gebildeten Säuremengen reichten bei der Kontrolle V1 nicht aus, um das von der DLG (2006) geforderte pH-Limit, den sogenannten kritischen pH-Wert, für eine stabile Silagequalität zu unterschreiten. Die pH-Werte der unbehandelten Kontrolle V1 lagen um 0,5 pH-Einheiten über dem kritischen pH.

Jene von V2 unterschritten den kritischen pH-Wert nach ca. 1 Monat Lagerung. Nach Behandlung mit V2 wurde der pH-Wert signifikant tiefer im Vergleich zu V1, bereits ab 7 Lagerungstagen abgesenkt. Die WHF-Proben von V1 zeigten extreme Buttersäurebildung (48 bzw. 53 g Bs/kg TM) und daher eine sehr schlechte Silagequalität. V2 verbesserte den Konservierungserfolg in den WHF-Behältern signifikant (18 g Bs/kg TM), in den Vakuumbuteln (VB) entstand bis Tag 31 weniger als 1 g Bs/kg TM. Möglicherweise begünstigte das erwärmte Erntegut (> 30-35°C) die Clostridienvermehrung in den WHF und weniger in den schnell abgekühlten VB. V2 reduzierte die Gehalte an Essigsäure und Ethanol signifikant (Tabelle 1), ein Hinweis auf die Wirkung von MSB_{homo} . Die NH_3 -Bildung wurde durch V2 auf einen Anteil des Gesamt-N von ca. 10,5 % begrenzt, wobei der Proteinabbau dennoch um rund 3 % über dem Orientierungswert lag (DLG 2025: < 8 % NH_3 -N von N_{total}). Andererseits erhöhte sich Ammoniak in der unbehandelten Kontrolle signifikant auf einen NH_3 -N-Anteil von 19,4 %.

Tabelle 1: Inhaltsstoffe, Gärqualität und Silierverluste von nassen Grassilagen in Abhängigkeit von Siliermittelbehandlung und des Zeitpunktes der Siloöffnung (Silierversuch S-78)

Parameter	Abk.	Einheit	Siliergut	Silage nach 7 d		Silage nach 31 d		Silage nach 87 d		Silage nach 192 d	
				V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Trockenmasse	TM	g/kg FM	238	235	238	223	231	216 ^a	229 ^b	213 ^a	232 ^b
Rohprotein	CP	g/kg TM	168	169	170	176	173	173	175	181 ^b	175 ^a
Ammoniak	NH_3	% of N	0	9,6 ^b	7,9 ^a	15,0 ^b	9,3 ^a	18,3 ^b	11,0 ^a	19,4 ^b	10,5 ^a
Rohfaser	CF	g/kg TM	225	-	-	-	-	242	231	231	226
Rohasche	CA	g/kg TM	86	-	-	-	-	94	92	97 ^b	88 ^a
Zucker	WSC	g/kg TM	152	-	-	-	-	21,7	32,2	11,6	17,5
Metaboische Energie	ME	MJ/kg TM	10,5	-	-	-	-	10,5 ^a	10,6 ^b	10,6 ^a	10,8 ^b
TM-Verlust	TM-V	%	0	0,9 ^b	0,1 ^a	7,3 ^b	3,3 ^a	11,7 ^b	4,9 ^a	13,1 ^b	3,7 ^a
Protein-Verlust	P-V	%	0	8,8 ^b	6,9 ^a	17,4 ^b	9,5 ^a	25,7 ^b	11,7 ^a	24,5 ^b	10,3 ^a
ME-Verlust	ME-V	%	0	-	-	-	-	12,8 ^b	4,1 ^a	12,4 ^b	1,4 ^a
pH-Wert	PH			5,1 ^b	4,9 ^a	4,9 ^b	4,2 ^a	4,8 ^b	3,9 ^a	4,9 ^b	4,0 ^a
Milchsäure	Ms	g/kg TM		100 ^b	96 ^a	54 ^a	92 ^b	38 ^a	171 ^b	28 ^a	137 ^b
Essigsäure	Es	g/kg TM		13,1 ^b	5,5 ^a	11,7 ^b	6,8 ^a	13,7 ^b	7,7 ^a	13,2 ^b	5,0 ^a
Buttersäure	Bs	g/kg TM		2,5 ^b	0,3 ^a	18,9 ^b	0,9 ^a	47,8 ^b	17,9 ^a	53,5 ^b	17,9 ^a
Ethanol	Eth	g/kg TM		9,6 ^b	6,4 ^a	17,0 ^b	7,1 ^a	23,1 ^b	10,4 ^a	28,1 ^b	14,1 ^a
Summe Gärprodukte	GP	g/kg TM		127 ^a	109 ^b	102	107	127 ^a	210 ^b	130 ^a	176 ^b
DLG Punkte (2006)	DLG	Punkte		-	-	-	-	-3,8 ^a	47,4 ^b	-3,9 ^a	47,4 ^b
ÖAG Sinnebewertung (2020)	ÖAG	Punkte		-	-	-	-	6,8 ^b	4,5 ^a	10,0 ^b	7,0 ^a

Die TM-Bilanz ergab für die Kontrolle (V1) TM-Verluste von durchschnittlich 11,7 % nach 87 bzw. 13,1 % nach 192 Tagen Lagerung. Variante V2 schnitt mit 4,9 % bzw. 3,7 % TM-Verlust signifikant besser ab als V1. Nach KÖHLER et al. (2019) betrugen durchschnittliche TM-Verluste in der anaeroben Phase bei Grassilagen 9 %, wobei diese nach RESCH et al. (2024) unter günstigen Bedingungen von 4 bis 10 % reichen. Verglichen mit diesen Referenzen, fielen die TM-Verluste von V1 bereits in den ungünstigen Bereich und jene von V2 unter ein recht günstiges Resultat für eine Grassilage mit sehr niedrigem TM-Gehalt. Die Proteinverluste (Stickstoffverluste inkl. NH_3 -N) betrugen bei V1 rund 25 % und bei V2 rund 11 %, also um mehr als die Hälfte weniger. Schließlich lagen die Energieverluste (ME) bei der Kontrolle mit ca. 12 % signifikant höher als bei V2, wo die ME-Verluste nach 87 Tagen 4 % und nach 192 sogar nur 1,4 % ausmachten (Tabelle 2). Die energieaufwändige Buttersäuregärung hat in V1 zu einem höheren Verbrauch von Zucker gegenüber V2 geführt und so die signifikant niedrigeren Zuckergehalte in V1 nach 87 bzw. 192 Tagen verursacht, die zum Teil für die Energieverluste verantwortlich sind und wahrscheinlich auch Folgen für die Schmachthaftigkeit der Grassilage haben könnten. Somit war der größte Erfolg der Siliermittelbehandlung mit MSB_{homo} (V2) wohl die Reduktion der Silierverluste um mehr als die Hälfte bei TM, Protein und Energie (ME).

Anhand eines Rechenbeispiels wird der positive Aspekt der Verlustreduktion durch den Siliermitteleinsatz im Silierversuch S-78 für die Futterwirtschaft mit folgenden Annahmen dargestellt: Ein Fahrsilo mit 300 m³ Füllkubatur wird mit einer Grassilage von 23,6 % TM und einer Lagerungsdichte von 172 kg TM/m³ befüllt – Kubatur und Lagerungsdichte entsprechen somit mittleren Verhältnissen eines Grassilage-Praxisbetriebes des bundesweiten LK-Silageprojektes (RESCH 2021). Daraus ergibt sich eine

Einlagerungsmenge von 51,6 t TM an Siliergut. Unter Berücksichtigung von 2,5 % Feldverlusten nach RESCH et al. (2024) würde das einem TM-Ertrag des Pflanzenaufwuchses von 52,9 t TM entsprechen. Wenn der Pflanzenaufwuchsertrag für den 1. Aufwuchs einer Vierschnittwiese mit 3,0 t TM/ha angenommen wird, wären genau 17,6 ha Dauerwiese für die kalkulierte Einlagerungsmenge geerntet worden. Bei einem CP-Gehalt von 170 g/kg TM und einem ME-Gehalt von 10,6 MJ ME/kg TM wäre in diesem Fall der CP-Ertrag 510 kg/ha bzw. der ME-Ertrag 31,8 GJ ME/ha gewesen.

Tabelle 2: Auswirkung der Futterbehandlung mit neu selektierten homofermentativen Milchsäurebakterien auf Silierverluste an TM, Protein und Energie im Praxismaßstab (Silierversuch S-78)

Futterbehandlung	Einlagerung TM kg	Verluste TM %	Auslagerung TM kg	Verluste Protein* %	Auslagerung Protein kg	Verluste ME* %	Auslagerung ME GJ
unbehandelt (V1)	51 600	11,7	45 563	25,7	6 441	12,8	472
mit MSB _{homo} (V2)	51 600	4,9	49 072	11,7	7 655	4,1	520
Saldo (V2 minus V1)			3 509		1 214		47
Saldo entspricht ha Futterertrag			1,17		2,38		1,48

* Proteinverluste: N-Verluste inkl. NH₃-N; ME = Metabolische Energie

Aufgrund der geringeren Silierverluste für die Siliermittelvariante V2 würde sich der TM-Verlust in der Auslagerung im Beispiel um rund 3500 kg TM reduzieren. Um die gleiche Auslagerungsmenge ohne Siliermitteleinsatz zu erzielen müsste zusätzlich Siliergut von 1,17 ha eingelagert werden. Auf die Energie umgelegt wären die Silierverluste ohne Siliermittel noch höher ausgeprägt. Es müssten zusätzlich rund 1,5 ha Siliergut eingebunkert werden, um die höheren Energiedefizite an ME aus der Nichtbehandlung zu kompensieren. Wird der Proteinabbau über den Stickstoffverlust inkl. Ammoniakanteil (NH₃-N) bewertet, so müssten zusätzlich sogar 2,4 ha Siliergut von V1 vergoren werden, um die gleiche Menge an Proteinqualität aus dem Beispiel zu erreichen als mit V2 (Tabelle 2).

Zusammenfassung

Unter den anspruchsvollen Bedingungen einer nassen Grassilage (TM 238 g/kg) führte der Einsatz von neu selektierten homofermentativen Milchsäurebakterien (MSB_{homo}) zu deutlich reduzierten Silierverlusten an TM, Protein und Energie (ME). Zudem konnte die Buttersäurebildung signifikant verringert, aber nicht vollständig verhindert werden. Nach der Devise „Messen und Steuern“ zeigte die ökonomische Bewertung des Siliermitteleinsatzes für Grassilage, dass sich die erzielte Wirkung gegenüber keiner Silagebehandlung für einen durchschnittlichen Praxisbetrieb in wirtschaftlich bedeutenden Größenordnungen positiv niederschlagen würde. Weitere exakte Untersuchungen sind erforderlich, um die positiven Effekte des verwendeten biologischen Siliermittels auf der Basis neu selektierter MSB_{homo} für schwer silierbare Futtermittel, wie Nasssilagen, zu bestätigen.

Abstract

Under challenging conditions of wet grass silage (DM 238 g/kg), the application of new selected homofermentative Lactobacilli (LAB_{homo}) led to significantly reduced losses of DM, protein and energy (ME). In addition, the formation of butyric acid was significantly reduced by LAB_{homo}, but not completely prevented. The economic evaluation, based on an average Austrian farm, showed that the treatment of grass silage with LAB_{homo} would be economically successful, compared to no silage treatment. Further precise studies are required to confirm the positive effects of the used biological silage additive based on new selected LAB_{homo} for difficult to ensile forage, such as wet grass silage.

Literatur

AXMANN S, STRASSGÜTL J, RESCH R, KRAMER E, WEIDENHOLZER E (2025): Die Untersuchung von Clostridien zur Beurteilung der Futtermittelqualität von Grassilagen. 79. ALVA-Tagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 26.-27. Mai 2025, xx-xx.
DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2006): Grobfutterbewertung Teil B – DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-

Ausschuss Futterkonservierung, DLG-Information 2/2006, 4 S.

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2025): Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 9. vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, (in Druck).

KAISER E, WEISS K (2007): Nitratgehalte im Grünfutter – Bedeutung für Gärqualität und siliertechnische Maßnahmen. Übersichten zur Tierernährung, 35, 1, S. 13 – 30.

KÖHLER B, TAUBE F, OSTERTAG J, THURNER S, KLUSS C, SPIEKERS H (2019): Dry-matter losses and changes in nutrient concentrations in grass and maize silages stored in bunker silos. Grass and Forage Science, 74(2), 274–283; DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12430>

MUCK RE, MOSER LE, PITT RE (2003): Postharvest Factors Affecting Ensiling. In: BUXTON DR, MUCK RE, HARRISON JH (2003): Silage Science and Technology. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 251-304.

PAHLOW G, MUCK RE, DRIEHUIS F, ELFERINK S, SPOELSTRA SF (2003): Microbiology of ensiling: In: BUXTON DR, MUCK RE, HARRISON JH (2003): Silage Science and Technology. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 31-94.

RESCH R, HOLLMANN M, ORTNER S, PERATONER G, STÖGMÜLLER G, TIEFENTHALLER F, WURM K (2020): Praxisbewertung von Grundfutter für Wiederkäuer, ÖAG-Info 1/2020, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal. 20 S.

RESCH R (2021): Qualitätspotenziale bei Gras- und Maissilagen in Österreich – Erkenntnisse aus dem LK-Silageprojekt 2020: 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Webinar, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 24. bis 25.03.2021, 33-67.

RESCH R, THAYSEN J, KÖHLER B (2024): Review zu TM-Verlusten an Gras- und Feldfutterprodukten in den Phasen Ernte, Konservierung, Lagerung, Entnahme und Futtervorlage. VDLUFA-Kongressband 2024, VDLUFA-Schriftenreihe 81, Pflanzliche Produktion, Karlsruhe, 279-286.

RICHTER W, ZIMMERMANN N, ABRIEL M, SCHUSTER M, KÖLLN-HÖLLRIGL K, OSTERTAG J, MEYER K, BAUER J, SPIEKERS H (2009): Hygiene bayerischer Silagen – Controlling am Silo. Schriftenreihe LfL Bayern 09/2009.

STEINHÖFEL O, RESCH R, MARTENS S (2023): Konservierung von Grünfuttermitteln, 191-216. In: DÄNICKE S et al. (2023): Handbuch der Futtermittel – Herkunft, Verarbeitung, Verwendung. AGRI-MEDIA, Erling-Verlag, 744 S.

STÖGMÜLLER G, RESCH R (2017): Durch Futteruntersuchungen Potentiale in der Fütterung nutzen. ÖAG [Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft], ÖAG-Info 5/2017, 16 S.

VDLUFA [Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten] (Hrsg.) (2012): Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WAGNER W (2017): Clostridien in Futtermitteln. Landinfo 5/2017, 38-40.

WEISS K (2001): Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter. Dissertation Landwirtschaftlich Gärtnerische Fakultät, Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet für Futtermittelkunde, Berlin, 169 S.

WEISSBACH F, KUHLA S (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierernährg 23, 189-214.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 / 22451-320

² AGES GmbH, Institut für Tierernährung und Futtermittel, Linz

³ ISF GmbH, Pinneberg (Deutschland)

⁴ LACTOSAN International GmbH & Co. KG, Kapfenberg

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Auswirkungen einer Agrar-PV Anlage mit bifazialen Modulen auf Kulturpflanzen- und Stromerträge in einer biologischen Fruchtfolge im Osten Österreich

Effects of an AGRI-PV plant with bifacial moduls on crop and electricity yield in a biological crop rotation in Eastern Austria

Gerhard Moitzi^{1*}, Ernst Höckner², Martin Höller², Helmut Wagentrustl¹

Einleitung

Die kombinierte Nutzung von Ackerflächen zur Pflanzenproduktion mit der Stromerzeugung in sog. Agrar-Photovoltaikanlagen (AGRI-PV) ist eine Möglichkeit die solare Energiebindung zu erhöhen. Als Freiflächenanlagen werden AGRI-PV-Systeme auf landwirtschaftlich genutzten Böden installiert. Die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie mittels Solarzellen durch den photoelektrischen Effekt steht dabei im Vordergrund. Die photosynthetische Nutzung der Sonnenenergie durch Kulturpflanzen ist dabei zweitrangig, zumal aufgrund der Beschattungsauswirkungen und der praxisüblichen verfahrenstechnischen Bewirtschaftung durch PV-Installationen Grenzen gesetzt sind. In zwei AGRI-PV-Anlagen von Wien Energie (Guntramsdorf, NÖ und Schafflerhofstraße in Wien Donaustadt) mit einer vertikalen Anordnung von bifazialen PV-Modulen auf einem Traggerüst und einem entsprechenden Abstand der Traggerüste (10 m), ist die PV-Stromerzeugung mit der Pflanzenproduktion kombiniert.

Ziel der Agrar-PV Forschungsanlage ist die Erprobung landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmethoden zwischen den vertikalen Modulreihen, sowie im Bereich des Traggerüsts der vertikalen Modulreihen. Die zu Grunde liegende Versuchsfrage lautet: Sind Auswirkungen von vertikal installierten PV-Modulen auf Ertrags- und Qualitätsparameter bei ackerbaulichen Nutzpflanzen (Winterweizen, Wintergerste, Winterdinkel, Sojabohne und Luzerne) feststellbar. Zudem wird der photosynthetische Energieertrag der geernteten oberirdischen Biomasse ermittelt und mit dem Stromertrag aus der PV-Anlage verglichen.

Material und Methoden

In der ersten AGRI-PV-Versuchsanlage (Nord-Süd-Ausrichtung; 10 m Abstand zwischen den vertikal aufgeständerten bifazialen PV-Modulen) wurden im Jahr 2020 erste Ertrags- und Qualitätserhebungen bei Sommergerste erhoben. Dabei wurden quer zum Streifen 4 Probenentnahmestellen ($a' 1 \text{ m}^2$) in 3-facher Wiederholung entnommen. Als Referenz dienten Pflanzenproben – ebenfalls aus der Fläche von 1 m^2 - in der unmittelbaren Nähe (Freifläche ohne Beschattungseinfluss; Kontrolle). Der Einfluss der Positionen für die Entnahme der Ernteproben (Kontrolle, P1, P2, P3, P4) auf die abhängigen Variablen „Kornertrag“, „photosynthetischer Energieertrag“, „Tausendkorngewicht (TKG)“, „Hektolitergewicht“ und „Vollgerstenanteil“ wurde mittels Varianzanalyse (ANOVA) und nachfolgenden multiplen Mittelwertvergleich (Student-Newman-Keuls Test) geprüft.

Die zweite AGRI-PV-Versuchsanlage (Nord-Süd-Ausrichtung; 10 m Abstand zwischen den vertikal aufgeständerten bifazialen PV-Modulen) wurde im Frühjahr 2021 installiert. Nach dem Einrammen der Trägerprofile wurde der z.T. verdichtete Boden mit dem Untergrundlockerer (40 cm) gelockert und Luzerne als Meliorationskultur angebaut. Im Jahr 2022 wurde in den 5 Streifen eine fünf-gliedrige biologische Fruchtfolge etabliert: Luzerne, Winterweizen, Wintergerste, Sojabohne und Winterdinkel. Die Beprobung der Biomasse erfolgte zur Ernte auf 3 Probenentnahmestellen ($a' 1 \text{ m}^2$) quer zum Streifen in 3-facher Wiederholung. Eine Vergleichsfläche ohne Beschattungseinfluss stand leider aus den örtlichen Gegebenheiten nicht zur Verfügung. Pro PV-Reihe im Traggerüstbereich (Breite: 2 m) wurden verschiedene Bewirtschaftungsformen (Aussaat von Blühpflanzen, Applikation von Miscanthus-Häckselgut als Mulchauflage im PV-Traggerüstbereich zur Verhinderung von Pflanzenwachstum) getestet. Die Reihenbreite für den Anbau von Ackerkulturpflanzen beträgt somit 8 m. Die Nettonutzfläche für den Kulturpflanzenanbau beträgt $550,4 \text{ m}^2$ ($= 8 \text{ m} \times 68,8 \text{ m}$). Die AGRI-PV-Anlage mit den vertikalen aufgeständerten PV-Modulen liegt unmittelbar in der Nähe zur PV-Anlage mit geneigten Modulen (Von oben projektierte Anordnung: 3,87 m PV-Modul, 2,68 m Breite ohne PV-Modul). Die Jahresstromerträge

von der reinen geeigneten PV-Anlage und der AGRI-PV-Anlage wurden unter Berücksichtigung des energetischen Biomasseertrags auf ein Hektar Ackerfläche bezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Bio-Sommergerste in der AGRI-PV Anlage Guntramsdorf (2020)

Durch die vertikalen PV-Module gab es einen statistisch nicht gesicherten Einfluss auf den **Kornertrag** bei Sommergerste im Vergleich zur Freifläche. Tendenziell gab es einen durchschnittlichen Mehrertrag von 92 kg (=+3%) in den Ernteprobenentnahmestellen (P1 bis P4) zwischen den PV-Modulen im Vergleich zur Kontrolle. Zudem konnte ein Ertragsgradient von Osten (P1) nach Westen (P4) festgestellt werden (Abbildung 4), der sich darin äußert, dass die östlichen Parzellen (P1 und P2) Ertragsminderungen von 18% und 2% aufwiesen, während die westlichen Parzellen (P3 und P4) Ertragssteigerungen von 10% und 23% zeigten. Dieser Effekt ist einerseits auf die Beschattung der vertikalen PV-Module (Ertragsminderungseffekt) und andererseits auf das veränderte Mikroklima durch den potentiellen Windschutz der PV-Module wodurch die Evapotranspiration (Summe aus Evaporation=unproduktive Verdunstung vom Boden und Transpiration=produktive Verdunstung über die Pflanzen) verringert wird (Ertragssteigerungseffekt).

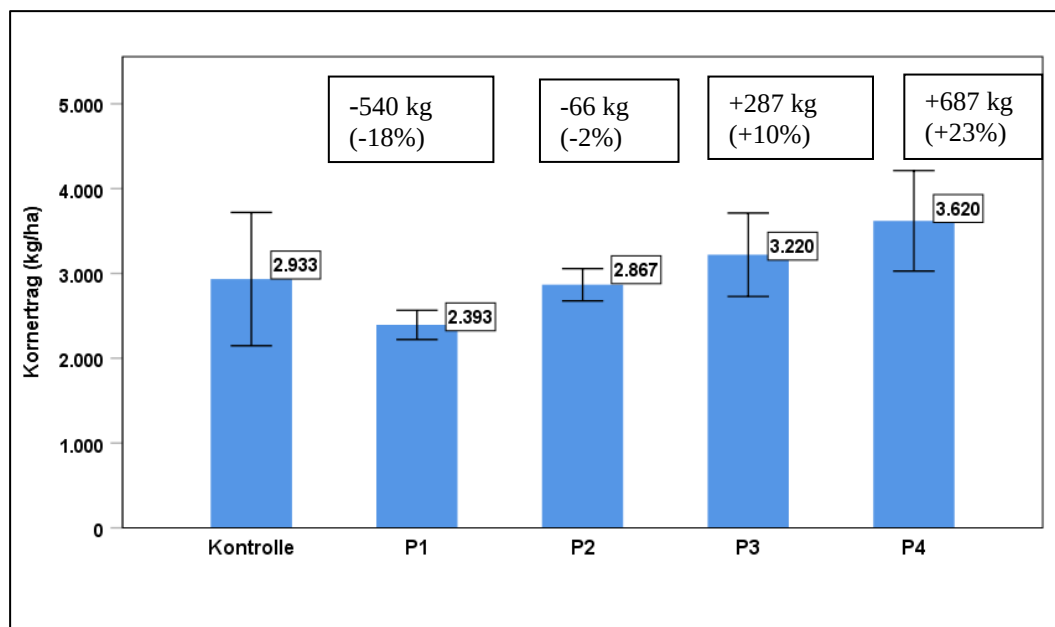


Abbildung 1: Mittlerer Kornertrag bei Bio-Sommergerste in einer AGRI-PV-Anlage im Versuchsjahr 2020 am Standort Guntramsdorf (Kontrolle=Freifläche; Probenentnahmestellen P1 bis P4: P1=ostseitig, P2=westseitig)

Wie beim Kornertrag konnte beim photosynthetischen Energieertrag (Korn und Stroh) und auch bei den Qualitätsparametern ein von der Ernteprobenentnahmestelle abhängiger Effekt festgestellt werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Mittlerer photosynthetischer Energieertrag und mittlere Qualitätsparameter bei Bio-Sommergerste in einer AGRI-PV-Anlage im Versuchsjahr 2020 am Standort Guntramsdorf (Kontrolle=Freifläche; Probenentnahmestellen P1 bis P4: P1=ostseitig, P2=westseitig)

	Kontrolle, Freifläche	P1	P2	P3	P4
Photosynthetischer Energieertrag in Körner + Stroh (GJ/ha)	122,7	100,3	120,0	134,7	151,3
TKG (g)	47,2 ^{b*)}	44,4 ^a	44,2 ^b	46,7 ^b	48,2 ^b
Hektolitergewicht (kg)	58,2	56,5	57,9	58,2	59,5
Vollgerstenanteil (%)	98,4	97,8	97,6	97,6	98,1

*) signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls, $p < 0.05$) sind durch unterschiedliche Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Es konnte da auch ein Ost/West-Gradient in der Hinsicht festgestellt werden, dass im ostseitigen Streifenbereich die Qualität tendenziell geringer war als im westseitigen Streifenbereich.

Bio-Fruchtfolge in der AGRI-PV Anlage Wien-Donaustadt Schafflerhofstraße (2022-2024)

Die drei-jährigen Ergebnisse zeigten, dass die Korn- und Biomasseerträge in der Mitte des Streifens über alle Ackerkulturen höher sind als im West- und Ostbereich (Tabelle 2). Der Westbereich (Morgensonne, Nachmittagsschatten) im Streifen zeigte geringere Biomasseerträge als im Ostbereich (Morgenschatten, Nachmittagssonne), was auf die bessere Nutzung der Globalstrahlung durch die Photosynthese durch verbesserte mikroklimatische Bedingungen hindeutet.

Tabelle 2: Mittlerer Korn- und oberirdische Biomasseertrag (Korn+Stroh) bei Bio-Ackerkulturen in einer AGRI-PV-Anlage am Standort Wien Schafflerhofstraße

Kornertrag (kg/ha)					
Kulturpflanze	Jahr	West	Mitte	Ost	Mittelwert
Winterweizen	2022	3647 ^b	3695 ^b	3145 ^a	3496
	2023	3218	3548	3493	3420
	2024	1827 ^a	3333 ^b	2052 ^a	2404
Wintergerste	2022	2939	3300	3572	3270
	2023	2348 ^a	5411 ^b	5645 ^b	4468
	2024	3205	4035	3298	3513
Winterdinkel	2022	1791	2393	2024	2069
	2023	5246	4999	4241	4829
	2024	1609	2586	2078	2091
Sojabohne	2022	722 ^a	1435 ^b	1009 ^a	1055
	2023	1286	1550	1290	1375
	2024	n.v	n.v.	n.v	n.v
Mittelwert		2531^a (87%)	3299^b (113%)	2895^{ab} (100%)	2908 (100%)
Oberirdische Biomasse (kg/ha) (Ernteindex %)					
Kulturpflanze	Jahr	West	Mitte	Ost	Mittelwert
Winterweizen	2022	7632 ^b (47,7)	7749 ^b (47,7)	6489 ^a (48,7)	7290 (48,0)
	2023	8535 (32,5)	8395 (36,3)	8197 (36,4)	8376 (35,1)
	2024	4558 ^a (40,5)	8273 ^b (40,5)	5053 ^a (40,5)	5961 (40,5)
Wintergerste	2022	5330 (55,0)	6337 (51,7)	6682 (53,3)	6116 (53,3)
	2023	4723 ^a (49,9)	10811 ^b (50,1)	11029 ^b (51,1)	8854 (50,4)
	2024	6168 (52,2)	7571 (53,2)	6394 (51,3)	6711 (52,2)
Winterdinkel	2022	5596 (32,2)	7613 (31,7)	6413 (31,6)	6541 (31,6)
	2023	11958 (43,8)	11906 (42,0)	10471 (40,4)	11445 (42,1)
	2024	5016 (32,1)	7587 (34,0)	5921 (34,7)	6192 (33,6)
Sojabohne	2022	2113 (34,3)	4168 (34,2)	2983 (33,9)	3088 (34,1)
	2023	3830 (33,5)	5403 (29,0)	4713 (27,4)	4649 (30,0)
	2024	n.v	n.v.	n.v	n.v
Luzerne	2022	8803 ^a	10583 ^b	8788 ^a	9391
	2023	6889 ^a	9512 ^b	7114 ^a	7838
	2024	6584	8268	7422	7424
Mittelwert		6267^a (88%)	8155^b (114%)	6976^a (98%)	7134 (100%)

Photosynthetischer und photovoltaischer Energieertrag pro Hektar (Wien, Schafflerhofstr.)

Bei kombinierter Nutzung (AGRI-PV mit Pflanzenbau) werden auf einer Gesamtfläche von 10.000 m² für die Stromproduktion 20% (=2000 m²) der Gesamtfläche benötigt und 80 % der Fläche (=8000 m²) für die Biomasseproduktion verwendet. Der 12-monatige Stromertrag betrug über die drei Versuchsjahre (2022-2024) durchschnittlich 296 MWh/ha und Jahr. Der photosynthetische Energieertrag in den Pflanzenbauprodukten (Korn und Stroh) war im Vergleich dazu gering; durchschnittlich 25 MWh/ha und Jahr. Die Vergleichs-PV-Anlage (geneigte PV-Anlage ohne Pflanzenbau mit einer projizierten PV-Anteil von 60%) am selbigen Standort zeigte einen Stromertrag pro Hektar, welcher um den Faktor 4,5 höher war als in der kombinierten Nutzung (AGRI-PV mit Pflanzenbau), (Abbildung 2).

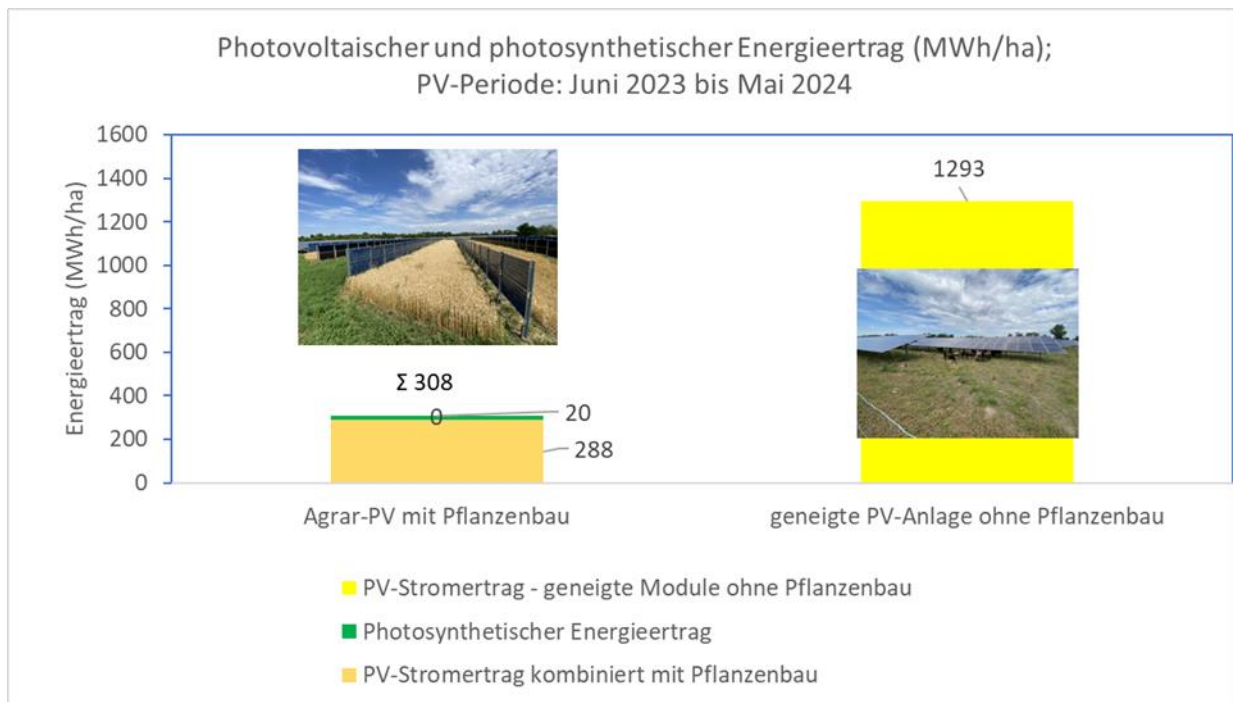


Abbildung 2: **Energieertrag in MWh/(ha*Jahr) in einer Agrar-PV-Anlage mit Pflanzenbau und in einer geneigten PV-Anlage ohne Pflanzenbau am Standort Wien-Donaustadt, Schafflerhofstraße (2022/2023)**

Die Berechnungen zur Nutzung der Globalstrahlung (Geosphere-Wetterstation Groß-Enzersdorf) zeigten, dass in der AGRI-PV-Anlage mit Pflanzenbau 2,5 % der Globalstrahlung photosynthetisch (Biomasse) und photovoltaisch (Strom) genutzt werden. In der geneigten PV-Anlage ohne Pflanzenbau wurde die Globalstrahlung mit 10,6 % für die Stromproduktion ausgenutzt, also wesentlich höher als in der AGRI-PV-Anlage mit Pflanzenbau.

Management der Trägergerüststreifen

Dabei werden unterschiedliche Varianten dieser Trägergerüststreifen, welche im Jahr 2021 angelegt wurden, getestet: Mulch mit Miscanthus-Häckselgut, Wildblumenmischung, ohne Bewirtschaftung. Mulchauflagen mit Miscanthus-Häckselgut konnten nur im ersten Jahr den Bewuchs mit Pflanzen mindern. Aufgrund der Bodenruhe und Bodenverdichtungen konnte sich die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) oder Beifuß (*Artemisia vulgaris*) nesterweise ab Jahr 2023 etablieren. Mögliche Auswirkungen auf die PV-Stromproduktion durch die zeitweilige Beschattung sind dann gegeben, wenn Pflanzen sehr hoch werden (> 1m).

Zusammenfassung:

Guntramsdorf (NÖ)

Die kombinierte Nutzung von Ackerflächen für die Stromerzeugung und Pflanzenproduktion im Rahmen von AGRI-PV-Anlagen ist eine Möglichkeit die solare Energiebindung zu erhöhen. Im AGRI-PV-Versuch (Nord/Süd-Ausrichtung) an der Freiflächenanlage von Wien Energie in Guntramsdorf konnte für die Vegetationsperiode 2020 bei Sommergerste gezeigt werden, dass Ertrags- und Qualitätsparameter einem Ost/West-Gradienten folgen. Diese Auswirkungen können einerseits durch Beschattungseffekt und andererseits durch den Windschutzeffekt der vertikalen PV-Module erklärt werden. Durch den Beschattungseffekt wird die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) im Tagesgang unterschiedlich an die Kulturpflanzen verteilt. Durch den Windschutzeffekt können veränderte mikroklimatische Bedingungen geschaffen werden, bei der insbesondere die veränderte Evotranspiration ertragswirksam wird. Im Durchschnitt war der Kornertrag und auch der photosynthetische Energieertrag zwischen den vertikalen PV-Modulen um 3% höher als in der Kontrolle.

Schafflerhofstraße (Wien Donaustadt)

Die kombinierte Nutzung der Ackerflächen für die Produktion von PV-Strom und pflanzlichen Lebensmittel wird an der AGRI-PV-Forschungsanlage Schafflerhofstraße der Wien Energie hinsichtlich Biomasse-, Energieerträge und Biodiversität untersucht. Die 8 m breiten Streifen für die ackerbauliche Nutzung ermöglichen einen optimierten Einsatz von Bodenbearbeitungs-, Sä-, Pflege- und Erntemaschinen. Die dazwischen liegenden Streifen (2 m breit) in dem das Traggerüst für die bifazialen PV-Module installiert sind, können als potenzielle Bereiche für die Biodiversitätsförderung dienen. Dabei werden unterschiedliche Varianten dieser Trägergerüststreifen, welche im Jahr 2021 angelegt wurden, getestet: Mulch mit Miscanthus-Häckselgut, Wildblumenmischung, ohne Bewirtschaftung, Mulchauflagen mit Miscanthus-Häckselgut konnten nur im ersten Jahr den Bewuchs mit Pflanzen mindern. Aufgrund der Bodenruhe und Bodenverdichtungen konnte sich die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) oder Beifuß (*Artemisia vulgaris*) nesterweise im Jahr 2024 etablieren.

Mögliche Auswirkungen auf die PV-Stromproduktion sind dann gegeben, wenn die Wildpflanzen mehr als einem 1 m hoch werden und es somit zur Beschattung der PV-Module kommt. Pflanzen in Wildblumenmischungen können z.T. auch sehr hoch werden und somit Beschattungseffekte bei den unteren PV-Modulen auslösen. Zudem wurde festgestellt, dass durch die langjährige Bodenruhe im PV-Traggerüstbereich eine Besiedlung durch Wirbeltiere (z.B. Mäuse) erfolgte was durch Erdbauten und -gänge sichtbar wurde. Die fünf-gliedrige Fruchtfolge (Luzerne – Winterweizen – Wintergerste – Sojabohne – Winterdinkel) wurde in die fünf 8 m - Streifen integriert.

Aus den drei Versuchsjahren zeigten sich, dass die vertikalen bifazialen PV-Module unterschiedlich auf die Biomasse- und Energieerträge reagieren. Die Nord-Süd ausgerichteten PV-Module führen auf Grund von Beschattungseffekten zu unterschiedlichen Biomassebildung innerhalb des 8 m Streifens. Die Biomasse- und photosynthetischen Energieerträge in der Mitte des Streifens sind höher als im Randbereich (summierter Beschattungseffekt). Bei der kombinierten Nutzung (PV + Pflanzenbau) werden 20 % der Ackerfläche für PV-Modulträgerstreifen und 80 % der Ackerfläche für den Pflanzenbau benötigt. Der photosynthetische Energieertrag der geernteten oberirdischen Biomasse beträgt weniger als 10 % der Gesamtenergieproduktion (photosynthetische Energiebindung und photovoltaische Stromproduktion) in der Agrar-PV-Anlage mit kombinierter Nutzung (Strom und Pflanzenbau). Der Stromenergieertrag in der PV-Periode Juni 2023 bis Mai 2024 war auf der geeigneten PV-Anlage ohne Pflanzenbau um den Faktor 4,5 höher als bei der Agrar-PV-Anlage mit kombinierter Nutzung (Strom und Pflanzenbau).

Die Ausnutzung der Globalstrahlung in der kombinierten Agrar-PV-Anlage betrug in der PV-Periode Juni 2023 bis Mai 2024 durchschnittlich 2,4 % (Strom und Biomasse) und in der geeigneten PV-Anlage ohne Pflanzenbau 10,1 % (nur Strom).

Abstract

The dual purpose utilization of arable land for crop production and electricity generation in AGRI-PV is a system for increasing the fixation of the solar radiation. In two research AGRI-PV plants of the Wien Energy GmbH in Eastern Austria (Guntramsdorf, Lower Austria and in Schafflerhofstrasse, Vienna) the effect of the vertical installed PV-panels on crop yield and quality as well as the electricity yield was investigated on a long run (2020, 2022-2024). There was an crop yield gradient from east to west – overall the crop yield was not lower than in the reference without PV. Also in the AGRI-PV-plant in Vienna an shadow effect of the vertical PV-modules on crop yield was detected. The highest yield was in the middle part of the crop strip. The photosynthetic energy yield in the crop accounts lower than 10% of the total energy yield (crop and electricity). In the conventional AGRI-PV-plant without crop production and with inclined PV-modules, the electricity yield was 4.5 higher than the electricity yield in the AGRI-PV with bifacial modules and crop production. The utilization of the solar radiation in the dual purpose AGRI-PV plant was 2.4% (electricity and crop biomass) and 10.1% (only electricity for the conventional AGRI-PV-plant without crop production and with inclined PV-modules).

Adressen der Autoren

¹ BOKU Universität, Department für Agrarwissenschaften, Versuchswirtschaft
Groß-Enzersdorf, Schloßhofer Straße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

² Wien Energie GmbH, Forschung und Energietechnologie, Thomas-Klestil-Platz 14, A-1030 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Gerhard MOITZI, gerhard.moitzi@boku.ac.at

Wassereffizienz von Bewässerungsanlagen

Efficiency of irrigation methods

Arno Kastelliz^{1*} und Reinhard Nolz²

Einleitung und Ziel

Welche Pflanzenart benötigt wie viel Wasser? Für Landwirte erweitert sich die Fragestellung üblicherweise um die Bedingung „um einen ausreichenden Ertrag zu produzieren“. Aber auch in der Beratung, Planung und öffentlichen Verwaltung ist diese Frage relevant. Eine bekannte Maßzahl dafür ist der Transpirationskoeffizient (TK). Damit wird ausgedrückt, wie viel Liter Wasser zur Bildung von einem kg, meist oberirdischer, Trockenmasse (TM) benötigt wird (Ehlers, 1997). Bei Kartoffeln, Zuckerrüben und Wurzelgemüse wird auch die geerntete unterirdische TM berücksichtigt. Umgekehrt zum TK drückt die Wassernutzungseffizienz (bezogen auf eine Pflanze) aus, wieviel kg Biomasse mit einem Liter Wasser gebildet werden (Nair et al., 2013).

Als Transpiration (T) bezeichnet man die Abgabe von Wasserdampf durch die Spaltöffnungen (Stomata) in den Blättern von Pflanzen. Dieser Prozess sorgt für die Kühlung der Pflanze und ermöglicht den Wasser- und Nährstofftransport von den Wurzeln bis in die Blätter. Nur ein geringer Anteil des aufgenommenen Wassers wird während der Photosynthese gespalten und trägt zum Aufbau pflanzeigener Substanzen bei. Wenn ausreichend Wasser im Boden vorhanden ist, wird die Transpiration von den atmosphärischen Bedingungen, insbesondere der Globalstrahlung und dem Sättigungsdefizit der Luft bestimmt. Wassermangel im Boden schränkt die Transpiration ein. Der TK ist somit ein pflanzenspezifischer Kennwert, der von den Umgebungsbedingungen beeinflusst wird. Zudem ist das Verhältnis von transpiriertem Wasser zu Trockenmasse nicht linear. Das bedeutet, dass größere Transpiration, z.B. infolge höherer Temperaturen, nicht zu einem gleichermaßen vergrößerten Ertrag führt. Dadurch kann der TK als Indikator für eine effiziente Wassernutzung angesehen werden.

Ehlers (1997) analysierte die in der Literatur angeführten TK von mehreren Pflanzenarten (Tabelle 1). Er stellte fest, dass viele der in Lehrbüchern angegebenen Werte im Vergleich zu neueren Versuchsergebnissen deutlich zu hoch waren. Zudem merkte er an, dass einige Publikationen keine Quellenangaben enthalten, während andere auf ältere Referenzen zurückgreifen, die ihrerseits wiederum auf noch frühere Quellen verweisen (z.B. Römer/Scheffer im Jahr 1953 auf Stranski aus 1932, dieser wiederum auf Hellriegel aus 1883 und Sorauer aus 1870). Das macht es schwierig, das genauere Prozedere der Berechnung nachzuvollziehen. Wird nämlich statt der schwierig zu ermittelnden Transpiration der „Gesamtwasserverbrauch“ inklusive Evaporation E (Verdunstung von Oberflächen) und Sickerwasser S (aus der Wurzelzone) in die Berechnung einbezogen, vergrößert sich der „Transpirationskoeffizient“ und wird zum „Evapotranspirationskoeffizienten ETK“ ((T+E)/oberirdische TM), bzw. zum „Wasserverbrauchskoeffizienten“ ((T+E+S)/oberirdische TM) (Ehlers, 1997).

Tabelle 1: Transpirationskoeffizienten TK (l Wasser/kg TM) verschiedener Feldkulturen der vergangenen 150 Jahre und deren Bezugsquellen (nach Ehlers, 1997)

Autor/Jahr	Römer/Scheffer/1953 aus Stranski/1932					Walter/1946		Larcher/1973	Mengel/1991	Kahnt/1995	Geisler/1998
Quelle/Jahr	Sorauer/1870	Hellriegel/1883	Schröder/1895	Shantz/1914	Tulaikow/1922	Stocker/1929	Maximow/1929	Shantz, Piemeisl/1927	Römer/Scheffer/1953	k.A.	k.A.
S-Weizen	450	338	390	491	415		435	540	491	500	500-600
Gerste	430	310	470	527	382			520	527		400-500
S-Roggen	370	353	349	634		685		630	634		
Hafer	570	376	391	583	430			580	583		600-700
Hirse			190	277	267	293		300	277		
Mais			179	349	240	368		370	349		300-400
Zuckerrübe		300		443		397		400	443		300-400
Kartoffeln		260		575		636		640	575		500-600
Lein				783		905		905	783		
Luzerne				844	586			840	844		
Ackerbohne								700			600-700

Für die von Geisler und Kahnt verwendeten Werte in Tabelle 1 sind keine Datenquellen bekannt. Alle anderen Transpirationskoeffizienten beziehen sich auf Quellen der Pionierzeit der akademischen Pflanzenwissenschaften und wurden in nicht mit österreichischen Produktionsräumen vergleichbaren Klimaregionen erhoben.

Im Falle einer Bewässerung wirkt sich die Art der Wasseraufbringung auf die Wasserverteilung am und im Boden aus. Bei einer Beregnung evaporiert Wasser in der Luft, von benetzten Blattoberflächen und

von unbewachsenem Boden. Bei einer Tropfbewässerung evaporiert weniger Wasser, aber die punktuelle Aufbringung kann zu einer ungleichmäßigen Verteilung in der Wurzelzone führen und die Wasseraufnahme beeinflussen. Somit hat das Bewässerungssystem einen direkten Einfluss auf den ETK und einen indirekten Einfluss auf den TK.

In diesem Beitrag werden Literaturangaben zum Transpirationskoeffizienten (TK) mit den im Rahmen von Versuchen an der LFS Obersiebenbrunn ermittelten Werten verglichen. Einige Versuchsdaten wurden unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bewässerungsmethoden erhoben.

Material und Methoden

An der LFS Obersiebenbrunn werden, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft der BOKU, seit 2018 bei Sojabohne, Weizen, Mais und Kartoffeln Versuche mit Tropf-, Rohrnetz- und Auslegerstativbewässerung durchgeführt. Darauf basierend wurden die Transpirationskoeffizienten (TK) ausgewählter Kulturen unter Einbeziehung von Niederschlag, Bewässerung und Ertrag berechnet. Die Niederschlagshöhen wurden mithilfe einer Wetterstation erfasst. Die Bruttobewässerungsvolumina wurden durch Durchflussmessungen in den Zuleitungen gemessen und auf die bewässerte Fläche bezogen, um entsprechende Bewässerungshöhen zu erhalten. Die Niederschlags- und Bewässerungsmengen von der Aussaat bis zur Ernte der jeweiligen Kultur wurden als Gesamtwasserverbrauch einbezogen. Niederschläge nach der Abreife oder dem Laubfall wurden nicht mehr berücksichtigt. Ehlers (1997) analysierte den Wasserverbrauch von Ackerbohnen und Hafer und stellte anhand von Lysimeterversuchen fest, dass im Durchschnitt über zwei Jahre etwa 20 % des Gesamtwasserverbrauchs durch Evaporation und 5 % durch Versickerung verloren gingen. Auf dieser Grundlage wurde für diesen Beitrag die Transpiration mit einem Anteil von 75 % am gemessenen Gesamtwasserverbrauch der Kulturen in Obersiebenbrunn berechnet.

Die Erträge wurden parzellenbezogen ermittelt. Für Körnermais und Weizen wurde die Trockenmasse der geernteten Körner bestimmt. Die Trockenmasse der geernteten Kartoffeln wurde durch Multiplikation des Knollenertrages mit dem Faktor 0,22 errechnet, bei Karotten wurde der Faktor 0,147 verwendet, bei Zuckerrüben der Faktor 0,146. Es handelt sich dabei um ortsübliche Umrechnungsfaktoren. Für den Vergleich mit Literaturwerten sei angemerkt, dass die exakte Ermittlung der TM in vielen Publikationen nicht spezifiziert wurde, was zu einer gewissen Interpretationsunsicherheit bei Vergleichen führt.

Darüber hinaus fehlen in älteren Publikationen Angaben zu den untersuchten Sorten. An der LFS Obersiebenbrunn wurde Hybridmais mit Reifezahl 400 (Temperatursumme 1730 °C) angebaut. Die Transpirationskoeffizienten aus der Literatur beziehen sich auf Sommerweizen, an der LFS Obersiebenbrunn wurde 2020 Winterweizen angebaut. Durch die längere Vegetationsperiode im Vergleich mit Sommerweizen wurden für Winterweizen deshalb 40 % mehr Niederschlag (im langjährigen Mittel) für die Berechnung herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die TK des frühen 20. Jahrhunderts liegen über jenen des 19. Jh. Bei Kartoffeln stimmen die TK des 19. Jh. mit jenen aus Obersiebenbrunn gut überein (Abbildung 1). Bei Körnermais liegen die TK im 19. Jh. unter den in Obersiebenbrunn erhobenen. Die TK von Weizen können nicht einfach verglichen werden da die Versuchsergebnisse des 19. und frühen 20. Jahrhunderts mit Sommerweizen gewonnen wurden, in Obersiebenbrunn aber Winterweizen angebaut wurde. Ob bei früheren Versuchen auch der Strohanteil berücksichtigt wurde, ist nicht bekannt. Bei den Versuchen an der LFS Obersiebenbrunn wurde nicht geerntete Biomasse (Stroh) nicht berücksichtigt. Ohne Bewässerung sind in Obersiebenbrunn im Vergleich zu bewässerten Pflanzen deutliche Ertragseinbußen festzustellen (Körnermais –12 %, Winterweizen –14 %). Bei Sojabohnen liegen die Ertragseinbußen zwischen –33 % und –37 %. Der TK für Sojabohnen liegt an der LFS Obersiebenbrunn bei durchschnittlich 1200 l/kg TM. Für Zuckerrüben hat Ehlers bei Versuchen 210 l erhoben, der Mittelwert an der LFS Obersiebenbrunn liegt bei 390 l, Shantz hat 1914 440 l veröffentlicht. Der TK für Karotten an der LFS O7b liegt im Durchschnitt der vergangenen 5 Jahre bei 770 l/kg TM.

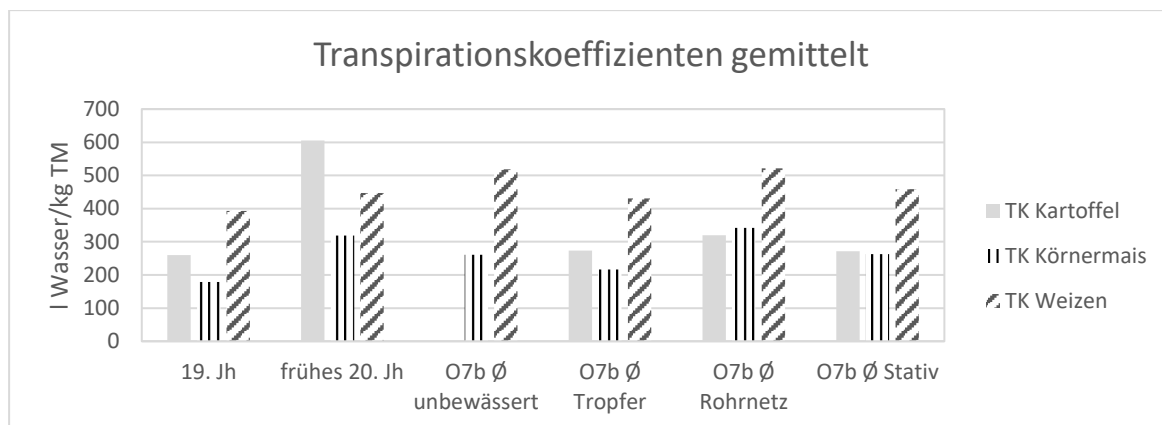


Abbildung 1: Transpirationskoeffizient in Liter Wasser/je kg TM bei Daten aus dem 19. Jh, der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts und Bewässerungsvarianten an der LFS Obersiebenbrunn

Tabelle 2: ausgewählte historische und aktuelle Transpirationskoeffizienten

TK (l Wasser/kg TM)	Sojabohne		Zuckerrübe							Karotten				
	LFS O7b		Shantz	Ehlers	LFS Obersiebenbrunn					LFS Obersiebenbrunn				
	2018	2019	1914	1976/86/89	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024
	1259	1134	443	210	461	354	291	477	364	689	759	507	794	1067

Zusammenfassung

Seit Beginn der Forschung an Nutzpflanzen versuchen Wissenschaftler herauszufinden, wie viel Wasser verschiedene Kulturpflanzen für ihr Wachstum benötigen – ausgedrückt in sogenannten Transpirationskoeffizienten. Allerdings gibt es im deutschsprachigen Raum bisher nur wenige veröffentlichte Daten, und vor allem fehlen Informationen, die auf die speziellen Umweltbedingungen im Nordosten Österreichs zutreffen.

Im Lehr- und Versuchsbetrieb der LFS Obersiebenbrunn wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft in den letzten Jahren intensiv an Bewässerungssystemen und -strategien geforscht. Dabei wurden wichtige Daten gesammelt, wie etwa Niederschlagsmengen, Bewässerungshöhen und Erträge verschiedener Pflanzen. Diese Daten wurden genutzt, um die Transpirationskoeffizienten für unterschiedliche Kulturen zu berechnen und mit bereits veröffentlichten Werten zu vergleichen.

Dabei zeigte sich, dass viele der bisherigen Studien oft ungenaue Angaben oder fehlende Details zur Methodik enthalten. Das erschwert die Interpretation der Ergebnisse und macht deutlich, dass in diesem Bereich noch viel Forschungsarbeit nötig ist.

Abstract

Since the beginning of research on crops, scientists have been trying to determine how much water different cultivated plants need for their growth—expressed in so-called transpiration coefficients. However, in German-speaking regions, there are currently only a few published data, and information tailored to the specific environmental conditions of northeastern Austria is lacking.

At the teaching and research facility of LFS Obersiebenbrunn, intensive research on irrigation systems and strategies has been conducted in recent years in collaboration with the Institute for Soil Physics and Rural Water Management. Important data, such as precipitation, irrigation amounts, and crop yields, were collected during this research. These data were used to calculate the transpiration coefficients for various crops and compare them with previously published values.

It became evident that many of the existing studies often lack precise information or detailed descriptions of the methodology. This makes interpreting the results challenging and highlights the need for further research in this area.

Literatur

EHLERS W. (1997): Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. In: Pflanzenbauwissenschaften, 1 (3) S. 97-108.

NAIR S., JOHNSON J., WANG C. (2013) Efficiency of irrigation water use: A review from the perspectives of multiple disciplines. Agronomy Journal, 105(2), S. 351-363

Adressen der Autoren

¹ Land Niederösterreich, LFS Obersiebenbrunn, Feldhofstraße 6, 2283 Obersiebenbrunn

² BOKU University, Department für Landschaft, Wasser und Infrastruktur, Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Muthgasse 18, 1190 Wien

* Ansprechpartner: DI Arno KASTELLIZ, arno.kastelliz@lfs-obersiebenbrunn.ac.at

Agroforst -eine Bewirtschaftungsform, die Ökonomie und Ökologie in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung verbinden kann

Agroforestry – a land use form that can combine economics and ecology in agricultural management

Johannes Schantl

Zusammenfassung

Unter Agroforst versteht man die bewusste Kombination und das gemeinsame Management von verholzenden Dauerkulturen und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen auf einer Fläche.

In silvopastoralen Systemen befinden sich die Bäume und/oder Büsche auf Grünland, welches oft auch beweidet wird. Silvoarable Systeme kombinieren Ackerbau und die mehrjährige verholzende Komponente.

Ziel in einem Agroforstsystem ist, die Wechselwirkungen zwischen einjährigen und mehrjährigen Kulturen bestmöglich zu nutzen. Diese Wechselwirkung wird beeinflusst 1.) Von den Standortbedingungen, 2.) von den gewählten Baumarten, 3.) von der Form der Grünland- oder Ackerkultur und 4.) von der Gestaltung des Agroforstsystems (Abstände zwischen und in den Reihen, Ausrichtung, Pflege, ...)

Agroforstsysteme haben bei entsprechender Planung und Ausführung mehrere Vorteile, z.B.:

- Ein besseres Landnutzung-Äquivalent, d.h. ein Agroforstsystem erzielt auf einem Hektar den gleichen Ertrag, für den bei getrennter Anlage 1,4 Hektar benötigt werden
- Verringerung von Windgeschwindigkeit und Verdunstung
- Schutz vor Wind- und Wassererosion
- Erhöhung der Struktur- und Habitatvielfalt in landwirtschaftlich geprägten Regionen
- Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz und Wertschätzung von Landwirtschaft

Nachteile ergeben sich aus

- dem rel. hohen Aufwand und den hohen Kosten bei der Etablierung mehrjähriger Kulturen
- sowie eine langfristige Kapital- und Flächenbindung
- Konkurrenzsituationen zwischen Gehölzen und Ackerkulturen um Licht, Nährstoffe, Wasser und Wuchsraum, die sich negativ auf das Pflanzenwachstum auswirken können

Agroforstversuche in der Steiermark brachten erste Erfahrungen hinsichtlich Baumartenwahl (Anpassung an Boden und Klima), einem am Anfang hohen Aufwand für Vorbeugung von Wildschäden, zur Behandlung der Gehölzstreifen (Mulchen, Mähen, Baumpflege, ...) und zur Wertastung.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für Agroforst sind inzwischen deutlich besser geworden (z.B. Waldwerdungsausnahme im Fortsgesetz); in evaluierten ÖPUL-Programm ist eine Förderung für Agroforststreifen vorgesehen.

Abstract

Agroforestry is the deliberate combination and joint management of permanent woody crops and agricultural crops on a single area.

In silvopastoral systems, the trees and/or shrubs are located on grassland, which is often also grazed. Silvoarable systems combine arable farming with the perennial woody component.

The goal of an agroforestry system is to maximize the interactions between annual and perennial crops. This interaction is influenced by 1.) the site conditions, 2.) the selected tree species, 3.) the type of grassland or arable crop, and 4.) the design of the agroforestry system (spacing between and within rows, orientation, maintenance, etc.).

Agroforestry systems have several advantages when properly planned and implemented, e.g.:

- A better land-use equivalent, i.e., an agroforestry system achieves the same yield on one hectare as would be required for a separate system on 1.4 hectares
- Reduction of wind speed and evaporation
- Protection against wind and water erosion
- Increased structural and habitat diversity in predominantly agricultural regions
- Increased social acceptance and appreciation of agriculture

Disadvantages arise from:

- the relative high effort and high costs in establishing perennial plants
- as well as long-term capital and land commitment
- Competition between woody plants and arable crops for light, nutrients, water, and growing space, which can negatively impact plant growth

Agroforestry trials in Styria provided initial experience with tree species selection (adaptation to soil and climate), the initial high expenditure for preventing wildlife damage, managing wooded strips (mulching, mowing, tree care, etc.), and pruning.

The legal framework for agroforestry has since improved significantly (e.g., the exemption from forestry in the Forestry Act); the evaluated ÖPUL program provides for funding for agroforestry strips.

Adresse des Autors

Versuchsstation für Pflanzenbau, 8361 Hatzendorf 110

Datenfusion und Auswerte-Framework für die Pflanzenwachstumsmodellierung in Österreich

Data fusion and evaluation framework to model crop growth in Austria

Andreas Ettlinger*, Stefan Geyer und Peter Prankl

Einleitung

Die Verbesserung der Düngereffizienz ist ein wesentlicher Faktor einerseits zur Reduktion der nachteiligen Einflüsse des Ackerbaus auf die Umwelt (Nitratauswaschung, Lachgas-Ausgasung) und andererseits zur Erhöhung der Deckungsbeiträge landwirtschaftlicher Betriebe über den effizienteren Einsatz von Betriebsmitteln. Die standortangepasste Düngung bietet das Potential, die Düngereffizienz signifikant zu verbessern (WANG et al. 2023). Ziel ist es, die Düngung auf den Nährstoffbedarf des Pflanzenbestandes sowie die verfügbaren Nährstoffe im Boden abzustimmen, welche auch innerhalb eines Feldes variieren können (GOBBO et al. 2022). Speziell die Verfügbarkeit von Nährstoffen im Boden hängt von einer Vielzahl von dynamischen Prozessen (z.B. Bodentemperatur und Wasserhaushalt) ab, welche über klassische Bodenproben betriebswirtschaftlich nicht sinnvoll überwacht werden können. Durch die technologischen Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung und der Fernerkundung, stehen Datenquellen zur Verfügung, welche sich gegenseitig ergänzen und in Kombination mit Boden- und Pflanzenwachstumsmodellen, das Monitoring der Prozesse im Boden und in der Pflanze ermöglichen. In diesem Beitrag wird ein Auswerte-Framework vorgestellt, in welchem die Boden- und Pflanzenwachstumsmodelle auf Basis von frei verfügbaren Wetter- und Bodendaten numerisch ausgewertet werden. Anschließend werden die Ausgabegrößen aus den Modellen statistisch optimal mit Fernerkundungsdaten kombiniert und somit die Genauigkeit verbessert. Zur Bewertung der Ergebnisse wird dieser Ansatz auf Parzellen eines Feldversuchs angewandt und mit den erhobenen Daten (d.h. Solldaten) verglichen.

Material und Methoden

Modelle: Das Auswerte-Framework setzt sich aus vielen Modellkomponenten zusammen, wobei man diese grob in Sonneneinstrahlung, Boden, Management und Pflanze unterteilen kann. Die Modellierung der Prozesse bezüglich Sonneneinstrahlung und Boden basiert im Wesentlichen auf SWAT (“Soil & Water Assessment Tool”) (NEITSCH et al. 2011). Hier werden die Strahlungsbilanz, Oberflächenwasser (Abfluss und Infiltration), Evapotranspiration, Bodentemperatur und Wasserhaushalt sowie die Nitrifikation berechnet. Der Boden wird in fünf Layer mit gleicher Ausdehnung unterteilt wobei, die maximale Tiefe durch die maximale Durchwurzelungstiefe beschränkt wird. Für jeden dieser Layer werden die Temperatur, der Wasser-, Nitrat- und Ammoniumgehalt modelliert.

Zur Modellierung des Pflanzenwachstums wird EPIC (“Erosion-Productivity Impact Calculator”) verwendet (WILLIAMS et al. 1989). In den entsprechenden Modellkomponenten werden die Pflanzenentwicklung, PAR (“photosynthetic active radiation”), der Blattflächenindex (LAI – “leaf area index”), Biomassezuwachs (oberirdische Biomasse, Wurzeln und Ertrag), Nährstoffbedarf, Wasser- und Nährstoffaufnahme sowie Stressfaktoren berechnet. Bei den Stressfaktoren werden Temperatur-, Wasser-, Bodenluft- und Stickstoffstress berücksichtigt, wobei nur der ausgeprägteste Stressfaktor Einfluss auf das Wachstum hat.

Bei den Nährstoffen wird in der vorliegenden Arbeit lediglich Stickstoff (N) modelliert. Bei den Management-Maßnahmen wird bei der mineralischen Düngung daher auch nur der N-Anteil berücksichtigt. Hier wird vereinfacht angenommen, dass der ausgebrachte Stickstoff (unterteilt in Nitrat und Ammonium) sofort im Boden verfügbar ist (d.h. Nitrat- und Ammoniumgehalt werden in den Boden-Layern um den entsprechenden Betrag erhöht). Die Aussaat und Ernte werden zur Definition von Beginn und Ende der Vegetationsperiode verwendet.

Alle Modelle werden in einem Zeitintervall von einem Tag berechnet bzw. Fortgeschrieben.

Datenquellen: Die für die Modellauswertung notwendigen Wetterdaten sind im INCA-Datensatz von GeoSphere Austria verfügbar und können direkt verwendet werden (<https://data.hub.geosphere.at/>). Die für den Boden notwendigen Eingangsdaten werden aus der digitalen Bodenkarte (eBod) abgeleitet

(<https://bodenkarte.at>). Benötigt werden neben dem Ton- und Sandgehalt (welche beide aus der Bodentextur der eBod berechnet werden) zusätzlich die maximale Durchwurzelungstiefe (abgeleitet aus der Gründigkeit der eBod), die hydraulische Leitfähigkeit und die Lagerungsdichte. Die hydraulische Leitfähigkeit wird über eine Pedotransfer-Funktion abgeleitet, wobei ebenfalls die Bodentextur der eBod als Eingangsparameter verwendet wird (TOTH et al. 2015). Die Lagerungsdichte wird über eine Regressionsfunktion aus dem Humusgehalt (eBod) und den zuvor berechneten Ton- und Sandgehalten bestimmt (HOLLIS et al. 2012). Die Pflanzen- bzw. Sortenparameter für das EPIC-Modell sind in (WILLIAMS et al. 1989) verfügbar. Zur Stützung der Modelle SWAT und EPIC wird der LAI aus wolkenfreien Sentinel-2 Bildern herangezogen (WEISS et al. 2020).

Auswerte-Framework: Die Modellgrößen sind in folgende Kategorien unterteilt: Die Zustandsparameter beschreiben die zu modellierenden Objekte bzw. Entitäten und müssen vor dem Beginn der Auswertung durch den Benutzer initialisiert werden. Diese weisen einen sehr dynamischen Charakter auf und werden täglich berechnet bzw. aktualisiert. Hierzu zählen Temperatur, Wasser-, Nitrat- und Ammoniumgehalt der Boden-Layer sowie der Temperaturindex (HUI - "heat unit index"), LAI, die Biomasse (gesamt und Wurzeln) und die akkumulierte N-Aufnahme des Pflanzenbestandes. Im Gegensatz zu den Zustandsparametern ändern sich die Hyper-Parameter nicht bzw. nur über vergleichsweise große Zeitintervalle. Hierzu zählen die Bodenparameter (Ton- und Sandgehalt, hydraulische Leitfähigkeit, Lagerungsdichte und maximale Durchwurzelungstiefe) sowie die Pflanzenparameter (Tabelle 2 in (WILLIAMS et al. 1989)). Die Beobachtungen sind Größen zur Fortschreibung bzw. Aktualisierung des Systems. Die Wetterdaten und der aus Sentinel-2 Bildern berechnete LAI fallen in diese Kategorie. Die verwendeten Modelle beinhalten eine Vielzahl weiterer Ausgangsgrößen, welche sich aus den zuvor dargestellten Größen täglich errechnen und daher nicht weiter kategorisiert werden.

Die verwendeten Modelle sind stark abhängig von den gewählten Startwerten der Zustandsparameter und den Hyper-Parametern. Um diese Unsicherheiten abzubilden, werden die Modelle numerisch mit Hilfe der Monte-Carlo Simulation ausgewertet (SALTELLI et al. 2008 S. 20-23). Hier wird nicht nur ein Zahlenwert für die Zustands- und Hyperparameter gewählt, sondern es werden Stichproben aus zuvor gewählten Wahrscheinlichkeitsverteilungen für diese Größen gezogen. D.h., die verwendeten Modelle werden so oft ausgewertet, wie die gewählte Größe der Stichprobe. Diese einzelnen Realisierungen werden auch Partikel genannt. Wenn redundante Information im System vorhanden ist, können Gewichte mit Datenfusions-Algorithmen für die einzelnen Partikel berechnet werden, was deren Streuung verringert. In dieser Arbeit wird hierfür das Bootstrap Particle Filter verwendet (CANDY 2007). Die aus Sentinel-2 Bildern berechneten Werte für den LAI entsprechen der redundanten Information.

Feldversuch: Der Feldversuch wurde 2024 auf einem Feldstück in der Gemeinde Wieselburg-Land, Bezirk Scheibbs, Niederösterreich durchgeführt. Die Versuchsfelder liegen im Alpenvorland auf einer Seehöhe von 260 m. Pseudovergleyte Lockersediment-Braunerden und Parabraunerden aus sandigem bis lehmigem Schluff aus Decklehm mit wechselfeuchten, schwach humos bis humoser Ackerkrume charakterisieren den Standort. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9,6 °C und der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt bei 902 l/m² auf. Die Witterung 2024 war durch einen überdurchschnittlich feuchten Winter geprägt, wobei insbesondere die Niederschlagsmengen im November und Dezember 2023 deutlich über dem langjährigen Mittel lagen. Das Frühjahr verlief bis Mitte April bei durchschnittlichen Niederschlägen überdurchschnittlich warm. Nach einer etwa zweiwöchigen Kältephase zeigte sich der Mai weitgehend ausgeglichen, ehe Mitte Juni ein markanter Temperaturanstieg einsetzte.

Der Versuch diente der Überprüfung, inwiefern sich die Minimierung der Bodenbearbeitung auf den Ertrag, den Pflanzenschutzmitteleinsatz, die Humuswirtschaft und damit auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Neben der Reduktion in der Bodenbearbeitung wurden acht Parzellen (100 m Bruttolänge, 15 m Bruttobreite) mit unterschiedlichen Stickstoff-Düngestrategien (siehe Tabelle 1) ohne Wiederholung getestet. Die Aussaat von Winterweizen (Sorte WPB Calgary) wurde am 14.10.2023 durchgeführt. Die NAC-Düngegaben erfolgten an den Tagen 04.03.2024, 08.04.2024 und 13.05.2024. Die Ernte wurde am 20.07.2024 durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Es werden zwei Auswertevarianten durchgerechnet. In der ersten Variante (Modellfortschreibung bzw. "model propagation") werden LAI-Beobachtungen aus den Sentinel-2 Bildern nicht berücksichtigt. D.h., die Modelle SWAT und EPIC werden ohne redundante Beobachtungen fortgeschrieben. In der zweiten Variante werden die Modelle SWAT und EPIC mit den LAI-Beobachtungen aus den Sentinel-2 Bildern in einem Bootstrap Particle Filter (BPF) fusioniert. In beiden Varianten beträgt die Stichprobengröße 10.000 und startet am 01.09.2023 und endet am 31.08.2024.

Abbildung 1 zeigt die resultierenden Werte für den LAI. Sobald die erste LAI-Beobachtung (violette "x" am 15.03.2024) im BPF verwendet wird, reduziert sich die Streuung der Partikel stark. Im April 2024 gibt es kaum wolkenfreie Sentinel-2 Bilder, wodurch sich durch das Fehlen von redundanten Beobachtungen die Streuung wieder erhöht. Der LAI wird im EPIC-Modell ab einem bestimmten HUI-Wert (Hyper-Parameter) mit null angenommen. Das widerspricht den beobachteten LAI-Werten im Juni 2024 deutlich und man sieht, dass in der BPF-Variante die Reduktion auf null um ca. 2 Wochen verschoben wird.

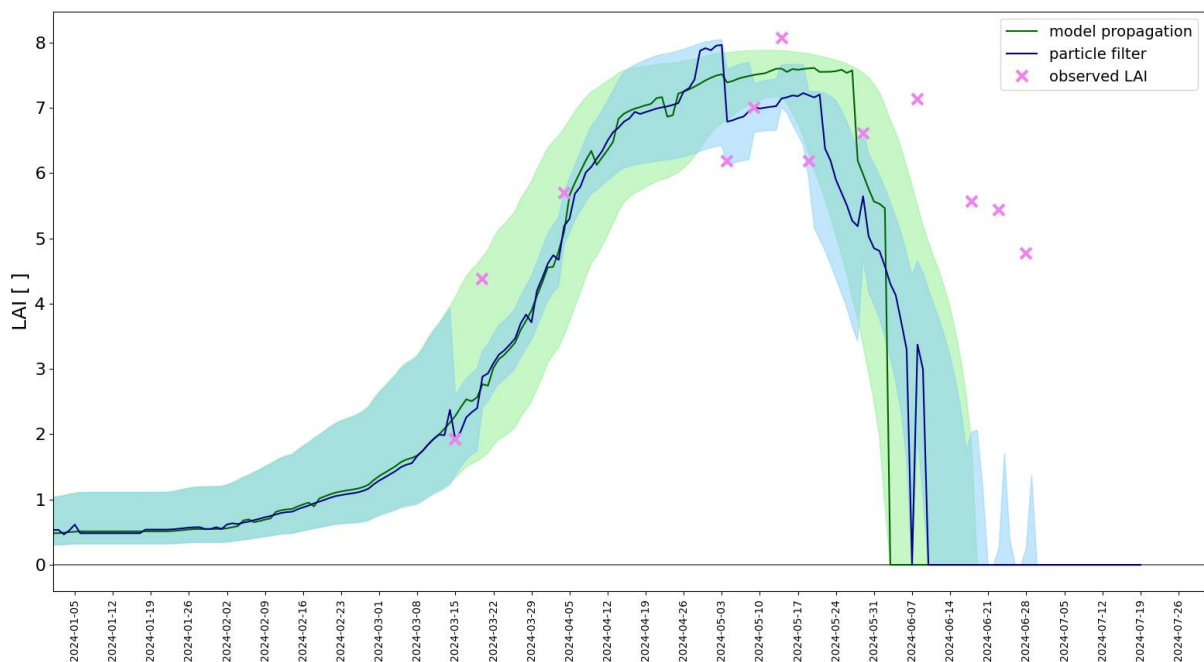


Abbildung 1: LAI-Berechnung in der Nges 200-Variante mit Modellfortschreibung ("model propagation" - ohne LAI-Beobachtungen aus Sentinel-2 Bildern) und mit Particle Filter ("particle filter"). Die Linien entsprechen dem Modus (d.h. dem häufigsten Wert) und die farbigen Bereiche dem 90%-Konfidenzintervall.

Die Hinzunahme der LAI-Beobachtungen wirkt sich positiv auf den berechneten Ertrag aus. Abbildung 2 zeigt erneut, dass sich die Streuung der Partikel ab der ersten LAI-Beobachtung stark reduziert und der berechnete Ertrag liegt zum Erntezeitpunkt auch näher an dem erhobenen Wert. Tabelle 1 fasst die Abweichungen der berechneten Erträge zu den erhobenen Erträgen - welche als Sollwert fungieren - zusammen. Die Abweichungen entsprechen dem Median der Absolutbeträge der Abweichungen aller 10.000 Partikel vom Sollwert (MAD - "median of absolute deviations"). In beiden Auswertevarianten werden die Erträge bei den niedrigen N-Düngegaben eklatant unterschätzt. Das ist ein deutliches Indiz für das Fehlen einer Mineralisierungskomponente, da bei niedrigen bzw. ausbleibenden N-Düngegaben offenbar trotzdem Stickstoff aus dem Boden nachgeliefert werden kann. Bei N-Düngermengen ab 160 kg N/ha betragen die Ertrags-Abweichungen im Mittel 746 kg/ha bei der Modellfortschreibungsvariante und 515 kg/ha in der BPF-Variante. Die Hinzunahme von redundanten Beobachtungen wirkt sich somit positiv auf die Genauigkeit des Auswerte-Frameworks aus.

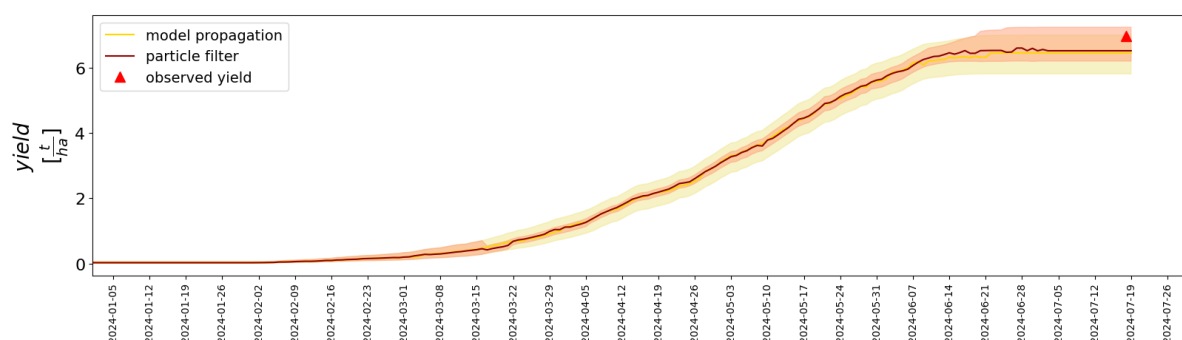


Abbildung 2: Ertragsberechnung in der Nges 200-Variante mit Modellfortschreibung ("model propagation" - ohne LAI-Beobachtungen aus Sentinel-2 Bildern) und mit Particle Filter ("particle filter"). Die Linien entsprechen dem Modus (d.h. dem häufigsten Wert) und die farbigen Bereiche dem 90%-Konfidenzintervall.

Tabelle 1: Versuchspartzellen inkl. Düngungsvariante und erhobenem Ertrag. Negative MAD-Werte bedeuten, dass die entsprechende Auswertvariante den tatsächlichen Ertrag unterschätzt.

Düngungsvariante	Erhobener Ertrag [kg/ha]	MAD Modellfortschreibung [kg/ha]	MAD Partikelfilter [kg/ha]
Nges 0 (0-0-0)	5.837	-3.590	-3.450
Nges 40 (40-0-0)	5.511	-2.287	-2.137
Nges 80 (40-40-0)	7.056	-2.903	-2.786
Nges 120 (40-80-0)	7.431	-2.390	-2.301
Nges 160 (40-40-80)	6.431	-752	-594
Nges 200 (40-80-80)	6.952	-705	-463
Nges 240 (80-80-80)	7.351	-475	+184
Nges 300 (100-100-100)	7.429	-1.052	-820

Die vorliegenden Ertragsabweichungen sind noch nicht zufriedenstellend, sie zeigen aber das Potential von Datenfusions-Algorithmien. Im aktuellen Zustand des Auswerte-Frameworks ist die Modellkomplexität und die Redundanz noch gering. Durch Verfeinerung und Erweiterung der Modelle sowie die Hinzunahme weiterer redundanter Beobachtungen (z.B. Sentinel-1 oder Bodensensoren) soll das Auswerte-Framework verbessert werden. Weiters ermöglicht die Vielzahl an Ausgangsgrößen ein umfassendes Monitoring des Bodens und des Pflanzenbestandes. Dieses detaillierte Wissen über die Prozesse im Boden bieten das Potential, in der Düngung optimal auf den Zustand des Bodens und des Pflanzenbestandes zu reagieren. So können die Emissionen reduziert und die Dünger-Effizienz erhöht werden.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird ein Auswerte-Framework vorgestellt, welches auf Basis von frei verfügbaren Daten, Prozesse im Ackerbau (Boden und Pflanzenwachstum) modelliert. Es handelt sich um physikalisch definierte Modelle, welche numerisch ausgewertet werden. Durch die Hinzunahme von redundanten Fernerkundungsdaten (LAI aus Sentinel-2 Bildern), können diese Modelle in einen Datenfusionsalgorithmus (Bootstrap Particle Filter) integriert werden, wodurch sich die Genauigkeit der Ausgangsgrößen verbessert. Das Auswerte-Framework wurde auf Parzellen eines Feldversuches validiert. Durch die Integration von Wachstumsmodellen mit Fernerkundungsdaten werden die Abweichungen des berechneten Ertrags zur Ernte im Vergleich zum erhobenen Ertrag im Schnitt um 177 kg/ha reduziert. In den Parzellen mit niedrigen N-Düngegaben wird der Ertrag eklatant unterschätzt, was auf das Fehlen einer N-Mineralisations-Modellkomponente zurückzuführen ist. Bei höheren N-Düngegaben sinken die mittleren Abweichungen des berechneten Ertrags auf bis zu 184 kg/ha.

Abstract

An evaluation framework is presented in this contribution which models processes in arable farming (soil and crop growth) based on publicly available data. The used models are physically defined and are

numerically evaluated. By adding redundant remote sensing data (LAI from Sentinel-2 images), it is possible to integrate these models into a data fusion algorithm (bootstrap particle filter) such that the accuracy of the output variables can be improved. The evaluation framework is validated on parcels of a field trial. Through the integration of crop growth models and remote sensing data, the deviations of the computed yield at harvest with respect to the surveyed yield are reduced by 177 kg/ha in average. In parcels with low applied N-amounts, the yield is blatantly underestimated. This can be explained by a missing N-mineralization model component. In parcels where the applied N-amount is higher, the mean deviations of the computed yield reduce to 184 kg/ha.

Literatur

- CANDY J (2007): Bootstrap particle filtering. IEEE Signal Processing Magazine 24, 4, 73-85.
- GOBBO S, De ANTONI MIGLIORATI M, FERRISE R, MORARI F, FURLAN L, SARTORI L (2022): Evaluation of different crop model-based approaches for variable rate nitrogen fertilization in winter wheat. Precision Agriculture 23, 1922-1948.
- HOLLIS J, HANNAM J, BELLAMY P (2012): Empirically-derived pedotransfer functions for predicting bulk density in european soils. European Journal of Soil Science 63, 96-109.
- NEITSCH S, ARNOLD J, KINIRY J, WILLIAMS J (2011): Soil and water assessment tool. Theoretical Documentation. Version 2009. TR-406, College of Agriculture and Life Sciences, Texas A&M University, USA.
- SALTELLI A, CHAN K, SCOTT E (2008). Sensitivity Analysis. John Wiley & Sons LTD, New York, USA.
- TOTH B, WEYNATS M, NEMES A, MAKÓ A, BILAS G, TOTH G (2015): New generation of hydraulic pedotransfer functions for Europe. European Journal of Soil Science 66, 226-238.
- WANG Y, YUAN Y, YUAN F, ATA-UI-KARIM S, LIU X, TIAN Y, ZHU Y, CAO W, CAO Q (2023): Evaluation of variable application rate of fertilizers based on site-specific management zones for winter wheat in small-scale farming. Agronomy 13, 2812.
- WEISS M, BARET F, JAY S (2020): S2ToolBox Level 2 products: LAI, FAPAR, FCOVER. Version 2.0. INRAE Institut national de la recherche agronomique, Paris, Frankreich.
- WILLIAMS J, JONES C, KINIRY J, SPANIEL D (1989): The EPIC crop growth model. Transactions of the ASAE 21, 2, 497-511.

Adresse der Autoren

HBLFA Francisco Josephinum Wieselburg, Weinzierl 1, A-3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: DI Dr. Andreas ETTLINGER, andreas.ettlinger@josephinum.at

Gleichstandsaat als Grundlage für Präzisionsapplikationen im Pflanzenbau

Uniform sowing patterns as the basis for precision

applications in crop production

Jan-Uwe Niemann¹, Heike Lehnert², Lorenz Kottmann³ und Jens Karl Wegener¹

Einleitung

Die Verbesserung der Ertragsstabilität unter sich ändernden Umwelt- und Anbaubedingungen, wie z.B. den immer häufiger auftreten biotischen und abiotischen Stressereignissen oder der Forderung nach weniger Ressourceneinsatz in Form von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, stellt Landwirte heute und auch in Zukunft vor neue Herausforderungen. Die Forschung versucht durch neue Forschungsansätze in den Bereichen Pflanzenzüchtung, Pflanzenernährung, Pflanzenschutz oder Bodenwissenschaften Antworten zu finden. Um allerdings Lösungen für diese komplexen Herausforderungen bereitstellen zu können, benötigt es komplexe Ansätze, die nicht nur Einzeldisziplinen betrachten, sondern Pflanzen- oder Anbausysteme als Ganzes verbessern. Anbausysteme sind heute vor allem durch den Einsatz der vorhandenen Maschinen, also von der Technik geprägt, wodurch das pflanzenbauliche Optimum oft nicht erreicht werden kann. Die AG Neue Pflanzenbausysteme des JKI hat sich daher zum Ziel gesetzt einen Beitrag zur Optimierung von Anbausystemen zu leisten und somit langfristig die Ertragsstabilität zu verbessern. Dabei soll u.a. mehr Augenmerk auf die Einzelpflanzenleistung geworfen werden. Dieses soll durch die Etablierung und Evaluierung von Gleichstandsautsystemen, wie der Aussaat von Getreide im Gleichstandsaut im Dreiecksverband, erreicht werden. Durch die Aussaat von Getreide in Gleichstandsaut wird der Standraum der Einzelpflanze optimiert und somit die intraspezifische Konkurrenz um Ressourcen (Wasser, Licht, Nährstoffe) reduziert. Es wird davon ausgegangen, dass somit die Einzelpflanzenleistung und damit auch die Ertragsstabilität des gesamten Anbausystems erhöht werden kann. Zudem ergeben sich durch das exakte Aussaatmuster weitere Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich der Bestandsführung. Durch die exakte Saatgutablage und damit kombinierter Georeferenzierung der Pflanzen wird eine Verbesserung bei der mechanischen Unkrautbekämpfung in Getreide, sowie der exakten Dünge- und Pflanzenschutzmittelanplikation gesehen. Bisher steht jedoch in der Praxis keine Aussaattechnik zur Verfügung, die eine Aussaat von Getreide in Gleichstandsaut im Dreiecksverband realisieren kann. Es wurde daher ein Prototyp einer Einzelkornsämaschine zur Aussaat von Getreide in Gleichstandsaut konzipiert. Basis dafür lieferten Säaggregate einer Mini Air Nova der Firma Kverneland.

Etablierung und Evaluierung von Gleichstandsautsystemen in Weizen

Die ersten Versuche zur Etablierung von Gleichstandsautsystemen in Getreide wurden mit Saatgutschablonen angelegt. Seit der Anbausaison 2019 stand ein Prototyp einer Einzelkornsämaschine (Mini Air Nova) zur Aussaat von Getreide in Gleichstandsaut im Dreiecksverband zur Verfügung, welcher die Anlage von umfangreichen Versuchen ermöglichte (Abb.1). Einer dieser Versuche ging der Frage nach, ob es genotypische Unterschiede in der Eignung von Weizensorten für den Anbau in Gleichstandsautsystemen gibt. Um dieser Frage nachzugehen wurde in den Anbaujahren 2019/20, 2021/22 und 2022/23 eine diverse Kollektion, bestehend aus 79 Weizengenotypen (zugelassen für den konventionellen Anbau, zugelassen für den ökologischen Anbau, Hybriden und genetische Ressourcen des Weizens), in Quedlinburg in zweifacher Wiederholung in Drillsaat (350 Kö./ m²) und Gleichstandsaut (150 Kö./ m²) angebaut. Es wurden der Kornertrag und die Ertragskomponenten erfasst. In allen Anbaujahren trat moderate bis starke Frühsommer- und/oder Sommertrockenheit auf. Unter den vorherrschenden Trockenstressbedingungen konnte im Mittel über alle Versuchsjahre ein mittlerer Mehrertrag von 10 %



(© Daniel Herrmann, JKI)

Abb.1: Aktuelle Version der Sämaschine für Gleichstandsaut im Dreiecksverband

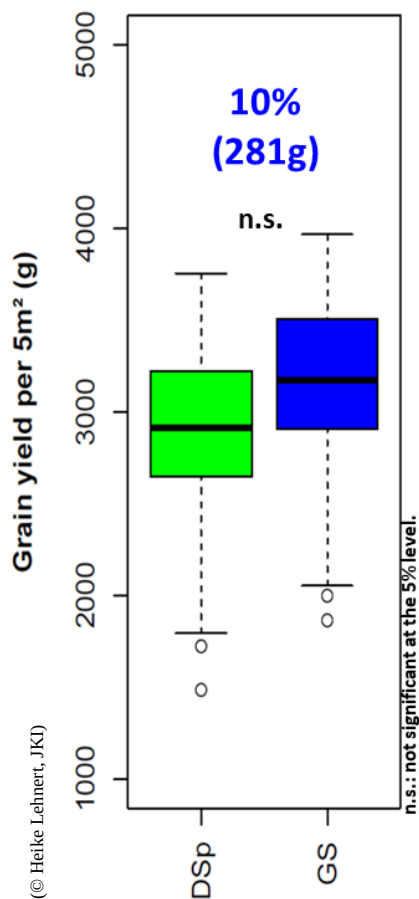
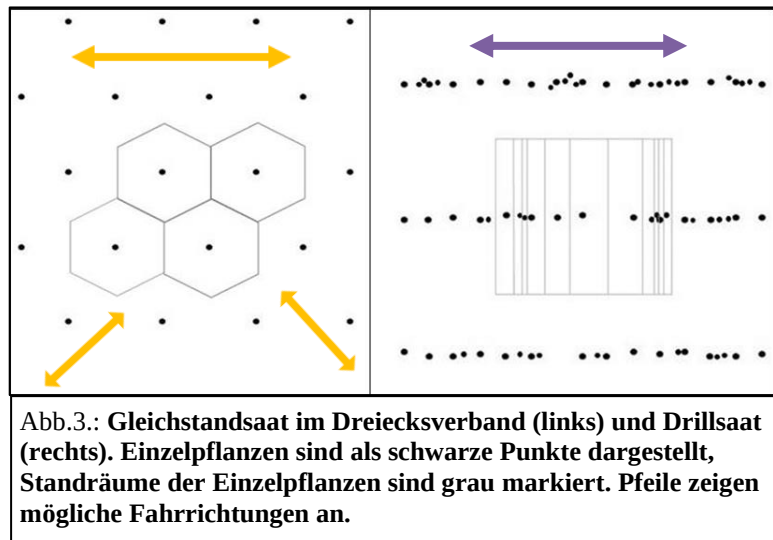


Abb.2: Kornertag (g/5m²) der Drillsaat (Dsp) und der Gleichstandsmaat (GS)

in der Gleichstandsmaatvariante im Vergleich zur Drillsaatvariante aufgezeigt werden (Abb.2). Der Ertragsunterschied war allerdings nicht signifikant ($p \leq 0.05$). Jedoch konnte ein signifikant positiver Effekt ($p \leq 0.05$) auf die untersuchten Ertragskomponenten unter Gleichstandsmaatbedingungen im Vergleich zu Drillsaatbedingungen nachgewiesen werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich der Anbau von Weizen in Gleichstandsmaat positiv auf den Kornertag und die untersuchten Kornertagsparameter unter Trockenstressbedingungen auswirkte. Es konnten in der Gleichstandsmaatvariante mit stark reduziertem Saatguteinsatz vergleichbare Erträge im Vergleich zur Drillsaatvariante erzielt werden. Über den Effekt der Gleichstandsmaat unter Normalbedingungen können basierend auf den vorliegenden Daten keine Aussagen getroffen werden. Zudem konnte gezeigt werden, dass es genotypische Unterschiede in der Eignung von Weizen für den Anbau in Gleichstandsmaat gibt. Basierend auf genetischen Daten sollen weiterführende Erkenntnisse gewonnen werden. Die Aussaat von Getreide in Gleichstandsmaat lässt, vor allem unter limitierenden Standortbedingungen, viele pflanzenbauliche Vorteile erwarten. Weiterführende Versuche sind jedoch notwendig, um offene Fragen z.B. hinsichtlich optimaler Aussaatstärke und Aussaattermin zu beantworten und die Überführung in die Praxis zu gewährleisten. Die Ergebnisse zeigen einen durchschnittlichen Mehrertrag in der Gleichstandsmaat von 10% über die Versuchsjahre. In allen Versuchsjahren gab es auf dem Versuchsstandort Quedlinburg moderat trockene bis sehr trockene Verhältnisse. Da solche Ereignisse vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen zukünftig eher zunehmen werden, ist die Gleichstandsmaat womöglich auch ein Werkzeug für die Steigerung der Resilienz von Anbausystemen. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass das Optimum für Sorten, Aussaatstärken und auch Aussaattermine weiterhin unbekannt ist, so dass hier womöglich noch sehr große Potenziale vorhanden sind. Neben den reinen Ertragsaspekten konnte der Versuch aber auch zeigen, dass die Eignung für die Gleichstandsmaat auf genotypische Unterschiede zurückgeführt werden kann. Dazu laufen aktuell weitere Untersuchungen. Derzeit werden in den Projekten NAWIRA (Flächige Düngung) und EXAKT (Einzelpflanzendüngung) die Möglichkeiten zu einer Reduzierung der Düngeintensität in Raps unter Gleichstand- und Normalbedingungen evaluiert. Das Projekt Hybridsquare soll sich mit der Eignung von Hybridweizen in Gleichstandsmaatsystemen beschäftigen.

Grundlage für Präzisionsapplikationen

Durch die gleichmäßige Verteilung der Pflanzen im Feld ergeben sich neben der Maximierung des Standraums der Einzelpflanze auch mehr Möglichkeiten bei der Befahrbarkeit. Wo in der Drillsaat nur parallel zur Reihe gefahren werden kann, ist im Gleichstandverband auch ein Befahren in Querrichtung möglich (Gleichstand im Quadratverband). Bei der Gleichstandsvariante im Dreiecksverband sind sogar drei mögliche Richtungen für eine Überfahrt gegeben (siehe Abb.3). Der definierte Zwischenraum in der Reihe erweitert die Möglichkeiten einer mechanischen Unkrautbe-



kämpfung im Vergleich zur klassischen Drill- oder Einzelkornsaat, bei denen eine Unkrautbekämpfung in der Reihe bei Reihenkulturen mindestens schwierig und technisch aufwändig ist, in Drillsaaten wie Getreide nahezu unmöglich. Bei Kulturpflanzen mit weiteren Abständen, wie z.B. Mais oder Zuckerrübe ist aktuell schon eine Aussaat im quadratischen Gleichstand mit modifizierten Einzelkornsämaschinen möglich. Am JKI wurde im Projekt OptiKult eine spezielle Aussaattechnik entwickelt, die bei der Ablage von Zuckerrübensaatgut im Dreiecksverband auch die Geoposition einer jeder Einzelpflanze erfasst. Daneben sind kommerzielle Systeme (z.B. Geoseed 2) erhältlich. Diese Daten können für Folgearbeiten, wie der Düngung und dem Pflanzenschutz genutzt werden. Dies ermöglicht auch sehr präzise Behandlungen im Voraufstadium. Nach dem Auflaufen können die bekannten Einzelpflanzenpositionen mit vergleichsweise geringerem technischen Aufwand nachträglich korrigiert werden, da sich durch das Auflaufen der Pflanzen geringfügige Unschärfen in der Saatmatrix ergeben können. Geeignet dafür sind einfache Sensoren zur Grünerkennung, die nicht die gesamte Fläche, sondern nur die bekannte Geoposition plus dem Unschärfebereich abtasten muss. Im Vergleich zu Systemen der Pflanzenerkennung mit Kamera und Bildauswertung, verringert sich der technische Aufwand erheblich. Die Ermittlung der Standorte der Einzelpflanzen ermöglicht dann eine einzelpflanzenspezifische Behandlung bei der Düngung und bei Pflanzenschutz. Auch bei alternativen Verfahren zum chemischen Pflanzenschutz können die Geodaten der Einzelpflanzen für gezielte Eingriffe verwendet werden.

Zusammenfassung

Die Gleichstands- und Drillsaat beschreibt ein Saatsystem, bei dem alle Pflanzen im Feld den gleichen Abstand zueinander haben. Dies führt zu einer gleichmäßigeren Standraumverteilung im Feld und einer Maximierung des Standraums für die Einzelpflanze. Dadurch können sich die Pflanzen mehr Wurzelraum für ihre Entwicklung und Zugang zu Licht, Pflanzennährstoffen und Wasser erschließen. Hierdurch ist es möglich, mit einer deutlich reduzierten Aussaatmenge gleiche und unter Stressbedingungen auch im Vergleich höhere Erträge zu erwirtschaften. Ein weiterer Vorteil des Saatsystems liegt in den zusätzlichen Optionen in der Bearbeitungsrichtung im Pflanzenbestand und der Möglichkeit, durch Georeferenzierung eine sehr genaue Applikation von z.B. Dünger oder Pflanzenschutzprodukten bis hinunter zur Einzelpflanzenbehandlung durchzuführen.

Neben höheren und stabileren Erträgen sind auch Vorteile hinsichtlich Ressourcennutzungseffizienz, Stresstoleranz und Unkrautunterdrückungsvermögen zu erwarten. Durch modifizierte Einzelkornablagetechnik ist eine Aussaat im Gleichstand bei Reihenkulturen wie z.B. Mais oder Zuckerrübe schon jetzt möglich, im Getreide durch fehlende Maschinenteknik leider noch nicht. Für Versuche wurde ein Prototyp einer Einzelkornsämaschine für die Aussaat von Getreide in Gleichstands- und Drillsaataus marktverfügbaren Komponenten gebaut und über mehrere Jahre für. Die mehrjährigen Versuche zeigten eine Vorzüglichkeit der Gleichstands- und Drillsaat (150 Körner/m²) gegenüber der klassischen Drillsaat (350 Körner/m²) durch gleichen bis leicht erhöhte Erträgen unter Trockenstressbedingungen. Zusätzlich werden Durch die

gleichmäßigen Abstände der Pflanzen in einem sich wiederholenden Muster die Befahrmöglichkeiten erweitert und ein Wiederfinden der Pflanzen durch Sensorik deutlich vereinfacht. Besonders im Bereich der mechanischen Hacktechnik und bei Möglichkeiten der Einzelpflanzenbehandlung zeigt die Gleichstandsart Vorteile gegenüber der klassischen Drillsaat.

Abstract

The uniform sowing method describes a sowing system in which all plants in the field have the same distance to each other. This leads to a more even distribution of standing space in the field and maximises the growing space for the individual plant. As a result, the plants have more root space for their development and access to light, plant nutrients and water. The reduced intraspecific competition between the crop plants also results in morphological changes to the plants, e.g. faster ground cover due to broader growth and a significant increase in individual plant performance. Consequently, it is possible to achieve the same yields with a significantly reduced sowing rate and even higher yields in comparison under stress conditions. A further advantage of the sowing system are the additional options in the direction of cultivation in the crop and the possibility of very precise application of fertiliser or crop protection products, for example, down to individual plant treatment through georeferencing.

In addition to higher and more stable yields, advantages can also be expected in terms of resource utilisation efficiency, stress tolerance and weed suppression capacity. Using modified single seed placement technology, it is already possible to sow row crops such as maize or sugar beet in the same row, but unfortunately not yet in cereals due to a lack of machine technology. For trials, a uniform sowing machine was built from commercially available components and used over several years for field trials in the areas of technology, breeding, plant cultivation and plant protection. The trials conducted over several years showed the advantages of the uniform sowing method (150 grains/m²) over the classic drill sowing method (350 grains/m²), with the same to slightly higher yields and lower resource input. Under conditions of drought stress, the advantages of the uniform sowing method increase significantly. In addition, the even spacing of the plants in a repeating pattern expands the possibilities for driving on and makes it much easier to find the plants using sensors. Particularly in the area of mechanical hoeing technology and the possibilities of individual plant treatment, uniform sowing has advantages over classic drill sowing.

Adressen der Autoren

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Deutschland:

¹ Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz; Braunschweig,

² Institut für die Sicherheit biotechnologischer Verfahren bei Pflanzen; Quedlinburg,

³ Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

Soybean Property Estimation using RGB and NIRS data

Schätzung der Eigenschaften von Sojabohnen anhand von RGB- und NIRS-Daten

Ufuk Can Bicici*, Peter Riegler-Nurscher, Matthias Trimmel

Introduction

Soybean (*Glycine max*) is one of the world's most important agricultural commodities, serving as a major source of plant protein and oil for both food and feed (Zhu, 2019). Each soybean seed contains roughly 40% protein and 20% oil by weight (Tewari, 2016), making this crop a critical feedstock for nutritious food products, livestock feed, and various bio-based industries. Effective quality control in soybean processing requires reliable estimation of key post-harvest attributes such as protein content, moisture (water) content, oil content, and trypsin inhibitor activity. These parameters collectively determine the beans' nutritional and processing quality: protein and oil levels dictate the economic value and nutritional content, moisture content influences storability and spoilage risk, and trypsin inhibitor activity reflects anti-nutritional factors that can hinder protein digestion if not adequately deactivated (Luo, 2025). However, accurately measuring these traits has traditionally required destructive, time-consuming laboratory assays, which are impractical for high-throughput screening (Kobs, 2024). This challenge underscores the need for rapid, non-destructive techniques to assess soybean quality in situ (Zhang, 2025).

In response to these challenges, optical sensing methods have been gaining attention as a non-invasive alternative. Near-infrared (NIRS) spectroscopy, for instance, has been successfully used to rapidly estimate soybean composition and even trypsin inhibitor levels via chemometric calibration models (Hoffmann, 2017). Building on such capabilities, this study employs an imaging setup that integrates both visible RGB and NIR sensors to assess soybean quality holistically. The combination of RGB and NIR modalities yields complementary information: RGB images reveal visible traits like seed color and surface texture, while NIR imagery captures spectral signatures linked to internal chemical composition (e.g., moisture, protein, oil). By fusing these data sources, the system provides a richer basis for predicting quality attributes than either modality alone. Analyzing the multimodal data from this RGB–NIRS system requires robust predictive algorithms. We employ both traditional machine learning and advanced deep learning techniques for feature extraction and modeling. Classical chemometric approaches (such as partial least squares regression and other regression or classification models) have proven effective in correlating spectral measurements with soybean quality parameters (Zhang, 2025). Meanwhile, state-of-the-art deep learning models (e.g., convolutional neural networks) can automatically learn complex patterns from images and spectra, often achieving higher accuracy in predicting traits like protein, oil, or moisture content (Kobs, 2024).

In this paper, we leverage the strengths of both approaches in a unified RGB–NIRS imaging framework to non-destructively estimate soybean protein, water, and oil content, as well as trypsin inhibitor activity. The ultimate goal is to enable faster and more effective quality control during post-harvest soybean processing.

Materials and Methods

To perform non-destructive quality assessment of post-harvest soybeans, we devised an imaging and spectroscopy workflow that combines an RGB-camera conveyor system with near-infrared spectroscopy (NIRS). The key elements of the pipeline are (i) image acquisition and bean detection, (ii) feature extraction from RGB images, (iii) multiple-instance regression (MIR) to relate image features to batch-level reference values, and (iv) multimodal fusion of RGB- and NIRS-derived features. The following sections introduce each component at a high level.

Conveyor-based RGB imaging and bean detection

Soybeans are transported under an RGB camera mounted above a custom conveyor. The captured images are analysed with computer-vision methods to localise intact (“whole”) seeds. Training the detector relied on a self-annotated corpus of 17,384 images that collectively contain $\approx 265,000$ soybeans, giving the network ample examples of shape, colour, and pose variation. Accurate detection is essential because all later processing steps act on the cropped seed images produced at this stage. This part of the pipeline uses the automatic labeling methodology described in (Bicici, 2025), where the dataset is analyzed with the Segment Anything foundation model to self-prepare a training set, taking advantage of the inherent elliptical geometry of soybean seeds, then using a YOLO based special purpose ellipse detection network to detect individual soybeans.

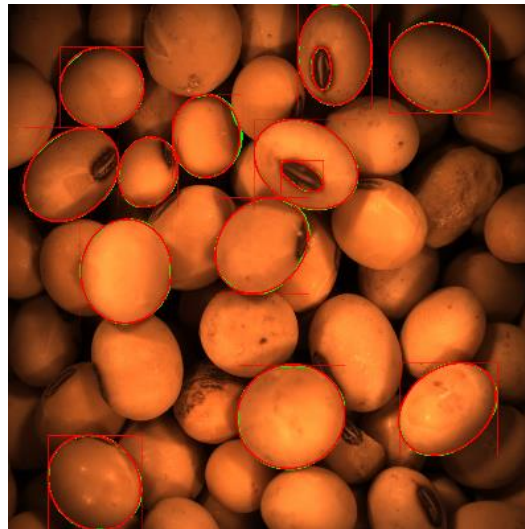


Figure 1: Individual soybean seeds are detected with a YOLO-based ellipse detector.

Feature learning for individual seeds

Each detected seed image is passed through a convolutional autoencoder whose encoder is built on a ResNet-34 backbone. The latent vector produced by the encoder serves as a compact visual representation of the seed. By training the autoencoder to reconstruct its inputs, we obtain informative features without manually labeling every chemical trait at the seed level. The training data for the autoencoder are generated by cropping the individual seeds detected in the previous step and preprocessing each crop with a seed-centered Gaussian mask that gradually darkens the area outside the soybean’s elliptical outline—pixels farther from the seed boundary are shaded more strongly. The mask’s covariance matrix is proportional to the ellipse’s radii, ensuring that the attenuation closely follows the seed geometry. This preprocessing step highlights the contribution of the seed itself while suppressing background information. To further improve robustness, we apply one of three noise augmentations to every cropped image: Gaussian noise (33.3 % probability), salt-and-pepper noise (33.3 %), or no noise (33.3 %). This denoising scheme encourages the autoencoder to learn features that remain stable under common image degradations.

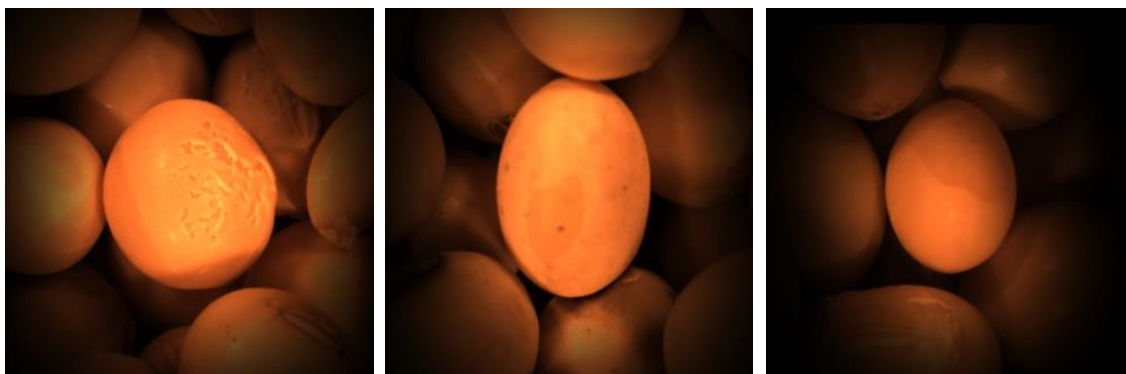


Figure 2: Individual soybean seeds are cropped and feed into the Convolutional Autoencoder for feature extraction.

Multiple-instance regression to predict batch composition

Reference values for oil, water, and protein content are measured **offline** on batch composites rather than on single seeds. Consequently, many seed-level feature vectors obtained from RGB images correspond to a single batch-level target, making the learning task a form of **multiple-instance regression**: we are given one target value per batch, yet a variable number of individual seed features (typically hundreds) per batch. To address this multiple-instance regression problem, we follow the approach described by (Wagstaff, 2009). The method assumes that each bag of instances has an inherent structure: the data are generated by several latent modalities, and one of these modalities is most closely tied to the bag's target value. The algorithm approximates these latent modalities with a clustering procedure that assigns each instance a degree of membership to every cluster. After clustering the merged batch-level data, we compute **relevance vectors** for every instance with respect to every cluster, indicating how likely it is that a given instance belongs to each cluster component. For each cluster, the relevance weights are then used in a weighted-averaging scheme to create an **exemplar feature vector** specific to that cluster. This procedure produces a set of aggregated feature vectors—one per cluster. Finally, using cross-validation, we identify the cluster whose exemplar yields the highest predictive performance for the batch-level targets; that cluster is retained for subsequent exemplar generation. We apply this entire procedure to the RGB features produced by the convolutional autoencoder, thereby obtaining robust batch-wise representations. For the clustering algorithm, we use the Gaussian Mixture Model, since it can naturally provide posteriors that can be used as membership relevance vectors for individual samples.

Near-infrared spectroscopy (NIRS) and multimodal fusion

In parallel with RGB imaging, each batch is analysed by NIRS to capture complementary spectral cues that correlate with chemical composition. The resulting NIRS feature vectors are concatenated with the RGB features before regression, enabling the model to exploit both colour-textural and spectroscopic information in a unified framework. The NIRS spectrum we obtain from the data is 6436 dimensional. For the processing of the NIRS data, we first apply a Savitzky-Golay filter to reduce the noise in the spectra data. Then we apply the Standard Normal Variate (SNV) method to normalize the spectrum. After this step, we follow with a late fusion of the batch-level exemplar RGB features (1600-dimensional) with the NIRS features (6436-dimensional). For the regression algorithm, we use Partial Least Squares Regression (PLS), which is proven quite successful for NIRS data.

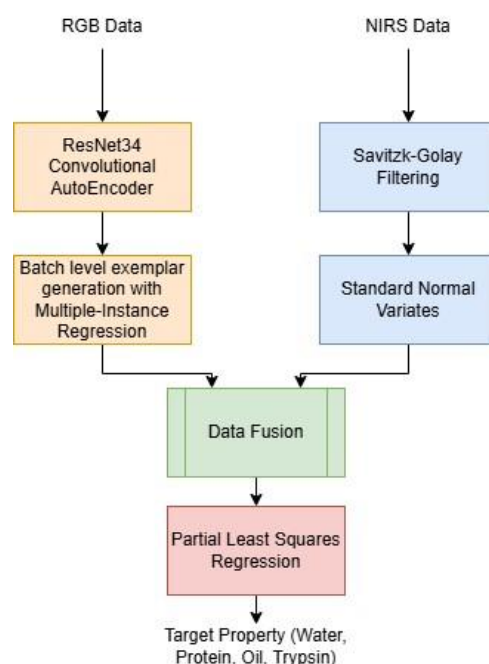


Figure 3: The data fusion pipeline for RGB and NIRS features.

Results and Discussion

We test our pipeline with 119 different batches of soybeans. Using the fusion pipeline described above, we aim to predict the Water Content, Trypsin-Inhibitor-Activity, Protein Content, and Oil Content of soybean batches from a combination of RGB and NIRS data. In our pipeline, we find the optimal values for the Savitzky-Golay filter size and Partial Least Squares Regression component size with 5-fold cross-validation. Moreover, we use 3 as the cluster count for the Gaussian Mixture Model in the Multiple-Instance Regression.

Parameter	R ² Value
Water Content	0.683
Trypsin-Inhibitor-Activity	0.153
Protein Content	0.539
Oil Content	0.759

Our results show we can predict the Oil and Water Content relatively reliably, while the Protein content prediction can reach an R² Value of 0.539. However, it is clear that our pipeline cannot provide sufficient predictive performance when it comes to Trypsin-Inhibitor-Activity since it can only reach a meager R² Value of 0.153. One limitation of our study is that the regression models are based on 119 sample batches, which may be a limiting factor for the performance of the PLS regression algorithms.

Summary

This study introduces an end-to-end, non-destructive pipeline for estimating key quality traits of post-harvest soybeans by fusing RGB imagery and near-infrared spectroscopy (NIRS). A self-annotated dataset of 17,384 conveyor-belt images ($\approx 265,000$ seeds) underpins a YOLO-based ellipse detector that isolates individual beans for downstream analysis. Seed-level visual descriptors are learned with a ResNet-34 convolutional autoencoder, and Multiple-instance regression, implemented through a relevance-weighted clustering scheme inspired by (Wagstaff, 2009). This last step aggregates hundreds of seed features into batch-level representations. These RGB exemplars are concatenated with pre-processed NIRS spectra and modelled with partial least-squares regression.

Testing on 119 industrial batches demonstrates that the multimodal approach predicts oil content ($R^2 = 0.759$) and water content ($R^2 = 0.683$) with promising accuracy, and captures protein content with moderate precision ($R^2 = 0.539$). Predicting trypsin-inhibitor activity remains challenging ($R^2 = 0.153$), suggesting that this biochemical trait is less strongly encoded in the current sensor pair or training set. The relatively small number of batches also limits the statistical power of the regression models.

Overall, the proposed RGB–NIRS fusion framework delivers rapid, non-destructive estimates of the most economically important soybean properties and can be integrated into high-throughput quality-control lines. Future work may focus on (i) enlarging the batch library to improve model generalisation, (ii) exploring domain-specific deep networks for spectra–image fusion, and (iii) extending the sensor suite (e.g., hyperspectral or thermal imaging) to capture biochemical attributes that are currently under-represented.

Literature

Zhu S, Zhou L, Zhang C, Bao Y, Wu B, Chu H, Yu Y, He Y, Feng L. Identification of Soybean Varieties Using Hyperspectral Imaging Coupled with Convolutional Neural Network. *Sensors (Basel)*. 2019 Sep 20;19(19):4065.

Luo Z, Zhu Y, Xiang H, Wang Z, Jiang Z, Zhao X, Sun X, Guo Z. Advancements in Inactivation of Soybean Trypsin Inhibitors. *Foods*. 2025; 14(6):975.

Sakshi Tewari, Naveen Kumar Arora, Mohammad Miransari, Plant growth promoting rhizobacteria to alleviate soybean growth under abiotic and biotic stresses, Editor(s): Mohammad Miransari, Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production, Academic Press, 2016, Pages 131-155.

Henry Julio Kobs, Henrique Liesenfeld Krever, Denilson S. Ebling, and Celio Trois, SpectraNet: A Neural Network for Soybean Contents Prediction. ICEIS 2024.

Zhang Y, Wu W, Zhou X, Cheng J-H. Non-Destructive Detection of Soybean Storage Quality Using Hyperspectral Imaging Technology. *Molecules*. 2025; 30(6):1357.

Hoffmann, Dominik & Brugger, Daniel & Windisch, Wilhelm & Thurner, Stefan. (2017). Calibration Model for a Near Infrared Spectroscopy (NIRS) System to Control Feed Quality of Soy Cake Based on Feed Value Assessments In-Vitro. *Chemical Engineering Transactions*. 58.

Ufuk Can Bicici, Matthias Trimmel, Peter Riegler-Nurscher. Automated Labeling of Soybeans for Size Measurements. GIL Conference, February 2025.

Wagstaff, Kiri & Lane, Terran & Roper, Alex. (2009). Multiple-Instance Regression with Structured Data. *Proceedings - IEEE International Conference on Data Mining Workshops, ICDM Workshops 2008*. 291 - 300.

Author Addresses

Josephinum Research, Rottenhauser Straße 1, A-3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Ufuk Can Bicici, ufuk.bicici@josephinum.at

Einfluss unterschiedlicher Stickstoff- und Kohlenstoffstrategien auf Ertrag und Qualität von Winterweichweizen

Impact of Different Nitrogen and Carbon Strategies on Yield and Quality of Winter Wheat

Stefan Geyer*, Peter Prankl und Markus Gansberger

Einleitung

Die Weizenproduktion sieht sich zunehmend mit der Herausforderung sinkender Proteingehalte bei gleichzeitig hohen Erträgen konfrontiert. Ursachen hierfür sind vielfältig und beinhalten veränderte Düngestrategien, gestiegene Düngemittelpreise, klimatische Einflüsse sowie agronomische Maßnahmen. Die Analyse von Feldversuchen zeigt, dass sowohl die Stickstoffverfügbarkeit als auch das Kohlenstoffmanagement entscheidende Faktoren für Ertrag und Proteingehalt des Winterweichweizens sind.

Material und Methoden

Standorte: Die Pflanzenbauversuche wurden 2023 und 2024 auf Feldstücken in den politischen Gemeinden Wieselburg-Land, Bezirk Scheibbs, Niederösterreich durchgeführt. Die Versuchsfelder liegen im niederösterreichischen Alpenvorland auf einer Seehöhe von 260 m über N. N. Pseudovergleyte Lockersediment-Braunerden und Parabraunerden aus sandigem bis lehmigem Schluff aus Decklehm mit wechselfeuchten, schwach humos bis humoser Ackerkrume charakterisieren den Standort. Das im mitteleuropäischen Übergangsklima mit atlantischem Einfluss liegende Wieselburg weist eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9,6 °C und einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 902 l/m² auf. Die folgenden Daten entstammen der amtlichen Wetterstation des Landes Niederösterreichs (Koordinaten WGS84 48.128 / 15.127).

Witterungsverhältnisse: Am Versuchsstandort fielen im November und Dezember 2023 überdurchschnittlich hohen Niederschlagsmengen, in Summe 307 l/m² (141 l/m² im November, 166 l/m² im Dezember). Der langjährige Durchschnitt beträgt in beiden Monaten ca. 60 l/m² (in Summe 120 l/m²). Das Frühjahr 2024 verlief mit bei durchschnittlichen Niederschlägen überdurchschnittlich warm bis Mitte April. Nach einer zweiwöchigen Kältephase verlief der Mai durchschnittlich bis es zu einem deutlichen Temperaturanstieg Mitte Juni kam.

Versuchsanlage: Der dreifaktorielle Versuch ist als Split-Split-Plot Anlage konzipiert (vierfach wiederholt). Die Parzellenmaße von 3 m mal 9 m entspricht einer Bruttofläche von 27 m². Die Fruchtfolge gliedert sich in Winterweichweizen, Mais, Wintergerste und Zuckerrübe. Auf diesen Versuchsflächen erfolgt die Bodenbearbeitung konventionell. Weiters wurden vier Versuche im Direktsaatverfahren mit der gleichen Fruchtfolge angelegt. Diese würden als Streifenanlage konzipiert.

Varianten: Die Faktoren gliedern sich in den Faktor Zwischenfruchtanbau, Ernterückstandsmanagement und Stickstoffdüngung auf. Wobei die Faktoren Zwischenfrucht und Ernterückstandsmanagement jeweils zwei Varianten (mit und ohne) enthalten und der Faktor Stickstoffdüngung aus 16 Varianten (Tab. 1) besteht. Die Direktsaatversuche beinhalten die Faktoren Zwischenfrucht, Ernterückstandsmanagement und acht ausgewählte Stickstoffdüngervarianten (1, 2, 4, 6, 12, 14, 15, 16).

Tabelle 1: Stickstoffdüngung, Versuchsvarianten 2024

Variante	N1 [kg N/ha]	N2 [kg N/ha]	N3 [kg N/ha]	N gesamt [kg N/ha]
1	0	0	0	0
2	40	0	0	40
3	80	0	0	80
4	40	40	0	80
5	80	40	0	120
6	40	80	0	120
7	80	80	0	160
8	40	40	40	120
9	80	40	40	160
10	40	80	40	160
11	80	80	40	200
12	40	40	80	160
13	80	40	80	200
14	40	80	80	200
15	80	80	80	240
16	100	100	100	300

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der Feldversuche 2024 zeigt, dass das Ernterückstandsmanagement der Vorfrucht einen leichten Einfluss auf den Ertrag von Winterweichweizen hatte. Nach Körnermais lagen die Erträge durchschnittlich um 180 kg/ha höher als nach Silomais, was auf eine verbesserte Bodenstruktur und geringere Verschlämmung bei Erhalt von Ernterückständen hindeutet (Abb. 1).

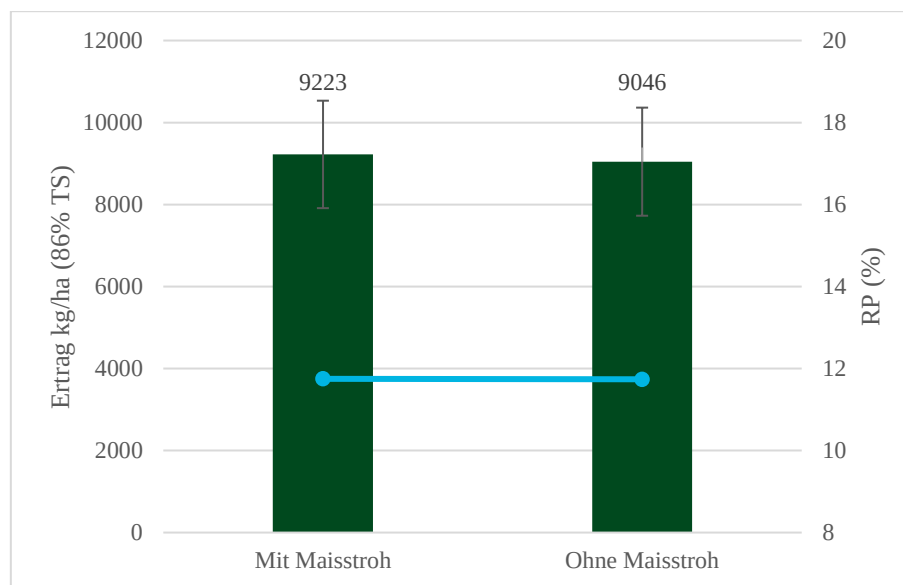


Abbildung 1: Weizenenerträge nach unterschiedlichem Ernterückstandsmanagement, Mittel aus 16 Varianten, n=64, Versuch 2024

Reduzierte Bodenbearbeitung führte in mehreren Varianten zu geringeren Erträgen. Dies ist vermutlich auf eine eingeschränkte Umsetzung organischer Substanz und damit eine geringere Stickstofffreisetzung zurückzuführen. Die Stickstoffnachlieferung aus dem Boden (Mineralisation) zeigte sich stark abhängig von Standort, Witterung und Management. In den Versuchen lagen die geschätzten N-Freisetzungsraten zwischen 30 und 130 kg N/ha und Jahr. Diese Spannweite deckt sich mit Literaturangaben aus mitteleuropäischen Fruchtfolgesystemen, die ähnliche Werte in Abhängigkeit von Bodentyp, C/N-Verhältnis und pH-Wert berichten (z. B. Schröder et al., 2005; Janssen, 1996). So gibt Janssen (1996) für gemäßigte Böden unter Feldbedingungen typische Mineralisierungsraten von 40–120 kg N/ha an, abhängig vom

Gehalt an organischer Substanz, Temperatur und Feuchteverlauf. Eine reduzierte C-Umsetzung kann daher den pflanzenverfügbaren N-Pool senken – solange kein stabiler Humusgehalt erreicht ist. Der Vergleich zwischen Direktsaat und konventioneller Saat (20 cm Grubbertiefe + Kreiseleggen-Saat) zeigt 2024 eine Ertragsminderung bei Direktsaat (Abb. 2).

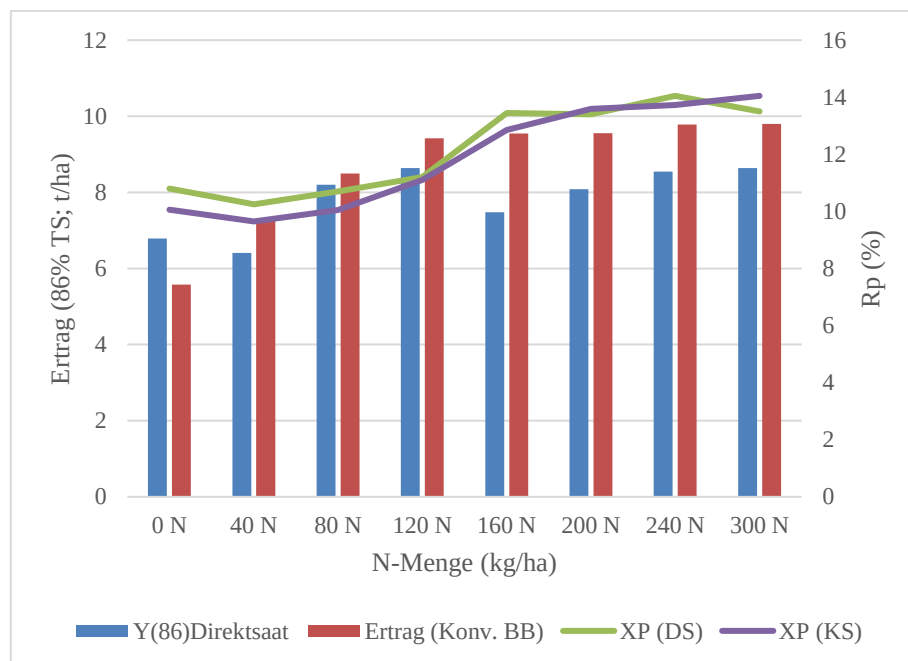


Abbildung 2: Vergleich der Weizenenerträge mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsstrategien (Direktsaat; Grubber 20 cm und Aussaat mit Kreiselegge und Sämaschine), Versuch 2024

Die Stickstoffversuche zeigen, dass eine Reduktion der ersten Gabe von 80 auf 40 kg N/ha bei gleichbleibender Gesamtdüngung (z. B. 160 kg N/ha) keinen Ertragsverlust verursacht, wenn die Folgedüngungen angepasst werden. Nur bei besonders hohen Erträgen (>10 t/ha) und Silomais als Vorfrucht war die reduzierte Andüngung nicht ausreichend. Deutlich wurde, dass die Höhe der ersten Gabe die spätere Qualitätsentwicklung (Proteingehalt) entscheidend beeinflusst (Abb. 3).

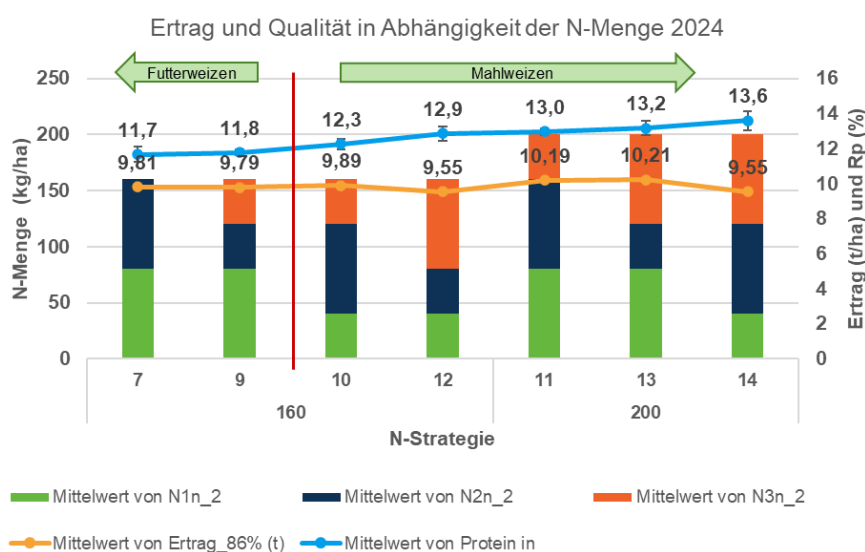


Abbildung 3: Entwicklung von Ertrag und Proteingehalt in Abhängigkeit der Düngestrategie bei 160 bis 200 kg N/ha (N-Menge grün 1. Gabe, blau 2. Gabe, orange 3. Gabe). Die Wahl der Andüngungshöhe hat wesentlichen Einfluss auf das spätere Qualitätsziel. Versuch 2024

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Feldversuche zeigen, dass die Höhe der Stickstoffgabe einen entscheidenden Einfluss auf Ertrag und Qualität von Winterweichweizen haben. Nach Körnermais konnten im Vergleich zu Silomais tendenziell höhere Erträge erzielt werden, was auf eine günstigere Bodenstruktur und Nährstoffnachlieferung hinweist. Die reduzierte Bodenbearbeitung führte tendenziell zu geringeren Erträgen, vermutlich infolge verzögerter Umsetzung organischer Substanz.

Die Höhe der Abschlussdüngung beeinflusste vor allem den Rohproteingehalt im Korn. Eine abgesenkte erste N-Gabe war in Jahren mit durchschnittlichem Ertragspotenzial ausreichend. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung standortangepasster N-Strategien sowie eines gezielten Umgangs mit organischen Substraten zur Verbesserung der N-Nachlieferung.

Abstract

The results of the field trials indicate that the amount of nitrogen applied has a decisive influence on the yield and quality of winter wheat. Grain maize as a preceding crop generally led to higher yields compared to silage maize, which suggests more favorable soil structure and improved nutrient availability. Reduced tillage tended to result in lower yields, likely due to delayed decomposition of organic matter. The amount of final nitrogen application had a particularly strong effect on grain protein content. A reduced initial N application was sufficient in years with average yield potential. The findings highlight the importance of site-specific nitrogen strategies and the targeted use of organic substrates to enhance nitrogen supply.

Literatur

JANSSEN, B.H. (1996): Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil*, 181, 39–45.

<https://doi.org/10.1007/BF00011290>

SCHRÖDER, J.J., NEETESON, J.J., OENEMA, O., & STRUIK, P.C. (2000): Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, 66(2), 151–164.

[https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00072-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00072-1)

Adresse der Autoren

HBLFA Francisco Josephinum, BLT Wieselburg, Rottenhauser Str. 1, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: DI Stefan GEYER, stefan.geyer@josephinum.at

Humusaufbau, der rote Faden in regenerativen Gruppen des deutschsprachigen Raums in der Schweiz und Österreich

Humusaufbau is the common thread of regenerative communities in German speaking parts of Switzerland and Austria

Juliana Jäggle^{1,2*}, Tim Schmid³, Magdalena Bieber^{1,2}, Gernot Bodner², Katharina Keiblinger¹, Bernhard Scharf⁴, Sophie van Geijtenbeek⁵ und Olivier Ejderyan⁶

Einleitung

Verschiedene nachhaltige Bewirtschaftungsformen, wie etwa der biologische Landbau oder die konservierende Landwirtschaft sind seit einigen Jahrzehnten in der schweizerischen und österreichischen Landwirtschaftsszene etabliert. Seit circa 10 Jahren gewinnt die Bewegung der regenerativen Landwirtschaft (RL) in dem deutschsprachigen Raum an Bedeutung. Sie wird mittlerweile nicht nur auf der Ebene der landwirtschaftlichen Betriebe, sondern auch auf politischer und wirtschaftlicher Ebene stark diskutiert. Der Ursprung der RL stammt aus der biologischen Landwirtschaft und wurde vom Rodale Institute (USA) bereits in den 1980er Jahren entwickelt. Anstatt lediglich die Ökosysteme zu erhalten, soll der Ansatz der RL dazu dienen, die Zustände der bewirtschafteten Ökosysteme durch verschiedene Maßnahmen zu verbessern – und unterscheidet sich somit von anderen Formen der nachhaltigen Bewirtschaftung (GOLD und GATES, 2008). Bisher gibt es keine einheitliche Definition der RL, jedoch werden meist zwischen vier und sechs Prinzipien erwähnt, die als Ausgangspunkt für Bewirtschaftungsmaßnahmen dienen: (1) lebende Durchwurzelung, (2) dauernde Bodenbedeckung, (3) Integration von Vielfalt, (4) Integration von Tieren, (5) minimale Bodenstörung und (6) standortangepasste Bewirtschaftung (REGENERATIV SCHWEIZ, n.d.). Dadurch entsteht ein großer Interpretationsspielraum der RL – sowohl für Praktiker*innen, als auch für Politiker*innen und Wirtschaftsvertreter*innen. In unserer Studie kontextualisieren wir mithilfe semi-strukturierte Interviews die RL-Bewegung im deutschsprachigen Raum der Schweiz und Österreich. Dabei gehen wir auf die Praktiken, sowie die Motivation von Landwirt*innen und deren Perspektiven im Rahmen einer Diskursanalyse ein und versuchen die Frage zu beantworten, ob die RL dazu beitragen kann, eine breitere Masse an Landwirt*innen für nachhaltige Bewirtschaftungsformen zu gewinnen oder ob die RL mit bereits bestehenden nachhaltigen landwirtschaftlichen Systemen konkurriert.

Methode

Insgesamt wurden 29 Interviews geführt, davon 16 mit Landwirten aus dem Osten Österreichs im Jahr 2021 und mit 13 deutschsprachigen Schweizer Landwirt*innen im Jahr 2022. Die Interviews wurden aufgenommen, transkribiert und anschließend mithilfe MaxQDA (VERBI Software, 2023) nach der Struktur einer thematischen Analyse nach BRAUN und CLARKE (2006) kodiert.

In der Schweiz wurden die teilnehmenden Landwirt*innen auf unterschiedliche Weise kontaktiert: entweder waren sie bereits in Projekten mit dem FiBL Schweiz involviert, haben im „Bodenkurs im Grünen“ teilgenommen oder wurden durch andere Teilnehmende empfohlen.

In Österreich erfolgte die Rekrutierung der Teilnehmenden entweder durch den Verein „Boden.Leben“ oder die „Humusbewegung“.

Die Interviews wurden in zwei separaten Projekten geführt, weshalb zwei verschiedene Leitfäden verwendet wurden. Dennoch besteht ein gemeinsamer, inhaltlicher Kern, der als Grundlage für die Analyse beider Interviews dient. Die Zusammenführung beider Studien ermöglicht einen länderübergreifende Betrachtung der RL.

Alle interviewten Landwirt*innen sind im Bereich des Ackerbaus in verschiedenen landwirtschaftlichen Systemen (biodynamisch, biologisch, konventionell, konservierend) tätig. Der kleinere Teil der Interviewpartner*innen sind in der Landwirtschaft neberwerblich beschäftigt, während die meisten Teilnehmenden hauptberuflich in der Landwirtschaft tätig sind. Auch wenn sich nicht alle Teilnehmenden als regenerative Landwirt*innen bezeichnen würden, sondern beispielsweise den Begriff „humusaufbauend“ bevorzugen, werden wir nachfolgend von regenerativen Landwirt*innen sprechen, da nach un-

serer Analyse die RL maßgeblich von den Bewirtschaftungsmethoden bestimmt wird und alle interviewten Personen Kernmaßnahmen der RL umsetzen. Da wir keine länderbezogenen Unterschiede wahrgenommen haben, ist der Ergebnis- und Diskussionsteil für beide Länder zu verstehen. Dabei wird deutlich, dass die Zirkulation bestimmter Ideen und Praktiken im deutschsprachigen Raum sich durchaus von internationalen Debatten unterscheidet, wodurch eine eigenständige RL-Gemeinschaft im deutschsprachigen Raum entstanden ist. Dies wird beispielsweise durch spezifische Praktiken wie der Flächenrotte und der gezielten Förderung des Humusaufbaus deutlich.

Ergebnisse und Diskussion

Die von uns interviewten regenerativ wirtschaftenden Landwirt*innen haben zahlreiche regenerative Praktiken (RP) erwähnt, die in Abbildung 1 dargestellt sind. Aus den Aussagen der Interviewteilnehmenden ließen sich Kernpraktiken, häufige und seltene Praktiken ableiten. Die Kernpraktiken spiegeln dabei die vier/ fünf Prinzipien der RL wider und stammen ursprünglich entweder aus dem biologischen Landbau oder der konservierenden Landwirtschaft. Die fünf Kernpraktiken werden von allen interviewten Personen umgesetzt, häufige und seltene RP werden optional verwendet. Daher nehmen Landwirt*innen die RL als modulares System wahr, in dem sie jene RP implementieren können, die zu ihren zeitlichen und finanziellen Ressourcen, sowie zu ihren Überzeugungen passen. Die Flexibilität innerhalb des regenerativen Systems wird stark positiv konnotiert. Bei der Wahl der RP scheint die Wissensverfügbarkeit und -herkunft eine entscheidende Rolle zu spielen. Die RP werden zumeist Schritt für Schritt auf den Betrieben umgesetzt.

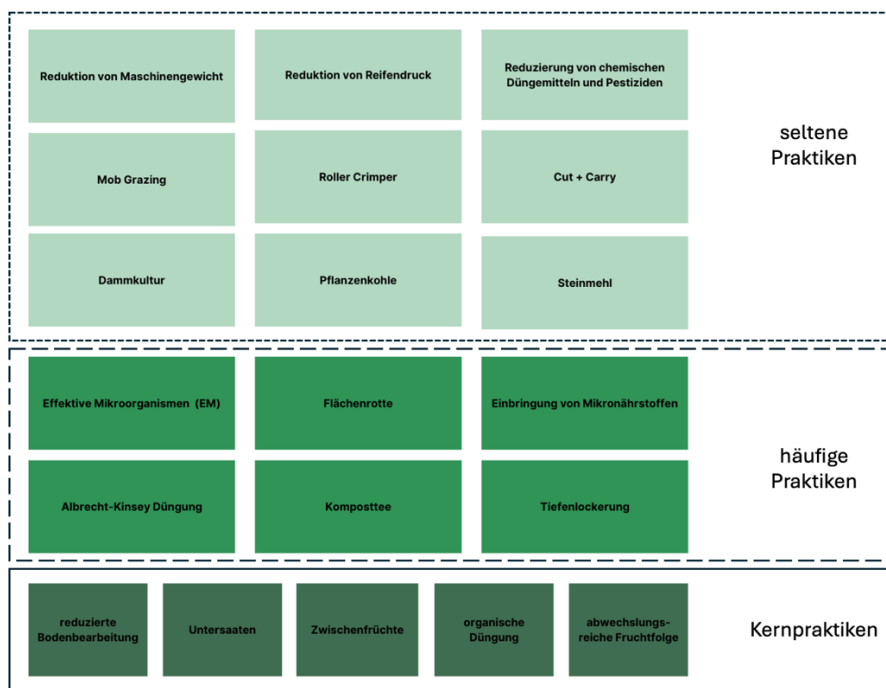


Abbildung 1: **Das modulare System der Regenerativen Landwirtschaft in den deutschsprachigen Gebieten der Schweiz und Ostösterreich. Die Gruppierung erfolgte nach der Anzahl der Nennungen jeder einzelnen Methode.**

Fast alle unserer interviewten Landwirt*innen haben über die Klimakrise und die negativen Auswirkungen auf die Landwirtschaft gesprochen, zum Teil da die Betriebe bereits betroffen davon sind. Alle Landwirt*innen stellten in ihrer Begründung für den Verwendung von RP einen Bezug zur Klimakrise her. Die Interviewpartner*innen möchten sich beispielsweise gegen Dürren oder Erosion rüsten. Die RL schafft es, auf der einen Seite Aufklärung über die Klimakrise und deren Folgen auf die Landwirtschaft zu leisten, während auf der anderen Seite Methoden vorgeschlagen werden, mit denen sich Landwirt*innen besser gerüstet fühlen. Daher stärkt die RL die Selbstwirksamkeit bei den von uns interviewten Personen. Dies geschieht im Fall der regenerativen Bewirtschafter*innen durch den Humusaufbau, welcher ein zentrales Thema innerhalb der regenerativen Bewegung im deutschsprachigen

Raum darstellt und in den vielen Hoffnungen hinsichtlich der Resilienz gegenüber Folgen der Klimakrise gesteckt werden.

Die Freiheit der RL kann als Schwäche, aber auch als Stärke ausgelegt werden (vgl. PAOLINI et al, 2024; MAMBO und LHERMIE, 2024). Durch das modulare System ist keine einheitliche regenerative Bewirtschaftung entstanden, vielmehr eine regenerative Bewegung mit unterschiedlichen Strömungen und Diskursen. Wir konnten im deutschsprachigen Raum folgende drei Diskurse identifizieren:

Biologische RL: Dieser Diskurs ist geprägt von der Reduktion externer Mittel, dem Schutz der Biodiversität und geschlossenen Nährstoffkreisläufen. Die RP sind stark geprägt vom Biolandbau, häufig wird auf den Pflug weitestgehend verzichtet. Landwirt*innen erzählen häufig, dass sie vor Problemen wie beispielsweise hohem Unkrautdruck standen, oder im Hinblick auf die Klimakrise Bewirtschaftungsprobleme sehen, die sich mit der „traditionellen“ biologischen Bewirtschaftung nicht lösen lassen. Der Biologische RL-Diskurs kann daher eher als Erweiterung des Biolandbaus betrachtet werden (GORDON et al., 2023).

Technische RL: In diesem Diskurs stammen viele der RP aus der konservierenden Bewirtschaftung, wie beispielsweise reduzierte Bodenbearbeitung, die Reduktion von Maschinengewicht und Reifendruck, die Tiefenlockerung. Diese werden durch weitere Elemente, wie beispielsweise der Applikation von Pflanzenkohle oder der Albrecht-Kinsey Düngung ergänzt, welche den Unterschied zur konservierenden Landwirtschaft ausmachen. Landwirt*innen, die primär diese Praktiken anwenden, haben unter anderem Zeitersparnisse als Ziel und fokussieren sich zudem auf bodenphysikalische Parameter. Die Anwendung von Glyphosat wird unterschiedlich angesehen innerhalb des Diskurses. Landwirt*innen dieses Diskurses haben eine eher technische Herangehensweise und legen Wert auf die Optimierung des eigenen Systems bzw. der Abläufe am Betrieb – die RL hilft ihnen dabei.

Esoterisch – kontroverse RL: Dieser Diskurs formt sich um alternative Praktiken, für die keine oder nur wenig wissenschaftliche Evidenz besteht oder umstritten sind – beispielsweise die Anwendung von Komposttee, Effektiven Mikroorganismen und die Albrecht-Kinsey Düngung. Einerseits wird eine Reduzierung von externen Inputs, wie Düngemitteln und Pflanzenschutz angestrebt, andererseits wird der Eintrag alternativer Mittel erhöht. Das Narrativ der „guten Landwirt*in“ wird häufig erwähnt und im Vergleich zu den anderen zwei Diskursen herrscht eine höhere moralische Idealvorstellung, und die angewandten Praktiken werden vermehrt emotional begründet.

Die von uns interviewten Landwirt*innen bewegen sich, wie bereits erwähnt, in einem flexiblen System, welches sie betriebspezifisch und situationselastisch anwenden können. Daher sie häufig nicht nur zu einem Diskurs bei, sondern sind Teil aller drei Diskurse und werden in Wechselwirkung von diesen geprägt – Einstellungen und Werte prägen jedoch, zu welchem Diskurs sie primär beitragen. Daher sind die drei Diskurse nicht separat zu betrachten, sondern eher als Diskurskoalition zu verstehen (vgl. GORDON et al., 2023). Landwirt*innen sind untereinander stark vernetzt, auch über landwirtschaftliche Produktionssysteme (biologisch / konventionell) hinweg. Statt mit anderen Formen der nachhaltigen Bewirtschaftung zu konkurrieren, scheint die RL aus Sicht der interviewten Landwirt*innen diese eher zu ergänzen. Dabei hat die RL die goldene Mitte zwischen Aufklärung über die Folgen der Klimakrise und das Anbieten von tragbaren Lösungen innerhalb der Landwirtschaft gefunden. Unsere Interviewpartner*innen erlangen dadurch ein Gefühl der Selbstermächtigung und Hoffnung in Zeiten multipler Krisen. In Anbetracht der Gefahr des Greenwashings von politischer und wirtschaftlicher Seite, sollte eine Zertifizierung von RL in Betracht gezogen werden, auch wenn dies das Freiheitsgefühl der praktizierenden Landwirt*innen einschränken könnte.

Zusammenfassung

Dieser Beitrag kontextualisiert die regenerative Landwirtschaft (RL) in Teilen der Schweiz und Österreichs anhand halbstrukturierter qualitativer Interviews mit Landwirten, indem er Einblicke in Praktiken, Motivationen, Überzeugungen und Diskurse gewährt. Wir argumentieren, dass die RL die Herausforderungen der Klimakrise für die Landwirtschaft aktiv angeht und gleichzeitig den Landwirten zugängliche Lösungen bietet, die das Gefühl der Selbstwirksamkeit stärken. Das Hauptziel, das in der

deutschsprachigen Schweiz und in Österreich mit der RL verbunden wird, ist der Humusaufbau. Die Landwirte verknüpfen mit dem Humusaufbau hohe Erwartungen an eine verbesserte Klimaanpassung und -abschwächung auf betrieblicher Ebene, sowie an die Bekämpfung von Krankheiten und Ertragssteigerungen. Um den Humusaufbau zu erreichen, wird eine individuelle Auswahl aus vielen regenerativen landwirtschaftlichen Praktiken auf betriebsspezifische Weise angewandt. Die Kernpraktiken stammen aus der ökologischen und konservierenden Landwirtschaft, wie beispielsweise die reduzierte Bodenbearbeitung, die organische Düngung und der Anbau von Zwischenfrüchten. Darüber hinaus werden alternativen Methoden wie beispielsweise Mob-Grazing oder die Ausbringung von Komposttee praktiziert. Neben Gemeinsamkeiten haben wir drei Diskurse identifiziert, die sich in ihren grundlegenden Herangehensweisen sowie Praktiken unterscheiden und unterschiedlich stark von anderen Formen der nachhaltigen Landwirtschaft beeinflusst sind.

Abstract

This paper contextualizes regenerative agriculture (RL) in parts of Switzerland and Austria through semi-structured qualitative interviews with farmers by providing insights into practices, motivations, beliefs and discourses. We argue that RL actively addresses the challenges of the climate crisis for agriculture while providing farmers with accessible solutions that strengthen their sense of self-efficacy. The main goal associated with RL in German-speaking Switzerland and Austria is humus building (“Humusaufbau”). Farmers have high expectations for improved climate adaptation and mitigation at farm level, as well as disease control and yield increases. To achieve humus building, an individual selection of many regenerative agricultural practices is applied in a farm-specific way. The core practices stem from organic and conservation agriculture, such as reduced tillage, organic fertilization and intercropping. In addition, alternative methods such as mob-grazing or the use of compost tea are implemented. In addition to this common understanding, we have identified three discourses that differ in their basic approaches and practices and are influenced to varying degrees by other forms of sustainable agriculture.

Literatur

BRAUN V und CLARKE V (2006): Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology* 3, 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>

GOLD M und GATES J (2008): Tracing the evolution of organic/sustainable agriculture. A selected and annotated bibliography. United States Department of Agriculture. <https://agecon-search.umn.edu/record/338373?v=pdf>

GORDON E, Davila F und Riedy C (2023) : Regenerative agriculture: a potentially transformative storyline shared by nine discourses. *Sustain Science*, 18, 1833–1849. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01281-1>

MAMBO T und LHERMIE G (2024): The futures for regenerative agriculture: insights from the organic movement and the tussle with industrial agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1455024>

PAOLINI A, Bhalla I und Loring P (2024): “Doing more good”: Exploring the multidisciplinary landscape of regeneration as a boundary object for paradigm change. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development* 13, 89–104.

REGENERATIV SCHWEIZ (n.d.): Regenerative Landwirtschaft. <https://www.regenerativ.ch/regenerative-landwirtschaft> [16.05.2025]

VERBI Software (2023): MAXQDA 2024. Software for qualitative data analysis. Berlin, Germany.

Adressen der Autor*innen

¹ BOKU University, Institut für Bodenforschung, Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität, Peter-Jordan-Straße 82, A- 1190 Wien

² BOKU University, Institut für Pflanzenbau, Department für Agrarwissenschaften, Konrad-Lorenz-Straße 24, A- 3430 Tulln an der Donau

³ FiBL Schweiz, Departement für Bodenwissenschaften, Ackerstrasse 113, CH- 5070 Frick

⁴ Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Bezirksbauernkammer Baden, Bruck/Leitha, Schwechat und Mödling, Pfaffstättner Straße 3, AT- 2500 Baden

⁵ Agroscope, Extension Ackerbau, Reckenholzstrasse 191, CH- 8046 Zürich

⁶ FiBL Schweiz, Departement für Agrar- und Ernährungssysteme, Ackerstrasse 113, CH- 5070 Frick

* Ansprechpartnerin: DI Juliana JÄGGLE, juliana.jaeggler@boku.ac.at

Phosphoraufnahme und -mobilisierungspotenziale von drei Winter-Zwischenfrucht-Gemengen in ökologischen Ackerbau - Ergebnisse eines Praxis-Feldversuchs (Auersthal, Niederösterreich)

Phosphorus Uptake and Mobilization Potential of Three Winter Cover Crop Mixtures in Organic Arable Farming - Outcomes from an On-Farm Field Trial (Auersthal, Lower Austria)

Lili Bauer

Einleitung

Die Verfügbarkeit von Phosphor (P) zählt im ökologischen Ackerbau zu den zentralen limitierenden Faktoren – insbesondere aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit außerbetrieblicher P-haltiger Düngemittel. Der Anbau von Zwischenfrüchten (ZF) wird daher in Forschung und Praxis intensiv diskutiert, da er ein vielversprechender Ansatz zur Mobilisierung von im Boden gebundenem Phosphor darstellt. Zwischenfrüchte können so zu einer effizienteren Nutzung vorhandener P-Reserven beitragen und gleichzeitig betriebsinterne Nährstoffkreisläufe stärken und schließen. Der primäre Beitrag von Zwischenfrüchten zur P-Verfügbarkeit erfolgt über deren P-Aufnahme in Spross und Wurzel sowie die anschließende P-Mobilisierung aus ihren Rückständen. Die Erkenntnislage zum P-Aufnahme- und Mobilisierungspotenzial von Zwischenfruchtgemengen ist jedoch bislang wenig umfassend (Lavergne et al., 2021), insbesondere hinsichtlich der Rolle der Wurzeln. Ziel dieser Masterarbeit war es, ausgewählte Winter-Zwischenfrucht-Gemenge zur P-Aufnahme und zum P-Mobilisierungspotenzial unter Praxisbedingungen im ökologischen Ackerbau zu untersuchen. Anhand eines Feldversuchs mit drei unterschiedlichen ZF-Gemengen am Standort Auersthal (Niederösterreich) wurde analysiert, in welchem Umfang P in Wurzel- und Sprossmasse aufgenommen wurde und welche Bedeutung dies für die P-Verfügbarkeit für nachfolgende Kulturen hat. Die Beurteilung des Mobilisierungspotenzials erfolgte auf Basis von Bodenuntersuchungen sowie der quantifizierten P-Aufnahme der ZF in Spross und Wurzeln sowie weiterer Nährstoffanalysen und pflanzenbaulicher Parameter. Diese Masterarbeit war Teil des EIP-Forschungsprojekts PhosVer (2022–2025), das die P-Dynamik im ökologischen Ackerbau untersucht. Im Rahmen dieses Projekts wurden auf sieben Betrieben in Nieder- und Oberösterreich 2022 und 2023 Feldversuche mit drei Winter-ZF-Gemengen durchgeführt, mit dem Ziel, das Potenzial von ZF-Gemengen für die P-Mobilisierung zu erforschen und Landwirt:innen praxisnahe Entscheidungshilfen zum ZF-Anbau zu bieten.

Material und Methoden

Standort und Boden: Die Winter-ZF wurden im Rahmen eines On-farm-Feldversuchs rund 35 km nord-östlich von Wien auf 190 m ü. M. angebaut und untersucht. Der Versuch fand auf 300 m² großen Parzellen (50 m × 6 m) statt, wobei drei ZF-Varianten in jeweils dreifacher Wiederholung am 18.08.2023 ausgesät wurden. Die Vorfrüchte auf der Fläche waren Winterweizen (2023), Dinkel (2022), und als Nachfrucht wurde Mais (2024) angebaut. Der vorliegende Bodentyp ist ein Tschernosem, und die Bodenart ist schluffiger Lehm mit ca. 30 % Ton- und 45 % Schluff-Anteil. Der Boden am Standort wird als (stark) kalkhaltig, tiefgründig sowie als trocken bis mäßig feucht eingestuft, mit einem Boden-pH-Wert von 7,6. Der durchschnittliche PCAL (Calcium-Acetat-Lactat)-Gehalt lag bei 21,63 mg/kg Boden zu Versuchsbeginn im Juli 2022, was der Gehaltsklasse „sehr niedrig“ entspricht (BMLRT, 2022). Der Versuchsstandort unterliegt dem kontinentalen, gemäßigten Klima im pannonischen Raum mit einer Durchschnittstemperatur (1991–2020) von 10,4 °C und einer durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge von 526 mm (GeoSphere Austria, 2024). Im Versuchsjahr 2023 betrug die Jahresdurchschnittstemperatur dort 11,93 °C bei einer Gesamtniederschlagsmenge von 624 mm.

ZF-Varianten: Insgesamt wurden drei ZF-Varianten mit 4, 8 bzw. 17 Arten untersucht. Die in der ZF-Variante 1 enthaltenen Arten umfassten die Brassicaceae Ölrettich (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*)

und Leindotter (*Camelina sativa*), die Leguminosen Sommerwicke (*Vicia sativa*), Futtererbse (*Pisum sativum*), Ackerbohne (*Vicia faba*) und Platterbse (*Lathyrus sativus*) sowie Ramtillkraut (*Guizotia abyssinica*) aus der Familie der Asteraceae und Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*) als Vertreterin der Boraginaceae. ZF-Variante 2 bezeichnete die Mischung TERRALIFE® – MAISPRO TR 50 Mix, die von der Deutschen Saatveredelung AG (DSV) vertrieben wird und in der Praxis häufig Anwendung findet. Mit insgesamt 17 Arten war diese Mischung deutlich artenreicher als Variante 1 (8 Arten) und Variante 3 (4 Arten). Die Zusammensetzung umfasste etwa 46 % Leguminosen und 11 % Brassicaceae sowie Vertreter weiterer Pflanzenfamilien. Zu den enthaltenen Leguminosen zählten Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum*), Felderbse (*Pisum sativum*), Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*), Perserklee (*Trifolium resupinatum*), Rotklee (*Trifolium pratense*), Schwedenklee (*Trifolium hybridum*), Sommerwicke (*Vicia sativa*), Winterwicke (*Vicia villosa*), Weißklee (*Trifolium repens*) und Serradella (*Ornithopus sativus*). Die Brassica-Arten waren durch Abessinischen Kohl (*Brassica carinata*) und Tiefenrettich (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*) vertreten. Weitere Bestandteile waren Ramtillkraut (*Guizotia abyssinica*) und Sonnenblume (*Helianthus annuus*) (Asteraceae), Öllein (*Linum usitatissimum*) (Linaceae), Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*) (Boraginaceae) sowie Sorghum (*Sorghum bicolor*) als Vertreter der Poaceae (Deutsche Saatveredelung AG, 2023). Die ZF-Variante 3 setzte sich aus Senf (*Sinapis alba*), Kresse (*Lepidium sativum*) und Futterraps (*Brassica napus*) – alle aus der Familie der Brassicaceae – sowie Sudangras (*Sorghum bicolor* subsp. *sudanense*) aus der Familie der Poaceae zusammen.

Methodik: Die oberirdische Biomasse der Gemenge wurde auf 5 m² je Parzelle geerntet, Beikräuter entfernt und die Frischmasse gewogen. Drei Teilproben wurden zur Bestimmung von C/N (Trocknung bei 60 °C), Elementgehalten (80 °C) und Trockensubstanz (105 °C) aufbereitet, getrocknet und vermahlen. Die artspezifische Biomasse wurde auf 2 m² je Parzelle separat erhoben. Zur Wurzelanalyse wurden zehn Bodenkerne (0–30 cm Tiefe, ø 10 cm) pro Parzelle entnommen, zunächst bei –18 °C gefroren und anschließend aufgetaut, die Wurzeln gewaschen, sortiert, getrocknet (60 °C für C/N, 105 °C für TM) und vermahlen. Zusätzlich wurden Pflanzenwurzeln je Art ausgegraben und analog analysiert. Der Gesamtgehalt an C und N wurde per Elementaranalyse bestimmt. Die Gehalte an P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn und B wurden mittels ICP-OES analysiert. Trockensubstanzgehalt, Biomasseertrag (Frisch- und Trockensubstanz) sowie C- und N-Gesamtgehalte wurden berechnet. Die Bodenbedeckung (%), die Bodenfeuchte (%) sowie der Beikrautdruck durch *Cirsium arvense* (Anzahl Pflanzen pro m²) wurden alle zwei Wochen über die gesamte Vegetationsperiode hinweg erfasst – erstere mittels digitaler Bildanalyse, die Bodenfeuchte mit einem HydraGO-Flex-Sensor und der Beikrautdruck durch Auszählung der Pflanzen. Die statistische Auswertung der Versuchsparmeter erfolgte mit der Software R und RStudio. Die Nullhypothesen wurden mithilfe von Signifikanztests auf einem Signifikanzniveau von 5 % überprüft. Zur Analyse von Gruppenunterschieden wurden je nach Datenverteilung und Varianzhomogenität ANOVA, Welch-ANOVA, Kruskal-Wallis-Tests sowie Post-hoc-Tests verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die drei untersuchten ZF-Varianten unterschieden sich signifikant in Trockenmasse und Gesamt-P-Aufnahme, jedoch nicht in der P-Konzentration in Spross und Wurzel (siehe Tabelle 1). Variante 1 (8 Arten) erreichte mit 2330 kg/ha Biomasse und 4,3 kg/ha P die höchsten Werte. Damit blieb die erzielte Biomasse, sowie die P-Aufnahmemenge aller Varianten deutlich unter denen anderer Studien (Wendling et al., 2016; Heuermann et al., 2022), was unter anderem auf die trockene Witterung sowie den späten Aussaatzeitpunkt zurückzuführen ist. Auffallend ist, dass die maximale Bodenbedeckung aller Varianten bereits Ende September erreicht wurde. Trotz der geringsten Biomasse zeigte Variante 3 die höchsten Phosphorkonzentrationen in Spross und Wurzel, was mit den hohen P-Gehalten der enthaltenen Arten übereinstimmt, jedoch statistisch nicht signifikant war. Insgesamt wurde die Gesamt-P-Aufnahme der ZF-Varianten jedoch vorrangig durch die Biomasseentwicklung bestimmt (vgl. Finney et al., 2016; Liu et al., 2015), nicht durch die P-Konzentration. Auch die Bodenbedeckung, als Maß für die Biomasseentwicklung, war bei Variante 1 und 2 signifikant höher als bei Variante 3 und korrelierte stark mit der Spross- ($r = 0,83$) und Wurzeltrockenmasse ($r = 0,716$). Ein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Arten in einem Gemenge und der Biomasseentwicklung sowie Gesamt-P-Aufnahme war nicht nachweisbar. Vielmehr scheinen die funktionelle Komplementarität sowie die Auswahl standortgeeigneter Arten entscheidend.

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit zeigen außerdem, dass die Wurzelbiomasse maßgeblich zur P-Aufnahme durch ZF beitrug – sowohl durch ihren hohen Anteil an der Gesamttrockenmasse (59–77 %) als auch durch relevante P-Konzentrationen (1,54–1,86 g/kg). In allen Varianten entfiel der größere Anteil des aufgenommenen Phosphors auf die Wurzel im Vergleich zum Spross. Damit wird die in vielen Studien (z. B. Finney et al., 2016; Liu et al., 2015) häufige Fokussierung auf die Sprosstrockenmasse zumindest teilweise hinterfragt. Auch andere Arbeiten bestätigen die zentrale Rolle der Wurzelbiomasse für die Nährstoffaufnahme und das Mobilisierungspotenzial (Heuermann et al., 2022; Kemper et al., 2023). Literaturangaben zur P-Verteilung in den Wurzeln variieren stark und zeigen teils deutliche Unterschiede zwischen Kulturen (z. B. Heuermann et al., 2019; Franchini et al., 2004). Darüber hinaus belegen mehrere Studien (z. B. Gentsch et al., 2020), dass Mischungen gegenüber Reinkulturen tendenziell höhere Wurzeltrockenmassen aufweisen. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass zur besseren Bewertung des P-Aufnahmevermögens von Zwischenfruchtgemengen die Wurzeltrockenmasse stärker berücksichtigt werden sollte.

Die untersuchten Boden-P-Gehalte (wasserlösliches P, P_{CAL} , Phosphatase-Aktivität) zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zwischenfruchtvarianten und konnten die in Biomasse und P-Aufnahme beobachteten Effekte statistisch nicht bestätigen. Ein Anstieg des P_{CAL} -Gehalts um 6,9 mg/kg über den Versuchszeitraum weist jedoch auf einen möglichen Effekt des Zwischenfruchtanbaus hin, auch wenn eine sichere Zuordnung zur P-Mobilisierung nicht möglich ist. Unterschiede zwischen den Varianten waren auffällig, aber nicht signifikant.

Alle Varianten lagen mit ihren C/P-Verhältnissen unter dem Schwellenwert von 300:1, was grundsätzlich auf ein gegebenes P-Mobilisierungspotenzial hindeutet. Variante 3 zeigte mit sowohl für Spross als auch Wurzel die engsten Werte, jedoch bei geringster Gesamt-P-Aufnahme. Offen bleibt, wie die Phosphormobilisierung und -mineralisierung der im Wurzelgewebe gebundenen Phosphorverbindungen im Boden verläuft und wieviel von diesem Phosphor für nachfolgende Kulturpflanzen tatsächlich verfügbar wird.

Tabelle 1*: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse für die Varianten 1, 2 und 3

Untersuchungsparameter	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Spross TM	kg/ha	947 ^a	688 ^b	300 ^c
Wurzel TM	kg/ha	1382 ^a	1362 ^a	983 ^b
Gesamt TM	kg/ha	2329 ^a	2050 ^a	1283 ^b
max. Bodenbedeckung	%	55 ^a	48 ^a	33 ^b
P-Konz. Wurzel	g/kg	1,54 ^a	1,77 ^a	1,86 ^a
P-Konz. Spross	g/kg	1,79 ^a	2,34 ^a	2,91 ^a
C/P Spross	-	218:1	185:1	146:1
C/P Wurzel	-	244:1	286:1	221:1
C/N Spross	-	15:1	29:1	20:1
C/N Wurzel	-	26:1	31:1	34:1
P-Aufnahme Spross	kg/ha	1,696	1,607	0,873
P-Aufnahme Wurzel	kg/ha	2,570	2,098	1,739
P-Aufnahme gesamt	kg/ha	4,270	3,705	2,612
$P_{wasserlöslich}$ (12/2023)	mg/kg	0,43 ^a	0,36 ^a	0,36 ^a
P_{CAL} (12/2023)	mg/kg	31,5 ^a	27,5 ^a	26,5 ^a
Phosphatase-Aktivität	nmol g ⁻¹ h ⁻¹	67,2 ^a	82,3 ^a	59,4 ^a

*Werte mit unterschiedlichen hochgestellten Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$)

Die vorliegenden Ergebnisse zu den einzelnen Arten zeigen deutliche Unterschiede im P-Aufnahme und P-Mobilisierungspotenzial einzelner Arten in den Varianten 1 und 3. Besonders hervorzuheben ist der Ölrettich, der sich durch hohe Biomasse, überdurchschnittliche P-Konzentration sowie ein günstiges C/P-Verhältnis auszeichnete. Ramtillkraut zeigte bei geringer Biomasse mit Abstand die höchste P-Konzentration im Spross. In Variante 3 wies das Sudangras mit 60 % Anteil an der Sprosstrockenmasse (40 % Saatgutanteil) und P-Konzentrationen von 1,49 g/kg (Wurzel) und 3,35 g/kg (Spross) – offenbar relativ unabhängig von Standortbedingungen (vgl. Wendling et al., 2016) – auf ein hohes P-Mobilisierungspotenzial hin. Insgesamt zeigten die Untersuchungen der Arten keine signifikante Korrelation zwischen der P-Konzentration in Wurzel- ($p = 0,64$) und Sprosstrockenmasse, was die Relevanz separater

Wurzelanalysen verdeutlicht. Die Bewertung der Arten ist aufgrund des fehlenden Anbaus in Reinkulturen nur eingeschränkt aussagekräftig.

Zusammenfassung

Phosphor (P) gilt als limitierte Ressource aufgrund global begrenzter Vorkommen in Lagerstätten. Daher ist eine effizientere und nachhaltige Nutzung auch in der ökologischen Landwirtschaft erforderlich. Der Anbau von Zwischenfrucht-Gemengen im ökologischen Landbau stellt eine mögliche Strategie dar, um innerbetrieblich P aus dem Boden zu mobilisieren und so die P-Verfügbarkeit und -effizienz zu verbessern. In der vorliegenden Arbeit wurden in einem Praxis-Feldversuch im Jahr 2023 in Niederösterreich drei Winter-Zwischenfrucht-Gemenge mit 4, 8 und 17 Arten, unter P-limitierten Bedingungen angebaut und hinsichtlich ihrer P-Aufnahme und ihres Potenzials zur P-Mobilisierung untersucht. Hierfür wurden die Spross- und Wurzelbiomasse der drei Zwischenfrucht-Varianten, die Phosphor-, Kohlenstoff- und Stickstoffkonzentrationen und deren Verhältnisse, die drei Boden-Phosphor-Gehalte: wasserlösliches P, P_{CAL} und die Phosphatase-Aktivität sowie die Bodenbedeckung und die Bodenfeuchte untersucht. Signifikante Unterschiede zwischen den drei Varianten wurden für die Wurzel- und Sprosstrockenmasse, die Gesamt-P-Aufnahme sowie die Bodenbedeckung festgestellt. Variante 1 (8 Arten: Sommerwicke, Ackerbohne, Futtererbse, Platterbse, Ramtillkraut, Ölrettich, Leindotter und Phacelia) konnte insgesamt 4,27 kg/ha P in der Spross- und Wurzeltrockenmasse aufnehmen, was 14 % mehr als Variante 2 (17 Arten) und 40 % mehr als Variante 3 (4 Arten) entspricht. Es konnte ebenfalls festgestellt werden, dass die Biomassemenge gegenüber der P-Konzentration im Pflanzengewebe die Gesamtaufnahme an P maßgeblich beeinflusst hat und dass bei allen Varianten die Wurzelbiomasse einen höheren Anteil an der Gesamt-P-Aufnahme stellte als die Sprossbiomasse. Die nicht optimale Entwicklung der ZF, die durch die geringe Bodenbedeckung von maximal 55 % sowie der geringen Trockenmasse von maximal 2330 kg/ha im Vergleich zu anderen Untersuchungen deutlich wird, ist auf die trockenen Witterungsbedingungen und den späten Aussaattermin zurückzuführen.

Abstract

Phosphorus (P) is considered a limited resource due to globally limited deposits. Therefore, a more efficient and sustainable use also in organic agriculture is required. The cultivation of catch crops in organic farming is a promising strategy to mobilize phosphorus from soils at field level and thus improve phosphorus availability and efficiency. The current knowledge on the potential of cover crops for phosphorus mobilization is limited, especially with regard to the contribution made by roots. In the present study, three winter cover crop mixtures (4, 8 and 17 species) were grown under phosphorus-limited conditions in a field experiment in Lower Austria in 2023 and investigated regarding their phosphorus uptake and their potential for phosphorus mobilization. For this purpose, the shoot and root biomass of the three cover crop mixtures, the phosphorus, carbon and nitrogen concentrations and ratios, the three soil P contents watersoluble P, P_{CAL} , phosphatase activity as well as the soil cover and soil moisture were examined. Significant differences between the three variants were found for root and shoot dry matter, total P uptake and ground cover. Variant 1 (with these 8 species: camelina, common vetch, fava bean, common pea, grass pea, niger, oil seed radish and phacelia) was able to take up a total of 4.27 kg/ha of phosphorus in the dry shoot and root mass, which corresponds to 14 % more than variant 2 (17 species) and 40 % more than variant 3 (4 species). It was also found that the amount of biomass had a significant influence on the total uptake of phosphorus compared to the P concentration in the plant tissue and that the roots accounted for a higher proportion of the total uptake than the shoot biomass in all variants. The low development of the catch crops, which is shown by the low maximum coverage of 55 % and the low maximum dry matter of 2330 kg/ha compared to other studies, is attributed to the dry weather conditions as well as the relatively late sowing date.

Literatur

- BMLRT. (2022). Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. Eigenverlag: Wien.
- Deutsche Saatveredelung AG. (2023). Produktbeschreibung: TERRALIFE®—MAISPRO TR 50. <https://www.dsvisaaten.de/pdf/sorte/2764>
- Finney, D. M., White, C. M., & Kaye, J. P. (2016). Biomass Production and Carbon/Nitrogen Ratio Influence Ecosystem Services from Cover Crop Mixtures. *Agronomy Journal*, 108(1), 39–52.

<https://doi.org/10.2134/agronj15.0182>

- Franchini, J. C., Pavan, M. A., & Miyazawa, M. (2004). Redistribution of phosphorus in soil through cover crop roots. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(3), 381–386. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000300007>
- Gentsch, N., Boy, J., Batalla, J. D. K., Heuermann, D., Von Wirén, N., Schweneker, D., Feuerstein, U., Groß, J., Bauer, B., Reinhold-Hurek, B., Hurek, T., Céspedes, F. C., & Guggenberger, G. (2020). Catch crop diversity increases rhizosphere carbon input and soil microbial biomass. *Biology and Fertility of Soils*, 56(7), 943–957. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01475-8>
- GeoSphere Austria. (2024). Messstationen Tagesdaten [dataset]. <https://doi.org/10.60669/GS6W-JD70>
- Heuermann, D., Gentsch, N., Boy, J., Schweneker, D., Feuerstein, U., Groß, J., Bauer, B., Guggenberger, G., & von Wirén, N. (2019). Interspecific competition among catch crops modifies vertical root biomass distribution and nitrate scavenging in soils. *Scientific Reports*, 9(1), 11531. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48060-0>
- Heuermann, D., Gentsch, N., Guggenberger, G., Reinhold-Hurek, B., Schweneker, D., Feuerstein, U., Heuermann, M. C., Groß, J., Kümmerer, R., Bauer, B., & Von Wirén, N. (2022). Catch crop mixtures have higher potential for nutrient carry-over than pure stands under changing environments. *European Journal of Agronomy*, 136, 126504. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126504>
- Kemper, R., Döring, T. F., Legner, N., Meinen, C., & Athmann, M. (2023). Oil radish, winter rye and crimson clover: Root and shoot performance in cover crop mixtures. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06240-y>
- Lavergne, S., Vanasse, A., Thivierge, M., & Halde, C. (2021). Using fall-seeded cover crop mixtures to enhance agroecosystem services: A review. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 4(2), e20161. <https://doi.org/10.1002/agg2.20161>
- Liu, J., Bergkvist, G., & Ulén, B. (2015). Biomass production and phosphorus retention by catch crops on clayey soils in southern and central Sweden. *Field Crops Research*, 171, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.11.013>
- Wendling, M., Büchi, L., Amossé, C., Sinaj, S., Walter, A., & Charles, R. (2016). Influence of root and leaf traits on the uptake of nutrients in cover crops. *Plant and Soil*, 409(1–2), 419–434. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2974-2>

Adresse der Autoren

Institut für Ökologischen Landbau, Gregor-Mendel-Haus, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

*Ansprechpartner: MSc. Lili Bauer (lili.bauer@boku.ac.at)

Neue Erkenntnisse zur Phosphorfreisetzungsrates für Acker- und Grünlandböden

New findings on the phosphorus release rate for arable and grassland soils

Armin Bajrakarevic* und Adelheid Spiegel

Einleitung

Die CAL-Methode (Calciumacetatlactat) ist eine bewährte und solide Methode, die seit ihrer Einführung in den 1960er-Jahren unverändert geblieben ist. Die Korrelation zwischen dem relativen Ertrag und dem CAL-P-Gehalt (in mg P/kg Boden) ist insgesamt schwach. Jedoch sind zwischen einem P-CAL-Wert von 44–88 mg P/kg (Gehaltsklasse C) die meisten Mehrerträge statistisch abgesichert (Mokry, 1996). In den Studien von Zorn et al. (2015, 2016) wurde mithilfe der Phosphorfreisetzungsrates (PFR) eine Präzisierung der P-Düngeempfehlungen erarbeitet, einschließlich der Entwicklung von Formeln, neuen Gehaltsklassen und Interpretationsansätzen. Die Ergebnisse zeigten, dass Flächen mit niedriger PFR auf Düngung mit Mehrerträgen reagierten, während Flächen mit hoher PFR keine signifikanten Mehrerträge aufwiesen. Ziel dieses Projektes war es, die Phosphordüngung mit der PFR zu präzisieren und zu untersuchen, welche weiteren Faktoren die PFR beeinflussen.

Material und Methoden

Die Phosphorfreisetzungsrates (PFR) wurde gemäß der Methode von Floßmann und Richter (1982) bestimmt. Das Prinzip der PFR beruht darauf, dass derselbe Boden zweimal mit Wasser extrahiert wird. Auf Basis der dabei ermittelten Werte sowie eines unabhängig bestimmten P-CAL-Wertes wird die Freisetzungsrates berechnet. Diese wird an-hand vorgegebener Tabellenwerte in eine niedrige, mittlere oder hohe Fähigkeit des Bodens zur Freisetzung von pflanzenverfügbarem Phosphat eingestuft. Die Bestimmung der Phosphorfraktionen erfolgt photometrisch unter Anwendung der Molybdänblau-Methode. Die PFR wird nach folgender Formel berechnet:

$$PFR = k_{10} \times PCAL \times 1000$$
, Angabe in $\mu\text{g P/kg} \cdot \text{min}$ (Freisetzungsrates)

$k_{10} = 0,1 \times \ln((PA/(PA-P_{10})))$, Angabe in min^{-1} (Kinetikfaktor)

PA = PCAL - P₆₀ (Kapazität)

P-CAL Gehalt an pflanzenverfügbarem (CAL-löslichen) Phosphor im mg/kg

P₆₀ Phosphorgehalt des 1. Extraktes (nach 60 min) in mg/kg

P₁₀ Phosphorgehalt des 2. Extraktes (nach 10 min) in mg/kg

Ergebnisse und Diskussion

Präzisierung der Phosphordüngung: Uns standen Langzeitversuche aus Grabenegg, Rutzendorf und Rotenhaus zur Verfügung. Eine erste sehr wichtige Erkenntnis war, dass die Phosphorfreisetzungsrates (PFR) in den standardisierten Feldversuchen der Langzeitversuche sichere und unveränderte Ergebnisse lieferte. Dies spricht für die Stabilität und Robustheit der Methode. So blieb die PFR in Grabenegg trotz mineralischer Phosphordüngung hoch und in Rutzendorf niedrig (Messung Jahr 2011 und 2018). In Tabelle 1 sind die mittleren Erträge aus den Parzellen in Grabenegg dargestellt, in denen Ernterückstände jährlich eingearbeitet werden. Die Wahl fiel auf diese Parzellen, da hier eine hohe Menge an Kalium über die Ernterückstände zugeführt wird und daher die Pflanze mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht im Mangel sein wird. Werden die Erträge je nach Kultur beobachtet, ergibt sich über die Dünge-stufen kein signifikanter Unterschied. Jedoch beobachtet man besonders für phosphorbedürftigere Kulturen wie Körnermais, Soja und Kartoffeln ab der Düngung mit 75 kg/ha P₂O₅ keine wesentlichen Mehrerträge mehr. Dies würde genau der Düngung nach der neuen Gehaltsklasse mit der Phosphorfreisetzungsrates entsprechen.

Tabelle 5: **Durchschnittliche Erträge im Phosphor-Steigerungsversuch. Die Buchstaben neben den mittleren Erträgen zeigen an, ob es signifikante Unterschiede gibt, und die Zahlen in Klammern sind die Mehrerträge zur 0-Variante. (n) = Anzahl der angebauten Jahre und Angaben beziehen sich auf t/ha. Die Signifikanz wurde mittels post-hoc Tukey einfraktionelle ANOVA berechnet.**

Düngung kg/ha P2O5	Körnermais n=5	Soja n=2	Kartoffel n=2	Wintergerste n=4	Winterweizen n=8
0	11,46 a	2,58 a	42,93 a	7,20 a	6,46 a
75	11,74 a	2,81 a	45,22 a	7,30 a	6,55 a
150	11,52 a	2,41 a	45,48 a	7,30 a	6,58 a
30	11,58 a	2,52 a	45,25 a	7,52 a	6,60 a

Im P-Slag Projekt (Rottenhaus) wurden Thomasphosphat (PS) und Superphosphat (SP) in zwei Dünge-stufen ausgebracht (P44 = 90 kg P2O5/ha und P175 = 400 kg P2O5/ha). Der Bo-den in Rottenhaus hatte in der P0-Variante die Gehaltsklasse A (sehr niedrig, 12,4 mg P/kg), einen pH-Wert von 6,5, einen Carbonatgehalt von 0 % und eine hohe PFR. Die Ergebnisse (Abbildung 4) bestätigten die Interpretation nach Floßmann und Richter (1982), dass in der unteren Hälfte der Gehaltsklasse A (< 13 mg P/kg) es trotz hoher PFR zu keiner Steigerung der Gehaltsklasse führen sollte. Denn die Erträge waren zwischen 10-17 % höher als in der P0-Variante, und die höchste Düngung von 400 kg P2O5/ha ergab eine weitere Ertragssteigerung. Daher sollte es bei einer hohen PFR und einem P-CAL von < 13 mg P/kg zu keiner Steigerung der Gehaltsklasse von A (sehr niedrig) auf B (niedrig) bzw. Verringerung der Phosphordün-geempfehlung führen.

Erkenntnisse aus dem Grünland und organische Düngung: Im Zuge des Projekts wurden auch Grün-landböden einbezogen. Das erste Ergebnis zeigt die erfolgreiche Anwendung der PFR auf Grünlandbö-den aus einem Dünge-versuch in Raumberg-Gumpenstein. Die Korrelation zwischen den P-Fraktionen aus der PFR und der PFR mit der P-Aufnahme in die Pflanze waren signifikant.

Die P-CAL im Grünland ist einer großen Kontroverse ausgesetzt. Viele Böden des Grünlandes zeigen einen hohen Anteil an Gehaltsklasse A (sehr niedrig) und B (niedrig). Da jedoch im Grünland aus-schließlich Wirtschaftsdünger eingesetzt wird und die P-CAL den organischen Phosphor im Grünland nicht gut erfasst, entstand die Idee, ein erstes Screening von privaten Grünlandböden zu starten. Die PFR war in den meisten Fällen hoch, und deswegen würde sich die Gehaltsklasse um eine Stufe erhöhen. Diese Beobachtungen werden aus dem deutschen Grünlandprojekt „Waterbuddies“ bestätigt. Wir haben Grünlandböden und Bewirtschaftungsdaten von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen erhalten. Zur Untersuchung des Einflusses der Wirtschaftsdünger auf die Bodenparameter PFR und P-CAL wurde ein generalisiertes additives Modell (GAM) angewendet. Hierbei wurden weitere Variablen (z.B. Bo-dentyp) als Prädiktoren verwendet. Der Einfluss der organischen Düngung auf beide Parameter war insgesamt nicht signifikant, jedoch konnte für die PFR eine leichte Signifikanz ($p < 0,1$) beobachtet wer-den. Außerdem zeigte sich, dass die PFR einen signifikanten nichtlinearen Einfluss auf die organische Düngung hat. Dies lässt darauf schließen, dass die PFR die organische Düngung besser berücksichtigt und somit eine präzisere Düngung mit Phosphor ermöglicht. In Abbildung 1 kann jeweils der lineare Trend zwischen den Bodenparametern PFR und P-CAL mit der Menge an P aus dem Wirtschaftsdünger beobachtet werden.

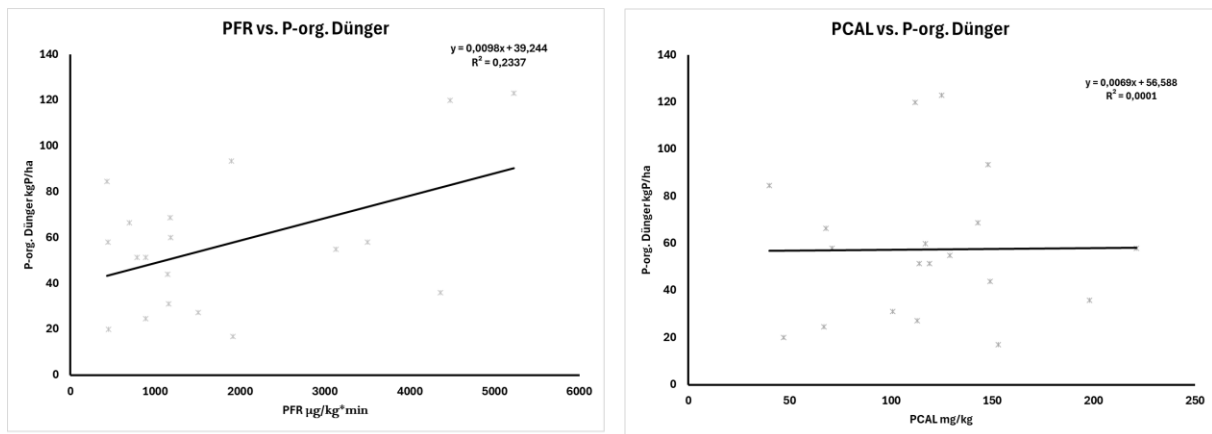


Abbildung 18: Links: Darstellung der Korrelation zwischen PFR (x-Achse, $\mu\text{g/kg}\cdot\text{min}$) und Wirtschaftsdünger (y-Achse, $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ kg/ha}$). Rechts: Darstellung der Korrelation zwischen P-CAL (x-Achse, mg/kg) und Wirtschaftsdünger (y-Achse, $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ kg/ha}$).

Einfluss des pH-Werts auf die PFR: Die Korrelation nach Spearman ($n=242$) zwischen dem pH-Wert und den P-Fractionen P-CAL, P60, P10 und PFR ergab für alle Fraktionen eine negative signifikante Korrelation. Jedoch ist der Korrelationskoeffizient für P60, P10 und PFR wesentlich höher: $\text{PFR} (-0,60) > \text{P10} (-0,59) > \text{P60} (-0,58) > \text{P-CAL} (-0,33)$.

Des Weiteren wurde der Trend zwischen der Phosphorfreisetzungsrate (PFR) und P-CAL in Abbildung 3 mithilfe eines generalisierten additiven Modells (GAM) in Bezug auf den pH-Wert untersucht. Der pH-Wert zeigt einen signifikanten nichtlinearen Einfluss auf beide Parameter, wobei dieser Einfluss für die PFR ausgeprägter ist. Das Modell erklärt 59,3 % der Varianz der PFR und 13,7 % der Varianz der P-CAL durch den pH-Wert. Dies deutet darauf hin, dass die PFR den pH-Wert (bzw. den Carbonatgehalt) besser berücksichtigt und somit eine präzisere Vorhersage des pflanzenverfügbaren Phosphors ermöglicht. Weiteres beobachtet man in der Abbildung 2 für die PFR einen rapiden Abfall ab einem pH-Wert von >7 . Die allgemeine Gültigkeit der Phosphorverfügbarkeit zwischen einem pH-Wert von 6 bis 7 bleibt unbestritten, doch werden die komplexen Dynamiken dieser Beziehung näher erklärt. Dabei zeigt sich, dass die Löslichkeit des Phosphors weniger vom Calcium, sondern vielmehr vom Carbonat abhängt, welches in Konkurrenz mit Phosphor steht (Penn und Camberato, 2019; Barrow und Hartemink, 2023).

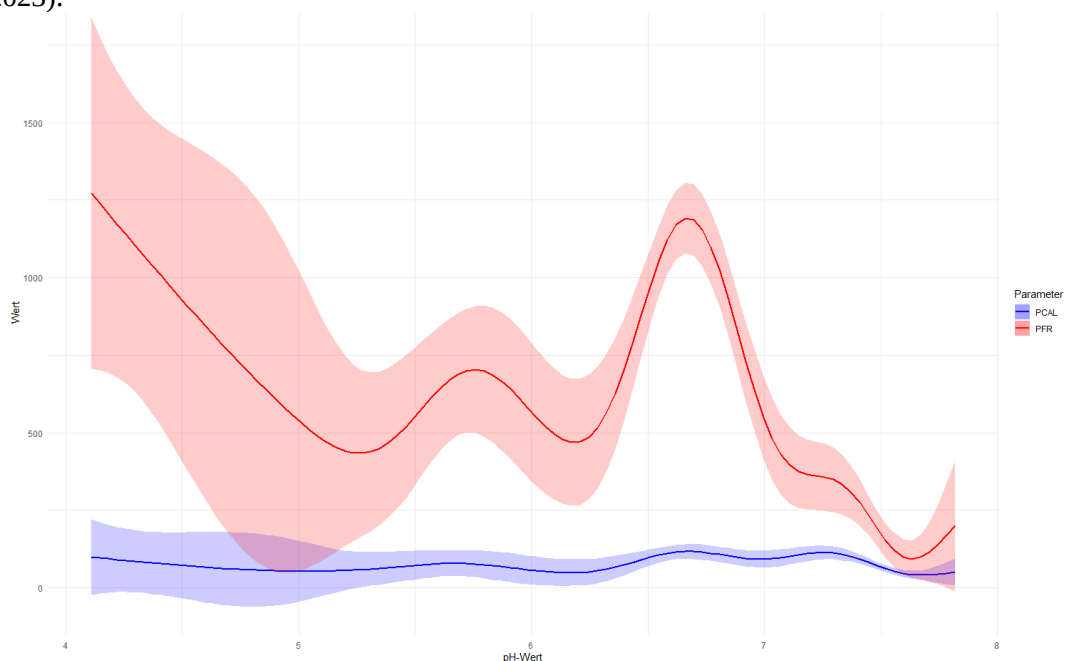


Abbildung 19: Visualisierung des vorhergesagten Trends zwischen PFR bzw. PCAL mit dem pH-Wert mittels GAM-Modell. Wert steht für die Einheiten für PCAL= mg/kg und PFR= $\mu\text{g/kg}\cdot\text{min}$). Die Fläche um den Trend (hellrot: PFR, hellblau: PCAL) stellt den 95% Konfidenzintervall dar.

Zusammenfassung

Die Analyse des pflanzenverfügbaren Phosphors im Boden in Österreich basiert auf der Extraktion mit Calciumacetatlactat (P-CAL). Ziel dieses Projektes war es, mithilfe der Methode der „Phosphorfreisetzungsrates (PFR)“ die Phosphordüngung zu präzisieren und zu untersuchen, welche weiteren Faktoren die PFR beeinflussen. Die zentralen Ergebnisse zur PFR aus diesem Projekt sind wie folgt: (1) Langjährige Feldversuche haben konsistente Ergebnisse für die PFR über die Jahre gezeigt. Dies zeigt, dass die PFR eine robuste Methode ist. (2) In den Düngungsvarianten der AGES konnte die PFR die Abschätzung der Phosphordüngung präzisieren und damit eine bessere Einschätzung der Ertragslage ermöglichen. (3) Feldversuche auf Acker- und Grünlandböden mit organischer Düngung zeigten, dass die PFR den Einfluss organischer Dünger besser abbildet als die P-CAL-Methode. (4) Die PFR korreliert signifikant stärker mit dem pH-Wert als die P-CAL-Methode (GAM-Modell: PFR erklärt 59,3 % der Varianz, P-CAL 13,7 %) und ermöglicht eine bessere Integration dieses Parameters in die Interpretation. Dadurch kann der Standort spezifischer berücksichtigt und die Phosphorversorgung über die Vegetationsperiode besser abgeschätzt werden.

Abstract

The analysis of plant-available phosphorus in soil in Austria is based on an extraction using calcium-acetate-lactate (P-CAL). The aim of this project was to refine phosphorus fertilization using the "phosphorus release rate (PFR)" method and to investigate which additional factors influence the PFR. The key findings of this project regarding the PFR are summarized: (1) Results from long-term field experiments demonstrated consistent PFR values over the years, indicating that PFR is a robust method. (2) In fertilization variants tested by AGES, the PFR improved the precision of phosphorus fertilization assessments, leading to better predictions of yield potential. (3) In field trials on arable and grassland soils with organic fertilizers, the PFR was better able to account for the influence of organic fertilizers compared to the P-CAL method. (4) The PFR showed a stronger correlation with pH (as indicated by a GAM model explaining 59.3% of the variance for PFR, compared to 13.7% for P-CAL) and can incorporate this parameter more effectively into its interpretation. This allows for better consideration of site-specific conditions and improved assessment of phosphorus availability throughout the growing season.

Literatur

- Barrow, N. J., & Hartemink, A. E. (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant and Soil*, 487(1), 21-37.
- Floßmann, R. und Richter, D. (1982): Extraktionsmethode zur Charakterisierung der Kinetik der Freisetzung von P aus der festen Phase des Bodens in die Bodenlösung. *Archiv Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde* 26, 703-709
- Mokry, M. (1996): P-Düngungsversuche — Baden-Württemberg. VDL UF A -Schriftenreihe 42/1996 VDLUFA-Verlag Darmstadt.
- Penn, C. J., & Camberato, J. J. (2019). A critical review on soil chemical processes that control how soil pH affects phosphorus availability to plants. *Agriculture*, 9(6), 120.
- Zorn, W., Schröter, H. und Kießling, G. (2015): Präzisierung des P Düngebedarfs auf dem Ackerland durch zusätzliche Bodenuntersuchungen. VDLUFA-Schriftenreihe 71.
- Zorn, W (2016): Ergebnisse von P Düngungsversuchen zu Winterweizen in Thüringen. VDLUFA-Schriftenreihe 73I

Adresse der Autoren

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Abteilung für Bodengesundheit und Pflanzenernährung, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

* Ansprechpartner: Armin Bajraktarevic armin.bajraktarevic@ages.at

Visualisierung der Nährstoffschwankungen in flüssigen Wirtschaftsdüngern (Rindergülle und Gärreste) mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIR) Sensoren auf Praxisbetrieben

Visualization of nutrient fluctuations in liquid manure (cattle slurry and digestate) using near-infrared spectroscopy (NIR) sensors on farms

Manuel Baur*, Johannes Brockamp und Susanne Höcherl

Einleitung

Flüssige Wirtschaftsdünger, wie beispielsweise Rindergülle, sind wertvolle Mehrnährstoffdünger, die im Sinne geschlossener Nährstoffkreisläufe möglichst effizient ausgebracht werden sollten. Essenziell hierfür ist unter anderem die genaue Kenntnis der Inhaltstoffe und deren Konzentration in der Gülle, um die ausgebrachten Mengen an den Nährstoffbedarf der Pflanzen anzupassen. Bisher werden in der landwirtschaftlichen Praxis hierfür hauptsächlich die mittleren Nährstoffgehalte der Officialberatung oder jährlich gezogene Laborproben verwendet. Diese Methoden können jedoch tages- und jahreszeitliche Schwankungen, beispielsweise durch Fütterungsumstellungen, Verdünnungseffekte, saisonale Niederschläge oder unterschiedliche Lagerdauer, nicht adäquat erfassen und bergen somit das Risiko einer Über- oder Unterversorgung der Pflanzenbestände bei der Wirtschaftsdüngerausbringung. Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIR) Sensoren werden im Laborbereich standardmäßig zur Untersuchung diverser landwirtschaftlicher Güter (z.B.: Futtermittel) eingesetzt und finden als Online-Sensoren langsam den Weg in die Praxis. Inzwischen gibt es mehrere Hersteller, die explizit für den Einsatz in flüssigen Wirtschaftsdüngern vorgesehene und nach DLG zertifizierte NIR-Sensoren anbieten (Rubenschuh und Volz, 2019). Dennoch werden diese bisher nur vereinzelt in der Praxis eingesetzt. Ein möglicher Grund hierbei ist, dass NIR-Sensoren aktuell nur in einigen wenigen deutschen Bundesländern (z. B. Bayern) für die Dokumentation nach Düngemittelverordnung zugelassen sind. Auch der hohe Anschaffungspreis und Zweifel der Landwirte an der Zuverlässigkeit der Sensoren tragen hierzu bei. Im Demonstrationsprojekt Wirtschaftsdüngermanagement als Teil des Experimentierfeldes DigiMilch sollen diese Sensoren auf ihre Praxistauglichkeit und Genauigkeit im Vergleich zu Laborproben untersucht werden. Ein Teilaspekt dabei ist es zu demonstrieren, inwieweit die Erfassung der inner- und überbetrieblichen Schwankungen der Nährstoffgehalte beim Einsatz dieser Sensoren möglich ist.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden unter Praxisbedingungen auf 7 Betrieben in Bayern durchgeführt. Eingesetzt wurde ein Pumptankfass mit 15,5 m³ Fassungsvermögen und einem NIR-Sensor. Dabei wurden während des Befüllens kontinuierlich die Gehalte an Gesamtstickstoff (N_{ges}), Ammoniumstickstoff (NH₄-N), Phosphor (P₂O₅), Kalium (K₂O), und Trockensubstanz (TS) vom Sensor geschätzt und daraus ein mittlerer Nährstoffgehalt in kg/m³ pro Fass ermittelt. Zum Vergleich wurden zu Beginn, in der Mitte und zum Ende der Ausbringung des jeweiligen Tages und bei einem Schlagwechsel Laborproben gezogen. Dabei wurden zu Beginn, in der Mitte und zum Ende des Befüllvorgangs jeweils ca. 5 L Gülle an einem Ablasshahn der Fässer entnommen, vereinigt und eine Mischprobe entnommen, die sofort tiefgekühlt und zur nasschemischen Analyse in das Labor (LfL, Freising) gegeben wurde. (Methodik: N_{ges}: VDLUFA MB II.1, 2. Ergänzung 2004, Methode 3.1.1, NH₄-N: EG-Verordnung 2003/2003 Methode 2.1, DIN EN 15475:2009-04, K₂O und P₂O₅: VDLUFA, MB VII, 4. Aufl.2011, Ex: Meth. 2.1.2, MB II.1, 6.Erg. 2014, Meth 4.2.4, TS: VDLUFA, MB II.1, 6. Erg. 2014, Methode 15.2.1) In dieser Auswertung wurden 111 Laborproben (4 Gruben mit Gärrest, 1 Grube mit Mischgülle und 5 Gruben mit Rindergülle, jeweils zu unterschiedlichen Ausbringterminen) berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

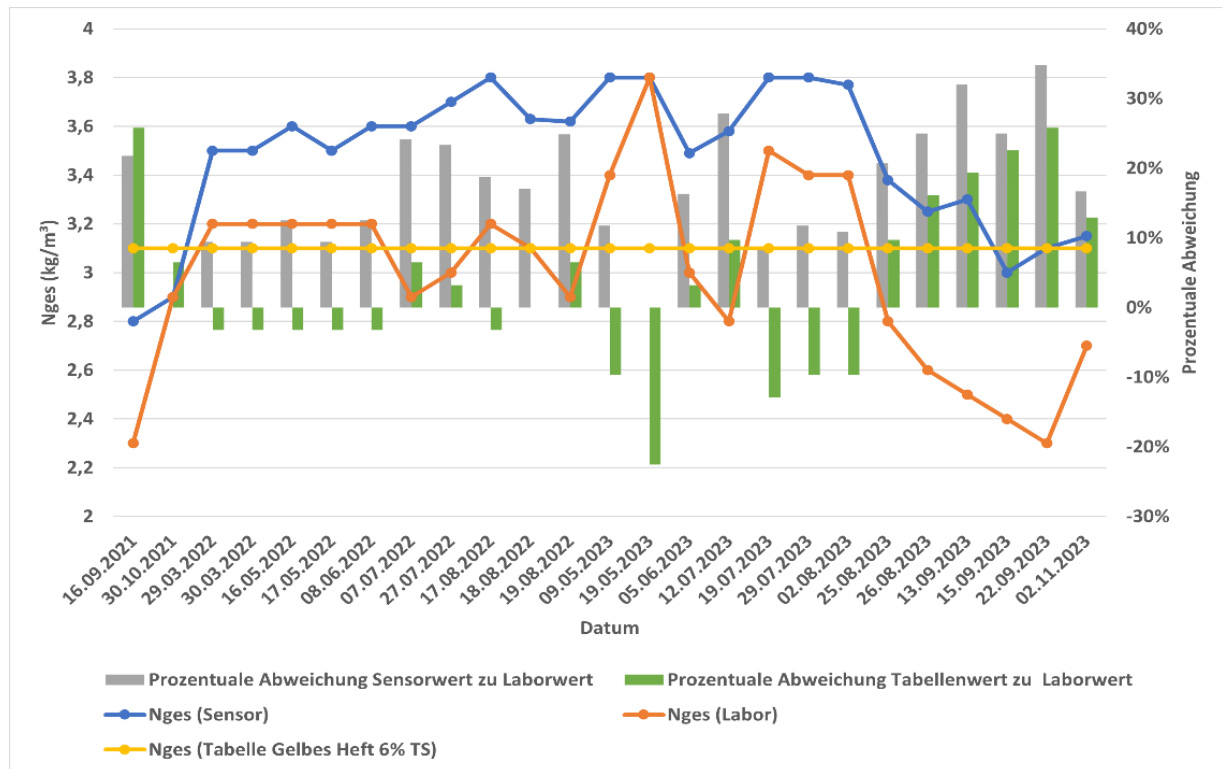


Abbildung 20: Innerbetriebliche Schwankungen im N_{ges} Gehalt der Gülle eines landwirtschaftlichen Betriebes (Milchvieh) im Jahresverlauf; dargestellt anhand von Labor und Sensorwerten mit prozentualer Abweichung zwischen Labor- zu Sensorwert und Tabellen- (LfL, 2022) zu Laborwert.

Abbildung 20 zeigt exemplarisch den jahreszeitlichen Verlauf des N_{ges} Gehaltes der Gülle eines landwirtschaftlichen Betriebes über einen zweijährigen Zeitraum (Herbst 2021 bis Herbst 2023). Dabei schwanken die durch Laboranalysen ermittelten Werte im Bereich von 2,3 bis 3,8 kg N_{ges} je m^3 , während die ermittelten Sensorwerte zwischen 2,8 und 3,8 kg N_{ges} je m^3 liegen. Während den Ausbringtagen konnten zwischen den einzelnen Fässern keine Schwankungen der Nährstoffgehalte festgestellt werden (nicht dargestellt). Die prozentualen Abweichungen zwischen Labor- und Sensorwerten bewegen sich zwischen 0 % und 35 %, wobei die Abweichung zwischen dem auf dem Betrieb verwendeten Tabellenwert (6 % TS, 3,1 kg N_{ges} je m^3) (LfL, 2022) und den Laborwerten zwischen -23 % und 26 % schwanken. Auffällig ist die gute Übereinstimmung zwischen Tabellenwert und Labor im Jahr 2022, wohingegen im Jahr 2023 größere Schwankungen auftraten, die mit Tabellenwerten nicht abgedeckt werden konnten. Dies verdeutlicht, dass Tabellenwerte oftmals nur eine Orientierung bieten und die Dynamik in der Zusammensetzung von Wirtschaftsdüngern nur unzureichend abbilden können. Damit wird die Relevanz einer betriebspezifischen und zeitnahen Gülleuntersuchung nochmals unterstrichen. Die durch den NIR-Sensor ermittelten Werte überschätzen dabei in allen Fällen den Laborwert, wobei vor allem im Jahr 2023 die Schwankung im N_{ges} -Gehalt abgebildet werden konnte.

Überbetrieblich betrachtet schwanken die vom Labor ermittelten Gehalte von N_{ges} zwischen 0,9 und 6,1 kg/ m^3 . Für die anderen Inhaltsstoffe ergeben sich für NH_4-N 0,5 bis 4,2 kg/ m^3 , für P_2O_5 0,4 bis 2,9 kg/ m^3 , für K_2O 1,7 bis 6,5 kg/ m^3 und für TS 1,2 bis 8,4 %. In Tabelle 6 sind diese Schwankungen und zusätzlich die Abweichungen zwischen Sensor und Labor dargestellt.

Tabelle 6: Überbetriebliche Schwankungen (min. max. und Mittelwert $\bar{Q}$) der Nährstoffgehalte (N_{ges} , NH_4-N , P_2O_5 , K_2O und TS in kg/m^3) von 111 Laborproben (4 Gruben mit Gärrest, 1 Grube mit Mischgülle und 5 Gruben mit Rindergülle, jeweils zu unterschiedlichen Ausbringterminen) und die dazugehörigen Abweichungen zwischen Sensor und Laborwert

Parameter	Laborwerte (kg/m^3)			Abweichung Sensor vs. Labor		
	min	max	$\bar{Q}$	min	max	$\bar{Q}$
N_{ges}	0,9	6,1	3,2	0 %	122 %	30 %
NH_4-N	0,5	4,2	1,9	0 %	220 %	20 %
P_2O_5	0,4	2,9	1,4	0 %	75 %	15 %
K_2O	1,7	6,5	4,6	0 %	81 %	17 %
TS	12	84	57	0 %	64 %	11 %

Im Projekt konnte demonstriert werden, dass NIR-Sensoren, je nach Wirtschaftsdüngerart, innerbetriebliche Schwankungen in der Zusammensetzung von Wirtschaftsdüngern detektieren können. Dabei sind jedoch zum Teil Abweichungen zum Laborwert möglich, die sich nicht gleichmäßig über den Jahresverlauf verteilen (Abbildung 1). Diese Schwankungen treten oft auf Milchviehbetrieben auf und ergeben sich zum Beispiel durch unterschiedlich hohe Wassereinträge in die Güllegrube und dem Vermischen von Milchvieh- und Jungviehgülle. Sofern eine Rindergülle durch Aufrühren direkt vor der Ausbringung sehr gut homogenisiert wurde, sind während der Ausbringung kaum Schwankungen der Nährstoffgehalte zu erwarten. Überbetrieblich betrachtet zeigt sich eine große Spannweite zwischen den Nährstoffgehalten der einzelnen Güllen, die nicht immer korrekt durch den NIR-Sensor erfasst werden konnte. Dies deckt sich mit früheren Erhebungen des Autors Boppel et al. (2021) und den Ergebnissen von Thiessen et. al (2022) und lässt sich zum Teil auf Zusatzstoffe wie Eisenchlorid zurückführen, die die optischen Eigenschaften der Gülle beeinflussen können. In vorhergehenden Untersuchungen zeigte sich darüber hinaus, dass Schaumbildung während des Pumpvorganges und hohe Temperaturen der Gülle (v.a. bei Gärresten) ebenfalls zu Abweichungen führen können. Auch Güllen, die stark von den Normwerten abweichen, lassen sich zum Teil nur schlecht durch den Sensor schätzen. Im letzteren Fall ist zu erwarten, dass durch eine Erweiterung der Kalibrationen auch diese Bereiche abgedeckt werden können. Dennoch bleibt die Frage offen, wie mit extremen Abweichungen der Sensoren umgegangen werden sollte, da in der Praxis ein verlässliches System zur Ermittlung der aktuellen Gülleinhaltstoffe fehlt und ein Onlinesystem wie ein NIR-Sensor, sofern er zuverlässig arbeitet, einen wichtigen Beitrag zur bedarfsgerechten Versorgung der Pflanzenbestände und somit einer Reduktion von Nährstoffüberschüssen liefert. Zusätzlich ist zu betonen, dass die Integration solcher Sensortechnologien nicht nur technische Fragen, sondern auch betriebswirtschaftliche und arbeitsorganisatorische Aspekte berührt. Der Schulungsbedarf der Anwender, die Datenspeicherung und -interpretation sowie die Kompatibilität mit bestehenden Farmmanagementsystemen sind entscheidend für den Erfolg solcher Technologien. Nur wenn es gelingt, die erhobenen Daten in die agronomische Entscheidungsfindung einzubetten, entfalten diese ihr volles Potenzial.

Zusammenfassung

Flüssige Wirtschaftsdünger sind wertvolle Mehrnährstoffdünger, die möglichst effizient ausgebracht werden sollten. Problematisch hierbei sind inner- und überbetriebliche Schwankungen der Zusammensetzung, die durch einzelne Laborproben oder Tabellenwerte z.T. nur schwer abbildbar sind. Nahinfrarotspektroskopie (NIR) Sensoren, als Online-Sensoren eingesetzt, sollen diese nach Herstellerangaben erfassen und ein angepasstes Wirtschaftsdüngermanagement ermöglichen. Im Demonstrationsprojekt Wirtschaftsdüngermanagement des Experimentierfeldes DigiMilch wurden diese eingesetzt, um unter

anderem zu demonstrieren, inwieweit sich die inner- und überbetrieblichen Schwankungen abbilden lassen.

Dabei wurde ein Pumptankfass mit NIR-Sensor auf mehreren bayerischen Betrieben eingesetzt und insgesamt 111 Laborproben als Referenz genommen. Prinzipiell lassen sich, je nach Wirtschaftsdüngerart, diese Schwankungen mit NIR-Sensoren visualisieren, jedoch können zum Teil deutliche Abweichungen zwischen Sensor- und Referenzwerten z.B. aufgrund einer Wirtschaftsdüngeraufbereitung auftreten. Weitere Forschung und eine kontinuierliche Verbesserung der Kalibrationsmodelle sind notwendig, um die Sensorik zu einem praxistauglichen Werkzeug im Nährstoffmanagement zu entwickeln.

Abstract

Liquid farm fertilizers are valuable complex fertilizers that should be applied as efficiently as possible. The problem here is fluctuations in composition within and across farms, which are difficult to map using individual laboratory samples or tabular values. Near-infrared spectroscopy (NIR) sensors, used as online sensors, are designed to detect these fluctuations, and enable adapted manure management. In the DigiMilch experimental field's farm manure management demonstration project, these were used to demonstrate, among other things, the extent to which internal and external fluctuations can be mapped. A pump tank barrel with NIR sensor was used on several Bavarian farms in the project and a total of 111 laboratory samples were taken as a reference. In principle, depending on the slurry, these fluctuations can be visualized with NIR sensors, but in some cases, there are significant deviations between sensor and reference values. Further research and continuous improvement of the calibration models are necessary in order to develop sensor technology into a practical tool for nutrient management.

Literatur

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL) (2022): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünlandflächen (Gelbes Heft), Hrsg.: LfL, Bayern

BOPPEL, M., LICHTI, F. (2021): Demonstrationsprojekt 1: Wirtschaftsdüngermanagement - Wie genau arbeiten Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) Sensoren im Vergleich zum Labor? Ein Zwischenstand. LfL-Schriftenreihe, Digimilch: Einblicke in die Zukunft der Milcherzeugung, Hrsg.: LfL, Bayern 28 – 32

THIESSEN, E., ESLAMIFAR, M., KOCK, R., LAUSEN, P. and HARTUNG, E. (2022): On Farm Validation of different NIR Sensors for Manure Sensing. VDI-Bericht: Bd. 2406.AgEng-Land.Technik, Intern. Conf. Agr. Engineering, Berlin, VDI Verlag GmbH, 9-16.

Rubenschuh, U., Volz, F. (2019): Nährstoffgehalte in Gülle online mit Sensoren bestimmen. DLG kompakt 8.

Adresse der Autoren

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung Prof.-Dürrwaechter-Platz 2 85586 Poing

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE112A18.

Identifizierung von Managementzonen im Dauergrünland auf Basis von Ertragsdaten von Feldhäckslern - Ein Vergleich verschiedener bayerischer Standorte

Identification of management zones in permanent grassland based on yield data from forage harvesters - A comparison between different Bavarian locations

Maria Schneider^{1*} und Stefan Thurner²

Einleitung

Trotz der zahlreichen Vorteile einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung von Dauergrünland – wie z. B. der Steigerung des Ertrags- und Futterqualitätsniveaus, dem Schutz natürlicher Ressourcen sowie der Förderung der Biodiversität (ROBERT 2002, SONNTAG et al. 2022) – findet sie in der Praxis bislang nur begrenzt Anwendung. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in der überwiegend innerbetrieblichen Nutzung von Grünland, wodurch dessen ökonomischer Wert aufgrund fehlender betriebsinterner Verrechnung oftmals nicht transparent ist (SHINNERS et al. 2003). Dennoch bietet die teilflächenspezifische Bewirtschaftung erhebliche Potenziale zur Effizienzsteigerung in der Grünlandnutzung. Die hierfür erforderlichen Verfahrenstechniken – beginnend bei einem geeigneten Farmmanagementinformationssystem (FMIS) und einem Traktor mit automatischem Lenksystem bis hin zu Anbaugeräten wie Düngerstreuern mit automatischer Teilbreitenschaltung oder Nachsaattechnik mit variabler Saatgutaussbringung – sind auf vielen Betrieben bereits vorhanden. Für die Abgrenzung geeigneter Managementzonen stellen verlässliche Ertragskarten eine zentrale Voraussetzung dar. Die sensorgestützte Ertragsaufnahme auf selbstfahrenden Feldhäckslern (SFH) ermöglicht hierbei die Generierung präziser Datensätze zur Erstellung entsprechender Ertragskarten (SCHNEIDER und THURNER 2024). Im Rahmen des Experimentierfelds DigiMilch erfolgte ein Vergleich von Ertragskarten unterschiedlicher Betriebe an verschiedenen Standorten in Bayern, sowohl über mehrere Schnitte als auch über mehrere Erntejahre. Ziel war es, fundierte Aussagen zur erforderlichen Datenmenge und -qualität zu treffen, die eine zuverlässige Ableitung von Managementzonenkarten aus SFH-basierten Ertragsdaten ermöglichen.

Material und Methoden

Für den Vergleich standen Ertragsdatensätze von drei bayerischen Betrieben an unterschiedlichen Standorten (Betrieb A und B in der Oberpfalz – ca. 40 km voneinander entfernt - und Betrieb C in Oberbayern) zur Verfügung. Es wurden Ertragskarten von je einer Fläche pro Betrieb zwischen den Ernteterminen und zwischen den Jahren 2022, 2023 und 2024 (Betrieb A und B) bzw. 2020, 2021, 2022, 2023 und 2024 (Betrieb C) verglichen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Versuchsstandorte sowie über die Datengrundlagen. Insgesamt wurden 16 Ertragskarten bei Betrieb A, zwölf bei Betrieb B und 14 bei Betrieb C miteinander verglichen ($n = 42$ Ertragskarten). Die Daten wurden dem Telemetriesystem des Herstellers der SFH (MyJohnDeere) entnommen und im Shapefile-Format (shp) als Punktvektordateien exportiert. Die Punktdaten repräsentierten die Fahrspuren der SFH und enthielten unter anderem Informationen zum Trockenmasse- (TM-) Ertrag in Tonnen pro Hektar ($t\ ha^{-1}$). Die Erstellung, Visualisierung und Analyse der Ertragskarten erfolgte mithilfe der Open-Source Geoinformationssystem- (GIS-) Software QGIS (Version 3.40.4). Vor der Ertragskartenerstellung wurden Ausreißer, die typischerweise durch technische Fehler oder Bedienfehler verursacht wurden, identifiziert und entfernt (GOZDOWSKI et al. 2010). Zur Detektion der Ausreißer kam die statistische Methode nach Tukey zum Einsatz, implementiert in einem Python-Skript innerhalb der Entwicklungsumgebung Visual Studio Code (Version 1.99.3). Der Test wurde unter Anwendung eines gleitenden Fensters durchgeführt, um auch Ausreißer innerhalb zentraler Datenbereiche zuverlässig zu erkennen. Nach Bereinigung der Datensätze erfolgte die Interpolation der Ertragsdaten zu rasterbasierten Ertragskarten im GeoTIFF-Format (tif) mit einer räumlichen Auflösung von 10×10 Metern. Hierzu wurde die Methode des Inverse Distance Weighting (IDW) in QGIS verwendet. Um Jahresertragskarten zu erhalten, wurden die Rasterdaten aller Ertragskarten eines Jahres mithilfe des Rasterrechners in QGIS addiert. Im Anschluss wurden

mithilfe der GIS-Software SAGA (Version 9.7.1) aus den interpolierten Ertragskarten Managementzonenkarten erstellt. Dies erfolgte mittels eines bildbasierten Segmentierungsverfahrens, der Watershed Segmentation. Die Segmentierung beruht dabei auf Pixelwert-Maxima und einem vordefinierten Schwellenwert von $T = 1 \text{ t ha}^{-1}$, wodurch zusammenhängende Zonen ähnlicher Ertragsausprägung identifiziert wurden (ZHANG et al. 2010). Abschließend wurden die Managementzonenkarten visuell verglichen und die Unterschiede in der Zonierung sowohl zwischen den einzelnen Schnitten eines Jahres als auch zwischen den Erntejahren statistisch analysiert. Hierfür kamen der Friedman- bzw. der Wilcoxon-Test zur Anwendung. Die Analyse basierte auf einem Vergleich der Pixelanzahl pro Managementzone.

Tabelle 7: Übersicht der Versuchsstandorte und Datengrundlage (gegliedert nach Jahren)

Fläche/ Betrieb	Flächen- größe (ha)	Jahr	Durchschnittlicher Trockenmasse-er- trag (t/ha)	Anzahl der Schnitte pro Jahr (tatsächlich)	Anzahl verfügba- rer Ertragsdaten- sätze
Fläche A/ Betrieb A	4,61	2022	2,20	3	3
		2023	2,07	5	5
		2024	5,71	5	5
Fläche B/ Betrieb B	8,44	2022	2,26	4	3
		2023	4,84	4	2
		2024	3,27	5	4
		2020	2,55	6	3
Fläche C/ Betrieb C	6,04	2021	3,70	5	1
		2022	1,79	6	2
		2023	2,87	6	1
		2024	2,47	6	4

Ergebnisse und Diskussion

Die Interpolation der Ertragsdaten mittels der IDW-Methode lieferte überwiegend visuell plausible Ergebnisse. Der Vergleich der interpolierten Rasterwerte mit den ursprünglichen Punktdaten ergab einen akzeptablen Root Mean Square Error (RMSE) im Median von $0,71 \text{ t ha}^{-1}$ (Betrieb A: $0,71 \text{ t ha}^{-1}$, Betrieb B $1,20 \text{ t ha}^{-1}$ und Betrieb C $0,69 \text{ t ha}^{-1}$), was die Eignung der IDW-Methode zur Verarbeitung von Ertragsdaten im Dauergrünland unterstreicht. Einzelne Schnitte zeigten einen deutlich höheren RMSE, was auf das Vorhandensein ungewöhnlicher Ausreißerwerte zurückzuführen ist, die trotz des durchgeführten Ausreißertests nicht erkannt und entfernt wurden. Dieses Problem trat insbesondere dann auf, wenn mehrere auffällige Werte unmittelbar aufeinander folgten, wodurch sie im Rahmen des gleitenden Fensters der Ausreißerererkennung fälschlicherweise als reguläre Daten interpretiert wurden. Abbildung 1 veranschaulicht exemplarisch den Ertragsdatensatz der Fläche B vom ersten Schnitt des Jahres 2024 sowie die darauf basierende interpolierte Ertragskarte und die abgeleitete Managementzonenkarte. Die Darstellung macht deutlich, dass unbereinigte oder fehlerhafte Ausgangsdaten eine erhebliche Beeinträchtigung der Qualität aller nachgelagerten Analyseergebnisse zur Folge haben können.

Die Anwendung der Watershed-Methode führte überwiegend zu Managementzonenkarten mit visuell schlüssiger Zonierung. Tabelle 2 präsentiert die Ergebnisse des statistischen Vergleichs der Managementzonen hinsichtlich der Unterschiede zwischen einzelnen Schnitten sowie zwischen verschiedenen Jahren für die jeweiligen Betriebe. In den statistischen Auswertungen lässt sich jedoch kein eindeutiges Muster erkennen, das eine allgemeingültige Aussage zur erforderlichen Datenquantität erlauben würde. Im Gegensatz dazu zeigen die visuellen Vergleiche der Managementzonen deutliche Unterschiede sowohl zwischen den Schnitten als auch zwischen den Jahren, wie exemplarisch in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Dies führt zu der Schlussfolgerung, dass grundsätzlich eine Datengrundlage mit Ertragsdaten aus mehreren Jahren und idealerweise zu jedem Schnitt erforderlich ist, um das Ertragspotenzial einer Fläche in einer Managementzonenkarte realistisch abbilden zu können. Ein Beispiel solch einer Managementzonenkarte ist in Abbildung 4 zu sehen.

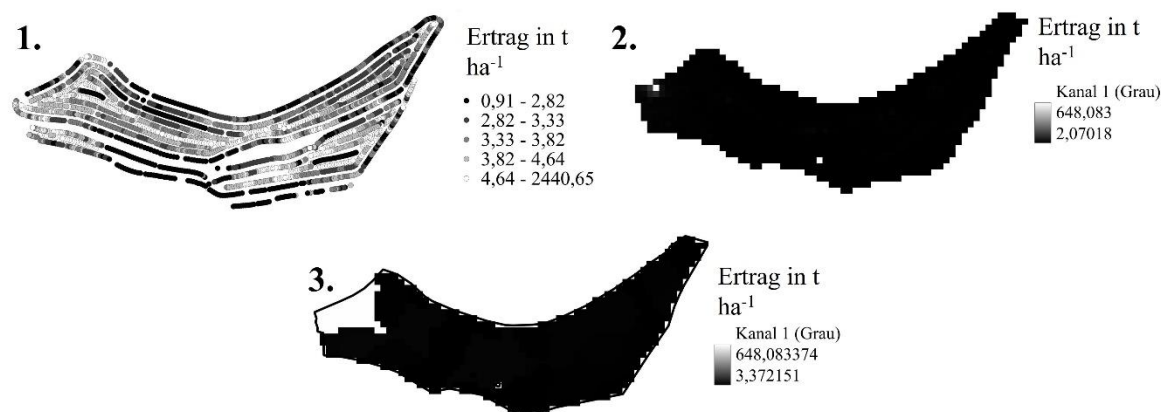


Abbildung 21: Visualisierung der Bearbeitungsschritte in einer Layerstruktur der Fläche B für den ersten Schnitt 2024 (nummeriert von 1 bis 3): 1. Eingangsertragsdatensatz (fehlerhaft aufgrund hoher Ausreißerwerte), 2. interpolierte Ertragskarte nach IDW (fehlerhaft aufgrund fehlerhaftem Eingangsdatensatz) und 3. Managementzonenkarte nach Watershed Segmentation (fehlerhaft aufgrund fehlerhafter Interpolation)

Tabelle 8: Statistischer Vergleich der Bewirtschaftungszonen zwischen den Schnitten und zwischen den Jahren für alle Standorte mittels Friedman- bzw. Wilcoxon-Test; *, „S1-22“ bezeichnet die einzelnen Schnitte (hier z. B. erster Schnitt 2022) und „2022“ alle Schnitte über das ganze Jahr zusammengefasst (hier z. B. Managementzonenkarte aus der Ertragskarte über alle Schnitte im Jahr 2022)

	Vergleich zwischen*	Teststatistik	p-Wert	Signifikanzlevel
Fläche A	S1-22, S2-22, S3-22	8,31	0,02	Signifikant
	S1-23, S2-23, S3-23, S4-23, S5-23	8,33	0,08	nicht signifikant
	S1-24, S2-24, S3-24, S4-24, S5-24	13,85	0,01	signifikant
	2022, 2023, 2024	0,54	0,76	nicht signifikant
Fläche B	S1-22, S2-22, S4-22	1,19	0,55	nicht signifikant
	S1-23, S3-23	178,5	0,40	nicht signifikant
	S1-24, S2-24, S3-24, S4-24	26,28	0,00	signifikant
	2022, 2023, 2024	11,27	0,00	signifikant
Fläche C	S1-20, S3-20, S4-20	2,21	0,33	nicht signifikant
	S2-22, S6-22	37,5	0,92	nicht signifikant
	S1-24, S2-24, S3-24, S4-24	7,72	0,05	nicht signifikant
	2020, 2021, 2022, 2023, 2024	26,58	0,00	signifikant
	2022, 2023, 2024	15,88	0,00	signifikant

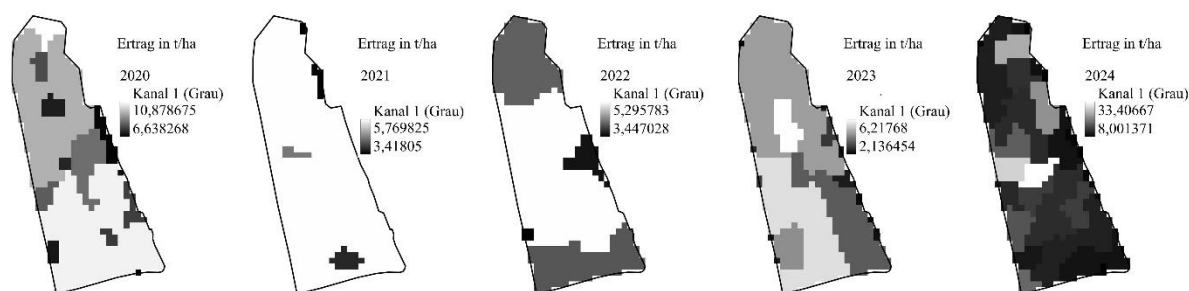


Abbildung 22: Visueller Vergleich der Managementzonenkarten der Fläche C der Jahre 2020 bis 2024 basierend auf dem Jahresertrag

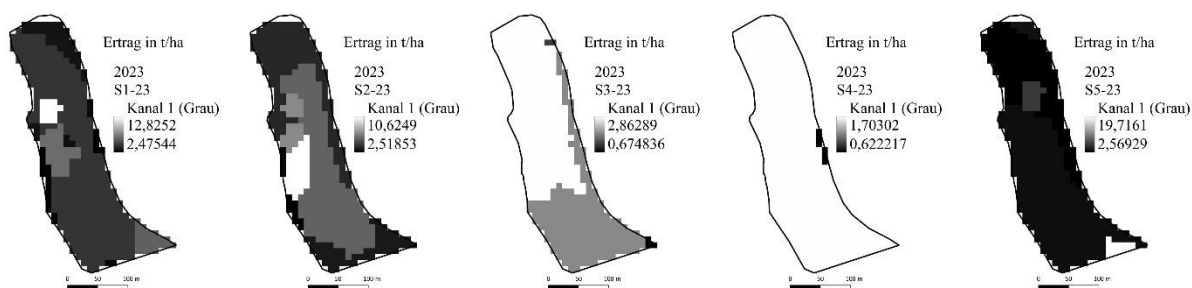


Abbildung 23: Visueller Vergleich der Managementzonenkarten der Fläche A zu jedem Schnitt im Jahr 2023 (S1-S5)

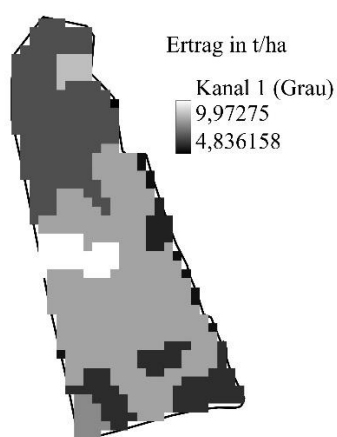


Abbildung 24: Managementzonenkarte basierend auf dem durchschnittlichen Jahresertrag der Fläche C von 2020 bis 2024

Für die Erstellung plausibler Managementzonenkarten ist außerdem eine qualitativ hochwertige Datengrundlage unerlässlich. Wie bereits dargelegt, können fehlerhafte Ertragsdatensätze erhebliche Verzerrungen in den resultierenden Ertragskarten verursachen, die diese im Extremfall unbrauchbar machen (Abbildung 1). Daher ist es dringend zu empfehlen, Ertragsdaten systematisch auf Plausibilität zu prüfen und sorgfältig zu bereinigen. Da bestimmte Fehlerquellen unvermeidbar sind, kommt der Vorverarbeitung der Datensätze eine zentrale Bedeutung zu. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deuten darauf hin, dass ein einzelner Ausreißertest noch nicht ausreicht, um alle fehlerhaften Werte zuverlässig zu identifizieren. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Erträge maßgeblich von Witterungsbedingungen sowie standortspezifischen Bodeneigenschaften beeinflusst werden (SCHAUMBERGER 2005). Eine realitätsnähere Erstellung von Managementzonen könnte daher durch die Kombination von Ertrags-, Wetter- und Bodendaten erreicht werden.

Zusammenfassung

Die standortspezifische Bewirtschaftung von Dauergrünland bietet zahlreiche Vorteile wie Ertrags- und Futterqualitätssteigerung, Ressourcenschonung und den Erhalt der Biodiversität. Grundlage für die Ableitung von Managementzonen sind verlässliche Ertragskarten, die mit Ertragsdaten aus der sensorgestützte Ertragserfassung mit selbstfahrenden Feldhäckslern erstellt werden können. In dieser Studie wurden Ertragsdaten von drei bayerischen Betrieben über mehrere Jahre (2020–2024) mittels GIS-gestützter Methoden analysiert. Die Ertragsdaten wurden mit der IDW-Methode zu rasterbasierten Ertragskarten interpoliert und im Anschluss wurden Managementzonen über die Watershed-Segmentierung abgeleitet. Die Ergebnisse zeigten teils erhebliche Unterschiede in der Zonierung zwischen einzelnen Schnitten und über alle Schnitte zwischen den Jahren. Darüber hinaus wirkten sich fehlerhafte Datensätze negativ auf die Verlässlichkeit der Ertragskarten aus, was eine gründliche und systematische Datenvorprozessierung erfordert. Für die Erstellung realitätsgerechter Managementzonenkarten sind daher qualitativ

hochwertige sowie mehrjährige Ertragsdaten unerlässlich. Eine Kombination mit Wetter- und Bodendaten kann die Aussagekraft zusätzlich erhöhen.

Abstract

The site-specific management of permanent grassland offers numerous advantages such as increased yields and feed quality, resource conservation and the preservation of biodiversity. Basis for management zone maps are reliable yield maps, which can be created using yield data from sensor-based yield recording with self-propelled forage harvesters. In this study, yield data from three Bavarian farms were analysed over several years (2020-2024) using GIS-supported methods. Yield data were interpolated into grid-based yield maps using the IDW method and thereof management zones were derived using the watershed segmentation. The results showed considerable differences in the management zones between individual cuts and across all cuts between the years. In addition, errors in the data sets had a negative impact on the reliability of the yield maps, which therefore requires thorough and systematic data pre-processing. High-quality, multi-year yield data are therefore essential for realistic management zone maps. A combination with weather and soil data can further increase the informative value.

Literatur

GOZDOWSKI D, SAMBORSKI S, DOBERS E S (2010): Evaluation of methods for the detection of spatial outliers in the yield data of winter wheat. In: Colloquium Biometricum 40, 41-51.
ROBERT P C (2002): Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. In: Progress in Plant Nutrition: Plenary Lectures of the XIV International Plant Nutrition 50 Colloquium: Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research, Niederlande, Springer Verlag, 143-149.
SCHAUMBERGER A (2005): Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. Diplomarbeit.
SCHNEIDER M, THURNER S (2024): Yield and nutrient value determination in permanent grassland via sensors on the self-propelled forage harvester. In: Why grasslands? Tagungsband der 29. EGF-Tagung, Leeuwarden, Niederlande, 563-565.
SHINNERS K J, HUENINK B M, BEHRINGER C B (2003): Precision agriculture as applied to North American hay and forage production. In: International Conference on Crop Harvesting and Processing, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1-9.
SONNTAG W I, WIENRICH N, SEVERIN M, SCHWERING D S (2022): Precision Farming– Nullnummer oder Nutzbringer? Eine empirische Studie unter Landwirten. In: Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Band 100, 2, 1-32.
ZHANG M, ZHANG L, CHENG H D (2010): A neutrosophic approach to image segmentation based on watershed method. In: Signal Processing 90, 1510-1517.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE112A18.

Adressen der Autoren

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof-Dürnwächter-Platz 2, D-85586 Poing-Grub

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, D-85354 Freising

* Ansprechpartnerin: Maria SCHNEIDER, maria.schneider@lfl.bayern.de

PigSens – Entwicklung eines sensorbasierten Messsystems zur Ermittlung von Geruchsemissionen aus der Schweinehaltung

PigSens - Development of a sensor-based measuring system to determine odour emissions from pig farming

Michael Kropsch^{1*}, Lukas Lackner¹, Gina Zeh², Michael Czerny², Patrik Aspermair³,
Eduard Zentner¹

Einleitung

Geruchsemissionen aus der Nutztierhaltung, insbesondere der Schweinehaltung, stellen eine gewisse Umweltbelastung dar und führen mitunter zu Konflikten mit Anwohnern und zu Herausforderungen in Genehmigungsverfahren. Die traditionelle Methode zur Quantifizierung dieser Emissionen ist die Olfaktometrie, bei der menschliche Probanden Geruchsproben analysieren. Dieses Verfahren ist jedoch zeit- und kostenintensiv, personalaufwendig und liefert lediglich Momentaufnahmen einer Emissionssituation. Eine kontinuierliche Überwachung von Geruchsemissionen ist mit der Olfaktometrie nicht möglich.

Das Projekt PigSens, eine Kooperation zwischen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, dem Fraunhofer IVV Freising und der NOSI GmbH Tulln, verfolgt das Ziel, ein sensorbasiertes Messsystem zu entwickeln, das eine kontinuierliche, objektive und ressourcenschonende Erfassung geruchsaktiver Substanzen in der Stallabluft ermöglicht und eine Abschätzung der Geruchsstoffkonzentration erlaubt.

Material und Methoden

Das Projekt gliedert sich in drei aufeinander aufbauende Phasen:

- Olfaktometrische und chemisch-analytische Basisuntersuchungen: Proben aus der Stallabluft werden sowohl olfaktometrisch als auch mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) analysiert, um geruchsaktive Verbindungen und die Höhe der Geruchsstoffkonzentration zu identifizieren. Basierend auf den Analysen und einer vorangegangenen Literaturrecherche werden spezifische Moleküle bestimmt, die maßgeblich zur typischen Geruchswahrnehmung „Schwein“ beitragen.
- Adaption bestehender Sensorik zur Detektion spezifischer Moleküle: Die identifizierten Geruchsverbindungen dienen als Grundlage für die Kalibrierung und Anpassung von Halbleitersensoren, um eine zuverlässige Detektion zu gewährleisten.
- Verknüpfung von Sensorsignalen und Geruchsstoffkonzentration mittels KI-gestützter Verfahren: Durch den Einsatz von maschinellem Lernen wird versucht, die Sensorsignale mit den Ergebnissen der Olfaktometrie zu korrelieren, um eine Quantifizierung der Geruchsstoffkonzentration zu ermöglichen.

Olfaktometrie: Die dynamische Olfaktometrie, gemäß ÖNORM EN 13725, ist die Referenzmethode zur Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration. Dabei bewerten ausgewählte und geschulte Probanden die Geruchsstärke von Proben, die in Geruchsprobensäcken gesammelt wurden. Obwohl dieses Verfahren als Goldstandard gilt, ist es durch den hohen Personalaufwand und die begrenzte Anzahl an analysierbaren Proben pro Tag limitiert.

Chemisch-analytische Verfahren (GC-MS und GC-MS/O): Die Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) ermöglicht die Identifikation und Quantifizierung von flüchtigen organischen Verbindungen in der Stallabluft. In Kombination mit der olfaktometrischen Analyse (GC-MS/O) können geruchsaktive Substanzen präzise bestimmt werden. Diese Methoden liefern detaillierte Informationen über die spezifische chemische Zusammensetzung von Geruchsemissionen und dienen als Grundlage für die Kalibrierung der Sensoren.

Sensorik: Im Projekt werden verschiedene Sensortechnologien eingesetzt, darunter Halbleitersensoren und Polymer-basierte Sensoren. Diese Sensoren reagieren auf spezifische geruchsaktive Verbindungen und ermöglichen eine kontinuierliche Überwachung der Emissionen. Hervorzuheben ist der neu entwickelte Sensor der NOSI GmbH, der auf leitfähigen Polymeren basiert und in der Lage ist, komplexe Geruchsmuster zu erkennen. Dieser Sensor stellt eine innovative Neuentwicklung mit großem Potenzial dar, da er eine hohe Sensitivität und Selektivität aufweist und durch maschinelles Lernen an spezifische Anwendungsfälle angepasst werden kann.

Maschinelles Lernen: Zur Auswertung der Sensorsignale wird maschinelles Lernen eingesetzt. Durch die Analyse großer Datenmengen können Modelle entwickelt werden, die die Beziehung zwischen den gemessenen chemischen Signalen und der wahrgenommenen Geruchsstoffkonzentration bei der Olfaktometrie beschreiben. Dies könnte in Zukunft zu präzisen Echtzeit-Informationen von Geruchsstoffkonzentrationen führen und die Entwicklung von Frühwarnsystemen ermöglichen.

Erwartete Ergebnisse und Praxisrelevanz

Die Integration der verschiedenen Technologien im Projekt PigSens soll zu einem System führen, das:

- Kontinuierliche Überwachung von Geruchsemissionen aus der Schweinehaltung ermöglicht,
- Personalaufwand reduziert,
- detaillierte Emissionsprofile erstellt,
- Frühwarnsysteme für kritische Emissionssituationen ermöglicht und
- Verbesserte Daten für Ausbreitungsmodelle liefert.

Die Anwendung eines solchen Systems kann weiters dazu beitragen, Umweltbelastungen zu reduzieren, die Akzeptanz der Tierhaltung in der Gesellschaft zu erhöhen und Genehmigungsverfahren zu erleichtern.

Fazit und Ausblick

Die Entwicklung eines auf spezifischen Geruchsstoffen basierenden Sensorsystems stellt ein Novum in der Nutztierhaltung dar. Während bereits Ammoniak- und CO₂-Konzentrationen sensorisch erfasst werden können, fehlt bislang ein entsprechendes System für geruchliche Emissionen. Zukünftig könnten die im Rahmen von PigSens gewonnenen Erkenntnisse in Beurteilungsgrundlagen für Genehmigungsverfahren und in die Abschätzung von Geruchsemissionen einfließen.

Abstract

The PigSens project, which HBLFA Raumberg-Gumpenstein is carrying out in cooperation with Fraunhofer IVV Freising and NOSI GmbH Tulln since 2024, will be presented in the lecture.

As part of a literature search, the chemical compounds that have been proven to characterise the ‘typical pig odour’ and for which sensor-based detection methods are already available were first identified within the project.

Odour samples from the pig research barn at HBLFA Raumberg-Gumpenstein subsequently form the basis for the further investigation steps. At the same time as samples are taken for olfactometry (determination of odour concentration), odour samples are sent to the Fraunhofer IVV in Freising. Using chemical analyses, the odour samples are examined at the IVV for the presence of the ‘target compounds’ from literature research. This procedure is repeated several times in order to detect external influences on the formation of odour-active molecules and to obtain reliable results.

On the basis of the chemically analysed ‘target compounds’ in the stable air, the IVV will carry out further coordination with and adaptation of existing sensor technology - the aim is to detect the molecules typical of pig odours via measuring sensors. Artificial intelligence will then be used to link sensory

measurement signals with olfactometric odour concentration determination in order to be able to replace olfactometry with specific sensors in the future, at least in some areas.

Literatur

ÖNORM EN 13725 (2022): Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Geruchs-stoffkonzentration durch dynamische Olfaktometrie und Ermittlung der Geruchsstoffemissionsrate. Austrian Standards International – Standardisierung und Innovation, 1020 Wien

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

² Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Giggenhauser Str. 35, D-85354 Freising

³ NOSI – Network for Olfactory System Intelligence GmbH, Frauentorgasse 72-74, 3430 Tulln

* Ansprechpartner: Michael Kropsch, michael.kropsch@raumberg-gumpenstein.at

Vergleich von Methoden zur Ermittlung mobiler Nährstoff und Metallfraktionen von Böden und Komposten

Comparison of methods to determine mobile nutrient and metal fractions in soils and composts

Manfred Sager* und Marion Bonell

Einleitung

In umweltrelevanten Substraten wie Böden, Sedimenten und Düngemitteln geben die mobilen Nährstoff-Fractionen in Bezug auf die Beweglichkeit im Boden oder bei der Verfügbarkeit für Pflanzen oft mehr Information als die Gesamtgehalte. Das betrifft die Haupt- und Nährelemente als auch die Spuren- und Schadstoffe. Der Transfer von Nährstoffen vom Boden zur Pflanze hängt nicht nur von der mobilen Fraktion ab, sondern ist auch vom Bedarf, dem Aneignungsvermögen aber auch von der Abwehrmöglichkeit bei Überschüssen abhängig und ist artspezifisch. Auch sind Pflanzen bei einem höheren Bedarf in der Lage, durch Ausscheidung von Wurzelexsudaten schwerer lösliche Anteile der Nährstoffe zu mobilisieren.

In der Landwirtschaft sind vor allem die verfügbaren Nährstoffe innerhalb einer Wachstumsperiode und bei Sanierungsverfahren die Mobilitäten von Schadstoffen von Interesse.

Obwohl eine kurzzeitige Extraktion als Momentaufnahme das monatelange Wachstum aufgrund von abiotischen Einflüssen wie Feuchtigkeit, Temperaturverlauf oder Bodenmikrobiologie nicht wirklich vorhergesagt werden kann, wird seit Jahrzehnten nach dem optimalen Extrakt gesucht, der die Verhältnisse am besten wiedergibt. Dabei werden in Feldversuchen mangelversorgte Flächen mit steigenden Mengen an Nährstoffen (z.B. N, P, K, S, B) oder Spuren (z.B. Cu, Zn, Pb, Cd) versetzt und die Aufnahme in die Pflanze mit (leider meist nur) einer mobilen Bodenfraktion verglichen, was meist gut korreliert. Historisch haben sich eine Reihe von Extraktionen entwickelt, die zur Bestimmung nur weniger Parameter normiert worden sind (SAGER 2016). Da aber Ämter und Routinelabors an diese Normen gebunden sind, hemmt das den Fortschritt!

Mittlerweile sind viele Labors mit einer ICP-OES oder einem ICP-MS ausgestattet, welche sämtliche Elemente gleichzeitig aus wenigen Millilitern Extrakt bestimmen können, sofern sie nicht in der Extraktionslösung vorhanden sind. Aus wirtschaftlichen Gründen muss es langfristig das Ziel sein, aus einem einzigen Extrakt oder einer Sequenz die Verfügbarkeiten, Düngeempfehlungen oder Kontaminationen abzuleiten.

Da sämtliche Extrakte mit der Aufnahme in die Pflanzen korrelieren, und Pflanzen sowieso untereinander verschieden sind, beginnend mit der Genetik der Wurzel gleicher Arten (SAGER und SPORNBERGER 2015), ist die beste Extraktion jene, die Werte ausreichend über der Nachweisgrenze, die geringsten Blindwerte, und die beste Präzision liefert (SAGER 1999) und die Plasmafackel schont. Für ein ICP sind das verdünnte Säuren sowie Ammonsalze. Sie sollen schließlich LiCl, BaCl₂, CAL oder EDTA (enthält Na) ersetzen. Arbeiten in Kunststoff erlaubt auch die gleichzeitige Bestimmung von mobilem Borat und Silikat.

Mit einer stufenweisen Extraktion können rasch (bzw. kurzfristig adsorbierte) Anteile und langfristig verfügbare Anteile unterschieden werden. Mit schwach sauren Lösungen sind kurzfristig an Böden oder Sedimenten adsorbierte Anteile wieder desorbierbar, bevor Rekristallisation und Inkorporation durch die pedogenen Oxide erfolgt (SAGER 1991). Unabhängig von den eher internen Ringuntersuchungen der ALVA und VDLUFA wurden auch auf internationaler Ebene vom BCR 2 Böden für die Extraktion mit verdünnter Essigsäure gefolgt von EDTA, für einige Metalle zertifiziert (RAURET et al. 2000). Ein anderer Ansatz ist die 2-stufige Extraktion mit 0,4M LiCl (HUSZ 2001) und 0,1M HCl.

In dieser Arbeit wurde versucht, die austauschbaren Konzentrationsbereiche sämtlicher Elemente von Böden und Komposten nicht kontaminierter Standorte aus Extrakten von Sättigungswasser, 0,4 M LiCl, 0,16 M Essigsäure und CAL- Lösung zu vergleichen, mit dem Ziel, sämtliche Extrakte durch den sauberen und nahezu blindwertfreien Essigsäureextrakt zu ersetzen

Material und Methoden

Mobile Fraktionen von Boden- und Kompostproben (Tabelle 1) wurden mit den entsprechenden aus Königswasser erhaltenen Konzentrationen in Beziehung gesetzt.

Tabelle 1. **Selektive Extraktionen**

Abkürzung	Lösung	Extraktionsverhältnis	
H ₂ O	Entionisiertes Wasser	Wassersättigung	ÖNORM L-1092
LiCl	0,4M LiCl = 17,0 g LiCl in 1000	1*+3,125 +3,125	Husz 2001
Hac	0,16M Essigsäure = 9,1ml in 1000	1+20	Sager 2016
CAL	15,4g Ca-Lactat + 7,9g Ca-Acetat + 17,9 ml Eisessig, pH 4,1	1+20	ÖNORM L-1087
Königswasser	21 ml HCl + 7 ml HNO ₃	1+50	ÖNORM L-1085

1* Beim Verfahren nach Husz wird die vorher wassergesättigte Probe eingesetzt

Die Extrakte wurden einer ICP- Multi-Elementanalyse unterzogen. Die Kalibrationslösungen wurden in jeweiliger Matrix bezogen auf 1+1 verdünnte Extrakte hergestellt. Die Probelösungen wurden pur, 1+1, gegebenenfalls 1+3, und in höheren Verdünnungen gegen wässrige Kalibrationslösungen gemessen. In CAL wurden neben den üblichen K und P nur noch Li, Na, Mg, Sr, Ba und S bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die im Verhältnis zu Königswasser erhaltenen austauschbaren Mengen (Tabelle 2) unterscheiden sich zwischen Böden und Komposten, sowie nach den Extraktionslösungen. Die Komposte haben erwartungsgemäß höhere mobile Anteile.

Tabelle 2. **Extrahierte Anteile relativ zu Königswasser im Median**

% Kö-nigswasser	H ₂ O	LiCl	HAc	CAL	CAL
	Böden	Böden	Böden	Böden	Komposte
Probenzahl	16	19	53	31	30
K	0,010	0,34	1,51	2,8	35,5
P	0,007	0,15	1,37	7,6	13,2
Li	0,029	-	0,87	0,5	2,3
Na	3,22	4,08	12,8	6,8	28,2
Be	<	<	1,64	-	-
Mg	0,014	0,56	9,1	6,6	10,6
Ca	0,019	1,66	43,4	-	-
Sr	0,088	5,69	63,3	59,9	26,8
Ba	0,008	<	15,2	20,8	11,9
Al	<	0,005	0,04	-	-
V	<	<	<	-	-
Cr	<	<	0,15	-	-
Mn	<	<	11,7	-	-
Fe	<	<	<	-	-
Co	<	<	1,42	-	-
Ni	<	<	1,32	-	-

Cu	0,025	<	0,29	-	-
Zn	0,004	<	2,28	-	-
Cd	<	<	<	-	-
As	<	<	1,16	-	-
Pb	<	<	1,05	-	-

Die im Sättigungswasserextrakt extrahierbaren Konzentrationen lagen bei Böden weit unter 1% vom Königswasser, ausgenommen bei Na.

LiCl ändert den pH der Extraktion im Vergleich zum normierten CaCl_2 -Wert nicht, da er nur eine geringe Austauscheffizienz besitzt und im Vergleich zum Sättigungswasserextrakt geringfügig mehr löst. Die in der Originalarbeit genannte Präzision konnte infolge Konzentrationen nahe der Nachweisgrenzen und Blindwerten (bes. Ni) jedoch nur für die Hauptelemente erreicht werden.

Verdünnte Essigsäure (die Konzentration ist für etwa 1/3 Carbonat ausgelegt) löst deutlich mehr als LiCl und erlaubt auch die Bestimmung der Übergangsmetalle, Borat und Silikat, letztere soweit in Kunststoff gearbeitet wird. Da aber Bestimmungen von Bor und Silizium in Königswasser nach Rückflussskochen in der Glasapparatur nicht sinnvoll sind, können keine diesbezüglichen Werte in Tabelle 2 angegeben werden. Verdünnte Essigsäure ist als relativ rasch verfügbar gedacht, gefolgt von einer Extraktion des Rückstands mit Oxalat pH 3 zum Lösen der Fe-Al-Mn Oxide als längerfristig verfügbare Anteile (SAGER 2015). Mittels Faktorenanalyse wurde im Essigsäureextrakt der Böden ein Faktor der siderophilen Elemente Al-Co-Cr-Fe-Mn, lose zusammen mit K-Li-Cu-Zn gefunden, als 2. Faktor Ca-Mg-Sr, als 3. Faktor P mit S, während Ba und B nicht eindeutig zuordenbar waren. Bereits 2015 wurde bei Apfelböden gezeigt, dass sich B aus dem Baronextrakt, sowie K und P aus CAL mit dem Essigsäureextrakt simulieren lassen (SAGER 2016).

Aus dem CAL-Extrakt werden üblicherweise nur K und P bestimmt. Hier wurde dies um Li, Na, Sr, Ba und S erweitert. Der Ca-Zusatz soll die Löslichkeit des Ca-Phosphats vermindern, welches als minder pflanzenverfügbar angesehen wird (SCHÜLLER 1969). CAL (pH 4,1) löste mehr K, P und Ba, jedoch weniger Li, Na und Mg als verdünnte Essigsäure, trotzdem waren die Korrelationen zwischen CAL und Essigsäure hoch, mit $r=0,9629$ für P, $r=0,9058$ für K, $r=0,8273$ für Na, $r=0,9156$ für Mg, und $r=0,9266$ für Ba. Höheres K und Na aus dem Sättigungswasserextrakt gegenüber CAL könnte auf Kolloidbildung zurückzuführen sein. Nach Auswertung der CAL-Extrakte für Böden und Komposte getrennt korrelierten in den Böden K-P-S-Na stark untereinander ($r>0,9000$), in den Komposten korrelierte K-P und Li-Mg-Sr-Na, S (Sulfat) war von P unabhängig (Tabelle 4,5).

In Königswasser lösen sich die Karbonate, die pedogenen Oxide und die organischen Stoffe, während die Löslichkeit der Schichtsilikate von Temperatur, Kochdauer und Kristallisationsgrad abhängt, was besonders die Werte für K, Na, Al, Fe, Li, Ti und Seltene Erden betrifft. Daher sind die Korrelationen mit mobilen Anteilen für Komposte und Böden verschieden, und insbesondere mobiles K und Na in Böden kaum aus Königswasser vorhersagbar (Tabelle 3). In Böden korrelierten mit dem Hauptelement Ca die Erdalkalien aus HAC positiv und Al negativ, sowie K und P aus LiCl negativ, aber bei den Komposten keine signifikante Korrelation mit H₂O oder HAC Extrakten. Al und Fe aus Königswasser korrelierten in Böden positiv mit Mg aus H₂O und LiCl, aus Komposten mit keinem untersuchten Element. Die Ergebnisse zeigen somit, dass der Sättigungswasser- und LiCl-Extrakt zu wenig für die routinemäßige Erfassung der Spurenmetalle lösten, jedoch erscheint 0,16M Essigsäure geeignet, das Ziel der simultanen Erfassung mobiler Fraktionen von Haupt-, Nähr- und Spurenelementen mit der ICP-OES routinemäßig zu erreichen. Die Messungen im CAL-Extrakt wurden um Li, Na, Mg, Sr, Ba und S erweitert und korrelieren gut mit dem Essigsäureextrakt.

Tabelle 3. Korrelationen mobiler Fraktionen mit entsprechenden Daten aus Königswasser $r > 0,5800$

correlations	H ₂ O	LiCl	HAc	CAL	CAL
	Soils	Soils	Soils	Soils	Composts
Samples	16	19	53	31	30
K			0,5859	0,5966	0,8124
P	0,8963			0,7209	
Na		0,5829			
Mg	0,7240			0,8686	
Ca			0,9001		
Sr	0,7060			0,9761	
Ba	0,6066		0,9401		
Al	<	<	<	-	-
Mn	<	<	0,7408	-	-
Fe	<	<	<	-	-
Co	<	<	0,6959	-	-
Ni	<	<	0,9831	-	-
Cu	0,7934	<		-	-
Zn	0,6639	<	0,9864	-	-
Pb	<	<	0,9515	-	-

Tabelle 4. Korrelationsmatrix von CAL-Extrakten aus Böden

Böden	Ba	K	Li	Mg	Na	P	S	Sr
Ba	1,0000	0,0247	-0,0129	-0,0858	0,0403	0,0178	-0,0170	0,0040
K		1,0000	0,2805	0,0812	0,9779	0,9482	0,9008	0,0551
Li			1,0000	0,3857	0,3457	0,2510	0,4602	0,4399
Mg				1,0000	0,1747	0,0391	0,3296	0,7696
Na					1,0000	0,9313	0,9245	0,1883
P						1,0000	0,8517	0,0382
S							1,0000	0,2781

Tabelle 5. **Korrelationsmatrix von CAL-Extrakten aus Komposten**

Komposte	Ba	K	Li	Mg	Na	P	S	Sr
Ba	1,0000	0,0020	0,2264	0,6354	0,4598	0,3623	0,0936	0,6983
K		1,0000	-0,5815	-0,1153	-0,3231	0,8049	-0,0218	-0,3591
Li			1,0000	0,6348	0,4392	-0,2879	0,5270	0,6899
Mg				1,0000	0,6762	0,3442	0,4728	0,8743
Na					1,0000	0,0511	0,1903	0,6478
P						1,0000	0,1612	0,0514
S							1,0000	0,2472

Zusammenfassung

Aus ICP-OES Messungen erhaltene Multi-Elementanalysen von Sättigungswasser-, Lithiumchlorid-, 0,16M Essigsäure-, und Ca-Acetat-Lactat-Extrakten von Böden und Komposten wurden mit Königswasserauflösungen und untereinander in Beziehung gesetzt. Sättigungswasser- und LiCl-Extrakt lösten zu wenig für die routinemäßige Erfassung der Spurenmetalle, jedoch erscheint 0,16M Essigsäure-Extrakt geeignet, das Ziel der simultanen Erfassung mobiler Fraktionen von Haupt-, Nähr- und Spurenelementen mit der ICP-OES routinemäßig zu erreichen. Die Messungen im CAL-Extrakt wurden um Li, Na, Mg, Sr, Ba und S erweitert und korrelieren gut mit dem Essigsäureextrakt. Im CAL-Extrakt korrelierten K und P stark miteinander und in Böden auch mit Na und S, während in Komposten K-P und Li-Na-Mg-Sr zwei Gruppen, unabhängig von S (Sulfat) bildeten.

Abstract

Multi-element data from ICP-OES determinations of mobile soil and compost fractions were obtained from saturation water-, lithium chloride-, 0,16M acetic acid-, and Ca-acetate-lactate- extracts, and related to respective aqua regia derived contents. Water and lithium chloride released too low amounts to reach sufficiently high levels for ICP-OES screenings, but 0,16M acetic acid seems suitable to release amounts suitably high for routine multi-element screening of main, nutrient and trace elements simultaneously. Readings from CAL-extracts were extended to Li, Na, Mg, Sr, Ba and S, which correlated well with the acetic acid extracts. In CAL, K and P correlated strong, and in case of soils also with Na and S, whereas in composts, two groups, K-P and Li-Na-Mg-Sr appeared, independent from S (sulfate).

Literatur

- HUSZ G (2001): Lithium chloride solution as an extraction reagent for soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 164, 71-75
- RAURET G, LÓPEZ-SÁNCHEZ JF, SAHUQUILLO A, BARAHONA E, LACHICA M, URE A, DAVIDSON C M, GOMEZ A, LÜCK D, BACON J, YLI-HALLA M, MUNTAU H, QUEVAUVILLER P (2000): Application of a modified BCR sequential extraction (three-step) procedure for the determination of extractable trace metal contents in a sewage sludge amended soil reference material (CRM 483), complemented by a three-year stability study of acetic acid and EDTA extractable metal content. J Environ Monit 2:228–233
- SAGER M (1991): Adsorption und Desorption von Cr, Cu, Pb und Zn bei Böden, Bodentonen und Sedimenten. ALVA Tagung Innsbruck, Fachgruppe Boden, 76-79
- SAGER M (1991) Effect of the geochemical matrix on the adsorption/desorption- behaviour of Cr, Cu, Pb, and Zn in sediments, soils, and clays. Deutschsprachige Limnologentagung Mondsee, 48

- SAGER M (1999): Current interlaboratory precision of exchangeable soil fraction measurements. Accred. Qual. Assur. 4, 299-306
- SAGER M (2016): A simplified extraction scheme for the analytical characterization of apple orchard soils. Journal of Soils and Sediments, 16(4), 1193-1202.
- SAGER M, A. SPORNBERGER A (2015): Gehalte an Haupt- und Spurenelemente in Früchten und Blättern von Äpfeln in Abhängigkeit verschiedener Unterlagen. Mitt. Klosterneuburg 65, 250-272
- SCHÜLLER H (1969): Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphats im Boden. Z. Pflanzenern. Bdk. 123: 48-63.

Adressen der Autoren

Bioforschung Austria, Esslinger Hauptstrasse 134, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Manfred SAGER, m.sager@bioforschung.at

Torfersatz: Erforschung der potenziellen Verwendung von Laubholzfasern als Torfersatz im Gartenbau

Peat substitute: Exploring the potential use of hardwood fibres as a peat substitute in horticulture

Bunlong Yim^{1*}, Fokko Schütt², Dirk Behrens², Ute Katharina Vogler¹

Introduction

Peat is used as a growth medium for horticultural crop production worldwide among other purposes. To extract peat, peatlands must first be drained (Liu et al. 2022). This drainage emits greenhouse gases like CO₂ and N₂O, which considerably contribute to climate change (Paoli et al. 2022; Mander et al. 2024). To overcome these negative environmental impacts, peat consumption needs to be reduced.

Wood fibre is an important substrate for peat replacement. Due to reasons regarding N-inhibition in the substrates, mainly softwood fibres are used. However availability of these materials are often limited and probably further decreasing in future. This study therefore aimed to determine the feasibility of using hardwood fibres as a peat replacement.

Materials and Methods

Hardwood fibres from birch (*Betula* L.) produced by the Thünen Institute of Wood Research in a TMP process (5 min at 140 °C, refiner plate gap 0.4 mm) at the Fraunhofer Institute for Wood Research, Wilhelm-Klauditz-Institut, were used. To improve N-stability, the hardwood fibres were enriched with kraft lignin at concentrations of 0% (E2), 2% (E3), 4% (E4) and 8% (E5). White peat (Klasmann-Deilmann GmbH, Germany) was included as the control material. Each type of hardwood fibre was mixed with the white peat (T) in four different volume-to-volume ratios (VDLUFA A13.2.1): 100:0 (H100), 70:30 (H70), 50:50 (H50) and 30:70 (H30). In total, 17 different types of substrates (treatments) were employed.

To investigate the effects of the substrate on plant growth and development, we conducted a germination test using cress (*Lepidium sativum*) seeds under laboratory conditions (DIN EN 16086-2), and plant growth experiments using basil (*Ocimum basilicum*, Genoveser) plants under greenhouse conditions. Briefly, after three days of incubation at 25°C, the germination rate and root length of cress seeds were evaluated. The Munoo-Liisa vitality (MLV) index was computed. For the basil experiment, 20 seeds were germinated in a 12 cm pot filled with the corresponding (limed and fertilized) substrates. Only 10 plants per pot were maintained with start of the experiment and until harvest after six weeks. At harvest, we measured the aboveground shoot length as well as the shoot and root biomass.

Results and Discussion

All substrates with 100% hardwood fibres had the lowest MLV index when compared to other substrates (Figure 1). Overall, lowering hardwood fibre content in the substrate resulted in an increase in MLV index. MLV index below 80% is regarded as growth inhibition (Zahra et al. 2023). Thus, our findings revealed that 100% hardwood fibre did not promote cress development. Regardless of lignin addition, the substrate containing 50% hardwood fibres produced the best cress growth when compared to other substrates (Figure 1).

Under greenhouse conditions, the substrates with 100% hardwood fibres also did not support basil growth (data not shown), and therefore, they were not included in Table 1. Basil plants grew better in substrates with less hardwood fibre (Table 1), similar to a previous study on marigold growth on pine wood fibre (Jackson 2010).

Although there was no significant difference in shoot length between substrates six weeks after sowing, treatment E2 H70 produced the smallest plants compared to other treatments (Table 1). In line with shoot length, H70 promoted the lowest shoot biomass compared to H50 and H30 (E2, E3, E4 or E5). There were no significant variations in E3, E4 or E5 among H70, H50 and H30 shoot dry masses. Except for E3, H50 supported relatively more shoot biomass than other substrates, similar to an earlier work by Čepulienė et al. (2024) who used softwood fibres for cucumber cultivation. For hardwood fibre without

lignin addition (E2), the shoot dry mass in H70 was significantly different from H50 and H30, and significantly smaller than the H70 of E3 (hardwood fibre containing 2% lignin) (Table 1). These results suggested that the addition of 2% lignin to the hardwood fibre improved basil growth. Analysis of N in the substrate sampled at different time points may help to determine whether lignin addition improves N stability for plant uptake. There were no differences in root biomass across treatments.

Overall, 100% hardwood fibre did not promote plant growth. Both cress and plant tests revealed that the substrate containing 50% hardwood fibre supported the best plant growth, suggesting that hardwood fibre has the potential to reduce peat consumption by 50% based on our cress tests and basil experiments. Before using hardwood fibres in horticultural substrates, health issues need to be fully understood to prevent any negative impact on human health and the environment.

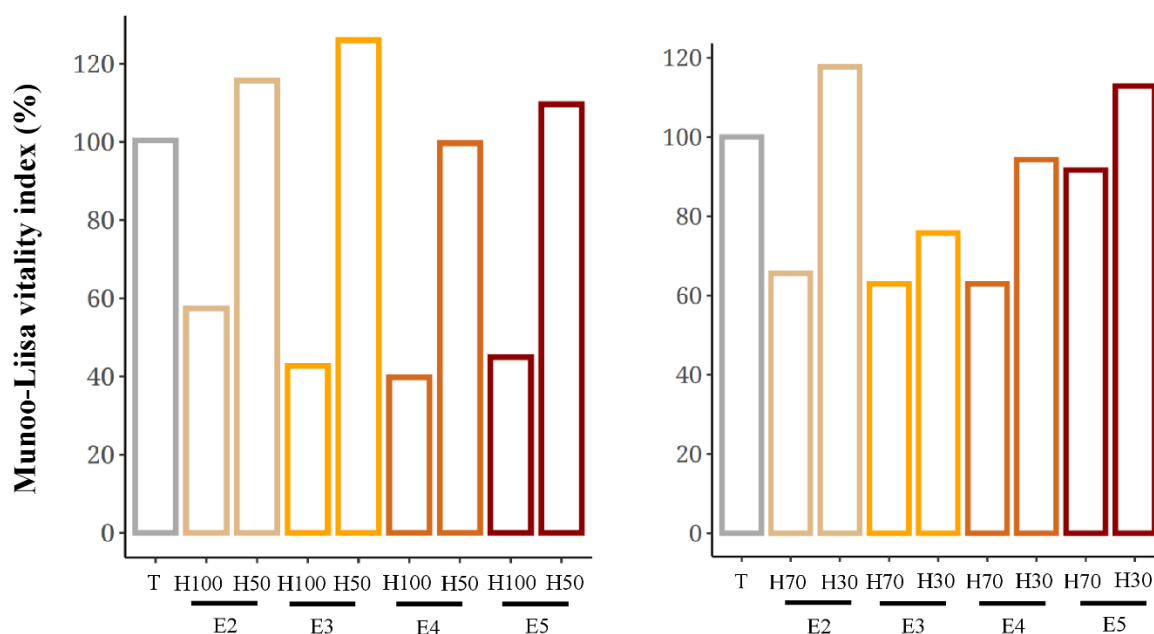


Figure 1: Reducing the hardwood fibre content in the substrate improved the germination rate of cress seeds.

T is 100% peat; H100, H70, H50 and H30 are substrates with 100%, 70%, 50% and 30% hardwood fibre, respectively; E2, E3, E4 and E5 are hardwood fibres with 0%, 2%, 5% and 8% lignin, respectively.

Table 1: Growth metrics of basil plants in different treatments at harvest, six weeks after seed sowing

Substrate	%Hardwood fibre	Shoot length (cm)	Shoot dry mass (g plant ⁻¹)	Root dry mass (g plant ⁻¹)
T	H0	7.71±1.19 ab	0.16±0.03 ac	0.02±0.00 a
	H70	6.99±0.61 a	0.12±0.01 a	0.02±0.00 a
E2	H50	9.60±1.12 ab	0.25±0.04 bcd	0.03±0.01 a
	H30	9.34±1.05 ab	0.24±0.04 bcd	0.03±0.00 a
E3	H70	9.44±0.72 ab	0.22±0.01 bcd	0.04±0.01 a
	H50	10.00±0.93 b	0.25±0.02 bcd	0.03±0.01 a
	H30	9.30±1.22 ab	0.30±0.06 bd	0.03±0.00 a
E4	H70	9.01±0.74 ab	0.21±0.02 abcd	0.03±0.01 a
	H50	10.22±1.04 b	0.34±0.12 d	0.03±0.01 a

	H30	8.86±1.23 ab	0.28±0.07 bcd	0.02±0.00 a
	H70	8.13±0.12 ab	0.17±0.03 abc	0.03±0.01 a
E5	H50	9.98±1.40 b	0.31±0.07 d	0.03±0.01 a
	H30	9.20±1.03 ab	0.26±0.04 bcd	0.03±0.00 a

Data are presented as mean±standard deviation (n = 3). Different letters show significant changes between treatments (Tukey test at $p < 0.05$ for n = 3). T is 100% peat; H100, H70, H50 and H30 are substrates with 100%, 70%, 50% and 30% hardwood fibre, respectively; E2, E3, E4 and E5 are hardwood fibres with 0%, 2%, 5% and 8% lignin, respectively.

Zusammenfassung

Torf wird weltweit unter anderem zur Verwendung als Kultursubstrat für den Anbau von Gartenbaukulturen verwendet. Allerdings führt die Trockenlegung von Mooren und der anschließende Torfabbau zur Emission von Treibhausgasen (N_2O und CO_2), die den Klimawandel vorantreiben. Torffreie oder torf-reduzierte Substrate sind daher für den Schutz des Moores unverzichtbar und stehen im Einklang mit dem Ziel des deutschen Klimaaktionsplans.

Die Studie hatte zum Ziel, die Eignung von Laubholzfasern als Torfersatz im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2022 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) zu untersuchen. Zur Optimierung der Stickstoffbilanz und der langfristigen Verfügbarkeit für Pflanzen wurden Laubholzfasern aus Birkenholz (*Betula* L.) mit variierenden Mengen an Kraftlignin behandelt. Weißtorf wurde als Kontrollmaterial verwendet, und es fanden Tests von Substratmischungen mit Holzfaseran-teilen von 70 %, 50 % und 30 % in Mischung mit Weißtorf statt. Unter Labor- bzw. Gewächshausbeding-ungen wurden Pflanzenverträglichkeitstests mit Kressesamen und Basilikumpflanzen durchgeführt. Gegenstand der Untersuchung waren die Keimrate und die Wurzellänge von Kressesamen sowie die Wachstumsmetriken von Basilikumpflanzen.

Laut dem Munoo-Liisa-Vitalitätsindex für den Kresstest stellte das Substrat mit 50 % Laubholzfasern keine Behinderung für die Samenkeimung dar. Wie beim Keimungstest auch, erwies sich das Substrat mit einem Laubholzfaseranteil von 50 % als optimal für das Wachstum der Basilikumpflanzen. Unab-hängig von der Ligninkonzentration trugen Substrate aus 100 % Laubholzfasern nicht zur Entwicklung von Basilikum bei, was darauf hinweist, dass die hohe Porosität und die geringe Wasserspeicherkapazi-tät von Laubholzfasern die Wachstumsleistung der Pflanzen beeinträchtigen können.

Diese Untersuchung hebt hervor, dass Laubhartholzfasern zu einem gewissen Anteil einsetzbar sind, um den Torfverbrauch im Gartenbau zu reduzieren. Bevor Laubholzfasern in gartenbaulichen Kultursub-straten eingesetzt werden, müssen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt über-prüft werden.

Abstract

Peat is used as a growing medium for horticultural crop production worldwide among other uses. How-ever, peat extraction causes the release of greenhouse gases (N_2O and CO_2) that contribute to climate change. As a result, peat-free or peat-reduced substrates are essential for peatland protection and align with the German Climate Action Plan's goal.

This study aimed to evaluate the potential of hardwood fibres as a peat substitute under the climate protection program 2022, which was funded by the German Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL). To improve nitrogen balance and long-term availability for plants, hardwood fibres from birch wood (*Betula* L.) were enriched with varying quantities of kraft lignin. White peat served as a control, and substrate mixes of 70%, 50% and 30% hardwood fibre in white peat were tested. Plant compatibility tests were conducted using cress seeds and basil plants under laboratory and greenhouse conditions, respectively. The germination rate and root length of cress seeds were investigated, as well as the growth metrics of basil plants.

The Munoo-Liisa vitality index for cress test revealed that the substrate with 50% hardwood fibre did not inhibit seed germination. Similar to the germination test, the substrate containing 50% hardwood

fibres promoted the best growth of basil plants. However, regardless of lignin concentration, 100% hardwood fibre did not support basil development, suggesting that the high porosity and poor water holding capacity of hardwood fibres may affect plant growth performance.

This study highlighted the ability of hardwood fibres to reduce peat consumption in horticultural crop production. Before using hardwood fibres in horticultural substrates, health issues need to be fully understood to prevent any negative impact on human health and the environment.

Acknowledgements

The project “HoFaTo - Herstellung und Einsatz von Holzfaserstoffen als Torfersatzstoff“ was funded by the Federal Ministry of Food and Agriculture as part of the German Climate Protection Program 2022. We also would like to thank all participants (Niclas Albrecht, Marie-Luise Richter, Elke Jeworutzki, Andreas Wilke, Olaf Runkel, Sina Ehrich and Henrike Gottfried) involved in the laboratory and greenhouse assistance.

References

- ČEPULIENĖ R, BUTKEVIČIENĖ L M, STEPONAVIČIENĖ V (2024): Nutrient use efficiency and cucumber productivity as a function of the nitrogen fertilization rate and the wood fiber content in growing media. *Plants* 13, 2911. <https://doi.org/10.3390/plants13202911>
- DIN EN 16086-2: Bodenverbesserungsmittel und Kultursubstrate – Bestimmung der Pflanzenverträglichkeit – Teil 2: Petrischalentest mit Kresse, Deutsche Fassung EN 16086-2:2011
- JACKSON B E (2010): Methods of constructing a pine tree substrate from various wood particle sizes, organic amendments, and sand for desired physical properties and plant growth. *HortSci* 45(1), 103-112
- LIU H, REZANEZHAD F, LENNARTZ B (2022): Impact of land management on available water capacity and water storage of peatlands. *Geoderma* 406, 115521. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115521>
- MANDER Ü, ESPENBERG M, MELLING L (2024): Peatland restoration pathways to mitigate greenhouse gas emissions and retain peat carbon. *Biogeochemistry* 167: 523-543. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01103-1>
- PAOLI R, FEOFILOVS M, KAMENDERS A, ROMAGNOLI F (2022): Peat production for horticultural use in the Latvian context: sustainability assessment through LCA modeling. *J of Cleaner Production* 378, 134559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134559>
- VDLUFA A13.2.1: Methodenbuch 1 – 1991, Bodenuntersuchung: Bestimmung der Rohdichte (Volumengewicht) von gärtnerischen Erden und Substraten ohne sperrige Komponenten.
- ZAHRA K, FARHAN M, KANWAL A, SHARIF F et al. (2023): Investigating the role of bulking agents in compost maturity. *Scientific Rep.* 13, 16003. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41891-y>

Address of the co-authors

¹Julius Kühn Institute, Institute for Plant Protection in Horticulture and Urban Green, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, Germany

²Thünen Institute, Institute of Wood Research, Haidkrugsweg 1, 22885 Barsbüttel-Willinghusen, Germany

* Corresponding author: Bunlong Yim, bunlong.yim@julius-kuehn.de

ToPGa- Entwicklung und Bewertung von torf reduzierten Produktionssystemen im Gartenbau

ToPGa – Development and evaluation of peat-reduced horticultural production systems

Ute Vogler¹, Katharina Leiber-Sauheitl², Laura Lewerenz³, Annmarie-Deetja Rohr¹

Zusammenfassung

Im Verbundvorhaben ToPGa haben sich neun deutsche Forschungsinstitutionen zusammengeschlossen, um die Herausforderungen torf reduzierter Substrate im Erwerbsgartenbau möglichst ganzheitlich zu untersuchen. In der dreijährigen Projektlaufzeit wurden weniger beachtete Aspekte des Torfersatzes an Beispielkulturen aller Sparten des deutschen Gartenbaus untersucht, um bisher nicht geklärte Zusammenhänge aufzuklären und das Potenzial neuer Substratausgangsstoffe zu analysieren.

Als neue Torfersatzkandidaten wurden Gärreste und Gärprodukte sowie Schäben der Fasernessel anhand eines Prüfrasters systematisch charakterisiert. Sie wurden in Mischungen auf ihre pflanzenbauliche Eignung getestet und mit etablierten Torfersatzstoffen verglichen. Gärreste und Gärprodukte wiesen hohe Salz- und insbesondere Nährstoffgehalte auf. Diese könnten mitunter in der Baumschule auch als Düngeersatz dienen. Nachbehandlungsmethoden wie Nährstoffabreicherung oder Kompostierung scheinen vielversprechend, um die Eigenschaften von Gärresten an die Ansprüche von Kulturpflanzen anzupassen.

Herausforderungen der Fasernesselschäben waren eine starke N-Immobilisierung und die Unkrautbekämpfung beim Anbau der Nesseln. Auch hier scheinen Nachbehandlungsmethoden wie Kompostierung sinnvoll.

Das Verfahren zur Bestimmung des N-Haushaltes wurde verfeinert. Dabei spielten die Faktoren Substratlagerung, Wassergehalt und Lagerungsdichte eine entscheidende Rolle. Die Verwendung von OxiTop-Druckmessgeräten konnte die Messmethode deutlich beschleunigen.

Bei Erdpresstöpfen wurden Vorstöße zum Torfersatz erreicht über Volumenreduzierung um bis zu 52 % bei optimaler Kulturführung sowie über Torfersatzstoffe (50 %). Die Kombination von Torfersatz und Volumenverringerung lässt Torfeinsparungen von bis zu 85 % möglich erscheinen. Auch im Beerenobst wurden neue torf reduzierte Anbauverfahren erprobt für Erdbeere und Heidelbeere.

Mikrobiologische Untersuchungen zeigten, dass etablierte Torfersatzstoffe keine bis geringe Vorbelastungen durch bakterielle und pilzliche Pathogene aufwiesen. Dies war auch für Trauermücken der Fall. Sphagnum und Holzfaser waren wenig attraktiv für Trauermücken, im Gegensatz zu Rindenhumus, Grünkompost, fermentierte Miscanthusfaser und Fasernesselschäben, welche stärker attraktiv waren.

Detaillierte integrierte ökonomisch-ökologische Analysen für Beispielkulturen aller Sparten zeigten starke Unterschiede zwischen Kulturen und Produktionsverfahren auf. Grundsätzlich wurde ein erhöhtes Kulturrisiko durch höhere Ausfallraten durch torf reduzierte und torffreie Produktion festgestellt, welche durch technologischen Fortschritt angegangen werden kann. CO₂-Fußabdrücke waren neben dem Torfgehalt des Substrates wesentlich durch den verwendeten Energieträger (bei Beheizung der Gewächshäuser), Belichtung und Verpackung beeinflusst.

Abstract

Nine German research institutions have joined forces in the ToPGa project to investigate the challenges of peat-reduced substrates in commercial horticulture as comprehensively as possible. During the three-year project period, aspects of peat replacement were investigated using example crops from all branches of horticulture in order to clarify previously unexplained relationships and analyze the potential of new peat replacement candidates.

Fermented digestate residues and fermented digestate products as well as shives from fibre nettles were systematically characterized as new peat replacement candidates using a test grid. They were tested in mixtures for their suitability for plant cultivation and compared with established peat substitutes. Fermented digestate residues and fermented digestate products showed high salt and especially nutrient

contents. These could also be used as fertilizer substitutes in for example tree nurseries. Post-treatment methods such as nutrient depletion or composting seem promising for adapting the properties of fermented digestate residues and fermented digestate products to the requirements of cultivated plants.

The challenges of fibre nettle shives were strong N immobilization and weed control when growing nettles. Here, post-treatment methods such as composting appear to improve their quality.

The method for determining the N balance was refined. The factors of substrate storage, water content and storage density played a decisive role. The use of OxiTop pressure gauges significantly accelerated the measurement method.

Advances in peat replacement were achieved with pressed soil pots by reducing the volume by up to 52 % with optimum cultivation and by using peat substitutes (50 %). The combination of peat replacement and volume reduction allows peat savings of up to 85 %. New peat-reduced cultivation methods were also tested in soft fruits like strawberries and blueberries.

Microbiological tests showed that established peat replacement candidates had little to no previous contamination by bacterial and fungal pathogens. This was also the case for fungus gnats. Sphagnum and wood fiber were less attractive to fungus gnats, in contrast to bark humus, green compost, fermented miscanthus fiber and fiber nettle shives, which were more attractive.

Detailed integrated economic-ecological analyses for sample crops from all horticultural sectors showed strong differences between horticultural crops and production methods. Basically, an increased crop cultivation risk was identified due to higher failure rates through peat-reduced and peat-free production, which could be reduced through development in adapted cultivation methods and techniques. In addition to the peat content of the substrate, CO₂ footprints were significantly influenced by energy for example for heating the greenhouses, lighting and packaging.

Adressen der Autoren

¹Julius Kühn Institute, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün,
Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, Deutschland

²Gottfried Wilhelm-Leibniz Universität Hannover, Institut für Erdsystemwissenschaften, Abteilung Bodenkunde,
Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover, Deutschland

³Julius Kühn Institute, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde,
Bundesallee 58, 38116 Braunschweig, Deutschland

* Ansprechpartner: Dr. Ute VOGLER, ute.vogler@julius-kuehn.de

Ökobilanzierung von Torfersatzstoffen in Österreich

Life Cycle Assessment of Peat Substitutes in Austria

Marilene Fuhrmann*, Andrea Sonnleitner und Christoph Strasser

Einleitung

Die österreichische Moorstrategie sieht vor, durch den Verzicht auf Torfprodukte im Gartenbau Treibhausgasemissionen zu reduzieren und Mooregebiete mitsamt ihrer Biodiversität zu bewahren (BMLRT 2022). In Österreich spielt der Torfabbau selbst eine relativ geringe Rolle, jedoch werden jährlich mehr als 100.000 t Torf für den Gartenbau importiert (STATISTIK AUSTRIA 2023). Die Herausforderung ist, Substratmischungen zu identifizieren, welche den Eigenschaften von Torf möglichst nahekommen, diesen ersetzen und somit Treibhausgasemissionen reduzieren. Deshalb ist es bereits für die Identifizierung geeigneter Substratmischungen vorteilhaft, eine begleitende Ökobilanz für die potenziellen Komponenten (im Folgenden als Torfersatzstoffe bezeichnet) zu erstellen.

Material und Methoden

In dieser Studie wurde das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) von zehn alternativen Torfersatzstoffen sowie Torf bewertet. Zusätzlich wurde der kumulierte Energieaufwand (Cumulative Energy Demand, CED) betrachtet, wobei der Fokus dieses Beitrags auf dem GWP liegt. Die folgenden Torfersatzstoffe wurden betrachtet, welche als Ausgangsstoffe für Substratmischungen dienen können: Torfmoos, Kokosfaser, Holzfaser aus Kurzumtriebsholz sowie aus Sägenebenprodukten, Miscanthus, Kompost, Sand, Blähton, Tongranulat, Biokohle und Ziegelsplitt. Der betrachtete Lebenszyklus umfasst die Gewinnung, verschiedene Verarbeitungsschritte, Transporte sowie die Nutzungsphase. Am Ende des Lebenszyklus gilt das Substrat als vollständig abgebaut. Bei inerten Torfersatzstoffen wie beispielsweise Sand gibt es keinen Abbau im Boden, aber eventuell Auswaschungen aus dem Substrat. In solchen Fällen endet der Lebenszyklus in einem Zustand, in dem keine Inhaltsstoffe mehr in den Boden, das Wasser oder die Luft geraten.

GWP und CED wurden mithilfe der Software OpenLCA 2.0 sowie der Datenbank Ecoinvent 3.9 („Allocation, cut-off by classification“) berechnet und in Bezug auf 1 m³ Torfersatzstoff am Ende des Lebenszyklus (geschüttet, abgebaut bzw. stabiler Zustand) dargestellt. Die verwendeten Abschätzungsmethoden sind „IPCC 2021“ für das GWP sowie „Cumulative Energy Demand“ für den CED. Das GWP berechnet sich dementsprechend durch folgende Charakterisierungsfaktoren: 1 kg CO₂ biogen = 0 kg CO₂-eq; 1 kg CO₂ fossil = 1 kg CO₂-eq; 1 kg CH₄ = 29,8 kg CO₂-eq; 1 kg N₂O = 273 kg CO₂-eq.

Im Folgenden werden die einzelnen Torfersatzstoffe und Annahmen für die Berechnungen kurz beschrieben.

Torf: Torf wird als Referenz angeführt, um Reduktionspotenziale abschätzen zu können. Der Lebenszyklus umfasst Vorbereitungsarbeiten (Entwässerung des Torfmooses, die Entfernung der Vegetation sowie die Einebnung des Terrains), Torfabbau und Nutzung. Daten basieren auf BOLDRIN et al. (2010). Für die Berechnung der Transportdistanzen wurden Importstatistiken herangezogen (STATISTIK AUSTRIA 2023). In der Nutzungsphase wird davon ausgegangen, dass Torf vollständig abgebaut und der gesamte Kohlenstoff, hauptsächlich als CO₂, freigesetzt wird. Dieses wurde als fossiles CO₂ bilanziert, da der Kohlenstoff über tausende Jahre gebunden wurde und in Mooren weiterhin langfristig gespeichert bleiben würde. Die angenommene Schüttdichte liegt bei 200 kg/m³ (BOLDRIN et al. 2010).

Torfmoos: Für Torfmoos wurde von einem Import aus einer Paludikultur in Niedersachsen ausgegangen. Der Lebenszyklus umfasst Vorbereitungsarbeiten, Ausbringung von Moosfragmenten, Überdeckung mit Stroh, Ernte, Trocknung, Transport, Aufbereitung und Nutzung. Daten für die Produktionsphase stammen aus STUCKI et al. (2019). Die Nutzungsphase wurde basierend auf KEMPTER et al. (2017) bzw. für Lachgas (N₂O) basierend auf ASTOLFI et al. (2023) bilanziert. Die angenommene Schüttdichte liegt bei 45 kg/m³ (STUCKI et al. 2019).

Kokosfaser: Ausgangsmaterial für die Gewinnung der Kokosfasern ist die Faserschicht, welche eine Kokosnuss umgibt (Mesokarp). Dabei handelt es sich um ein dichtes Geflecht aus Kokosfasern und den Feinbestandteil zwischen den Fasern, den sogenannten Cocopeat bzw. Kokostorf. Diese Faserschicht ist ein Nebenprodukt der Kokosnuss, weshalb hier anhand ökonomischer Allokation gerechnet wurde. Das

heißt die Umweltauswirkungen, wurden dem ökonomischen Wert entsprechend, aufgeteilt. Die Kokosnüsse werden nach Anbau und Ernte geschält. Hierbei fallen 7% der Auswirkungen auf die Faserhülle. Anschließend werden Fasern und Kokostorf getrennt, wobei 65% der Auswirkungen den Fasern zugeteilt werden (QUANTIS 2012). Die angenommene Schüttdichte liegt bei 200 kg/m³ (EYMANN et al. 2015).

Holzfaser: Für die Produktion von Holzfasern wurde ein rein mechanischer Faseraufschluss mit Nutzung zwei verschiedener Ausgangsstoffe betrachtet – Hackgut aus Kurzumtrieb sowie Sägenebenprodukte. Für das Kurzumtriebsholz wurde von einem Import aus Tschechien ausgegangen, da es in Österreich keine relevanten Anbaumengen gibt. Die Vorkette der Sägenebenprodukte wurde anhand einer ökonomischen Allokation zu 10% angerechnet, wobei die restlichen 90% auf das Schnittholz fallen. Für die Auffaserung wurde der Ecoinvent Prozess für die mechanische Zellstoffproduktion nach HASHEMI et al. (2024) angepasst. Die angenommene Schüttdichte liegt bei 130 kg/m³ (EYMANN et al. 2015).

Miscanthus: Der Lebenszyklus von Miscanthus umfasst Kultivierung, Ernte, Häckseln, Transport sowie Nutzung. Die Produktion wurde anhand von Ecoinvent Hintergrund Daten modelliert, welche Anbau, Pflege, Ernte und das Häckseln beinhalten. Die angenommene Schüttdichte liegt bei 70 kg/m³ (FRITZ und FORMOWITZ 2009).

Grünschnitt Kompost: Je nach Ausgangsstoff und Art der Kompostierung können die Treibhausgasemissionen stark variieren. In dieser Studie wird die Kompostierung von Grünschnitt in Form einer offenen Mietenkompostierung betrachtet. Da das Mähen einer Wiese nicht zum Zweck der Kompostierung geschieht, beginnt der Lebenszyklus beim Transport vom Grünschnitt zur Kompostierungsanlage. Der Kompostierungsprozess wurde anhand eines Berichts des Umweltbundesamtes (LAMPERT und NEUBAUER 2015) sowie BOLDRIN et al. (2010) modelliert. Daten zur Nutzungsphase stammen aus BOLDRIN et al. (2010). Die angenommene Schüttdichte liegt bei 680 kg/m³ (BOLDRIN et al. 2010).

Sand: Der Lebenszyklus von Sand umfasst den Abbau, das Sieben sowie den Transport zur Erdaufbereitungsanlage. Hierfür wurden Hintergrunddaten aus Ecoinvent verwendet. Da Sand ein inertes Material ist, gibt es keine Emissionen aus der Nutzungsphase. Die angenommene Schüttdichte liegt bei 1.500 kg/m³ (IVG 2014).

Blähton und Tongranulat: Es gibt verschiedene Substrate auf Basis von Ton, die sich im Wesentlichen in Korngröße, Geometrie und Dichte unterscheiden. In diesem Beitrag werden Blähton und Tongranulat (undefinierter Korngröße) gegenübergestellt. Bei der Blähton Produktion handelt es sich um einen energieintensiven Prozess, bei dem Ton im Drehofen unter hohen Temperaturen gebläht wird. Für nicht geblähtes Tongranulat wird vereinfachterweise der Prozessschritt des Blähens ausgeschlossen, während auch keine weitere Aufbereitung berücksichtigt wird. Für die Produktion wurden Hintergrunddaten aus Ecoinvent verwendet. Die angenommene Schüttdichte für Blähton liegt bei 350 kg/m³ (IVG 2014) und für Tongranulat bei 580 kg/m³ (SERAMIS 2023).

Biokohle: Für die Biokohle Produktion mittels langsamer Pyrolyse wird von einem integrierten System ausgegangen, d.h. die hypothetische Pyrolyseanlage steht an einem Kompostierungsstandort, an den die Erdaufbereitungsanlage anschließt. Dabei wird der Siebüberlauf der Kompostierung pyrolysiert. Da es sich dabei um einen Reststoff handelt, ist dieser nicht mit Umweltauswirkungen belastet und der Lebenszyklus beginnt bei der Pyrolyse. Um einen Prozess darzustellen, der repräsentativ für den derzeitigen Stand der Technik und den Betrieb in Europa ist, wurden Factsheets europäischer Anlagen aus KLAUSER et al. (2023) verwendet. Es wird davon ausgegangen, dass das entstehende Pyrolysegas zur Wärmebereitstellung verbrannt wird, sodass keine externe Wärmezufuhr notwendig ist. In der Nutzungsphase der Biokohle entstehen keine Emissionen. Negativemissionen aufgrund der langfristigen Kohlenstoffspeicherung wurden nicht berücksichtigt. Die angenommene Schüttdichte liegt bei 300 kg/m³ (BERGAMO und STRIMITZER 2022).

Ziegelsplitt: In der Recycling-Baustoffverordnung (BGBl. II Nr. 181/2015) ist vorgeschrieben, dass beim Rückbau eines Gebäudes die unterschiedlichen Baustoffklassen am Anfallsort getrennt werden müssen. Daher beginnt der Lebenszyklus von Ziegelsplitt bei der Sammlung bzw. dem Transport. Die Produktionsdaten (Aufbereitung bzw. Zerkleinerung) beruhen auf KLINGLER et al. (2019). In der Nutzungsphase entstehen keine Emissionen (inertes Material). Die angenommene Schüttdichte liegt bei 1.150 kg/m³ (SONNENERDE 2022).

Ergebnisse und Diskussion

Ein Überblick über GWP und CED ist in Tabelle 1 gegeben. Das GWP ist für die Schritte Produktion, Transport, Nutzung sowie insgesamt dargestellt, während der CED nur aus Produktion und Transport stammt und die Nutzungsphase daher wegfällt.

Tabelle 1: **Potenzielle Umweltauswirkungen der betrachteten Torfersatzstoffe**

	Treibhauspotenzial [kg CO ₂ -eq/m ³] ¹				Kumulierter Energieaufwand [MJ-eq/m ³] ²		
	Produktion	Transport	Nutzung	Gesamt	Produktion	Transport	Gesamt
Torf	31,9	26,8	163,0	221,6	104,1	419,7	523,8
Torfmoos	17,6	3,0	3,9	24,5	175,8	49,4	225,2
Kokosfaser	12,6	58,8	1,9	73,3	182,3	650,4	832,7
Holzfaser KUP³	12,3	9,8	1,8	23,9	146,8	150,6	297,4
Holzfaser SNP⁴	6,1	3,2	1,5	10,8	99,0	57,3	156,3
Miscanthus	4,0	0,5	2,2	6,7	60,0	7,2	67,2
Kompost	56,3	2,5	48,3	107,1	181,5	38,7	220,2
Sand	3,3	3,6	0,0	6,9	71,7	56,0	127,7
Blähton	95,6	13,0	0,0	108,6	1.633,3	204,0	1.837,3
Tongranulat	7,2	21,6	0,0	28,8	92,9	338,0	430,9
Biokohle	21,5	0,0	0,0	21,5	492,1	0	492,1
Ziegelsplitt	4,3	15,8	0,0	20,1	62,9	243,6	306,5

¹ CO₂-Äquivalente pro m³ Substrat (geschüttet), ² MJ Primärenergieaufwand pro m³ Substrat (geschüttet), ³ KUP=Kurzumtrieb, ⁴ SNP=Sägenebenprodukte

Die Betrachtung von Torf zeigt, dass das GWP hauptsächlich aus der Nutzung stammt, was auf der Freisetzung von CO₂ beruht. Die Auswirkungen von Torfmoos sind dagegen relativ gering, was u.a. durch die geringe Dichte des Substrats erklärt werden kann. Der Vergleich von Holzfasern aus Kurzumtriebsholz sowie Sägenebenprodukten zeigt den Vorteil der Nutzung regional verfügbarer Roh- und Reststoffe. Miscanthus hat einerseits eine relativ geringe Dichte und erfordert andererseits, ebenso wie Sand, einen geringeren Verarbeitungsaufwand als andere Substrate. Bei Sand gibt es außerdem, so wie bei allen mineralischen Materialien, keine Emissionen aus der Nutzungsphase. Kompost bedarf einer vorsichtigen Interpretation. Einerseits entstehen (Methan)Emissionen in der Kompostierung selbst, andererseits aber auch beim Abbau des Kompostes im Boden. Hier ist aber zu berücksichtigen, dass auch der Abbau des Grünschnitts ohne Kompostierung Emissionen verursachen würde, weshalb man mit einer Referenzsituation vergleichen könnte. Derartige Gegenrechnungen sind allerdings mit großen Unsicherheiten verbunden, weshalb in dieser Studie darauf verzichtet wurde. Die Blähton Produktion ist sehr energieintensiv, da sehr hohe Temperaturen erforderlich sind, die durch den Einsatz von Erdgas erreicht werden. Im Vergleich dazu ist Tongranulat mit einem wesentlich geringeren GWP verbunden, weist allerdings auch eine viel höhere Dichte auf. Das GWP der Biokohle Produktion wird zu mehr als 80% durch den Strominput verursacht. Die Energie des Pyrolysegases wird hier allerdings nicht vollständig genutzt. Würde ein Teil des Pyrolysegases verstromt werden, könnte zumindest ein Teil des Strombedarfs gedeckt werden, was das GWP senken könnte. Bei Ziegelsplitt stammt der Großteil des GWP vom Transport, da es sich hier um ein relativ schweres Substrat handelt. Allerdings könnte dieser Transport theoretisch einer alternativen Situation gegenübergestellt werden (Deponierung des Ziegels). Ein Transport muss hier also ohnehin erfolgen (siehe Recycling-Baustoffverordnung).

Alle Torfersatzstoffe haben also das Potenzial, das GWP gegenüber Torf zu reduzieren, was v.a. auf der Nutzungsphase beruht. Der Vorteil der Nutzung regionaler Rohstoffe wird durch die Auswirkung der Transporte (z.B. bei Kokosfaser) deutlich. In der Produktionsphase stammt das GWP in den meisten Fällen (außer Kompost) Großteils aus dem Energieinput, der v.a. bei Blähton besonders hoch ist. Dies spiegelt sich auch im CED wider: Der CED von Blähton übersteigt jenen von Torf deutlich. Das trifft auch auf die Kokosfaser zu, was durch den weiten Transportweg erklärt wird.

Zusammenfassung

Ausgewählte Torfersatzstoffe (Torfmoos, Kokosfaser, Holzfaser, Miscanthus, Kompost, Sand, Blähton, Tongranulat, Biokohle, Ziegelsplitt) wurden hinsichtlich Treibhauspotenzial und kumulierten Energieaufwand bewertet und Torf gegenübergestellt, um ein Reduktionspotenzial abschätzen zu können. Die Ergebnisse zeigten, dass alle betrachteten Substrate das Potenzial haben, das Treibhauspotenzial gegenüber Torf in unterschiedlichem Ausmaß zu reduzieren. Als wesentliche Einflussfaktoren haben sich Strom- und Wärmebedarf der verschiedenen Verarbeitungsprozesse, Wärmequellen, aber auch Transporte herauskristallisiert. Da die Torfersatzstoffe sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, gilt es geeignete Mischungen zu identifizieren, die sich nicht nur auf gartenbauliche, sondern auch auf ökologische Aspekte stützen sollten.

Abstract

Selected peat substitutes (peat moss, coconut fiber, wood fiber, miscanthus, compost, sand, expanded clay, clay granulate, biochar, crushed brick) were evaluated in terms of global warming potential and cumulative energy demand and compared to peat in order to estimate the reduction potential. The results showed that all considered substrates have the potential to reduce the global warming potential compared to peat to a varying extent. The main influencing factors were found to be the electricity and heat requirements of the various processing methods, heat sources and transportation. As the peat substitutes have very different properties, suitable mixtures need to be identified, which should be based not only on horticultural but also on these ecological aspects.

Literatur

- ASTOLFI M L, MASSIMI L, RAPA M, PLÀ R R, JASAN R C, TUDINO M B, CANEPARI S, CONTI M E (2023): A multi-analytical approach to studying the chemical composition of typical carbon sink samples. *Scientific Reports* 13, 7971. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35180-x>.
- BERGAMO A, STRIMITZER L (2022): Entwicklung und Potenzial von Biokohle. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK).
- BMLRT (2022): Moorstrategie 2030+. Online verfügbar: <https://info.bml.gv.at/service/publikationen/wasser/moorstrategie-oesterreich-2030.html> (Zugriff am 27.08.2024)
- BOLDRIN A, HARTLING K R, LAUGEN M, CHRISTENSEN T H (2010): Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation. *Resources, Conservation and Recycling* 54, 1250–1260. [10.1016/j.resconrec.2010.04.003](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.04.003).
- EYMAN L, MATHIS A, STUCKI M, AMREIN S (2015): Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen. Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil.
- FRITZ M, FORMOWITZ B (2009): Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff. Ergebnisse aus bayerischen Forschungsarbeiten. Berichte aus dem TFZ 18. Straubing, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe.
- IVG (2014): Ausgangsstoffe. Industrieverband Garten. Online verfügbar: <https://substratbuch.ivg.org/substratbuch/ausgangsstoffe/mineralische-ausgangsstoffe/sand> (Zugriff am 27.08.2024)
- KEMPTER H, KRACHLER M, SHOTYK W, ZACCONE C (2017): Major and trace elements in Sphagnum moss from four southern German bogs, and comparison with available moss monitoring data. *Ecological indicators* 78, 19-25.
- KLAUSER F, SCHWARZ M, SCHWABL M, WOPIENKA E, FUHRMANN M, DISSAUER C (2024): Pyrolysetechnologien in Europa. Technologieübersicht mittelschneller Pyrolyse für dezentrale Anwendungen, für kleine und mittlere Unternehmen und für die Kreislaufwirtschaft. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 14/2024. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK).
- KLINGLER M, SAVI D, DOKA G (2019): Harmonisierte Ökobilanzen der Entsorgung von Baustoffen – Für die Liste der Ökobilanzdaten im Baubereich. Zürich: Büro für Umweltchemie.
- LAMPERT C, NEUBAUER C (2015): Praxis grosser Kompostierungsanlagen und wesentliche Anforderungen an einen emissionsarmen Betrieb. Wien: Umweltbundesamt.

QUANTIS (2012): Comparative life cycle assessment of horticultural growing media based on peat and other growing media constituents. Final Report. Quantis Switzerland, Lausanne.

SERAMIS (2023): Produkte. Online verfügbar: <https://www.seramis.com/produkte/granulate-substrate/pflanzgranulat-zimmerpflanzen/> (Zugriff am 27.08.2024)

SONNENERDE (2022): Produktdatenblatt Ziegelsplitt 4-8 mm. Online verfügbar: https://www.sonnen-erde.at/fileadmin/user_upload/Produkte/Datenblaetter/sonnenerde_datenblatt_ziegelsplitt_4-8_mm_v2022_02.pdf (Zugriff am 27.08.2024)

STATISTIK AUSTRIA (2023): STATcube – Statistische Datenbank. <https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank>

STUCKI M, WETTSTEIN S, MATHIS A, AMREIN S (2019): Erweiterung der Studie «Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich»: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen. Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil.

Adresse der Autoren

BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH, Inffeldgasse 21b, 8010 Graz

* Ansprechpartner: Dr. Marilene FUHRMANN, marilene.fuhrmann@best-research.eu

Mechanische Beikrautregulierung mit einem Hackroboter in mehrjährigen Kräuterkulturen

Mechanical weed control with a hoeing robot in perennial herb crops

Michael Haider* und Franz Handler

Einleitung

Aufgrund des gesteigerten Bewusstseins zu Umwelt und Klimawandel in der Bevölkerung steigt auch der Bedarf an ökologischen Lebensmitteln. Kräuter, die zur Erzeugung von Gewürzen und Tee verwendet werden, zählen zu den Sonderkulturen, deren Produktion und Bearbeitung ist besonders kostenintensiv, da die herkömmlichen Hackgeräte nicht ausreichen und noch zusätzliche händische Hackdurchgänge notwendig sind. Einerseits führt das zu hohen Kosten und andererseits ist es auf Grund des Arbeitskräftemangels immer schwerer zu organisieren. Die Verwendung von autonomen Hackrobotern birgt großes Potential um die Kosten der Beikrautregulierung in der biologischen Bewirtschaftung auf Basis von mechanischen Methoden zu reduzieren. Obwohl schon viele Roboterkonzepte und Systeme existieren, ist ihre Einführung in die Praxis immer noch sehr beschränkt. Aus diesem Grund wurden im Zuge des Trainings eines Kamerasystems für die Erkennung von Petersilie und Zitronenmelisse die Arbeitsqualität und der Zeitbedarf eines Hackroboters mit In-Row-Hackwerkzeugen bei der Beikrautregulierung untersucht.

Material und Methoden

Die Versuchskulturen waren Zitronenmelisse und Petersilie die Anfang April als vorgezogene Jungpflanzen in das Feld gesetzt wurden. Die Pflanzung erfolgte in Reihen mit einem Abstand von 60 cm. Innerhalb der Reihen wurden die Pflanzen in einem Abstand von 25 bis 30 cm gepflanzt.

Der Roboter verfügte über RTK-GNSS zur Steuerung am Feld. Entlang der Reihe wurden die Zwischenreihenhackorgane über Kamerasteuerung geführt. Die In-Row-Hackorgane wurden über Kamerasysteme mit KI-basierter Einzelpflanzenerkennung gesteuert. Dies bedeutete, dass der Roboter nur für Kulturen eingesetzt werden konnte, für die er vom Hersteller in einem aufwendigen Prozess trainiert wurde. Der Anteil ausgehackter Kulturpflanzen wurde auf Basis einer Zählung der auf einer Länge von 11,11 m ausgehackten Zitronenmelissen- bzw. Petersilienpflanzen ermittelt. Die Zählung wurde für jede Kultur nach jedem Hackdurchgang an 20 vor dem ersten Hackdurchgang festgelegten Stellen durchgeführt.

Um den Beikrautdruck zu ermitteln, wurden jeweils an 35 Stelle der Versuchsflächen vor und nach dem Hackdurchgang Fotos mit einem Rahmen von 33 x 111 cm gemacht. Die innerhalb des Rahmens liegenden Beikräuter wurden ausgezählt.

Auf Basis der in FRISCH et al. (2022) definierten Methodik wurden Ablaufanalysen für die Arbeit des Roboters, der Bedienperson des Roboters und der Handarbeitskräfte durchgeführt. Darauf aufbauend wurden Arbeitszeitstudien durchgeführt, deren Ergebnisse die Basis für Modellrechnungen zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes für verschiedene Schlaggrößen darstellte.

Ergebnisse und Diskussion

Das im eingesetzten Hackroboter integrierte System zur Erkennung der Kulturpflanzen war für die beiden Kulturen noch nicht ausreichend trainiert. Deshalb musste die Versuchsfläche zwischen den Hackdurchgängen auf derselben Spur, wie beim Hacken mit ausgehobenen Hackwerkzeugen befahren werden. Dabei wurden von der Kamera zur Steuerung der Hackwerkzeuge Bilder aufgenommen und an den Hersteller gesandt. Mit diesen Bildern wurde das System zur Erkennung der Kulturpflanzen vom Hersteller trainiert und damit die Software am Roboter aktualisiert.

Abbildung 1 zeigt, dass dieses Training für die Zitronenmelisse vor dem ersten Hackdurchgang (HDG) ungenügend war, da rund 18 % der Pflanzen ausgehackt wurden, obwohl am Roboter bei allen Hackdurchgängen ein Sicherheitsradius von 6 cm rund um das Zentrum der Pflanze eingestellt war, in den das Hackwerkzeug nicht eindringen hätte dürfen. Durch das Training mit den zusätzlichen neu aufgezeichneten Bildern wurde die Erkennung der Kulturpflanzen verbessert und der Anteil ausgehackter

Kulturpflanzen sank über das Jahr hinweg. Beim neunten Hackdurchgang wurden keine Pflanzen ausgehackt. Die Ergebnisse beim siebenten Hackdurchgang sind nicht dargestellt, da ein Defekt am Roboter auftrat.

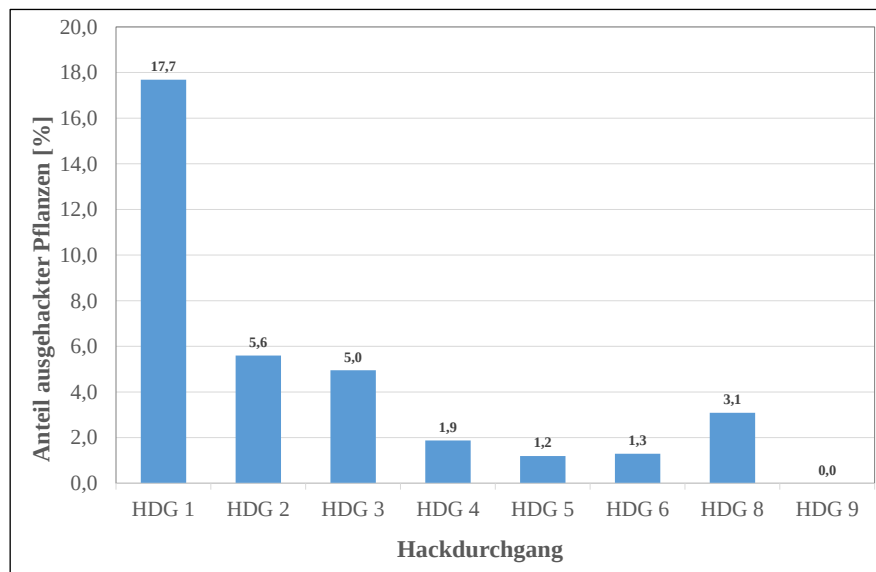


Abbildung 1: **Anteil ausgehackter Pflanzen beim Hacken von Zitronenmelisse mit dem Roboter**

Bei der Petersilie wurden vier Hackdurchgänge durchgeführt. Abbildung 2 zeigt, dass das Training vor dem ersten Hackdurchgang sehr gut funktioniert hat. Aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen konnte der zweite Hackdurchgang erst mit größerem zeitlichen Abstand durchgeführt werden. Infolgedessen wuchs die Petersilie stärker heran, was die Erkennung der Pflanzen erheblich erschwerte. Somit stieg der Anteil der ausgehackten Pflanzen im zweiten und dritten Hackdurchgang auf über 5 % an. Zusätzliche Bilder vor dem vierten Hackdurchgang reduzierte den Anteil ausgehackter Pflanzen wieder auf das Niveau des ersten Hackdurchganges. Auch bei der Petersilie war bei allen Hackdurchgängen ein Sicherheitsradius von 6 cm eingestellt.

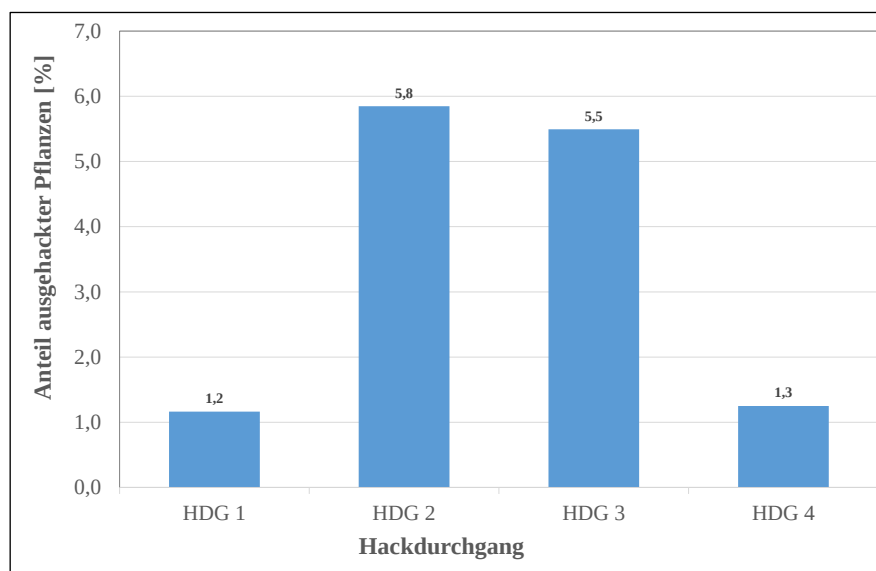


Abbildung 2: **Anteil ausgehackter Pflanzen beim Hacken von Petersilie mit dem Roboter**

Bei der Zitronenmelisse wurde auch der Handarbeitszeitbedarf untersucht. Die Handhacke erfolgte in zwei Durchgängen unmittelbar nach dem vierten und neunten Hackdurchgang mit dem Roboter. Der mittlere Beikrautbesatz betrug vor der ersten Handhacke 8,3 Beikräuter pro m² und vor der zweiten

Handhacke 0,9 Beikräuter pro m² (siehe Tabelle 1). Die im Vergleich zum Mittelwert großen Werte für die Standardabweichung deuten auf ein Auftreten der Beikräuter in Nestern hin. Obwohl sich der mittlere Beikrautbesatz vor den beiden Hackdurchgängen deutlich unterschied, war der Arbeitszeitbedarf, der nur die Arbeitsverrichtungszeit (FRISCH et al. 2002) für die Handhacke enthält, annähernd gleich.

Tabelle 1: Arbeitszeitbedarf für die Handhacke von Zitronenmelisse

	Durchgang 1	Durchgang 2
Mittlerer Beikrautbesatz [Pflanzen pro m ²]	8,3	0,9
Standardabweichung Beikrautbesatz [Pflanzen pro m ²]	8,1	1,3
Mittlerer Arbeitszeitbedarf pro 100 m ² [min]	32	31
Standardabweichung Arbeitszeitbedarf pro 100 m ² [min]	2	2

Abbildung 3 fasst den Zeitbedarf pro Hektar des dreireihigen Roboters für das Hacken von Zitronenmelisse mit einem Reihenabstand von 60 cm für drei Hackdurchgänge auf Basis des in HAIDER UND HANDLER (2023) beschriebenen Models zusammen. Er sinkt mit zunehmender Schlaggröße deutlich ab. Besonders deutlich ist die Abnahme zwischen dem 0,2-ha-Schlag und dem 0,5-ha-Schlag. Danach nimmt die Größendegression deutlich ab. Die Hauptzeit reduziert sich vor allem durch die Reduktion des Anteils der Wendezeit und des Zeitbedarfs für das Einstellen (Einstellen der Schlaggrenzen und Hackorgane). Für eine Wendung am Vorgewende benötigte der Roboter zwischen 4,30 min und 5,50 min und seine Arbeitsgeschwindigkeit betrug 900 m/h (HAIDER et al. 2025). Der Zeitbedarf für das reine Hacken (Arbeitsverrichtungszeit) ändert sich dagegen relativ wenig in Abhängigkeit von der Schlaggröße.

Die Nebenzeit enthält den Robotertransport zum und vom Schlag. Da die Dauer dieser Ablaufabschnitte nicht von der Schlaggröße abhängig ist, kommt es zu einer deutlichen Abnahme der Nebenzeit bezogen auf einen Hektar. Die Störzeiten können durch Verstopfungen an den Hackscharen sowie durch die Detektion eines Hindernisses oder einsetzenden Niederschlag verursacht werden. Die Häufigkeit für das Auftreten von Störungen schwankt in der Praxis sehr stark und hängt wesentlich von Faktoren wie Bodenverhältnissen (Unebenheiten, Verkrustungen, Schwankungen in der Rückverfestigung, Bodenfeuchte oder Bodenart), Steinen, Ernterückständen, Hangneigung und der Homogenität des Bestandes ab. Unter ungünstigen Arbeitsbedingungen und bei langen Reaktionszeiten der Bedienungsperson kann der Zeitbedarf für Störungen deutlich ansteigen.

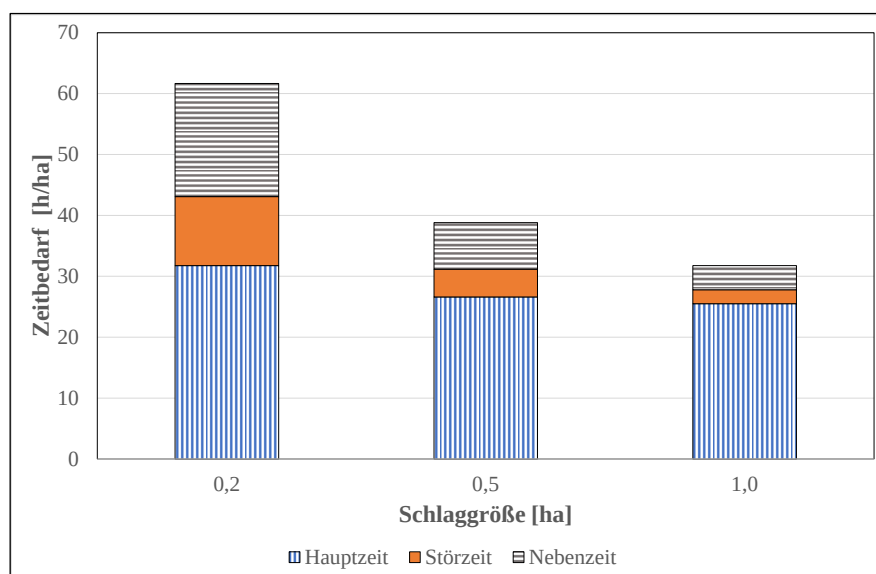


Abbildung 3: Zeitbedarf des Roboters zur Beikrautregulierung bei drei Hackdurchgängen

Abbildung 4 zeigt den Arbeitszeitbedarf der Bedienperson, der durch den in Abbildung 3 dargestellten Robotereinsatz verursacht wird. Unter die Hauptzeit der Bedienperson fallen vor allem Kontroll- und Einstellzeiten. In der Nebenzeit sind das Rüsten, Überstellen und das Nachtanken enthalten. Die Auswirkung der Schlaggröße auf den Arbeitszeitbedarf der Bedienperson ist deutlich. Ein Anstieg der Schlaggröße von 0,2 auf 0,5 ha bewirkt eine Abnahme des Arbeitszeitbedarfes um rund 60 %. Der weitere Anstieg auf einen Hektar Schlaggröße bewirkt eine weitere Halbierung des Arbeitszeitbedarfes der Bedienperson. In Relation zum Zeitbedarf des Roboters beträgt der Arbeitszeitbedarf der Bedienperson zwischen rund 76 und 31 %. Die Zusammensetzung der Gesamtarbeitszeit der Bedienperson ist trotz veränderter Schlaggröße mit rund 38 % Hauptzeit, 50 % Nebenzeit und 12 % Störzeit annähernd konstant. Bei einem weiteren Anstieg der Schlaggröße käme es zu deutlichen Verschiebungen zwischen diesen Kategorien (HANDLER et al. 2024).

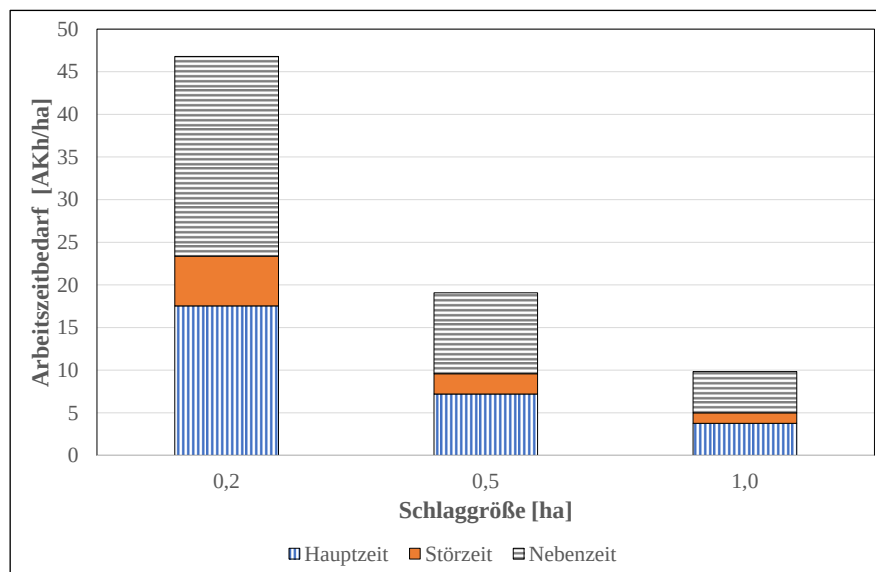


Abbildung 4: Arbeitszeitbedarf der Bedienperson des Roboters bei drei Hackdurchgängen

Zusammenfassung

Es wurde die Arbeitsqualität und der Zeitbedarf des Roboters mit In-Row-Hackwerkzeugen und seiner Bedienperson beim Hacken von Zitronenmelisse und Petersilie untersucht. Durch das Training des Systems zur Erkennung der Kulturpflanzen mit zusätzlichen Bildern der Kulturpflanzen konnten die Kulturpflanzenverluste pro Hackdurchgang auf unter 2 % gesenkt werden. Die Beikrautdichte nach dem Hacken mit dem Roboter hatten unter den Rahmenbedingungen des Versuches keinen Einfluss auf Zeitbedarf für die Handhacke. In einer Analyse des Zeitbedarfs für das Hacken von Zitronenmelisse mit dem Roboter zeigte sich, dass der Zeitbedarf des Roboters mit zunehmender Schlaggröße (0,2 bis 1,0 ha) deutlich abnahm. Die Abnahme des Arbeitszeitbedarfes war bei der Bedienperson mit zunehmender Schlaggröße deutlicher. Ihr Arbeitszeitbedarf pro Hektar betrug zwischen rund 76 und 31 % des Zeitbedarfes des Roboters.

Abstract

The work quality and time required by the robot with in-row hoeing tools and its operator when hoeing lemon balm and parsley were investigated. By training the system to recognize the crops using additional images of the crops, crop losses per hoeing pass were reduced to less than 2%. The weed density after hoeing with the robot had no influence on the time required for manual weeding by hoeing under the conditions of the test. An analysis of the time required for hoeing lemon balm with the robot showed that the time required by the robot decreased significantly with increasing field size (0.2 to 1.0 ha). The decrease in working time required for the operator was more pronounced with increasing field size. Their working time required per hectare was between approximately 76 and 31% of the time required by the robot.

Literatur

FRISCH J, FUNK M, HAIDN B, MAČUHOVÁ J, QUENDLER E, REITH St, SCHICK M, SONNEN J, STECKEL T, UMSTÄTTER Ch, WINKLER B (2022): Arbeitswirtschaft in der Landwirtschaft – Einführung, Arbeitszeitanalyse, Zeitbedarfskalkulation. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

HANDLER F, HAIDER M, and ETTLINGER A (2024): Factors influencing the working time requirement and work rate of field robots when weeding organic sugar beet. In Katsoulas N. (2024): Proceedings of AgEng 2024, Athens, 237 – 247.

HAIDER M, und HANDLER F (2023): Arbeitsablauf, Zeitbedarf und Maschinenkosten autonomer Roboter zur Unkrautbekämpfung. Endbericht zum Projekt im Rahmen des KTBL – Arbeitsprogramms Kalkulationsunterlagen 2023, HBLFA Francisco Josephinum, Wieselburg.

HAIDER M, HANDLER F und MEUSBURGER, A (2025): Mechanische Beikrautreduktion mit einem Hackroboter in mehrjährigen Kräuterkulturen – Am Beispiel der Zitronenmelisse und Petersilie. Projektbericht HBLFA Francisco Josephinum, Wieselburg.

Adresse der Autoren

HBLFA Francisco Josephinum, BLT Wieselburg, Rottenhauser Straße 1, A-3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Ing. Michael HAIDER, m.haider@josephinum.at

Bilanzierung von Treibhausgas-Emissionen in der österreichischen Agrarwirtschaft: Anforderungen und Perspektiven

Accounting for greenhouse gas emissions in the Austrian agricultural sector: requirements and perspectives

Patrick Falkensteiner*

Einleitung

Infolge einer europäischen Gesetzgebung sehen sich immer mehr Unternehmen dazu verpflichtet, Nachhaltigkeitsberichte zu erstellen. Die Austria Presse Agentur berichtet, dass sich die Zahl der berichtspflichtigen Unternehmen in Österreich ab 2025 von 90 auf rund 2.000 erhöhen wird. Die Verpflichtung zielt darauf ab, die Transparenz über ökologische, ökonomische und soziale Aspekte eines Unternehmens zu erhöhen. Die Nachhaltigkeitsberichterstattung soll dazu beitragen, das von der Europäischen Union (EU) formulierte Ziel, der erste klimaneutrale Kontinent des Planeten zu werden, zu verwirklichen. Dieses Ziel ist im sogenannten „Green Deal“ der EU festgehalten. Die genannten Bestrebungen dienen dem übergeordneten Ziel, zur Eindämmung der globalen Klimakrise des 21. Jahrhunderts beizutragen.

Die Ausweitung der Berichtspflicht auf eine größere Anzahl von Unternehmen hat zur Konsequenz, dass auch eine Vielzahl von Betrieben der Lebensmittelverarbeitung betroffen ist. Die Anforderungen der Nachhaltigkeitsberichte führen dazu, dass Unternehmen im Bereich der Ökologie ihre (Treibhausgas-) Emissionen berichten müssen. Die zu berichtenden Informationen können zudem die Wertschöpfungskette des Unternehmens betreffen, einschließlich vor- und nachgelagerter Bereiche. Da die Landwirtschaft (zumeist) Primärproduzent der Lebensmittel ist, tritt sie als vorgelagerter Bereich auf (vgl. Abbildung 1). Bei einer Lieferung von Produkten an berichtspflichtige Unternehmen müssen zukünftig auch die (Treibhausgas-) Emissionsdaten aus der landwirtschaftlichen Produktion offengelegt werden. Die österreichische Landwirtschaft ist folglich indirekt von der Nachhaltigkeitsberichterstattung betroffen.

Aufgrund fehlender Erfahrungen im Sektor ist es das Hauptziel dieser Masterarbeit, die Anforderungen und Perspektiven der landwirtschaftlichen Treibhausgasbilanzierung methodisch zu erfassen.



Abbildung 1: Schematische Darstellung der Wertschöpfungskette von Lebensmitteln

Material und Methoden

Charakterisierung der Landwirtschaft in Österreich: Die kleinstrukturierte österreichische Landwirtschaft, wo die Höfe zum größten Teil von bäuerlichen Familien geführt werden, ist in der Betriebsausrichtung sehr divers. Diese Diversität der Betriebe erfordert im Bereich der betrieblichen Treibhausgasbilanzierung daher eine Klassifizierung der Betriebe um homogene Gruppen zu bilden und die Chancen und Risiken der Treibhausgasbilanzierung von den betroffenen Betriebstypen zu bewerten. Da verschiedene Betriebstypen unterschiedliche betriebliche Voraussetzungen aufweisen und divergente Zugänge zu Ressourcen haben, wurde die Forschungsfrage, wie die österreichische Agrarwirtschaft strukturiert ist, aufgestellt.

Qualitative Untersuchungsmethode – Expert*inneninterviews: Dieser empirische Zugang wurde aufgrund des Sachverhalts und der komplexen Fragestellung, welche tiefergehende Motivationen und Meinungen von Expert*innen erfordern, angewandt. Mit Hilfe eines semi-standardisierten Interviewleitfadens wurden sechs einschlägige Fachexpert*innen mit Spezialwissen im Themenfeld Landwirtschaft/Klima/Emissionen befragt und die Ergebnisse qualitativ ausgewertet. In der Masterarbeit wurde dafür die qualitative Template-Analyse nach Nigel King angewandt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Masterarbeit hatte zum Ziel, aktuelle Ansätze zur landwirtschaftlichen Treibhausgasbilanzierung mittels einer qualitativen Forschungsmethode zu sammeln und Anforderungen und Perspektiven zum Thema methodisch zu erfassen. Die Arbeit liefert unter anderem eine umfassende Übersicht über die Chancen und Risiken der Treibhausgasbilanzierung für die österreichische Agrarwirtschaft, welche wie folgt zusammengefasst werden kann: Es wird die Notwendigkeit einer methodischen Erfassung aller beteiligten Stakeholder hervorgehoben, um eine systematische und einheitliche Vorgehensweise zu gewährleisten. Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Standardisierung von Datenerfassung und Rechenmethodiken sowie die Bewältigung von Herausforderungen im Datenmanagement und Datenschutz entscheidend sind. Als Chancen werden die Möglichkeiten zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen, betriebliche Optimierung, Imageverbesserung und die Reduktion von Treibhausgasen identifiziert, die insgesamt zur Klimaanpassung und einer resilienteren Landwirtschaft beitragen. Demgegenüber stehen Risiken wie bürokratischer Aufwand, Überlastung der Betriebe, mangelndes Know-How und geringe Akzeptanz des Themas unter den Landwirt*innen. Zudem wird die Bedeutung von Digitalisierung und proaktiver Kommunikation für die erfolgreiche Implementierung hervorgehoben. Pilotprojekte werden als sinnvoller erster Schritt zur praktischen Erprobung und zur Überzeugung der Landwirt*innen vorgeschlagen. Mithilfe der Untersuchung sollte eine Antwort auf die folgende Forschungsfrage gefunden werden: Welche Chancen und Risiken ergeben sich für Betriebe der österreichischen Landwirtschaft, wenn Emissionen künftig in den Nachhaltigkeitsberichten veröffentlicht werden müssen? Die Frage konnte insofern beantwortet werden, dass sich aus der landwirtschaftlichen Treibhausgasbilanzierung sowohl konkrete Chancen als auch mögliche Risiken ergeben können.

Neben den Chancen und Risiken konnten anhand der durchgeführten Expert*inneninterviews zudem Anforderungen, Herausforderungen und Auswirkungen festgehalten werden. Die Anforderungen an die landwirtschaftliche Treibhausgasbilanzierung umfassen die Notwendigkeit einer intensiveren Zusammenarbeit zwischen Lebensmittelverarbeitungsunternehmen und deren landwirtschaftlichen Lieferanten*innen zur Erfassung und Berichterstattung von Scope 3 Emissionen, die einen signifikanten Anteil am Corporate Carbon Footprint haben. Des Weiteren übt der Finanzsektor, der nachhaltige Praktiken fördert, durch Vorgaben Druck auf die Umsetzung dieser Anforderungen in der Landwirtschaft aus. Die Analyse der Daten ergab zudem, dass einheitliche und benutzerfreundliche Tools zur Minimierung des Mehraufwands und zur Vereinfachung der Datenverarbeitung erforderlich sind. Dazu zählt auch die effektive Nutzung vorhandener betrieblicher Dokumentationen.

Die Herausforderungen bei der landwirtschaftlichen Treibhausgasbilanzierung lassen sich in drei Kategorien unterteilen: administrative, methodische und technologische Aspekte. Administrative Herausforderungen manifestieren sich insbesondere in der Belastung durch die Datenerhebung sowie in der exakten Erfassung repräsentativer Daten. Methodische Schwierigkeiten resultieren aus natürlichen Variablen wie Wetterbedingungen, welche jährliche Schwankungen in den Emissionsbilanzen verursachen. Technologische Herausforderungen manifestieren sich in Fragen des Datenschutzes und der Datenintegrität innerhalb der Lieferkette sowie in der Notwendigkeit, Primärdaten effizient digital zu erfassen und zu verwalten, um konsolidierte Emissionsberechnungen durchführen zu können. Die unzureichende Integration und Kommunikation zwischen Datenquellen erschweren die genannten Prozesse zusätzlich.

Die Effekte der Treibhausgasbilanzierung in der Landwirtschaft umfassen sowohl ökonomische als auch ökologische Auswirkungen. Eine vollständige Bereitstellung der Emissionsdaten entlang der gesamten Wertschöpfungskette kann dazu führen, dass CO₂-intensive Produkte vom Markt verdrängt werden, was wiederum die heimische Produktion stärkt. Finanztechnische Auswirkungen können eine verstärkte Förderung und Unterstützung nachhaltig wirtschaftender Betriebe durch den Finanzsektor beinhalten. Eine verbesserte Datenerfassung- und berichterstattung ermöglicht es landwirtschaftlichen Betrieben, Kosten effektiver zu steuern und Emissionsreduktionsmöglichkeiten zu identifizieren. Dadurch können ökonomische Vorteile mit positiven Aspekten für die Umwelt verbunden werden. Darüber hinaus könnten diese Optimierungsprozesse Innovationen vorantreiben und das Image der Landwirtschaft verbessern, sofern Nachhaltigkeitsdaten transparent kommuniziert und genutzt werden.

Zusammenfassung

Die Auswertung der Forschung hat gezeigt, dass es in den Bereichen Anforderungen, Herausforderungen, Auswirkungen sowie der Chancen und Risiken eine Vielzahl von Themen gibt, die bei der Ausgestaltung zu berücksichtigen sind. Es konnte festgestellt werden, dass nicht alle landwirtschaftlichen Betriebe in gleichem Maße von der Thematik betroffen sein werden. Daher wurden in dieser Arbeit die Betriebsgröße und der Betriebstyp als Klassifizierungskriterien vorgeschlagen, um eine praktikable Umsetzung für möglichst viele Betriebe zu ermöglichen. Um die Betriebe nicht zu überfordern, sollte ein österreichweit einheitliches System geschaffen werden, welches die jeweiligen betrieblichen und regionalen Anforderungen an die Bilanzierung integriert. Hier ist jedenfalls eine digitale Lösung notwendig, die von den Landwirt*innen angewendet werden kann. Konkrete Herausforderungen konnten im Bereich des Datenmanagements identifiziert werden. Dazu gehören Datenerhebung, Datenhoheit, Datenkommunikation, Datenschutz und Datenverarbeitung. Die Treibhausgasbilanzierung bietet die Chance, betriebliche Emissionen zu managen und damit eine Weiterentwicklung in Richtung klimaresiliente Landwirtschaft zu ermöglichen. Darüber hinaus können durch eine transparente Berichterstattung Wettbewerbsvorteile am Markt erzielt werden. Demgegenüber stehen Risiken wie die Überforderung der Betriebe durch zusätzlichen bürokratischen Aufwand. Um die vielfältigen Bereiche adäquat managen zu können, bedarf es geeigneter Kommunikationsstrategien, um alle relevanten Stakeholder mit entsprechenden Informationen zu versorgen.

Abstract

The evaluation of the research has shown that there are a large number of topics in the areas of requirements, challenges, effects, opportunities and risks that need to be taken into account when designing the programme. It was found that not all farms will be affected by the topic to the same extent. For this reason, farm size and farm type were proposed as classification criteria in this study in order to enable practicable implementation for as many farms as possible. In order not to overburden businesses, a standardised system should be created throughout Austria that integrates the respective operational and regional requirements for accounting. In any case, a digital solution that can be used by farmers is necessary. Specific challenges were identified in the area of data management. These include data collection, data sovereignty, data communication, data protection and data processing. Greenhouse gas accounting offers the opportunity to manage operational emissions and thus enable further development towards climate-resilient agriculture. In addition, transparent reporting can provide competitive advantages on the market. On the other hand, there are risks such as farms being overburdened by additional bureaucracy. In order to adequately manage the various areas, suitable communication strategies are required to provide all relevant stakeholders with the appropriate information.

Literatur

Climate change 2021: The physical science basis: summary for policymakers: working group I contribution to the sixth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). IPCC. Directive (EU) 2022/2464 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 Amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as Regards Corporate Sustainability Reporting (Text with EEA Relevance), EP, CONSIL, 322 OJ L (2022). <http://data.eu-ropa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng>
EU stellt Nachhaltigkeitsberichterstattung ab 2023 auf neue Beine. (2022). APA. <https://solidbau.at/news/eu-stellt-nachhaltigkeitsberichterstattung-ab-2023-auf-neue-beine/>
Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.). (2023). Klimaschutzbericht 2023 (REP-0871; S. 265). Umweltbundesamt GmbH.

Adresse der Autoren

Boden.Wasser.Schutz.Beratung, Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Auf der Gugl 3, A-4021 Linz

* Ansprechpartner: Ing. Patrick Falkensteiner, MSc, MBA, patrick.falkensteiner@lk-ooe.at

Umwelt- und Leistungskennzahlen für die Bewertung beim Einsatz von digitalen Technologien

Environmental and performance indicators for evaluating the use of digital technologies

Markus Herndl^{1*}, Ebrahim Keighobadi² und Christian Fritz¹

Einleitung

Die zunehmende Verbreitung digitaler Technologien in der Landwirtschaft eröffnet zahlreiche Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung, Ressourcenschonung und Arbeitsentlastung (Aubert et al. 2012; Wolfert et al. 2017). Technologien wie teilflächenspezifische Bewirtschaftung, sensorbasierte Tierbeobachtung oder automatische Gesundheits- und Brunsterkennung versprechen erhebliche Optimierungspotenziale. Dennoch steht der flächendeckenden Einführung oft eine geringe Technologieakzeptanz, insbesondere auf weniger innovationsaffinen Betrieben, entgegen (Eastwood et al. 2017). Um den Nutzen dieser Technologien für die landwirtschaftliche Praxis sichtbar und bewertbar zu machen, ist die Entwicklung geeigneter Leistungskennzahlen (Key Performance Indicators, KPIs) notwendig. Diese sollen den Einfluss auf betriebswirtschaftliche, ökologische und soziale Dimensionen quantifizieren (Rodrigues et al. 2016). In der Praxis bedeutet das die Messung von Aspekten wie Rentabilität, Ressourceneffizienz, Treibhausgasemissionen oder Arbeitsbelastung. Der Cluster „Digitalisierung in der Landwirtschaft 2023/24“ setzte genau da an. Es wurden digitale Technologien auf Demonstrationsbetrieben erprobt, Leistungskennzahlen erhoben und darauf aufbauend ein Bewertungssystem entwickelt, das sowohl für die wissenschaftliche Begleitung als auch für die betriebliche Entscheidungsfindung nutzbar ist.

Material und Methoden

Zur Bewertung des Einsatzes digitaler Technologien in der Landwirtschaft wurde ein indikatorgestütztes Bewertungskonzept entwickelt, das sich methodisch am „KPI Catalogue & Measurement Methods“ des EU-Projekts IOF2020 orientiert (EU 2020). Dieser Ansatz erwies sich als besonders geeignet, da er eine strukturierte Kategorisierung und praxisnahe Anwendung von KPIs für landwirtschaftliche Prozesse ermöglicht. Im Zentrum der Bewertung stand die Entwicklung eines standardisierten Rahmens, der es erlaubt, den Nutzen digitaler Technologien für landwirtschaftliche Betriebe in ökonomischer, ökologischer und agronomischer Hinsicht objektiv zu erfassen.

Die Definition und Auswahl der Leistungskennzahlen erfolgte auf Grundlage einer klaren Zielbeschreibung der jeweiligen Technologie. Nur wenn der Zweck und die erwarteten Effekte einer digitalen Anwendung präzise benannt werden, lassen sich daraus valide Indikatoren ableiten. Die KPIs wurden entlang dreier zentraler Nachhaltigkeitsdimensionen strukturiert: Die ökonomische Dimension umfasst etwa die betriebliche Rentabilität, die Kosteneffizienz und den Arbeitszeitbedarf; die ökologische Dimension erfasst unter anderem den Einsatz von Betriebsmitteln, Treibhausgasemissionen sowie den Wasserverbrauch; die agronomische Dimension schließlich berücksichtigt Kenngrößen wie Ertrag, Produktionsverluste oder Nutzungsdauer.

Basierend auf diesen Dimensionen wurde ein Indikatorenkatalog erstellt, der als Grundlage für die Bewertung der Technologien dient. Für jede betrachtete Technologie wurden sowohl Referenzwerte (ohne Technologieeinsatz) als auch Zielwerte (bei erfolgreicher Anwendung) hinterlegt. Wenn möglich, wurden zusätzlich empirische Versuchsdaten von Demonstrationsbetrieben erhoben, um reale Effekte in der landwirtschaftlichen Praxis zu validieren.

Die Datenerhebung erfolgte mittels eines standardisierten Excel-Eingabetools, in dem neben der technologischen Beschreibung auch die Zuordnung relevanter KPIs sowie die Erfassung von Referenz-, Ziel- und Versuchswerten möglich war. Diese Daten wurden über eine eigens programmierte Webplattform (Abbildung 1) hochgeladen und in weiterer Folge manuell geprüft und verrechnet. Die Ergebnisse wurden anschließend in einer übersichtlichen Ergebnisansicht dargestellt, die sowohl tabellarische als auch grafische Auswertungen beinhaltet. So konnte der Einfluss der digitalen Technologien auf die drei Nachhaltigkeitsdimensionen sichtbar gemacht und für die landwirtschaftliche Praxis nutzbar aufbereitet werden.



Abbildung 1: Weboberfläche für die Dateneingabe und Darstellung der Leistungskennzahlen (www.kpi-farmlife.at)

Ergebnisse und Diskussion

Ein Anwendungsfall der exemplarisch für viele Anwendungen im Rahmen des Clusterprojektes steht, stellt die automatische Ampferdetektion und -bekämpfung im Grünland dar. Der Stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) zählt zu den problematischsten Unkräutern im Dauergrünland. Aufgrund seiner hohen Konkurrenzkraft und der Langlebigkeit seiner Samen – diese können bis zu 50 Jahre im Boden überdauern – verdrängt er wertvolle Futterpflanzen und beeinträchtigt die Futterqualität erheblich. Die konventionelle Bekämpfung erfolgt meist flächig über Herbizide, was jedoch auch erwünschte Arten wie Leguminosen in Mitleidenschaft zieht und damit die Biodiversität reduziert.

Im Projekt wurde mit dem System RumboJet 880 eine Technologie erprobt, die mittels bildbasierter Pflanzenerkennung gezielt Ampferpflanzen identifiziert und selektiv mit Pflanzenschutzmitteln behandelt (Abbildung 2).



Abbildung 2: Beschreibung der Technologie „Automatische Ampferdetektion und -bekämpfung im Grünland“ im „KPI-Tool“

Die Bewertung dieser Technologie erfolgte auf einem intensiven Grünlandstandort in Steinbach/Ziehbach, der aufgrund seiner stickstoffreichen Böden besonders anfällig für Ampferbefall ist. Im Vergleich

zur flächigen Herbizidanwendung zeigte sich eine erhebliche Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes: Die Herbizidmenge konnte um 92 % reduziert werden, der Wasserverbrauch für die Spritzbrühe verringerte sich dazu proportional (Abbildung 3). Die Kosten im Prozessbereich „Pflanzenschutz“ sanken um 60 %, die Gesamtkosten des Verfahrens – inklusive Saatgut und Düngung – wurden um 7 % reduziert. Die Versuchswerte stimmten weitgehend mit den erwarteten Zielwerten überein, mit nur geringen Abweichungen beim Wassereinsatz.

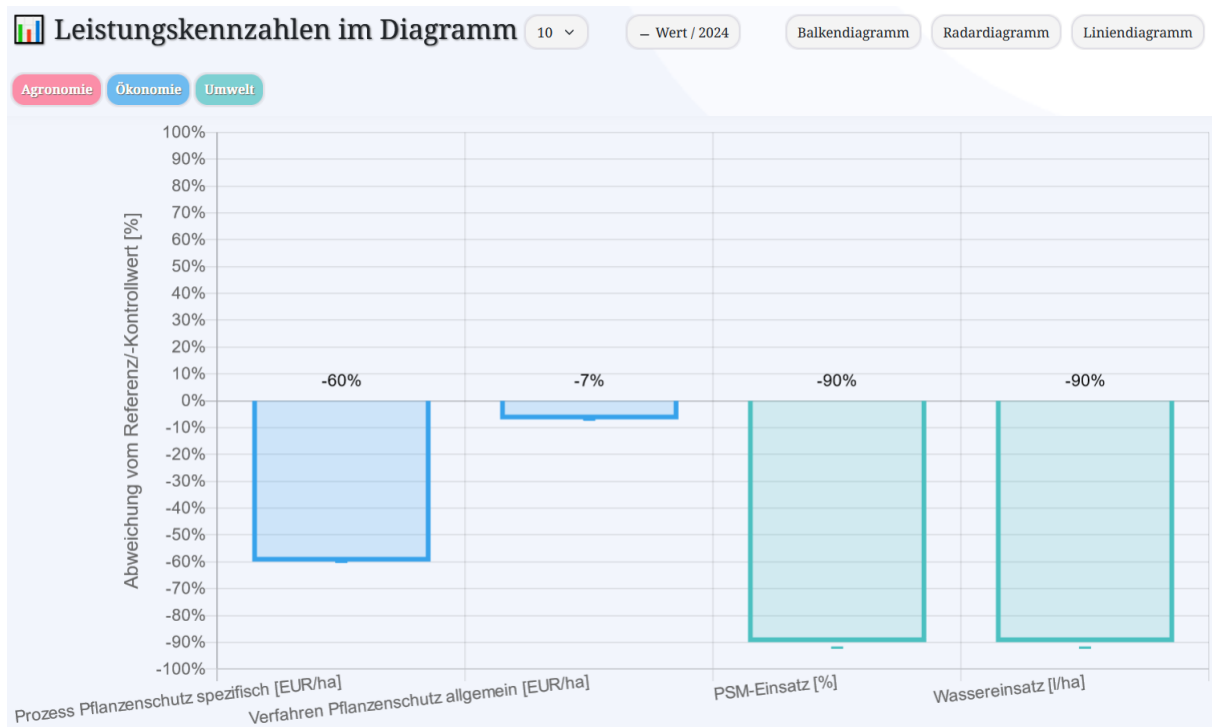


Abbildung 3: Leistungskennzahlen der Technologie „Automatische Ampferdetektion und -bekämpfung im Grünland“ im „KPI-Tool“; Versuchswert abgebildet als – und Referenzwert abgebildet als □

Diese Ergebnisse bestätigen zentrale Annahmen aus der Fachliteratur über das Potenzial digitaler Technologien zur Präzisierung agrarischer Eingriffe. Die selektive Ampferbekämpfung adressiert gleich mehrere Nachhaltigkeitsziele: Durch den massiven Rückgang der eingesetzten Herbizidmenge trägt sie direkt zur Umsetzung der Ziele des Europäischen Green Deal bei, der eine Reduktion chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel um 50 % bis 2030 vorsieht (European Commission 2020).

Auch aus ökonomischer Perspektive zeigen sich klare Vorteile: Die drastische Senkung der Prozesskosten legt nahe, dass sich die Technologie bei hohem Ampferdruck und regelmäßigem Einsatz rasch amortisieren kann. Studien zu Smart-Farming-Technologien bestätigen, dass sich Investitionen in automatisierte Erkennungssysteme besonders dort lohnen, wo Arbeitsaufwand, Inputkosten und Flächengröße einen wirtschaftlichen Skaleneffekt ermöglichen (Pierpaoli et al. 2013; Lowenberg-DeBoer und Erickson, 2010).

Nicht unerwähnt bleiben sollte jedoch, dass der Nutzen stark vom Anwendungskontext abhängt. In extensiv bewirtschafteten Grünlandregionen mit geringem Ampferdruck könnten die Anschaffungskosten und der Wartungsaufwand die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einschränken. Zudem bedarf es technischer Expertise, sowohl bei der Kalibrierung der Sensorik als auch bei der Interpretation der erhobenen Daten, was wiederum Anforderungen an das betriebliche Know-how stellt (Kutter et al., 2011). Dennoch lässt sich konstatieren, dass die automatische Ampferdetektion und -bekämpfung ein vielversprechendes Beispiel für die erfolgreiche Integration digitaler Werkzeuge in das Pflanzenmanagement darstellt – mit messbarem Mehrwert für Umwelt, Ökonomie und Praxis.

Zusammenfassung

Die zunehmende Integration digitaler Technologien in der Landwirtschaft eröffnet neue Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung, Ressourcenschonung und ökologisch nachhaltigen Betriebsführung. Trotz technischer Fortschritte bleibt die großflächige Anwendung solcher Systeme häufig hinter den Erwartungen zurück, was unter anderem auf eine unzureichende Bewertung ihrer Wirksamkeit in der landwirtschaftlichen Praxis zurückzuführen ist. Im Rahmen des Clusterprojekts „Digitalisierung in der Landwirtschaft 2023/24“ wurde daher ein indikatorgestütztes Bewertungssystem entwickelt, das die ökonomischen, ökologischen und agronomischen Auswirkungen digitaler Technologien anhand geeigneter Leistungskennzahlen (Key Performance Indicators, KPIs) objektiv erfasst. Das Bewertungssystem basiert methodisch auf dem KPI-Katalog des EU-Projekts IOF2020 und wurde auf Demonstrationsbetrieben mit praxisrelevanten Technologien erprobt. Anhand des Beispiels der automatisierten Ampferdetektion und -bekämpfung im Grünland zeigt sich das Potenzial digitaler Systeme zur gezielten Reduktion von Pflanzenschutzmitteln (–92 %) sowie zur Senkung der Prozesskosten (–60 %). Die Ergebnisse belegen die Anwendbarkeit und Aussagekraft des entwickelten KPI-Ansatzes und liefern belastbare Entscheidungsgrundlagen für die betriebliche Praxis und politische Steuerung. Gleichzeitig wird aufgezeigt, dass der Nutzen digitaler Technologien stark vom betrieblichen Kontext abhängt und neben ökonomischen auch technische und wissensbasierte Voraussetzungen berücksichtigt werden müssen.

Abstract

The growing integration of digital technologies in agriculture offers significant potential for increasing efficiency, conserving resources, and promoting environmentally sustainable farm management. Despite technological advancements, the widespread adoption of these systems often falls short of expectations, partly due to insufficient evaluation of their real-world impact. Within the clusterproject “Digitalization in Agriculture 2023/24,” a KPI-based evaluation system was developed to objectively assess the economic, environmental, and agronomic effects of digital technologies using relevant performance indicators. The methodology is based on the KPI Catalogue of the EU project IOF2020 and was tested on demonstration farms using practical, field-relevant technologies. One exemplary application, automated dock weed (*Rumex obtusifolius*) detection and control in grassland, demonstrated a substantial reduction in herbicide usage (–92%) and a 60% reduction in crop protection process costs. The results confirm the applicability and relevance of the KPI framework and provide a robust foundation for operational decision-making and policy development. However, the findings also underscore that the effectiveness of digital solutions depends heavily on farm-specific conditions and requires not only economic viability but also technical expertise and knowledge transfer.

Literatur

- AUBERT B.A, SCHROEDER A, GRIMAUDO J (2012): IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers’ adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54(1), 510–520.
- EASTWOOD C, KLERKX L, AYRE M, DELA RUE B (2017): Managing socio-ethical challenges in the development of smart farming: From a fragmented to a comprehensive approach for responsible innovation. *J Agricultural and Environmental Ethics*, 30(5), 643–665.
- EU (2020): Internet of Food & Farm 2020 – Deliverables and KPI framework. <https://www.iof2020.eu>
- EUROPEAN COMMISSION (2020): *Farm to Fork Strategy*. <https://food.ec.europa.eu>
- KUTTER T, TIEMANN S, SIEBERT R, FOUNTAS S (2011): The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture*, 12, 2–17.
- LOWENBERG-DEBOER J, ERICKSON B (2010): Precision farming profitability. *Agricultural Economics*, 41(1), 65–75.
- PIERPAOLI E, CARLI, G, PIGNATTI E, CANAVARI M (2013): Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review. *Procedia Technology*, 8, 61–69.
- RODRIGUES V.P, PIGOSSO D.C.A, MCALOONE T.C (2016): Process-related key performance indicators for measuring sustainability performance of ecodesign implementation into product development. *J Cleaner Production*, 139, 416–428.
- WOLFERT S, GE L, VERDOUW C, BOGAARDT M.-J (2017): Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaftsforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Raumberg-Gumpenstein Research and Development, Altdorf 11, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Markus HERNDL, markus.herndl@raumberg-gumpenstein.at

Verbesserung von bestehenden Beratungsangeboten mittels Digitalisierung

Enhancement of Existing Advisory Products through Digitalization

Fabian Poinstingl

Einleitung

Die Landwirtschaftskammer ist für die Bäuerinnen und Bauern eine zentrale Bildungs- und Beratungsorganisation und somit ein wichtiger Partner für die land- und forstwirtschaftlichen Betriebe in Oberösterreich. Seit über neunzig Jahren bündelt sie das Wissen von Fachexpertinnen und Fachexperten und gibt dieses Wissen an die Landwirtinnen und Landwirte weiter. Die Beratungsmethoden haben sich mit der Zeit laufend weiterentwickelt. Beratungen am Telefon, der Einsatz von digitalen Tools oder auch Onlineveranstaltungen zu Fachthemen sind Standard. Mit Hilfe der Digitalisierung sollen bewährte Beratungsangebote um eine objektive Datenerhebung ergänzt werden, so dass eine noch genauere, datenbasierte Empfehlung gegeben werden kann.

Material und Methoden

Bisheriges Beratungsportfolio: Grundlage für diese Weiterentwicklung war das bisherige Angebot an Beratungsprodukten – im Speziellen in den Bereichen Bauen, Pflanzenbau und Forstwirtschaft sowie die bisher angebotene „Digitalisierung – Grundberatung“.

Drohnen: Eingesetzt werden aktuell eine DJI Mavic 3M und eine DJI Mini 4 Pro

GNSS-Receiver: Verwendet wird ein Emlid Reach RS2 mit der App Emlid Reach

Software: Je nach Anwendung kommen unterschiedliche Software-Programme zur Anwendung. Grundsätzlich gibt es QGIS, Agisoft Metashape Professional und eine Basisversion der Onlineanwendung AGREMO

Ergebnisse und Diskussion

Bauen

Die Digitalisierung hat die Bauberatung erheblich verbessert. Durch die Einführung der 3D-Bestandsaufnahme, können jederzeit präzise Außenmaße und Dachstrukturen gemessen werden. Dies ist besonders vorteilhaft für Bauernhöfe, die oft aus einem Altbestand bestehen und unregelmäßige Strukturen aufweisen. Früher waren schiefe Wände und nicht rechtwinklige Strukturen ein großes Problem bei der Planung von Umbauten. Mit der 3D-Modellierung können diese Herausforderungen überwunden werden, was die Effizienz und Genauigkeit der Bauberatung deutlich erhöht.

Forstwirtschaft

Auch in der Forstberatung hat der Einsatz von Drohnen zu erheblichen Verbesserungen geführt. Drohnen liefern aktuelle Orthofotos und präzise Baumhöhenmessungen, die z.B. für die Erstellung von Waldwirtschaftsplänen unerlässlich sind. Dies ist besonders auf großen Flächen von Vorteil, wo veraltete Orthofotos und mangelnde Übersicht nach Schadensereignissen bisher eine Herausforderung darstellten. Die neuen Daten ermöglichen eine bessere Planung und Verwaltung der Waldflächen, was zu einer nachhaltigeren Forstwirtschaft beiträgt. Zudem kann der Ressourceneinsatz für die Erhebung der Flächen wesentlich reduziert werden.

Ackerbau

Die Digitalisierung hat auch die Pflanzenbauberatung revolutioniert. Durch den Einsatz von Drohnen zur Pflanzenzählung aus Luftbildern können genaue Daten über die Pflanzenanzahl pro Quadratmeter und deren Verteilung erfasst werden. Dies ist besonders in speziellen Fällen, wie dem allenfalls erforderlichen Umbruch im Frühjahr oder Schädlingsbefall bei Raps und Zuckerrüben, wichtig. Die Drohnenbilder helfen dabei, Heatmaps zu erstellen, die „gute“ und „schlechte“ Bestände anzeigen. Diese Informationen sind insbesondere für die Entscheidung wichtig, ob ein Umbruch sinnvoll ist und tragen wesentlich zur Optimierung der Ernteerträge bei.

Digitalisierung

Die Digitalisierung bietet eine Vielzahl neuer Dienstleistungen, die über die grundlegende Beratung hinausgehen. Dazu gehören Einzellösungen für Betriebe, wie die Vermessung von Feldgrenzen, eAMA, Lenksysteme, FMIS und das Aufsuchen von Grenzsteinen. Auch Drohnenbefliegungen, die Erstellung von 3D-Modellen sowie Vegetationsindizes und Pflanzenzählungen sind Teil der neuen Dienstleistungen. Diese spezialisierten Beratungsangebote ermöglichen maßgeschneiderte Lösungen für spezifische Anforderungen der Betriebe und tragen zur Effizienzsteigerung und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft bei.

Zusammenfassung

Die Landwirtschaftskammer Oberösterreich hat ihre Beratungsangebote durch Digitalisierung erheblich weiterentwickelt und verbessert. In der Bauberatung ermöglicht die 3D-Bestandsaufnahme präzise Messungen von Außenmaßen und Dächern, was die Planung von Umbauten erleichtert. In der Forstberatung liefern Drohnen aktuelle Orthofotos und Baumhöhenmessungen, die u.a. für Waldwirtschaftspläne genutzt werden. Die Pflanzenbauberatung profitiert von Drohnenbildern zur Pflanzenzählung, die Entscheidungen über Umbrüche unterstützen. Die neuen Beratungsangebote umfassen die Grund- und Spezialberatung zur Digitalisierung, einschließlich der Vermessung von Feldgrenzen, Lenksystemen und Drohnenbefliegungen. Diese digitalen Lösungen tragen zur Effizienzsteigerung und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft bei.

Abstract

The Chamber of Agriculture of Upper Austria has significantly enhanced its advisory products through digitalization. In construction consulting, 3D modeling allows for precise measurements of exterior dimensions and roofs, facilitating renovation planning. Forestry consulting benefits from drones providing up-to-date orthophotos and tree height measurements, essential for forest management plans. Crop consulting uses drone imagery for plant counting, aiding decisions on crop rotation. New advisory services include basic and specialized digital consulting, such as field boundary measurements, guidance systems, and drone surveys. These digital solutions contribute to increased efficiency and sustainability in agriculture.

Literatur

Adressen der Autoren

Landwirtschaftskammer OÖ, Auf der Gugl 3, 4020 Linz

* Ansprechpartner: Fabian POINSTINGL, Akad. BT, fabian.poinstingl@lk-ooe.at

Entwicklung eines Verfahrens zur Prüfung der Wirksamkeit von ozonisiertem Wasser zur Desinfektion von Oberflächen in der gärtnerischen Produktion am Beispiel des bakteriellen Krankheitserregers *Pseudomonas syringae*
Development of a method for testing the effectiveness of ozonized water for the disinfection of surfaces in horticultural production using the example of the bacterial pathogen *Pseudomonas syringae*

Moritz Albrecht*, Stefanie Wohlfahrt, Artemis Rumbou, Carmen Büttner, Martina Bandte

Einleitung

Pseudomonas syringae ist ein gramnegatives Bakterium und spielt, als eines der „top ten“ Bakterien der molekularen Forschung zu Pflanzenkrankheitserregern (EPPO 2024; Mansfield et al. 2012), in der globalen Landwirtschaft eine große Rolle. Die über 100 verschiedenen Pathovaren von *P. syringae* verursachen unter anderem die, als Kiwikrebs bezeichnete, wohl weltweit bedeutendste Kiwkrankheit, löst Bakterienbrand aus, sorgt weltweit für große Ertragsausfälle und für das Absterben diverser Laubbäume (Sostizzo et al. 2018, Landwirtschaftskammer Österreich 2024). *P. syringae* pv. *syringae* ist durch hervorgerufene Krebsgeschwüre verantwortlich für das Absterben von bis zu 30% der deutschen Pflaumenbäume (Kennelly et al. 2007). In jungen Kirschanlagen kann das Bakterium zu einem Verlust von bis zu 75% der Bäume führen (Spotts et al. 2010).

Um ökonomischen Einbußen vorzubeugen ist neben präventiven pflanzenbaulichen Maßnahmen vor und während der Kultivierung, die Desinfektion von Oberflächen ein wichtiger Schritt. Das Bakterium wird unter anderem beim Arbeiten mit einem kontaminierten Schnittwerkzeug, von einer sensitiven Wirtspflanze zur nächsten getragen (Lim et al. 2024). Potentielle Wirtspflanzen, Pflanzenteile oder auch Ernteprodukte werden in Plastikkisten oder Holzkisten transportiert. Diese drei Materialien: Edelstahl, Kunststoff und Holz gehören zu den meist verwendeten Materialien in der gartenbaulichen Praxis. Um das Risiko einer Verbreitung zu minimieren, sind Reinigung und Desinfektion solcher Oberflächen von besonderer Bedeutung. Ozon hat hier eine einzigartige Position. Es ist stark oxidativ, dadurch wirksam gegen eine breite Auswahl von Mikroorganismen und lässt keine Rückstände auf den Anwendungsoberflächen zurück (Dubey et al. 2022; Kim et al. 2003).

Das Ziel der Untersuchungen war die Wirkung von ozonisiertem Sprühnebel auf die Überlebensfähigkeit von *P. syringae* zu testen. Hierfür wurde zunächst eine Methode zur Prüfung dieses Sprühnebels zur Oberflächendesinfektion entwickelt. Nachfolgend wurde die Wirksamkeit des ozonisierten Sprühnebels zum Abtöten von *P. syringae* an zuvor mit dem Erreger kontaminierten Keimträgern geprüft.

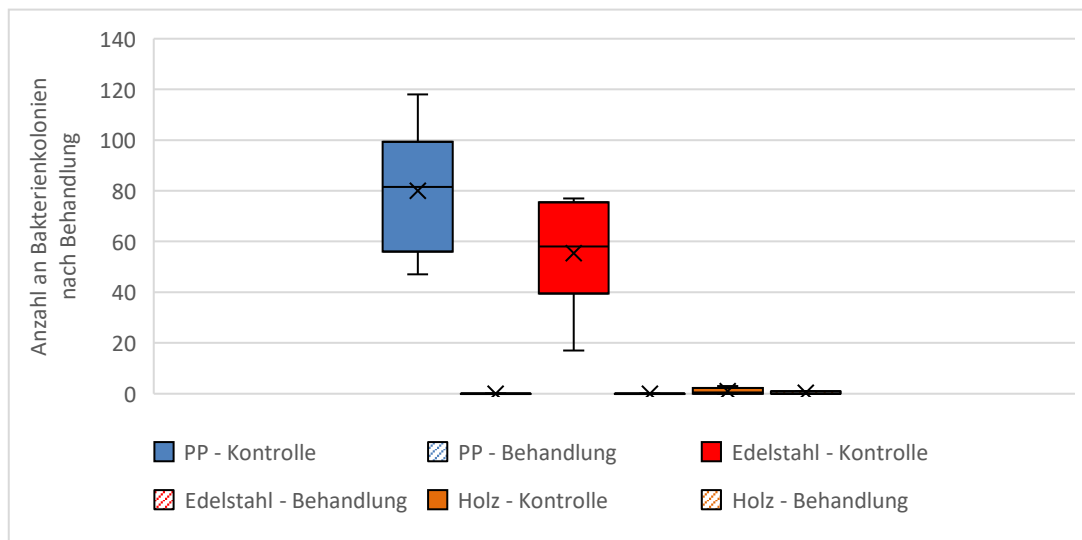
Material und Methoden

Die Inaktivierung von *P. syringae* durch ozonisierten Sprühnebel wurde mithilfe von selbst hergestellten Prüffeldern getestet. Diese bestanden aus Klemmbausteinfelder, mit einer Innenfläche von 6 cm², welche auf Edelstahl-, Polypropylen- und Holzträger geklebt wurden. In den Versuchen wurden die Träger mit Bakteriensuspensionen mit Bakterienkonzentrationen von 2×10^3 bis 5×10^6 cfu/ml in Aliquoten von 100 µl zur Kontamination der Prüffelder verwendet. Nachdem die Kontaminationsflüssigkeit auf den Prüfrägern eingetrocknet war, wurden diese mithilfe der mobilen Sprüheinheit für die Behandlung dekontaminiert und mit demineralisiertem Wasser aus einer herkömmlichen Gartenspritze für die Kontrolle. Das Dekontaminationsvolumen betrug zwischen 400 – 500 µl. Die Ozonkonzentration des Sprühnebels war während der Versuche stets circa 0,4 ppm. Nach einer Einwirkzeit von 20 Minuten, wurden mit Abstrichtupfern Abstrichproben aus den Prüffeldern genommen. Diese Abstrichtupfer wurden in Reagenzgefäße überführt, welche im Vorfeld mit 900 µl demineralisiertem Wasser befüllt wurden. Anschließend wurde beides für 15 Sekunden bei 2000 Umdrehungen/Minute auf einem Minishaker geschüttelt um die aufgenommenen Bakterienzellen wieder aus dem Zellstoffkopf des Abstrichtupfers zu lösen. Aus der entstandenen Suspension wurden Aliquote von 100 µl auf LB-Nährmedium Petrischalen ausplattiert. Nach einer Inkubationszeit von 3-4 Tagen wurden die Petrischalen ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Sämtliche Kontroll-Petrischalen der PP- und Edelstahlträger zeigten deutliches Wachstum von *P. syringae*. Die Petrischalen der Behandlung zeigten im Gegensatz dazu in allen Versuchen kein Wachstum. Auf Edelstahl und Polypropylen wurde *P. syringae* in allen Versuchen mithilfe des angewandten Verfahrens vollständig inaktiviert. Die Bakterienkonzentration des zur Kontamination applizierten Inokulums hatte keinen Einfluss auf die inaktivierende Wirkung des ozonisierten Sprühnebels. Der Prüfräger Holz wurde hingegen nicht eindeutig dekontaminiert. Das kann mehrere Gründe haben. Zum einen ist Holz, im Vergleich zu PP und Edelstahl, eine organische Fläche und saugt das applizierte Wasser auf. Da wir mithilfe der Abstrichtupfer die Proben lediglich oberflächlich abnehmen, können wir nicht ermitteln, wie viel Inokulum in den Prüfräger selbst gesogen wurde. Ebenso ist die Vorbehandlung des Holzes mit etwaigen chemischen Mitteln nicht klar. Diese könnten ebenfalls ungewollte Nebeneffekte sowohl auf das Bakterium als auch das ozonisierte Wasser haben. Vor den Versuchen wurde das Holz ein Mal gründlich mit Flächendesinfektionsmittel behandelt. Es ist möglich, dass dieses über den Zeitraum der Versuche hinweg immer noch eine Nachwirkung im Holz gehabt haben könnte. Die Verwendung des standardisierten Verfahrens ist auf anorganischen, glatten Oberflächen sehr effektiv im Einsatz zur Inaktivierung von *P. syringae*. Der Einsatz auf organischen und rauen Oberflächen wie Holz kann aufgrund der aufgeführten Gründe noch nicht empfohlen werden. Dazu sollte es zukünftig weitere Versuche mit veränderten Versuchsparametern geben.

Abbildung 25: Anzahl an Bakterienkolonien nach Behandlung von mit 4×10^5 *P. syringae* Zellen/Prüffeld kontaminierten Prüfrägern mit ozonisiertem Wasser.



len/Prüffeld kontaminierten Prüfrägern mit ozonisiertem Wasser.

Die Abtötung von *P. syringae* auf den Prüfrägern wurde geprüft nach Applikation von 400-500 µl ozonisiertem Wasser (350 mg/ml) (Behandlung) und demin. Wasser (Kontrolle) und ermittelt über die mit Abstrichproben nach einer Kontaktzeit von 20 Minuten festgestellten Anzahl von vermehrungsfähigen Bakterienzellen und dem Prüfmaterial des jeweiligen Prüffeldes. Das Inokulum ist 16 Stunden angetrocknet. Ausplattiert wurde 100 µl der 1000 µl, in denen der Abstrichtupfer suspendiert wurde. Die Bakterienkolonien wurden nach 3 Tagen gezählt. Kontrolle N: 18, Behandlung unten N: 18

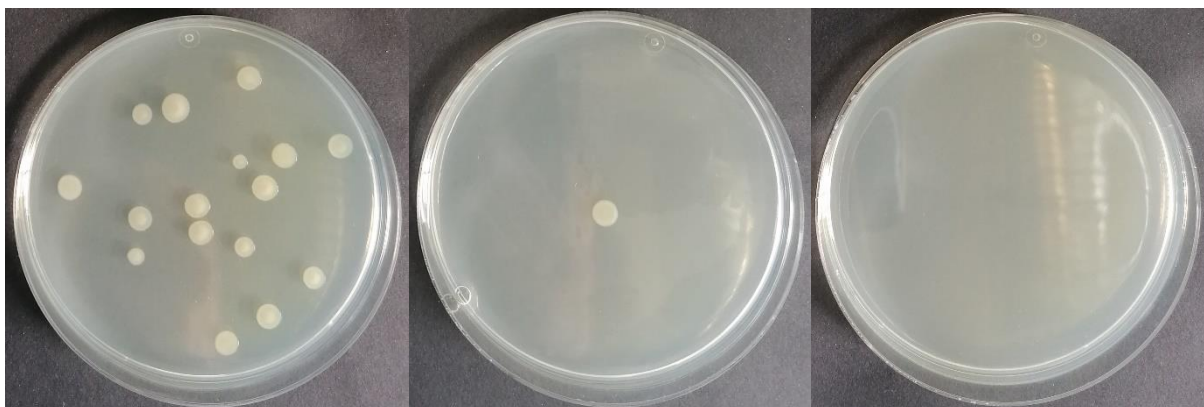


Abbildung 26: LB-Petrischalen mit *P. syringae* 4×10^6 Bakterienzellen / Prüffeld aufgenommen mit Abstrichupfern von Holz- und ES-Prüffeldern, gemischt mit 900 µl ozonisiertem Wasser (Behandlung) / demin. Wasser (Kontrolle), davon 100 µl ausplattiert. Die Inkubationszeit betrug drei Tage, Links: Holz-Kontrolle, Mitte: Holz-Behandlung, Rechts: Edelstahl-Behandlung

Zusammenfassung

Für die Untersuchungen wurden die Prüfmaterialien Polypropylen, Edelstahl und Holz mit 100 µl Bakteriensuspension kontaminiert und im Anschluss mit Hilfe einer mobilen Sprüheinheit mit ozonisiertem Sprühnebel behandelt. Die zuvor hergestellten Prüffelder sollten dadurch desinfiziert werden. Um zu prüfen ob die Desinfektion erfolgreich war, wurden Abstrichproben aus den Prüffeldern entnommen, Aliquote auf LB–Petrischalen ausplattiert und nach drei Tagen Inkubationszeit anhand der gewachsenen Bakterienkolonien ausgewertet. Rückschlüsse konnten aus der Anzahl der gewachsenen Kolonien in der Behandlung und in der Kontrolle auf die Wirkung von ozonisiertem Sprühnebel auf *P. syringae*, welches auf den Prüffeldern angetrocknet war, getroffen werden. Die Prüffelder aus PP und Edelstahl konnten in allen durchgeführten Versuchen zur Erprobung des Verfahrens fast vollständig desinfiziert werden. Die Prüffelder auf Holz konnten im Vergleich nicht so eindeutig desinfiziert werden. In den meisten Fällen gab es auf dem Prüfmaterial Holz keinen signifikanten Unterschied in der Anzahl der gewachsenen Bakterienkolonien auf den Kontroll- und Behandlungspetrischalen. Der ozonisierte Sprühnebel eignet sich unter Einsatz des standardisierten Prüfverfahrens zur Desinfektion von anorganischen, glatten Oberflächen, die mit dem pflanzenschädigenden Bakterium *P. syringae* kontaminiert sind. Für organische Oberflächen kann die Anwendung des standardisierten Prüfverfahrens derzeit nicht empfohlen werden.

Abstract

For the tests, the test materials polypropylene, stainless steel and wood were contaminated with 100 µl of bacterial suspension and then treated with ozonized spray mist using a mobile spray unit. The previously prepared test areas were then disinfected. To check whether the disinfection was successful, swab samples were taken from the test fields, aliquots were plated on LB petri dishes and analyzed after three days of incubation based on the bacterial colonies that had grown. Conclusions could be drawn from the number of colonies grown in the treatment and in the control on the effect of ozonized spray mist on *P. syringae*, which had dried on the test fields. The test fields made of PP and stainless steel could be almost completely disinfected in all tests carried out to test the procedure. The test areas on wood could not be disinfected as clearly in comparison. In most cases, there was no significant difference in the number of bacterial colonies grown on the control and treatment petri dishes on the wood test material. Using the standardized test method, the ozonized spray mist is suitable for disinfecting inorganic, smooth surfaces contaminated with the plant-damaging bacterium *P. syringae*. The use of the standardized test method cannot be recommended for organic surfaces at present.

Take Home Message

Pseudomonas syringae ist ein bedeutendes Pflanzenpathogen. Ozonisierter Sprühnebel inaktiviert den Erreger zuverlässig auf Edelstahl und Kunststoff, nicht jedoch auf Holz. Die Methode eignet sich gut zur rückstandsfreien Desinfektion glatter, anorganischer Oberflächen.

Literatur

- EPPO (2024): European and Mediterranean Plant Protection Organization. Online verfügbar unter <https://gd.eppo.int/taxon/PSDMSX>, zuletzt geprüft am 07.05.2025.
- MANSFIELD, JOHN; GENIN, STEPHANE; MAGORI, SHIMPEI; CITOVSKEY, VITALY; SRIARIYANUM, MALINEE; RONALD, PAMELA ET AL. (2012): Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. In: *Molecular plant pathology* 13 (6), S. 614–629. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x.
- SOSTIZZO, T.; BÜNTNER, M.; PELLUDAT, C. (2018): Kiwikrebs. *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*. In: *Agroscope Merkblatt* (Nr. 66). Online verfügbar unter <https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/37296>, zuletzt geprüft am 17.08.2024.
- Landwirtschaftskammer Österreich (2024): Bakterienbrand (*Pseudomonas syringae* ssp.). Landwirtschaftskammer Österreich. Online verfügbar unter <https://obstwarndienst.lko.at/2380/Bakterienbrand>, zuletzt geprüft am 08.05.2025.
- KENNELLY, MEGAN M.; CAZORLA, FRANCISCO M.; VICENTE, ANTONIO DE; RAMOS, CAYO; SUNDIN, GEORGE W. (2007): *Pseudomonas syringae* Diseases of Fruit Trees: Progress Toward Understanding and Control. In: *Plant disease* 91 (1), S. 4–17. DOI: 10.1094/PD-91-0004.
- SPOTTS, ROBERT A.; WALLIS, KELLY M.; SERDANI, MARYNA; AZARENKO, ANITA N. (2010): Bacterial Canker of Sweet Cherry in Oregon-Infection of Horticultural and Natural Wounds, and Resistance of Cultivar and Rootstock Combinations. In: *Plant disease* 94 (3), S. 345–350. DOI: 10.1094/PDIS-94-3-0345.
- LIM, YEON-JEONG; HAM, HYEONHEUI; LEE, MI-HYUN; LEE, WOOHYUNG; LEE, YONG HWAN (2024): Disinfection Methods of Pruning Scissor for Preventing Transmission of Fire Blight. In: *Res. Plant Dis* 30 (2), S. 194–198. DOI: 10.5423/RPD.2024.30.2.194.
- DUBEY, PRIYANKA; SINGH, ANUPAMA; YOUSUF, OWAIS (2022): Ozonation: an Evolving Disinfectant Technology for the Food Industry. In: *Food and bioprocess technology* 15 (9), S. 2102–2113. DOI: 10.1007/s11947-022-02876-3.
- KIM, JIN-GAB; YOUSEF, AHMED E.; KHADRE, MOHAMMED A. (2003): Ozone and its current and future application in the food industry. In: *Advances in Food and Nutrition Research Volume 45*, Bd. 45: Elsevier (Advances in Food and Nutrition Research), S. 167–218.

Adresse der Autoren

Lebenswissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

Kontakt: phytomedizin@agrار.hu-berlin.de

*Ansprechpartner: Moritz Albrecht, B.Sc., albrechmo@hu-berlin.de

Freilanduntersuchungen zum Einfluss der Unterlagsrebsorten 'Kober 5BB', 'Fercal' und '3309 Couderc' auf die generative und vegetative Leistung und die Blatt Nährstoffgehalte von 'Ráthay'

Investigations into the effects of the rootstock varieties 'Kober 5BB', 'Fercal' and '3309 C' on the nutrient contents of leaves and the generative and vegetative performance of 'Ráthay'

Martin Mehofer*, Bernhard Schmuckenschlager, Karel Hanak, Norbert Vitovec,
Memish Braha, Thaci Cazim und Ingrid Hofstetter

Einleitung

Nachdem im neunzehnten Jahrhundert die Reblaus in Europa und somit auch in Österreich eingeschleppt worden war und massive Schäden verursacht hatte, konnte das Pfropfen der europäischen Edelsorten auf Unterlagsrebsorten als erfolgreiche biologische Reblausbekämpfungsmaßnahme etabliert werden. Laut Becker und Krieg (2017) haben die Entwicklung der Rebveredlung und die über 100-jährige konsequente Züchtung von Unterlagsreben dem Weinbau in Europa – trotz Reblaus – das Überleben gesichert. Die richtige Auswahl der Unterlagsrebsorte ist dabei Voraussetzung für eine langlebige Anlage und auch in Grenzstandorten kann mit der entsprechenden Unterlagsrebsorte Weinbau wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Einflüsse der Unterlagsrebsorten 'Kober 5BB', 'Fercal' und '3309 Couderc' auf die agrarischen und qualitätsrelevanten Parameter Ertrag, Traubengewicht, Schnittholzgewicht, Mostgewicht und Gehalt an titrierbarer Säure und pH-Wert im Most der Rebsorte 'Ráthay' zu ermitteln. Um Informationen zur Aufnahmefähigkeit einzelner Nährstoffe zu erhalten, wurden zusätzlich die Gehalte an Stickstoff, Kalium, Phosphor, Magnesium, Calcium, Eisen, Kupfer, Zink, Mangan und Bor in den Blättern analysiert. Außerdem wurde im fünfundzwanzigsten Standjahr die Anzahl der abgestorbenen Rebstöcke erhoben.

Material und Methoden

Versuchsanlage, Versuchsjahre und Standorteigenschaften: Klosterneuburg – Versuchsgut Agneshof, Quartier Rothäcker XI, sehr steile Hanglage mit Ausrichtung nach Südosten und 50 % Steigung; Pflanzjahr 1997; Pflanzweite: 2,00 x 1,00 m; Rebsorte: 'Ráthay'; Unterlagsrebsorten: 'Kober 5BB', 'Fercal' und '3309 Couderc'; mittelhohe Spaliererziehung: Bindedraht auf 0,85 m, Kordondraht auf 0,95 m, 3 Heftdrahtpaare auf 1,25 m, 1,55 m und 1,95 m, Bewässerungsschlauch auf 0,60 m; Schnittart: Einstreckerschnitt als Halbbogen hangabwärts à 7 bis 9 Augen und ein Ersatzzapfen à 2 Augen; Schnittstärke: 9 bis 11 Augen pro Stock beziehungsweise 4,5 bis 5,5 Augen pro m²; Laubwandhöhe: 1,30 bis 1,40 m; Versuchsjahre 2000 bis 2021; Jahresniederschlagsmengen in den Jahren 2003 bis 2021: 453 bis 1044 l/m²; jährliche Niederschlagsmengen von April bis September in den Jahren 2003 bis 2021: 279 – 776 l/m²; Huglin-Index in den Jahren 2003 bis 2021: 1774 bis 2452.

Botanische Herkunft der getesteten Unterlagsrebsorten: 'Kober 5BB': *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*; '3309 Couderc': *Vitis riparia* x *Vitis rupestris*; 'Fercal': (*Vitis berlandieri* x 'Ugni blanc') x 'Richter 31'.

Bodenart, Bodenbewirtschaftung und Pflanzenschutz: Die Bodenart ist eine carbonathaltige Braunerde auf Flyschmergel mit einem pH-Wert von 7,4. Der Kalkgehalt im A- und B-Horizont beträgt 23 – 25 % und die Kalkaktivität ist mittel (KA = 3). Der Boden hat einen Humusgehalt von 3,0 % und einen Tongehalt von 28 bis 30 %. Die Bodenbewirtschaftung erfolgte mittels Rotationsbegrünung. Zusätzlich zu dieser Gründüngung wurde mit organischen Handelsdüngern und Qualitätskompost A⁺ gedüngt. Die Bewirtschaftung des Unterstockbereichs erfolgte mittels Motorsense und Herbizidstreifenbehandlung. In den Jahren 2001, 2006, 2012, 2015, 2018, 2019 und 2020 wurde bedarfsweise mittels Tropfbewässerung bewässert. Der Pflanzenschutz wurde nach den Richtlinien der Integrierten Produktion durchgeführt.

Analysierte und erhobene Parameter: Ertrag (kg/Stock), Traubengewicht (g), Mostgewicht (°KMW), Gehalt an titrierbarer Säure (g/l) und pH-Wert im Most, Schnittholzgewicht (kg/m²), Gehalte an Kalium,

Magnesium, Calcium, Phosphor, Stickstoff, Eisen, Kupfer, Zink, Mangan und Bor in den Blättern, Auftreten von Chlorose und Stockinventur.

Statistische Auswertung: Die statistische Auswertung und die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe des Programms SPSS (Version 26.0). Die Daten wurden mittels Varianzanalyse in Verbindung mit dem F-Test aufbereitet. Folgende Signifikanzgrenzen wurden verwendet: $P \leq 0,001$ = "sicher" = ***; $P \leq 0,01$ = "hoch signifikant" = **; $P \leq 0,05$ = "signifikant" = *; $P > 0,05$ = "nicht signifikant" = n.s. Danach wurden die Mittelwerte mittels Grenzdifferenz nach Tukey beurteilt ($P < 0,05$). Varianzhomogenität und Normalverteilung wurden überprüft.

Ergebnisse und Diskussion



Abbildung 1: *Ráthay* auf '3309 C', 'Kober 5BB' und 'Fercal' im 24. Standjahr.

Im fünfundzwanzigsten Standjahr betrug die **Anzahl der Fehlstöcke** bei 'K5BB' 19,0 %, bei 'Fercal' 21,9 % und bei '3309 C' 28,8 % und war somit bei allen drei Unterlagsrebsorten hoch. Hauptgrund dafür war ein mit dem Alter der Rebstöcke zunehmendes Auftreten von Esca. Allerdings war bei '3309 C' die Anzahl der ausgefallenen Stöcke höher als bei den beiden anderen Unterlagsrebsorten. Ursache dafür war das Auftreten von Chlorose bei *Ráthay* auf '3309 C', das bei *Ráthay* auf 'Kober 5BB' und auf 'Fercal' (Abb. 1) nicht gegeben war. Ebenso stellten Becker und Krieg (2017) und Becker (2021) in einem Langzeitversuch bei '3309 C' mit 44 % den höchsten Prozentanteil an Stockausfällen fest, während sie den Unterlagsrebsorten 'K 5BB' und 'Fercal' beste Eignung für Chlorosestandorte attestierten. Dabei konnten sie bei der Unterlagsrebsorte 'Fercal' den deutlich geringsten Prozentanteil an Stockausfällen ermitteln. Laut Mehofer et al. (2018) war das Auftreten von Chlorose bei 'Grüner Veltliner' auf '3309 C' mittel und der Stockausfall betrug im zwölften Standjahr 33 %. Renner (2019) zufolge zeigte 'Welschriesling' auf '3309 C' mit 20 % nach zwölf Jahren die größten Ausfälle. Keller et al. (2001a und 2001b) verglichen die Chlorophyllgehalte der Rebsorte 'Müller Thurgau' auf den Unterlagsrebsorten 'Kober 5BB', 'Teleki 5C', 'Teleki 8B', 'SO4', '3309 C' und 'Ruggeri 140' und stellten fest, dass der Chlorophyllgehalt bei 'Müller Thurgau' auf 'Kober 5BB' am höchsten und auf '3309 C' am geringsten war.

In Tabelle 1 ist zu erkennen, dass der **Ertrag** der Rebsorte '*Ráthay*' auf '3309 C' signifikant geringer war als auf 'Kober 5BB'. Die Ertragswerte betrugen 2,30 kg/Stock ('Kober 5BB'), 2,02 kg/Stock ('Fercal') und 1,97 kg/Stock ('3309 C'). Auch Schmid und Manty (2017) beobachteten bei der Rebsorte 'Spätburgunder' eine signifikante Ertragsreduktion durch '3309 C' und auch Keller et al. (2001b) ermittelten bei 'Müller Thurgau' auf '3309 C' im Vergleich zu 'Müller Thurgau' auf vier anderen Unterlagsrebsorten geringere Erträge bei gleichzeitig höherer Fruchtqualität. Mehofer et al. (2011) stellten in einem Langzeitversuch signifikant geringere Erträge bei 'Zweigelt' auf '3309 C' im Vergleich mit anderen Unterlagen fest. Becker und Krieg (2017) zu Folge erbrachte 'Weißburgunder' auf 'Fercal' an einem Chlorosestandort sehr hohe Erträge und Mehofer et al. (2018) beobachteten in einem Langzeitversuch sehr hohe Erträge bei 'Grüner Veltliner' auf 'Fercal'. Sehr hohe Erträge zeigten sich laut Schmid und Manty (2017) bei der Rebsorte 'Trollinger' auf 'K5BB'. Das **Traubengewicht** der Rebsorte '*Ráthay*' war auf 'Kober 5BB' signifikant höher als auf 'Fercal' und '3309 C'. Die Werte betrugen 135

g (‘Kober 5BB’), 117 g (‘Fercal’) und 116 g (‘3309 C’). Auch bei ‘Rotburger’ (‘Zweigelt’) war Mehofer et al. (2011) zufolge das Traubengewicht auf ‘3309 C’ im Vergleich zu ‘Rotburger’ auf anderen Unterlagsrebsorten signifikant verringert. Beim **Mostgewicht** der Rebsorte ‘Ráthay’ zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Unterlagsreben. Die Durchschnittswerte über alle Versuchsjahre betrugen 18,4 °KMW (‘Kober 5BB’), 18,7 °KMW (‘Fercal’) und 18,5 °KMW (‘3309 C’). Ebenso wurden Becker und Krieg (2017) zufolge die Mostgewichte durch ‘K 5BB’ und ‘Fercal’ im Vergleich mit einundzwanzig anderen Unterlagsrebsorten nicht signifikant beeinflusst. Schmid und Manty (2017) beobachteten in einem Langzeitversuch signifikant geringere Mostgewichte bei ‘Spätburgunder’ auf ‘Fercal’ und bei ‘Trollinger’ auf ‘K 5BB’ im Vergleich mit anderen Unterlagsrebsorten. Regner (2019) erkannte bei der Rebsorte ‘Grüner Veltliner’ auf ‘K 5BB’ im Vergleich zu ‘Grüner Veltliner’ auf ‘SO4’, ‘T5C’, ‘Fercal’ und ‘Gravesac’ in trockenen Jahren einen höheren Zuckergehalt. Der **Gehalt an titrierbarer Säure** im Most war bei ‘Ráthay’ auf ‘Kober 5BB’ signifikant höher als bei ‘Ráthay’ auf ‘3309 C’. Die Werte betrugen 7,0 g/l (‘Kober 5BB’), 6,6 g/l (‘Fercal’) und 6,4 g/l (‘3309 C’). Bei ‘Roesler’ auf ‘K 5BB’ zeigte sich Mehofer et al. (2021) zufolge ebenfalls ein höherer Säuregehalt im Vergleich zu ‘3309 C’. Einen erhöhenden Einfluss von K 5BB auf den Säuregehalt stellten außerdem Becker und Krieg (2017) bei Weißburgunder sowie Regner (2019) und Mehofer et al. (2018) bei ‘Grüner Veltliner’ fest. Die **pH-Werte** der Moste von ‘Ráthay’ auf ‘Kober 5BB’, ‘Fercal’ und ‘3309 C’ unterschieden sich im Mittel der Versuchsjahre nicht signifikant voneinander. Die pH-Werte betrugen 3,4.

Tabelle 1: Mittelwerte der Parameter Ertrag (kg/Stock), Traubengewicht (g), Mostgewicht (°KMW), titrierbare Säure im Most (g/l) und pH-Wert im Most in Abhängigkeit von der Rebsorte / Unterlagenkombination über 18 Jahre.

Versuchsvariante	Ertrag (kg/Stock)	Trauben- gewicht (g)	Mostgewicht (°KMW)	Titrierbare Säure im Most (g/l)	pH-Wert
‘Ráthay’ auf ‘K 5BB’	2,30 b	135 b	18,4	7,0 b	3,4
‘Ráthay’ auf ‘Fercal’	2,02 ab	117 a	18,7	6,6 ab	3,4
‘Ráthay’ auf ‘3309 C’	1,97 a	116 a	18,5	6,4 a	3,4
Signifikanz	*	**	n.s.	**	n.s.

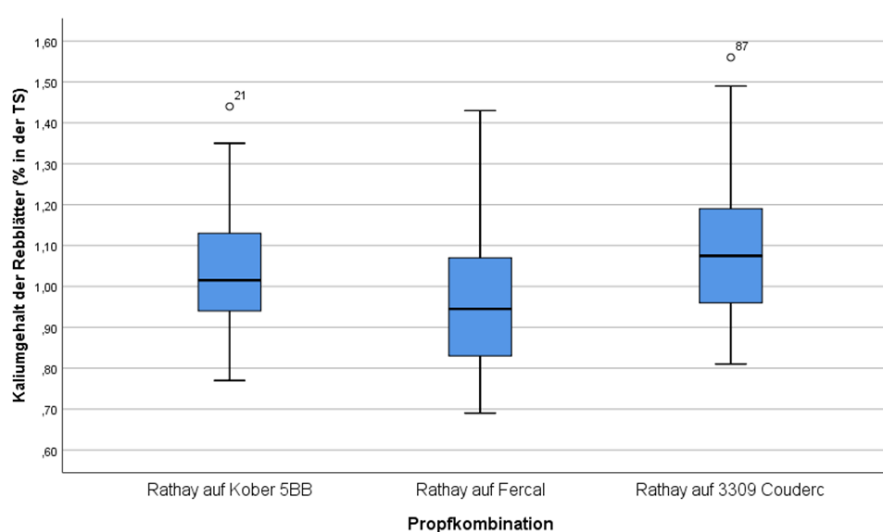


Abbildung 2: Mittelwerte der Kaliumgehalte (% in der TS) in den Blättern der Rebsorte ‘Ráthay’ in Abhängigkeit von der Pfropfkombination im Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2016.

Bei den in Abbildung 2 dargestellten **Kaliumgehalten** der Blätter der Rebsorte ‘Ráthay’ zeigte sich in der statistischen Analyse, dass die Werte von ‘Ráthay’ auf ‘Fercal’ signifikant geringer waren als von ‘Ráthay’ auf ‘3309 C’. Die Werte betrugen 0,97 % (‘Fercal’), 1,04 % (‘K 5BB’) und 1,09 % (‘3309 C’)

und lagen damit nach Fardossi (2002) im niedrigen Gehaltsbereich. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich laut Fardossi et al. (1995) bei 'Grüner Veltliner' auf 'K5BB' und 'Fercal' in Hydrokultur. Bei der statistischen Analyse zeigte sich, dass der **Magnesiumgehalt** in den Blättern von 'Ráthay' auf 'Kober 5BB' signifikant geringer war, als auf '3309 C' und 'Fercal'. Die Werte betrugen 0,24 % ('Kober 5BB'), 0,29 % ('3309 C') und 0,30 % ('Fercal') und lagen damit nach Fardossi (2002) im niedrigen ('K5BB') bis optimalen Gehaltsbereich. Mehofer et al. (2021) beobachteten bei 'Roesler' denselben Effekt. Bei 'Grüner Veltliner' zeigte sich laut Fardossi et al. (1995) auf 'K 5BB' in Hydrokultur in einem von drei Jahren ein signifikant geringerer Magnesiumgehalt in den Blattspreiten, als auf 'T5C', '1103 P' und 'G 26'. Weiters zeigte die statistische Analyse, dass der **Calciumgehalt** in den Blättern von 'Ráthay' auf '3309 C' signifikant geringer war, als auf 'Fercal' und 'Kober 5BB'. Die Werte betrugen 2,89 % ('Kober 5BB'), 2,84 % ('Fercal') und 2,19 % ('3309 C') und lagen damit nach Fardossi (2002) im niedrigen ('3309 C') bis optimalen Gehaltsbereich. Leumann et al. (2015) zufolge war der Calciumgehalt der Blätter von 'Blauburgunder' auf 'Fercal' im Vergleich mit den anderen Unterlagen leicht höher. Die statistischen Auswertungen zeigten weiters, dass der **Blattphosphorgehalt** der Rebsorte 'Ráthay' auf '3309 C' signifikant geringer war als auf 'Kober 5BB'. Die Werte betrugen 0,22 % ('Kober 5BB'), 0,20 % ('Fercal') und 0,18 % ('3309 C') und lagen damit nach Fardossi (2002) im optimalen bzw. niedrigen ('3309 C') Gehaltsbereich. Auch Leumann et al. (2015) analysierten bei 'Blauburgunder' auf '3309 C' geringere Phosphorgehalte in den Blättern als auf 'SO4' und 'Fercal'. Bei der statistischen Analyse der **Stickstoffgehalte** der Rebblätter zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Unterlagsrebsorten. Die Werte lagen zwischen 2,60 und 2,70 % in der Trockensubstanz (TS) und lagen damit nach Fardossi (2002) im optimalen Gehaltsbereich. Auch die Gehalte an **Eisen**, **Kupfer** und **Zink** in den Blättern von 'Ráthay' wurden nicht signifikant von der Unterlagsrebsorte beeinflusst. Die Eisenwerte betrugen 76 – 84 ppm, die Kupferwerte 9 – 12 ppm und die Zinkwerte 33 – 38 ppm. Die **Mangan**gehalte der Rebblätter von 'Ráthay' auf 'Kober 5BB' und '3309 C' waren signifikant geringer als auf 'Fercal'. Die Werte betrugen 60 ppm bei 'Kober 5BB', 70 ppm bei 3309 C und 85 ppm bei 'Fercal'. Der **Borgehalt** war auf '3309 C' signifikant geringer als auf 'Fercal'. Die Werte betrugen 37 ppm bei 'Fercal', 32 ppm bei 'K5BB' und 27 ppm bei '3309 C'.

Bei den Auswertungen des **Schnittholzgewichts** von 'Ráthay' zeigte sich, dass dieses auf der Unterlage '3309 C' signifikant geringer war als auf den anderen beiden Unterlagsrebsorten. Die Werte betragen hochgerechnet 2766 kg/ha bei 'Kober 5BB', 2618 kg/ha bei 'Fercal' und 2233 kg/ha bei '3309 C'.

Zusammenfassung

In einem Langzeitversuch auf einem Standort mit carbonathaltiger Braunerde auf Flyschmergel mit 23 bis 24 % Kalkgehalt und mittlerer Kalkaktivität wurden bei der Qualitätsweinrebsorte 'Ráthay' die Einflüsse der Unterlagsrebsorten 'Kober 5BB', 'Fercal' und '3309 Couderc' auf die generativen und vegetativen Parameter, die Gehalte an Nährstoffen in den Blättern und das Auftreten von Chlorose ermittelt. Der Ertrag war auf '3309 C' signifikant geringer als auf 'Kober 5BB'. Das Traubengewicht war auf 'Kober 5BB' signifikant höher als auf 'Fercal' und '3309 C'. Beim Mostgewicht zeigten sich keine signifikanten Einflüsse der Unterlagsreben. Der Gehalt an titrierbarer Säure im Most war auf 'Kober 5BB' signifikant höher als auf '3309 C', während sich die pH-Werte der Moste nicht signifikant voneinander unterschieden. Das Schnittholzgewicht war auf der Unterlage '3309 C' signifikant geringer als auf den anderen beiden Unterlagsrebsorten. Der Kaliumgehalt der Blätter war auf 'Fercal' signifikant geringer als auf '3309 C' und der Magnesiumgehalt auf 'Kober 5BB' signifikant geringer als auf '3309 C' und 'Fercal'. Der Calciumgehalt der Blätter war auf '3309 C' signifikant geringer als auf 'Fercal' und 'Kober 5BB' und der Phosphorgehalt auf '3309 C' signifikant geringer als auf 'Kober 5BB'. Bei den Stickstoff-, Eisen-, Kupfer- und Zinkgehalten der Rebblätter zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Der Manganblattgehalt war auf 'Kober 5BB' und '3309 C' signifikant geringer als auf 'Fercal' und der Borblattgehalt auf '3309 C' signifikant geringer als auf 'Fercal'. Im fünfundzwanzigsten Standjahr betrug der Prozentanteil an Fehlstöcken bei 'K5BB' 19,0 %, bei 'Fercal' 21,9 % und bei '3309 C' 28,8 %. Hauptgrund für die Stockausfälle war ein mit dem Rebstockalter zunehmendes Auftreten von Esca. Außerdem wurde durch '3309 C' ein starkes Auftreten von Chlorose ausgelöst, das die Anzahl der abgestorbenen Rebstöcke erhöhte.

Abstract

In a long-term experiment with the quality vine variety 'Ráthay' the influences of the three rootstock varieties 'Kober 5BB', 'Fercal' and '3309 Couderc' on yield, cluster weight, must weight, titratable acidity in the must, pH-value of the must, pruning wood weight, nutrient content of leaves and occurrence of chlorosis were determined. The test site was a carbonate containing brown soil on flysch-marl with 23 to 24 % lime content and medium lime compatibility. Yield was significantly lower on '3309 C' than on 'Kober 5BB'. Cluster weight was significantly higher on 'Kober 5BB' than on 'Fercal' and '3309 C'. With must weight there were no significant differences between the rootstock varieties. Titratable acidity in the must was significantly higher on 'Kober 5BB' than on '3309 C', while the pH-values of the musts did not differ significantly from each other. Pruning wood weight was significantly lower on '3309 C' than on the other two rootstock-varieties. Potassium content of the leaves was significantly lower on 'Fercal' than on '3309 C' and magnesium content was significantly lower on 'Kober 5BB' than on '3309 C' and 'Fercal'. Calcium content was significantly lower on '3309 C' than on 'Fercal' and 'Kober 5BB' and phosphorus content significantly lower on '3309 C' than on 'Kober 5BB'. There were no significant differences in the nitrogen, iron, copper and zinc contents of the vine leaves. Manganese content was significantly lower on 'Kober 5BB' and '3309 C' than on 'Fercal' and the boron content was significantly lower on '3309 C' than on 'Fercal'. By the 25th year of growth with 'Kober 5BB' 19.0 %, with 'Fercal' 21.9 % and with '3309 C' 28.8 % of the vines had failed. The main reason for the dieback of the vines was an increasing incidence of Esca with vine age. Furthermore a high incidence of chlorosis was triggered by '3309 C', which increased the number of dead vines.

Literatur

BECKER A und KRIEG U (2017): Unterlagenwahl. Die richtige Sorte für schwierige Standorte. Rebe&Wein (07), 18-21. // BECKER A (2021): Pflegemaßnahmen, Sorten und Unterlagen. Klimawandel erfordert Anpassung. Der Badische Winzer (09), 15-20. // FARDOSSI, A, BRANDES, W und MAYER, C (1995): Einfluss verschiedener Unterlagssorten auf Wachstum, Nährstoffgehalt der Blätter und Mostqualität der Sorte Güner Veltliner. Mitteilungen Klosterneuburg 45, 3-15. // FARDOSSI A (2002): Bedeutung und Interpretation von Blattanalysen im Weinbau. Der Winzer 58 (5), 6-12. // KELLER, M, KUMMER, M und VASCONCELOS, M C (2001a): Soil nitrogen utilisation for growth and gas exchange by grapevines in response to nitrogen supply and rootstock. Australian Journal of Grape and Wine Research (7), 2-11. // KELLER, M, KUMMER, M und VASCONCELOS, M C (2001b): Reproductive growth of grapevines in response to nitrogen supply and rootstock. Australian Journal of Grape and Wine Research (7), 12-18. // LEUMANN, L, RUTISHAUSER, R, SCHILLING, R und MEIER, A (2015): Rebunterlagen und Nährstoffaufnahme. Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau 51 (5), 4-7. // MEHOFER, M, SCHMUCKENSCHLAGER, B., VITOVEC, N, HANAK, K, REGNER, F und RIEDLE-BAUER, M (2011): Freilanduntersuchungen zum Einfluss von 31 Unterlagsrebsorten auf Ertrag und ausgewählte Qualitätsparameter der Rebsorte 'Zweigelt' über zwölf Jahre. Mitteilungen Klosterneuburg 61, 196-215. // MEHOFER, M, REGNER, F, SCHMUCKENSCHLAGER, B, HANAK, K, BRAHA, M, CAZIM, T, CHRISTINER, F, VITOVEC, N und PRINZ, M (2018). Einfluss von 31 Unterlagsrebsorten auf Ertrag und Qualität der Rebsorte 'Grüner Veltliner' (GV) über 17 Jahre. Mitteilungen Klosterneuburg 68, 181-201. // MEHOFER, M, SCHMUCKENSCHLAGER, B, HANAK, K, VITOVEC, N, BRAHA, M, CAZIM, T, GORECKI, A, CHRISTINER, F und HOFSTETTER, I (2021): Freilanduntersuchungen zum Einfluss der Unterlagssorten Kober 5BB, Fercal und 3309 Couderc auf die Blatt Nährstoffgehalte sowie die generative und vegetative Leistung der Rebsorte 'Roesler'. Mitteilungen Klosterneuburg 71, 204-221. // REGNER, F (2019): Sind Fercal und Gravesac praxistaugliche Unterlagsreben? Unterlagen-Vergleich mit K5BB, T5C und SO4. Der Winzer 75 (12), 6-10. // RENNER, W (2019): Immer nur 5BB und SO4? Obst-Wein-Garten (3), 7-9. // SCHMID, J und MANTY, F (2017): Neue Unterlagen im Praxistest. Zielsetzung – vollständige Reblausresistenz. Das Deutsche Weinmagazin (4), 26-29.

Adresse der Autoren

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Abteilung Weinbau, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: HR Dipl.-Ing. Martin MEHOFER, BEd, martin.mehofer@weinobst.at

Analyse der Biodiversität von Welschriesling Typen und Klone

Analysis of the Biodiversity of Welschriesling types and clones

Ferdinand Regner, Robert Hack, Mathias Reichl, Ingrid Hofstetter, Andreas Rockenbauer,
Erich Ferschel, Andreas Endler,

Einleitung

Welschriesling (WR) ist eine der wichtigsten Rebsorten in Mittel- und Osteuropa (AMBROSI et al., 1994). In Österreich liegt er flächenmäßig hinter Grüner Veltliner und Zweigelt an dritter Stelle. Hauptanbaugebiete sind die Süd- und Südoststeiermark, das Burgenland und das niederösterreichische Weinviertel (ÖWM, 2024). Die Rebsorte WR nimmt in Österreich 2772 ha ein und zählt daher zu den wirtschaftlich relevantesten Sorten (ÖWM, 2024). Vielleicht noch wichtiger als die Weintypizität war für die Verbreitung der Sorte das weinbaulich robuste Verhalten während der Blüte und gegenüber Trockenheit ausschlaggebend (REGNER, 2007). Auch in Hinblick auf den Klimawandel ist der WR, der bei höheren Temperaturen durchwegs noch gute Ergebnisse liefert, vorteilhaft. Im Vergleich zu Grüner Veltliner verträgt er deutlich besser Hitze und Trockenheit, behält länger höhere Säurewerte und ist wenig anfällig gegenüber Sonnenbrand (BAUER et al., 2013). Als Schwäche ist bekannt, dass die Sorte auf vielen Böden einen Mg-Mangel entwickelt, der dann symptomatisch wird und die Leistungsfähigkeit schmälert. (MANDL et al., 2006). Bei einem Genußmittel wie Wein ist aber auch die unterschiedliche Sensorik wichtig (FLAK et al., 2003).

Material und Methoden

Für die Versuchspflanzung am Bisamberg in Langenzersdorf wurde eine Auswahl an Klonen getroffen, die einen Querschnitt durch die österreichischen WR Klone darstellt (REGNER et al., 2015). In den Versuch aufgenommen wurden die VÖR (Verband der Österreichischen Rebveredler) Klone A3-1, A3-2, A3-3 und A3-5. Die B Klone aus dem Burgenland B1-16, B5-2, B5-3, B5-5 und die Haidegger Klone H 1 bis H6. Zusätzlich wurden 36 Selektionen aus einer langjährigen Sammeltätigkeit der Abteilung einbezogen. Dabei wurde der Genotyp C494 (auch WZ494) aus züchterischen Gründen mit den zertifizierten Klonen verglichen, während der Klon A3-3 zur Orientierung zusätzlich auch bei den Selektionen mitgeführt wurde. Der Boden der Versuchsfläche ist ein Braunerdeboden verwittert aus Flyschsandstein Konglomeraten mit mittlerer Gründigkeit und ausreichender Nährstoffversorgung. Die Lage ist ein Südhang mit ca. 25% Steigung. Die Reben stehen auf Kober 5BB und wurden 2013 gepflanzt. Die Jahresdurchschnittstemperatur während der Versuchszeit 2018 - 2022 betrug 11,6°C bzw. in der Vegetationszeit 17,1°C und wurde von einer Adcon Wetterstation (Adcon Telemetry- Klosterneuburg) ermittelt. Das wärmste Jahr war 2018 gefolgt von 2019, vor allem 2021 war kühler und hatte im August eine ausgedehnte Regenperiode. Die agrarischen Daten wurden wie bei früheren Klonenvergleichen erhoben (REGNER et al., 2015a). Blattanalysen wurden wie bei FARDOSSI et al. 1996 analysiert. Es wurden Einzelstock Werte generiert und ein Durchschnittswert errechnet. Von jedem Genotyp wurden zwei Weine ausgebaut, die getrennt beurteilt wurden. Die sensorischen Prüfungen wurden kommissionell und anonym ausgeführt. Jeder Klonenwein wurde vier Mal vorgelegt, wobei eine Serie immer aus 4 Weinen bestand. Die Beurteilung erfolgte mit der unstrukturierten Skala auf gesamtheitliche Qualität. Insgesamt wurden in einer Auswahl an Weinen rund 60 Aromastoffe der Aromagruppen Ester, C6-Verbindungen, höhere Alkohole, Carbonsäuren und freie Monoterpene mit drei verschiedenen Methoden bestimmt. Die aktuellen Validierungsdaten der Methoden sind in der Publikation Philipp et al. (2024) zu finden. Die genetischen Analysen wurden mit 50 SSR Marker, 10 InterSSR und 150 RAPD Markern ausgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Klone A3-3 und H1 erbrachten deutlich größere Erntemengen als alle anderen Klone (Abb.1). Während die restlichen H Klone und der Klon A 3-1 mittlere Erträge erbrachten, fielen die B Klone und A3-2 sowie die Selektion C494 mit geringeren Erträgen auf. Dennoch konnten im Durchschnitt der 5 Beobachtungsjahre bei allen anderen Klonen über 2,5 kg pro Stock geerntet werden. Insgesamt fällt die Sorte im Vergleich zu anderen Sorten (z.B. GV) insbesondere die Klone mit konstanten Erträgen über

die Jahre sowie innerhalb der Sorte auf. Die B- Klone und der Genotyp C494 erreichten die höchsten Zuckergradationen (Abb.2) während die stark tragenden Klone geringere Reifegradation erreichten. Bei den Selektionen ergaben sich generell eher geringere Erträge mit größeren Schwankungen. Die Mostgewichte der Selektionen liegen tendenziell über jenen der Klone und nur wenige blieben unter 18°KMW Durchschnittswert.

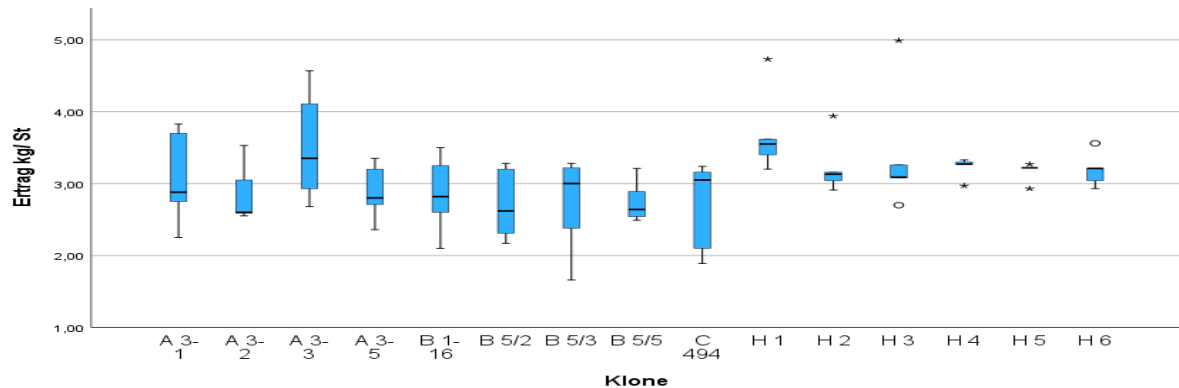


Abbildung 1: Intervarietale Variabilität beim Ertrag in kg/Stock der WR Klone in den 5 Versuchsjahren 2018-2022

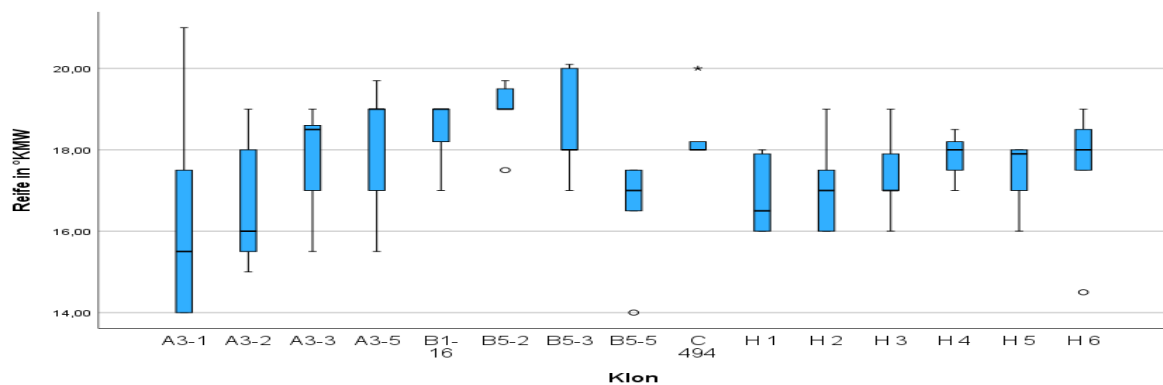


Abbildung 2: Intervarietale Variabilität bei der Reife in ° KMW der WR Klone in den 5 Versuchsjahren 2018-2022

Die Weinqualität wurde zwischen Klonen und Selektionen getrennt festgestellt. Dabei wurde immer auch der Standard Klon A 3-3 bei den Selektionen mitgenommen, um eine Vergleichbarkeit zu haben. Es wurde eine generelle Beurteilung als Gesamteindruck auf einer unstrukturierten Skala durchgeführt. Dabei wurden immer mehrere Klone (4 Weine) gleichzeitig beurteilt. Eine sensorische Weinbeurteilung ist aber immer subjektiv. Erst mit dem Ergebnis einer Kostkommission wird eine Objektivierung erreichbar. Bei den Selektionen waren die Unterschiede nicht so offensichtlich, aber die Typen C8, C7, C2 und C4 erbrachten die besten Beurteilungen während die Genotypen C 22, C32, C33 und C38 deutlich schlechter beurteilt wurden. Auch der Vergleichswein von Klon A3-3 wurde nicht besser beurteilt. Bei den Klonen wurde der Klon B 1/16 in der Weinqualität statistisch abgesichert höher bewertet als einige andere Klone (Tab. 1). H 6 wurde dabei eindeutig als sensorisch schlechter eingestuft. In den Jahrgängen 2018,2019 und 2021 lieferte der B1-16 den bestbewerteten Wein. Da es aus allen Jahrgängen auch Aroma Analysen gibt, ist es naheliegend jene Substanzen herauszufiltern, die diesen Wein zu einem besonderen Wein werden ließen.

Klon 1	Klon 2	m. Differenz.	Std Fehler	Signifikanz	Konfidenz Intervall	
A 3-1	H 6	1,26	0,57141	0,031	0,117	2,403
A 3-2	H 6	1,5	0,57141	0,011	0,357	2,643
A 3-5	B 1-16	1,2	0,57141	0,04	-2,343	0,057
B 1-16	H 6	1,74	0,57141	0,003	0,597	2,883
B 5-3	H 6	1,26	0,57141	0,031	0,117	2,403
H 3	H 6	1,18	0,57141	0,043	0,037	2,323
H 4	H 6	1,48	0,57141	0,012	0,337	2,623
C 494	H 6	1,18	0,57141	0,043	0,037	2,323

Tabelle 1: Signifikante Unterschiede in der sensorischen Bewertung der WR Klone aller 5 Versuchsjahre

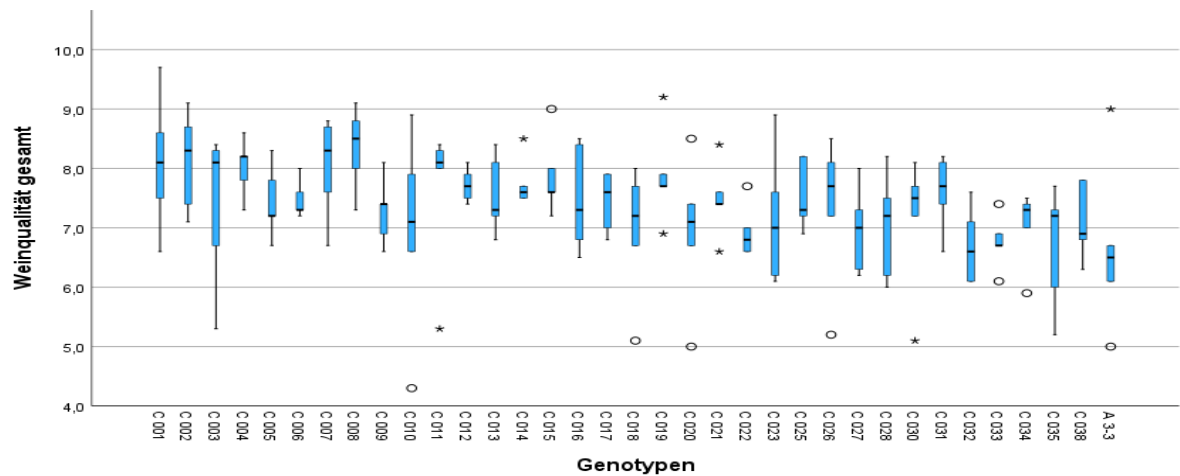


Abbildung 3: Intervarietale Variabilität bei der sensorischen Bewertung der Weine der WR Typen und Klon A3-3 in den 5 Versuchsjahren (pro Jahr 32 Einzelbewertungen)

Ein Schwachpunkt der Sorte WR ist die Aufnahme von Magnesium. Viele der Genotypen zeigen mehr oder minder im Laufe der Vegetationsperiode Mg Mangel Symptome. Folglich erschien die Erfassung der Blattsymptome bzw. der Nährstoffgehalte in der Blattspreite als wichtiges Selektionskriterium. Der Genotyp C494 unterschied sich von allen anderen Genotypen und Klonen indem er keine Symptome entwickelte und den fast doppelten Gehalt an Mg aufwies. Viele der Genotypen liegen unter dem Schwellenwert von 0,25% Mg in den Blatt –Mineralstoffen (Abb.4) und lassen den Mg Mangel auch am Blatt in Form von Symptomen erkennen.

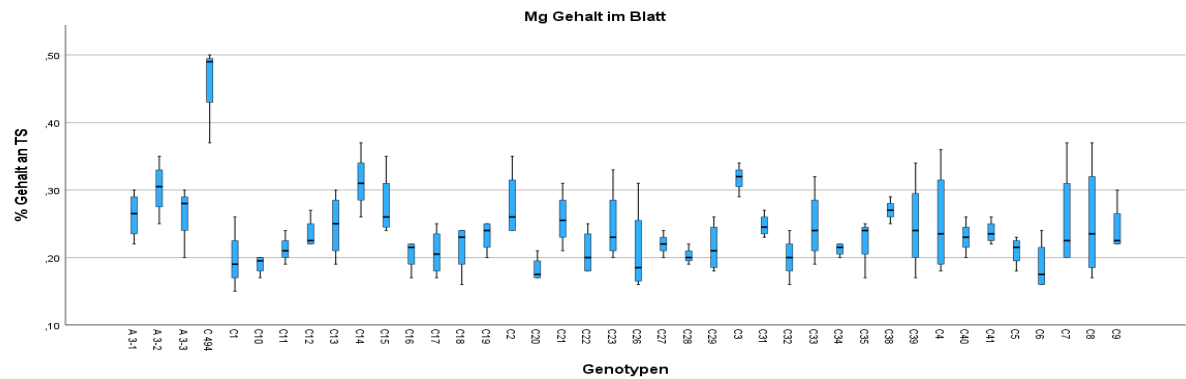


Abbildung 4: **Intervarietale Variabilität bei der Mg Aufnahme in % der Trockensubstanz der Blätter der WR Klone und Typen in den 5 Versuchsjahren**

Die genetische Variabilität wurde mittels verschiedener DNA Marker untersucht. Dabei zeigte sich, dass sowohl die SSR als auch die Inter SSR Marker relativ wenig Unterschiede zeigten. Folglich wurden auch RAPD Marker verwendet und durch Wiederholung der Polymorphismus bestätigt. Jedenfalls konnten mit den RAPD Markern fast alle WR Typen und Klone unterschieden werden. Dies bedeutet, dass diese Klone aus unterschiedlichen Genotypen ausgewählt wurden (Abb. 4). Die Klone H1 bis H4 liegen genetisch aber sehr eng zusammen, was auf Grund der Selektion in einer Weinbauregion nicht unerwartet ist. Erstaunlich ist, dass H5 und H6 deutlich davon abweichen aber beide ebenfalls sehr eng zu einander stehen. Ähnliches kann auch für die VÖR Klone festgehalten werden A3-1 und A3-2 liegen genetisch eng beieinander während A3-3 sich deutlicher unterscheidet. Er kommt dem ungarischen Klon P10 sehr nahe. Der selektierte Genotyp C 494 (WZ 494) kommt dem Klon H6 sehr nahe bleibt aber unterscheidbar (nicht nur genetisch). Diese Typen unterscheiden sich von den Klonen deutlich und bergen eine Variabilität wie sie für die Sorte WR nicht offensichtlich erwartbar war. Bei den Selektionen (Abb. 19) gibt es auch mit dem getätigten Aufwand nicht unterscheidbare Genotypen wie z.B. STK1-9 (C26), 11-29 (C10) und WZ 10-19 (C13). WZ 11-22 (C4) liegt am Ende der Skala und kann sich von den übrigen Genotypen am deutlichsten unterscheiden und folglich ist er mit einer eher unterschiedlichen Genetik ausgestattet. Interessant als Klone sind sicher Genotypen, die sich von bisherigen Klonen entweder sensorisch oder genetisch stärker unterscheiden lassen. Bedenken sollten wir jedoch immer, dass es jenseits der DNA Sequenz jedenfalls auch erheblichen Einfluss auf den Phänotyp durch Modifikationen und epigenetische Faktoren geben kann. Das wurde mit den hier verwendeten Analysemethoden nicht untersucht, ermöglicht aber Unterschiede jenseits der DNA Sequenzen zu erklären.

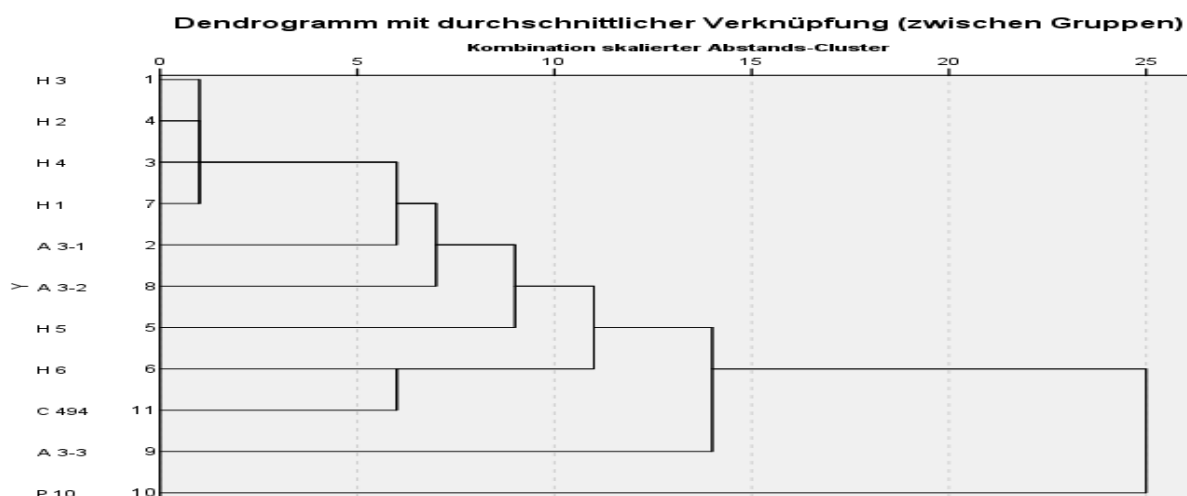


Abbildung 5: Dendrogramm der WR Klone und der Genotypen C 494 und P 10 beruhend auf den RAPD Marker Polymorphismen berechnet mit SSPS 29.

Zusammenfassung

Die für den österreichischen und südosteuropäischen Weinbau wichtige Rebsorte Welschriesling (WR) wurde über Jahre selektiert und die ausgewählten Genotypen sowie die national registrierten Klone unter agrarischen, analytischen, sensorischen und genetischen Aspekten untersucht. Der Ertrag war unter den Klonen relativ konstant und ausgeglichen unter den Genotypen traten stärkere Unterschiede auf. Die Reife war bei den B Klonen weiter voran als bei den H Klonen, sowohl vom Zucker als auch von der Säure. Die Genotypen streuten auch bei der Reife stärker und ermöglichen es Typen mit besonderer Ausprägung zu erkennen. So fanden sich auch Genotypen mit geringerem Ertrag und später Reife, wie sie für den Klimawandel günstig wären. Unterschiede zwischen den Selektionen wurden auch in Hinblick auf die Wüch-

sigkeit, das Austriebsverhalten, die Traubenstruktur (Dichte und Länge) als auch dem Mg Gehalt gefunden. Da WR als Mg ineffizient gilt, wird dem Genotyp mit der deutlich besseren Mg Versorgung erhöhte Aufmerksamkeit zukommen. Die sensorische Beurteilung ergab bei den Klonen eine Bevorzugung der B Klone insbesondere B1-16 wurde besser beurteilt als alle anderen Klone, während H 6 schlechter abschnitt. Die Selektionen zeigten sensorisch, dass sie keinesfalls schlechtere Weine liefern als die Klone. Die bessere Bewertung von B1-16 beruhte aber nicht auf der Höhe der sortentypischen Aromen sondern auf deren Harmonie. Unterschiede zwischen den Klonen konnten bei einzelnen Aromen gefunden werden. Mittels RAPD Marker konnten genetische Unterschiede bei Klonen und Genotypen erkannt werden und deren Ähnlichkeit erfasst werden.

Abstract

The important grape variety Welschriesling for Austrian and Southeast European viticulture has been selectively bred over the years, and the collected genotypes as well as the national registered clones were examined from agricultural, analytical, sensory, and genetic perspectives. The yield among the clones was relatively constant, while stronger differences appeared among the genotypes. The ripeness was further advanced in the B clones than in the H clones – both in terms of sugar and acidity. The genotypes also showed greater variation in ripeness, allowing for the identification of types with specific characteristics. Thus, genotypes with lower yield and later ripening, which would be favorable for climate change, were also found. Differences between the selections were also found with regard to growth vigor, shoot development, grape structure (density and length), as well as Mg content. Since WR is considered inefficient in Mg, the genotype with the significantly better Mg supply will receive increased attention. The sensory evaluation of the clones showed a preference for the B clones, particularly B1-16, which was rated better than all other clones, while H 6 performed worse. The selections showed sensorially that they do not produce wines that are in any way inferior to the z-clones. One genotype stood out with higher terpene levels. The better rating of B1-16 was not based on the typical varietal aromas. Differences between the clones were found in individual flavors. Using RAPD markers, genetic differences between clones and genotypes could be identified and their similarity determined.

Literatur

- AMBROSI, H., DETTWEILER, E., RÜHL, E., SCHMID, J., SCHUMANN, F. 1994: Farbatlas Rebsorten. 300 Sorten und ihre Weine. – Ulmer Stuttgart
- BAUER, K., REGNER, F. FRIEDRICH B., 2017: Weinbau 12. Auflage, Gutenberg Beuys Feindruckerei GmbH, Cadmos Verlag,
- FARDOSSI, A., SCHÖBER, V. SCHMUCKENSCHLAGER, B. 1996: Einfluss verschiedener Unterlagssorten auf die Mg Ernährung der Sorte Welschriesling Mitteilungen Klosterneuburg: 46: 221-231.
- FLAK, W., TSCHIEK, G., KRIZAN, R. WALLNER, E. 2003: Die Charakterisierung von Weinen der Sorte 'Welschriesling' aus dem Gebiet „Burgenland-Leithagebirge“ Mitteilungen Klosterneuburg 53: 223-234.
- MANDL K., SANTIAGO J.L., HACK R., FARDOSSI A. REGNER, F. 2006: A genetic map of Welschriesling x Sirius for the identification of magnesium-deficiency by QTL analysis Euphytica 149: 134-144.
- ÖWM in Österreichwein: <https://www.oesterreichwein.at/unser-wein/rebsorten/weisswein/welschriesling> 2024.
- PHILIPP, C., EDER, P., SARI, S., KORNTHEUER, K., EDER, R. (2024). The Influence of pre-fermentation Skin Contact, Stabulation, and Skin Fermentation on the Aromatic Behaviour and Phenolic Compounds of Important Austrian White Wine Cultivars. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2024(1), 9843225.
- REGNER, F. 2007: Genetische Analyse der Rebsorte Welschriesling und die weinbaulichen Konsequenzen, Deutsches Weinbau Jahrbuch 2007: 139-145.
- REGNER, F. et al., 2015: Österreichische Qualitätswein Rebsorten und deren Klone, Eigenverlag HBLA und BA Klosterneuburg, Druck Berger Horn
- REGNER F., HACK R., PFEFFER J., ROCKENBAUER A. KRAMMER J., 2015a: Evaluation of Muscat types and clones for the local market. Vitis 54: 181-185.

Adresse der Autoren

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, A-3400 Klosterneuburg, Österreich

Obst Inventur & Monitoring - Erfassung der österreichischen Obst-Vielfalt mittels genetischer und pomologischer Untersuchungen

Fruit Inventory & Monitoring – Determination of Austrian fruit variety using genetic and pomological analysis

Karin Silhavy-Richter^{1*}, Martina Staples², Bernd Kajtna³, Manuela Friedler³, Helmut Hueber³, Philipp Bodner³, Elisabeth Arming³

Einleitung

Der Verlust von Obstsorten stellt in Österreich und Europa ein ernstzunehmendes Problem für die Biodiversität und die genetische Vielfalt dar. Ein Grund dafür ist die seit Jahrzehnten forcierte Ertragsoptimierung im Obstbau. Damit einhergehend ist das Verschwinden alter Sorten, die über Jahrhunderte zufriedienstellende Ernten eingebracht haben und an das heimische Klima optimal angepasst sind (BMK 2025). Dabei sind obstgenetische Ressourcen in Form traditioneller und alter Obstsorten ein wesentlicher Bestandteil der Agrobiodiversität Europas. Ihre Erhaltung trägt zur Ernährungssicherheit, zur Resilienz landwirtschaftlicher Systeme und zum kulturellen Erbe bei. (HAMMER et al. 2003)

In Österreich existieren Schätzungen zufolge noch etwa 3.000 verschiedene Obstsorten in Streuobstwiesen. Allerdings sind viele dieser, zum Teil sehr alten oder regionaltypischen Sorten in ihrem Bestand bedroht. Daher ist eine gezielte Strategie zur Erfassung und Erhaltung dieser Sorten als genetische Ressource für die Zukunft nötig. (ARGE Streuobst 2025)

Ein erster Schritt dazu ist die Erfassung des Bestands an Obstsorten in den Sammlungen obstgenetischer Ressourcen (OGR) in Österreich. Dazu werden sowohl genetische als auch pomologische Methoden herangezogen. Die genetische Analyse der in den Sammlungen enthaltenen Sorten erfolgte zum größten Teil im Projekt „Obst-Inventur Österreich“ welches vom Biodiversitätsfond, zum Projektstart noch dem BMK zugeordnet, gefördert wurde (ARMING et al. 2024). Die pomologische Aufarbeitung ist Teil des Projekts „Obst-Monitoring Österreich“, welches ebenfalls vom Biodiversitätsfond des BMK gefördert wird. Projektleitung hat in beiden Projekten der Verein Arche Noah, das Bundesamt für Wein- und Obstbau fungiert als Hauptkooperationspartner. Erste Erkenntnisse werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Material und Methoden

Genetische Analysen

Für die genetischen Analysen wurden Blattproben von Apfel-, Birnen-, Marillen-, Pfirsich-, Zwetschen-, und Kirschbäumen in 15 Sammlungen genommen. Hierbei handelt es sich einerseits um die Bundes-Obstgenbank in Klosterneuburg, die Länder-Obstgenbanken Haidegg (Steiermark) und Ritzlhof (Oberösterreich), sowie Sammlungen von Bildungseinrichtungen wie BOKU Wien oder landwirtschaftliche Fachschulen und private Sammlungen. Eine Übersicht zu den Blattproben und den Sammlungen ist in Tabelle 1 dargestellt. (ARMING et al. 2024)

Tabelle 1: Obst-Inventur: Übersicht zu den Blattproben je Sammlung und Obstart

Sammlung	Apfel	Birne	Kirsche	Zwetschke	Marille/Pfirsich	Gesamt
Arche Noah	555	253	50	134	27	1019
BOKU	36	23	23	0	40	122
Dietrich Lauterach, Vbg.	24	176	0	0	0	200
Grünes Tirol	62	0	0	0	0	62
HBLA & BA für Wein- und Obstbau	20	25	18	20	44	127
HBLA St. Florian	37	22	0	3	0	62

LEADER Region Tourismusverband Moststraße	379	0	0	0	0	379
LFS Warth	119	8	9	1	2	139
Naturpark Ötscher Tormäuer	15	10	0	0	0	25
Obst- und Weinbauzentrum der LK Kärnten	117	37	0	0	0	154
OÖ Genbank Ritzlhof	101	85	5	26	2	219
OSOGO	1637	476	73	148	26	2360
Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg	270	195	0	0	0	465
Sortengarten Burgenland - Obstparadies	200	52	38	24	10	324
Verein Hortus	0	0	0	63	0	63
	3572	1362	216	419	151	5720

Insgesamt wurden 5720 Blattproben an die Firma Ecogenics (Schweiz) geschickt. Dort wurde die DNA-Reinigung mittels "Hot shot" Methode durchgeführt (Microsynth Ecogenics Fact Sheet 2022). Die Amplifikation der Mikrosatelliten-Regionen mittels PCR erfolgte bei Apfel mit 17, bei Birnen mit 16, bei Kirschen mit 21, bei Zwetschke mit 16 und bei Marille & Pfirsich mit 23 Markern. Die Analyse der Fragmentlängen wurde am Kapillarsequenzier ABI 3730XL (Fa. Applied Biosystems) durchgeführt. Die erhaltenen Daten wurden von Ecogenics mit genetischen Profilen der firmeninternen Datenbank abgeglichen und diese Ergebnisse sowie die Rohdaten kamen zur Auswertung.

Aufbau der Datenbank Annona

Die Rohdaten sowie die von Ecogenics erhaltenen Abgleichsdaten der Schweizer Genbank wurden in die weiter entwickelte Datenbank Annona des Vereins Arche Noah eingepflegt. Zusätzlich wurden Daten aus Vorprojekten, die mit denselben Markern erstellt und von den Sammlungen zum Abgleich bereitgestellt wurden, ergänzt. Weiters wurden auch noch genetische Profile aus internationalen Publikationen für den Abgleich hinzugefügt. Damit wurde eine erste genetische Datengrundlage für die Auswertung geschaffen. In der Datenbank Annona sind weiters noch die Baumstandorte, Akzessionsnummern und Sammlungen hinterlegt, so dass jedes im Projekt erstellte genetische Profil einem bestimmten Baum zu geordnet werden kann (siehe Abb.1). In einem nächsten Schritt wurden die im Projekt erfassten Proben erneut abgeglichen und in Gengruppen eingeteilt. Diese Gengruppen bilden die Grundlage für die weitere Arbeit im Projekt „Obst-Monitoring Österreich“, welches sich auch mit der pomologischen Aufarbeitung bislang nicht verifizierter Sortengruppen befasst.

Akzession	Probenname	Sammlung	GenGroup AUT ↑	Standort Bezeichnung	Baum Nr	Platznr
310-03-003   	Apfel aus Croncels	Klosterneuburg	9	Kierling	003	R03
310-21-007   	Maschanzker	Klosterneuburg	12	Kierling	007	R21
030-16-076   	Constante Leseur (AT)	Klosterneuburg	14	Haschhof	076	030-16

Abbildung 27: Probendaten in der Annona

Pomologische Untersuchungen

Zur Bearbeitung von Proben, die zwar genetisch bestimmt sind, jedoch noch keiner Sorte zuordenbar waren, wurde die Österreichische Pomologische Kommission, kurz ÖPK, ins Leben gerufen. Die ÖPK verifiziert die Zugehörigkeit zu Gengruppen und bestimmt nach Möglichkeit auf Sortenniveau. Diese Kommission setzt sich aus dem **Organisationsteam und den pomologischen Expertinnen und Experten zusammen. Die Aufgaben des Organisationsteams umfassen die Formulierung der Fragestellungen, Auswahl und Beschaffung der Fruchtmuster, Aufbereitung der molekularbiologischen Daten, Dokumentation und Sicherung der Ergebnisse. Das Expert:innen-Team trifft sich zu Arbeitssitzungen, wo die Fruchtmuster begutachtet, die Fragestellungen beantwortet und die Sorten verifiziert werden oder falls dies noch nicht möglich ist, ein Arbeitsnamen für die jeweilige Gengruppe vorgeschlagen wird. Gründe warum eine Sorte noch nicht verifiziert werden kann, sind, dass es noch**

keine pomologische Beschreibung gibt, weil es sich z. B. um einen Sämling oder eine Lokalsorte handelt oder es Widersprüche aufgrund von Mutationen oder der natürlichen Variabilität bei den Sortenmustern gibt.

Ergebnisse und Diskussion

Genetische Analysen

Nach Abgleich der genetischen Profile in der Datenbank Annona und Zuordnung in die Gengruppen konnten 730 Sorten bei den Obstarten Apfel, Birne, Zwetschke und Kirsche identifiziert werden. Hier konnten auch einige Falschbestimmungen und Falschbenennungen aufgedeckt werden, sowie viele Probenamen bestätigt werden. Eine genaue Übersicht nach Obstarten mit Stand 04/2025 ist in Abbildung 2 dargestellt.

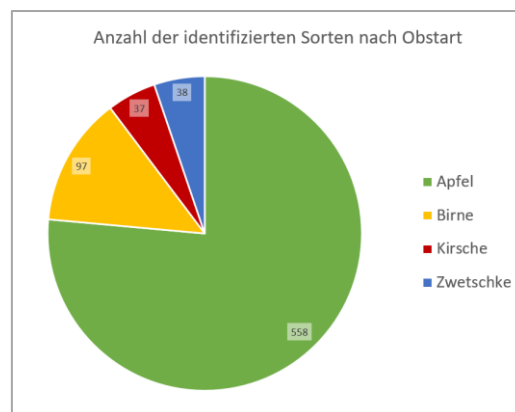


Abbildung 28: **Anzahl der identifizierten Sorten je Obstart nach genetischer Analyse**

1680 Gengruppen, für die keine verifizierte Referenz für den Abgleich verfügbar war, erhielten einen Arbeitstitel. Die Identität dieser Sorten ist noch gar nicht oder noch nicht eindeutig geklärt. Diese Arbeitstitel sind nicht mit Sortennamen gleichzusetzen, da es sich teilweise um Fantasienamen wie „Mostapfel G143“ handelt. Diese Gengruppen müssen zur Klärung der Sortenidentität noch pomologisch geprüft werden. Ein erster Teil dieser Prüfung wird im Folgeprojekt „Obst-Monitoring Österreich“ durch die neu eingerichtete ÖPK realisiert. Allerdings ist die pomologische Bestimmung deutlich aufwändiger als die genetische, daher wird die Feststellung aller Sortenidentitäten noch einige Jahre in Anspruch nehmen. In manchen Fällen wird das Feststellen der Sortenidentität nicht möglich sein, da es sich um Sorten handelt, die bisher noch nirgends beschrieben worden sind. Das trifft auf viele Lokalsorten zu und auch auf Einzelfunde von Zufalls-Sämlingen. Voraussichtlich werden solche Sorten in den nächsten Jahren neu beschrieben, die Beschreibung veröffentlicht und ein (neuer) Sortenname vergeben. Diese Sorten dürfen jedoch nicht mit Neu-Züchtungen verwechselt werden, die rechtlich andere Voraussetzungen zu erfüllen haben.

Die Daten von Marille und Pfirsich sind noch nicht abschließend ausgewertet, da sehr wenige Profile verifizierter Referenzen verfügbar sind. Die Profile der Proben, die für den Abgleich verfügbar waren, wiesen teilweise nur sieben vergleichbare Marker auf. Der Abgleich ist in diesen Fällen daher wenig aussagekräftig. Daher ist eine pomologische Aufarbeitung und weitere genetische oder auch chemische Untersuchungen notwendig um Klarheit zu erhalten. (ARMING et al. 2024)

Pomologische Untersuchungen

Im ersten Arbeitsjahr der Pomologischen Kommission wurden insgesamt 259 Gengruppen bearbeitet (Abb.3). Jede dieser Gengruppen war dabei mit einem oder mehreren Fruchtmustern in der Begutachtung vertreten.

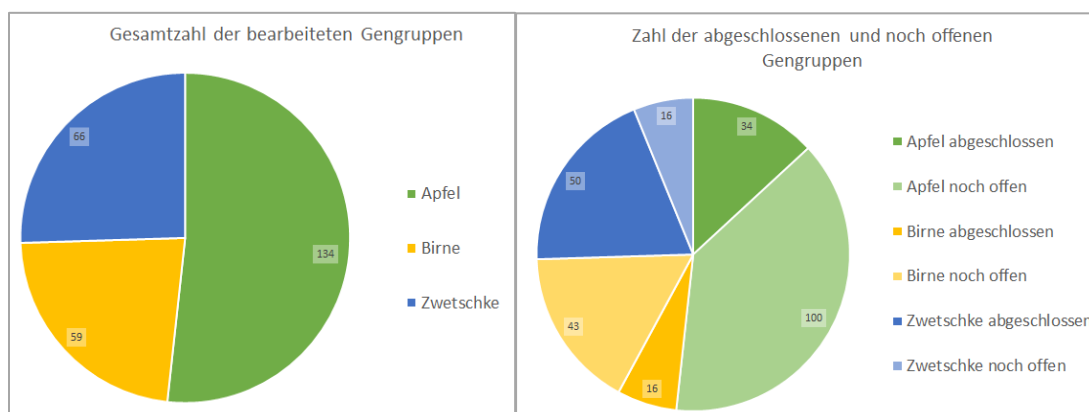


Abbildung 29: Gesamtzahl der 2024 durch die ÖPK bearbeiteten Gengruppen und Übersicht wie viele Gengruppen davon abgeschlossen bzw. noch offen sind

100 Gengruppen (mehr als 1000 Bäume) konnten durch die Pomologische Kommission bereits mit einem Sortennamen oder Arbeitstitel abgeschlossen werden. Die Protokolle der einzelnen Sitzungen wurden in der Datenbank Annona für jede bearbeitete Gengruppe dokumentiert und können dort jederzeit von den Projektmitgliedern nachgelesen werden. Durch die Arbeit des Projektteams konnten zusätzliche 87 Gengruppen einer bekannten Sorte zugeordnet und verifiziert werden. Jene Gengruppen, die noch offengeblieben sind, werden entweder einer weiteren Begutachtung mit anderen Vergleichsproben unterzogen oder es wird noch auf die Ergebnisse von laufenden genetischen Untersuchungen gewartet, umso ein klareres Bild zu bekommen.

Durch die insgesamt gesammelten Informationen ergibt sich ein Überblick, welche Sorten bereits ausreichend in den österreichischen Sammlungen abgesichert sind, bei welchen Sorten noch Bedarf zur Vermehrung besteht und welche Sorten noch gar nicht erfasst sind. Weiters können die Daten helfen, die Sammlungen effizienter zu führen, da Redundanzen innerhalb und zwischen den Sammlungen ebenfalls aufgedeckt werden. Auch können über die Auswertung der Daten und die Erstellung von Berichten aus der Datenbank der Erhaltungs-Status der Sorten in den Sammlungen jederzeit abgerufen werden.

Um in Zukunft die Sortensicherung langfristig gewährleisten zu können bedarf es noch einiges an Arbeit nicht nur auf pomologischer und genetischer Ebene, sondern auch im Bereich Bewusstseinsbildung, dass alte Sorten schützenswert und als genetische Ressource höchst wertvoll sind. Vor dem Hintergrund begrenzter finanzieller Ressourcen ist ein ideeller Schulterschluss der Sammlungen der nächste logische Schritt. Denn nur durch koordinierte Strategien und eine enge Zusammenarbeit kann die Bewahrung dieses wertvollen Kulturguts für die nachfolgenden Generationen gelingen.

Zusammenfassung

Der Verlust traditioneller Obstsorten stellt eine Bedrohung für die Biodiversität und genetische Vielfalt in Österreich dar. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, wurden im Rahmen der Projekte *Obst-Inventur Österreich* und *Obst-Monitoring Österreich* umfassende genetische und pomologische Erhebungen durchgeführt. Ziel ist die Erfassung, Identifikation und Erhaltung obstgenetischer Ressourcen aus 15 Sammlungen in Österreich. Mittels genetischer Analysen von insgesamt 5.720 Blattproben konnten bisher 730 Sorten sicher identifiziert und zahlreiche Falschbenennungen korrigiert werden. Für 1.680 Gengruppen ohne Referenzdaten wurden vorläufige Arbeitstitel vergeben. Ergänzend dazu wurde die Österreichische Pomologische Kommission (ÖPK) gegründet, um bislang genetisch nicht eindeutig bestimmte Sorten durch Fruchtanalysen zu bewerten. Im ersten Jahr wurden 258 Gengruppen untersucht, von denen 100 abgeschlossen werden konnten. Die Ergebnisse dienen der effizienteren Verwaltung der Sammlungen, dem Abbau von Redundanzen und der gezielten Vermehrung bedrohter Sorten. Des Weiteren bilden sie die Grundlage für Erhaltungsstrategien alter Sorten und unterstreichen die Notwendigkeit koordinierter Maßnahmen zum Schutz der Agrobiodiversität.

Abstract

The loss of traditional fruit varieties poses a threat to biodiversity and genetic diversity in Austria. To counter this development, comprehensive genetic and pomological surveys were carried out as part of the "Obst-Inventur Österreich" and "Obst-Monitoring Österreich" projects. The aim is to document, identify, and conserve fruit genetic resources from 15 collections across Austria. Through genetic analyses of a total of 5,720 leaf samples, 730 varieties have been reliably identified so far, and numerous mislabelings have been corrected. For 1,680 genetic groups without reference data, provisional working titles were assigned. In addition, the Austrian Pomological Commission (ÖPK) was established to evaluate varieties that could not be clearly identified genetically through fruit analysis. In the first year, 258 genetic groups were examined, of which 100 were completed. The results support more efficient management of the collections, reduction of redundancies, and targeted propagation of endangered varieties. Furthermore, they form the basis for conservation strategies for traditional varieties and highlight the need for coordinated measures to protect agrobiodiversity.

Literatur

- ARGE STREUOBST. (2025). Von Biodiversität alte Obstsorten: <https://www.argestreuobst.at/service/biodiversitat-alte-obstsorten/> abgerufen
- ARMING, E., KAJTNA, B., FRIEDLER, M., SILHAVY-RICHTER, K., HUEBER, H., & ARCHE NOAH. (2024). Obst-Inventur Österreich. Genetische Charakterisierung unserer Obstsammlungen. (BMK, Hrsg.) *Tätigkeitsbericht zum Projektabschluss GZ 2022-0.164.490-2-A*, S. 58.
- BMK. (2025). *Obst und Gemüse aus der Region*. Von https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/naturschutz/vielfaltleben/gemeindenetz/tipps/region.html abgerufen
- HAMMER, K., GLADIS, T., & DIEDERICHSEN, A. (2003). In situ and on-farm management of plant genetic resources. *European Journal of Agronomy*, 19(4), S. 509-517.

Adressen der Autoren

¹ Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Institut für Chemie und Biologie, Abteilung Biologie, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

² Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Institut für Obstbau, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

³ Verein Arche Noah,

* Ansprechpartnerin: Dipl.-HTL-Ing. Karin SILHAVY-RICHTER, B.Ed., karin.silhavy@weinobst.at

Herstellung von Frucht-Gemüsesäften

Production of Fruit-Vegetable-Juices

Manfred Gössinger*, Karl-Philipp Portele und Franz Jezek

Einleitung

Die Österreicherinnen und Österreicher essen lt. WHO zu wenig Gemüse. Viele Verarbeitungsprodukte von Gemüse werden von den Konsument:innen wegen ihres intensiven typisch „gemüsigen“ Aromas abgelehnt. Eine Möglichkeit die wertvollen Inhaltsstoffe von Gemüse in den Ernährungsplan der Konsument:innen zu bringen, ist die Herstellung von Frucht-Gemüse-Mischsäften.

Fruchtsäfte sind bei den Konsument:innen sehr beliebt. Diese werden aber wegen ihres hohen Zucker-gehaltes von Ernährungsberater:innen nicht empfohlen.

Die Mischung von Frucht- mit Gemüsesäften hätte somit zwei Vorteile: erstens kann so der Energie-gehalt (kcal/100 ml) der Fruchtsäfte gesenkt werden und zweitens könnte der Konsum von Gemüsepro-dukten (Aufnahme von wertgebenden Inhaltsstoffen von Gemüse) in der Bevölkerung auf diese Weise erhöht werden.

In diesem Versuch wurden auf Basis von Traubensaft und Apfelsaft mittels verschiedener Gemüsesäfte Mischsäfte hergestellt. Ziel war die Reduktion des Zuckergehaltes und ein sensorisch ansprechendes Produkt zu kreieren, das von den Konsument:innen akzeptiert wird.

Material und Methoden

Rohware: Für die Versuche wurden Trauben (Sortengemisch) für Traubensaft vom Versuchsgut Götz-hof und Äpfel (Sortengemisch) für Apfelsaft vom Versuchsgut Haschhof (beide von der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg) verwendet.

Fruchtsäfte: Die Fruchtsäfte wurden nach guter Herstellungspraxis in den Abteilungen Kellerwirtschaft und Obstverarbeitung vorbereitet, enzymiert (Pektinasen), geschönt (Bentonit 2 g/l), stabilisiert (Pas-teurisation) und abgefüllt. Die Grunddaten der Basissäfte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Gemüsesäfte: Die Gemüsesäfte wurden von der Fa. Auer (3304 St. Georgen/Ybbsfeld, Österreich) be-zogen. Es wurden die Gemüsesäfte Gurke, Tomaten, Rhabarber und Wassermelone ausgewählt. Die Grunddaten der Gemüsesäfte sind in Tabelle 2 dargestellt.

Mischsäfte: Die Fruchtsäfte wurden in einem ersten Schritt in verschiedenen Verhältnissen gemischt und im kleinen Kreis sensorisch beurteilt. Die besten Mischsäfte (Mischungsverhältnisse siehe Tabellen 3 und 4) wurden dann in einem Maßstab von ca. 10 L hergestellt und pasteurisiert (80°C, 20 min).

Sensorische Beurteilung: Die Mischsäfte wurden von Konsument:innen hinsichtlich deren Akzeptanz im Rahmen der Tage der offene Tür an der HBLA und BA Klosterneuburg getestet .

Statistische Auswertung: Die Daten wurden mittels SPSS 29 analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Mischungsverhältnisse der Säfte sind in Tabelle 3 und 4 zusammengefasst. Die Nährwerte, Zucker-gehalte und Zucker-Säure-Verhältnisse der Mischsäfte sind in Tabelle 5 und 6 dargestellt.

Tabelle 1: **Grunddaten der Ausgangsfruchtsäfte**

	Trauben- saft	Apfelsaft
pH-Wert	3,20	3,28
TA (g/l) ber als WS	6,4	6,8
°Bx	19,5	13,6
rel. Dichte	10,780	10,551

Tabelle 2: **Grunddaten der Gemüsesäfte**

	Gurken- saft	Rhabar- bersaft	Tomaten- saft	Wassermelonensaft Konzentrat	Wassermelonensaft rekonstituiert
pH-Wert	4,28	3,24	4,29	k.A.	4,38
TA (g/kg) ber. als ÄS pH8,1)	2,2	13,8	3,7	18,8	4,5
Brix ref.	3,1	3,8	3,1	65,0	6,2
rel. Dichte	1,009	1,014	1,023	1,319	k.A.

Tabelle 3: **Mischungsverhältnisse der Trauben-Gemüsesäfte**

Mischungstyp	Trau- bensaft (%)	Toma- tensaft (%)	Rhabar- bersaft (%)	Gur- kensaft (%)	Wassermelo- nensaft (%)
Trauben-Tomaten- Rhabarbersaft	60	25	15	-	-
Trauben-Gurken- Rhabarbersaft	60	-	20	20	-
Trauben-Wassermelonen-Rhabar- bersaft	60	-	10	-	30
Trauben-Tomaten- Gurken-Rhabar- bersaft	60	20	10	10	-

Tabelle 4: **Mischungsverhältnisse der Apfel-Gemüsesäfte**

Mischungstyp	Apfelsaft (%)	Tomaten- saft (%)	Rhabar- bersaft (%)	Gurken- saft (%)	Wassermelonensaft (%)
Apfel-Gurke- Rhabarbersaft	65	-	10	25	-
Apfel-Tomaten (leicht)-Rhabar- bersaft	65	25	10	-	-
Apfel-Tomaten (stark)-Rhabar- bersaft	60	30	10	-	-
Apfel-Wassermelonen-Rha- barbersaft	60	-	15	-	25

Tabelle 5: **Nährwert, Zuckergehalt und Zucker-Säure-Verhältnis der Trauben-Gemüse-Mischsäfte**

	kcal/100 ml	Zucker (g/l)	Zucker/Säure
Traubensaft	78,0	195	30:1
Trauben-Gurken-Rhabarbersaft	48,0	119	18:1
Trauben-Wassermelonen-Rhabarbersaft	54,9	137	24:1
Trauben-Tomaten-Rhabarbersaft	49,7	124	19:1
Trauben-Tomaten-Gurken-Rhabarbersaft	49,2	123	21:1

Tabelle 6: Nährwert, Zuckergehalt und Zucker-Säure-Verhältnis der Apfel-Gemüse-Mischsäfte

	kcal/100 ml	g/l Zucker	Zucker/Säure
Apfelsaft	52,0	130	21:1
Apfel-Gurke-Rhabarbersaft	37,2	93	15:1
Apfel-Wassermelonen-Rhabarbersaft	39,4	99	14:1
Apfel-Tomaten (stark)-Rhabarbersaft	37,2	91	15:1
Apfel-Tomaten (leicht)-Rhabarbersaft	38,1	95	15:1

Akzeptanz der Mischsäfte: Die Ergebnisse der Akzeptanzprüfung sind in Abbildung 1 und 2 abgebildet. Der Traube-Wassermelonen-Rhabarbersaft wurde signifikant besser beurteilt. Der Trauben-Gurken-Rhabarbersaft wurde signifikant schlechter beurteilt als der Trauben-Tomaten-Rhabarbersaft und der Trauben-Wassermelonen-Rhabarbersaft. Auch bei den Apfel-Mischsäften wurde die Variante mit Wassermelone signifikant am besten beurteilt. Die Variante Apfel-Gurke-Rhabarber wurde signifikant am wenigsten akzeptiert.

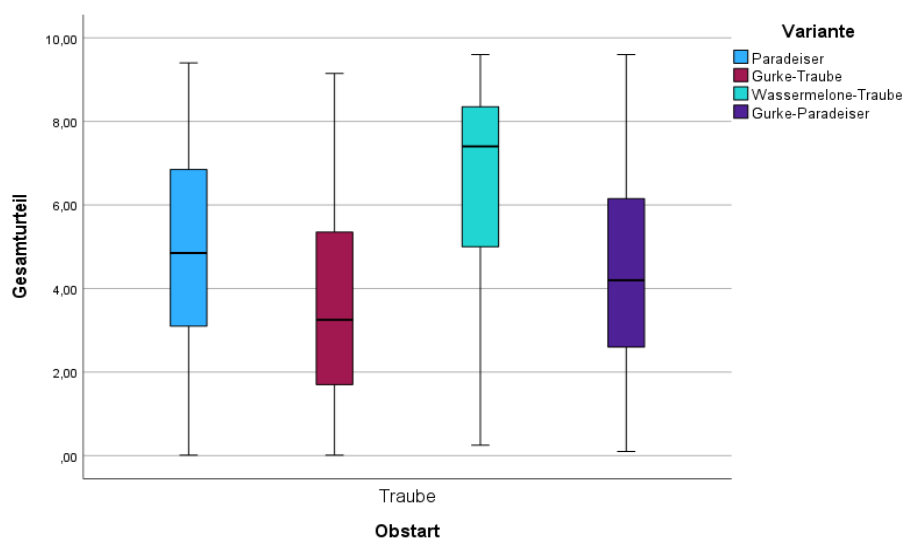


Abbildung 1: Ergebnis der Akzeptanzprüfung der Trauben-Gemüse-Mischsäfte

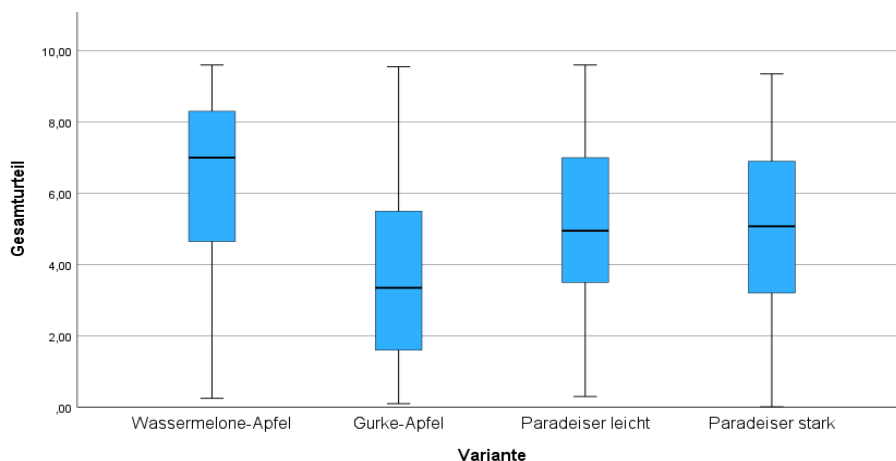


Abbildung 2: **Ergebnis der Akzeptanzprüfung der Apfel-Gemüse-Mischsäfte**

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden Fruchtsäfte (Traubensaft, Apfelsaft) mit Gemüsesäften (Gurke, Tomaten, Rhabarber und Wassermelone) gemischt mit dem Ziel wohlschmeckende Mischsäfte mit geringerem Zucker Gehalt herzustellen. Es wurden passende Rezepte für verschiedene Mischsäfte erstellt und im kleinen Maßstab hergestellt. Die Produkte wurden anschließend von Konsument:innen verkostet (Akzeptanzprüfung). Die Ergebnisse zeigen, dass die Kombination mit Wassermelone sowohl bei Traubensaft als auch bei Apfelsaft zu den signifikant besten Produkten führte und von den Konsument:innen am meisten akzeptiert wurden. Der Einfluss des Zucker gehaltes auf die Akzeptanz muss in diesem Zusammenhang jedoch berücksichtigt werden.

Abstract

In this study fruit juices (grape juice, apple juice) were blended with vegetable juices (cucumber, tomato, rhubarb, and watermelon) with the aim of producing tasty blended juices with lower sugar content. Suitable recipes for various blended juices were developed and produced on a small scale. The products were then tasted by consumers (acceptance testing). The results show that the combination with watermelon resulted in significantly better products for both grape juice and apple juice and were most accepted by consumers. However, the influence of sugar content on acceptance must be considered in this context.

Literatur

GERUS, J. *STATISTA*. VON PRO-KOPF-KONSUM VON GEMÜSESAFT UND -NEKTAR IN DEUTSCHLAND IN DEN JAHREN 2002 BIS 2022 :

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167150/umfrage/pro-kopf-verbrauch-von-gemuesesaft-in-deutschland-seit-2002> (18. DEZEMBER 2024).

Adresse der Autoren

HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Wienerstraße 74, A-3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: Prof. HR DI Dr. Manfred GÖSSINGER, manfred.goessinger@weinobst.at

Reduktion des Bentonitbedarfs bei Wein und Obstwein mittels thermischer Behandlung

Reduction of Bentonite Requirement of Wine and Fruit Wine by means of Thermal Treatment

Manfred Gössinger*, Teresa Maria Brandner und Christopher Ladislaus Szigeti

Einleitung

Der Einsatz von Bentonit bei der Wein- und Obstweinherstellung zur Stabilisierung hinsichtlich Eiweißtrübungen ist meist auch mit einer signifikanten Veränderung der sensorischen Qualität verbunden. Bis heute konnten jedoch keine adäquaten Alternativen zur exakten Eiweißstabilisierung gefunden werden. Eine Möglichkeit der Stabilisierung stellt die thermische Behandlung der Säfte und Moste dar. Aus rechtlicher Sicht ist derzeit die thermische Behandlung von Traubenmost im Zuge der Weinherstellung nicht erlaubt. Bei Apfelsaft findet man in der Literatur hinsichtlich Wärmetest (Stabilitätsprüfung) sehr unterschiedliche Empfehlungen bezüglich Temperatur und Haltezeit (95 °C, 10 Minuten (IFU, 2017) und 75°C, ohne Angabe einer Dauer (SCHOBINGER, 2001) bis 65 °C, 14 Stunden (Kernobst) (SCHMELZER, 2021)). Diese Parameter könnten auch zur Stabilisierung in der Praxis herangezogen werden. Genaue Angaben zur Stabilisierung hinsichtlich thermolabilem Eiweiß in der Praxis finden sich jedoch nicht in der Literatur.

Eigene Ergebnisse bei Apfelsaft haben gezeigt, dass die Stabilisierung des thermolabilen Eiweißes (Trübungsneigung) von Apfelsaft durch eine thermische Behandlung von 80 °C über 1,6 Minuten (Stabilisationswert in Analogie zum F-Wert) erreicht werden konnte (GÖSSINGER et al., 2023). Der errechnete D-Wert lag bei 25,6 Minuten bei 60 °C, der z-Wert bei 19,1 °C.

In dieser Arbeit soll die Stabilisierung von Traubensaft und Apfelsaft hinsichtlich thermolabilem Eiweiß mittels thermischer Behandlung (HTST) in der Praxis (Pilot-Maßstab) untersucht werden.

Material und Methoden

Wein- bzw. Obstweinherstellung: Die Trauben der Sorte Grüner Veltliner stammten vom Versuchsgut Götzhof, und die Äpfel (Sortengemisch) vom Versuchsgut Haschhof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg aus dem Jahr 2024. Die Trauben wurden nach guter Herstellungspraxis verarbeitet (10 g/hl KPS), gepresst, der Saft enzymiert und geklärt. Der klare Saft wurde lt Versuchsplan (Tabelle 1) thermisch behandelt und in 36 Liter Ballons bei 17 °C mittels Reinzuchthefer (Oenoferm Freddo) vergoren. Auch die Äpfel wurden mittels Scheibenrätzmühle zerkleinert, gepresst, und der Saft geschwefelt (10 g/hl), enzymiert und geklärt. Danach wurde der Saft lt Versuchsplan thermisch behandelt und ebenfalls gekühlt in 36 Liter Ballons vergoren. Die Versuche wurden in 3facher Wiederholung durchgeführt.

Ermittlung der Stabilität: Der Bentonitbedarf des Saftes wurde einerseits mittels Bentotest ermittelt bzw. andererseits mittels Schönungsansätze und anschließender Erwärmung im Wärmeschrank (70 °C, 4 Stunden) bestimmt. Die Trübungsmessung zur Auswertung der Trübungsneigung erfolgte mittels Nephelometer (Turb55IR, Fa. WTW). Es wurde die Differenz zwischen dem Trübungswert vor und nach dem Wärmeschrank berechnet. Wenn die Differenz unter 1 NTU lag, galt die Probe als stabil.

Chemische Analysen: Die Grundwerte (Bx°, TA, %vol) der Säfte und Weine (Obstweine) wurden mittels FTIR analysiert. Der Traubensaft wies einen Wert von 20,5 °KMW auf und einen Wert an Titrierbaren Säuren von 6,2 g/l ber. als WS. Der Apfelsaft hatte 14,4 °Bx und einen Wert an Titrierbaren Säuren von 6,4 g/l ber. als WS.

Ermittlung des Bentonitbedarfs: In einem ersten Schritt wurde der Bedarf an Bentonit zur Stabilisierung der Weine und Obstweine mittels Bentotest geschätzt. Anschließend wurden in 100 ml Standzylinder jeweils unterschiedliche Mengen Bentonit zugesetzt. Nach 20 Minuten wurden die Proben filtriert, die Trübung gemessen und anschließend in den Wärmeschrank gestellt (70°C, 4 Stunden). Danach wurde von den ausgekühlten Proben wieder der Trübungswert bestimmt. Lag die Differenz der NTU-Werte vor und nach dem Wärmeschrank unter 1, galt die Probe als stabil. Die eingesetzte Bentonitmenge wurde als Bentonitbedarf der jeweiligen Probe definiert.

D- und z-Werte sowie T-Wert (Trübungsneigung): Anhand der Ergebnisse der Trübungsneigung (NTU) der Weine nach dem Wärmeschränk als auch der ermittelten notwendigen Bentonitmenge wurde der D- und z-Wert der Trübungsneigung bestimmt. Daraus wurde der notwendige Wärmeinsult zur vollkommenen Stabilisierung errechnet.

Tabelle 1: **Versuchspläne bei Traube und Apfel**

Traube		Apfel	
Temperatur (°C)	Haltezeit (sec)	Temperatur (°C)	Haltezeit (sec)
60	20	60	
	50		50
	100		100
70	20	70	20
	50		50
	100		100
80	20	80	20
	50		50
	100		100
90	20	90	20
	50		50
	100		100
95	100		

Ergebnisse und Diskussion

Reduktion des Bentonitbedarfs: Die Ergebnisse dieses Versuchs zeigen, dass durch eine thermische Behandlung des Traubenmostes vor der Gärung der ursprüngliche Bedarf an Bentonit deutlich gesenkt werden konnte. Eine vollständige Eiweißstabilisierung wurde aber im Rahmen der gewählten Parameter nicht erreicht. Nach der Gärung wurde ein etwas niedriger Bentonit-Bedarf im Wein verglichen zum Traubenmost beobachtet. Bei Apfelsaft kam es ebenfalls zu einer Reduktion des Bentonitbedarfs, jedoch nur geringfügig. Im Apfelwein wurde ebenfalls mit den ausgewählten Prozessparametern keine vollständige Eiweißstabilität (Wärmeschränk-Methode) erreicht. In allen Proben wurden Trübungen nach dem Wärmetest beobachtet.

D- und z-Werte: In Abbildung 1 sind die Ergebnisse der notwendigen Bentonitzugaben der verschiedenen Varianten in Abhängigkeit der Temperatur bei einer Haltezeit von jeweils 20 Sekunden als auch die Trübungswerte dieser Weine nach dem Wärmeschränk graphisch dargestellt.

Der D-Wert der Trübungsneigung des Weines auf Basis der Trübungswerte (NTU) der Weine nach dem Wärmetest lag bei 60 °C bei 3,2 Minuten und bei 90 °C bei 0,5 Minuten. Es ergibt sich daraus ein z-Wert von 37,8 °C. Die erforderliche Temperatur zur vollkommenen Eiweißstabilisierung bei einer Haltezeit von 20 Sekunden läge demnach bei 102 °C.

Auf Basis des notwendigen Bentonitbedarfs konnte ein D-Wert bei 60 °C von 3,8 Minuten und bei 90 °C von 0,8 Minuten bestimmt werden. Daraus ergibt sich ein z-Wert von 45,5 °C.

T-Wert (Trübungsneigung): Auf Basis der Trübungswerte wäre ein T-Wert (Trübungsneigung in Analogie zu den PE (Pasteurisationseinheiten)) von 1,3 notwendig. Doch obwohl ein maximaler T-Wert (bei 95 °C, 100 Sekunden) von 4,2 erreicht wurde, konnte keine vollkommene Stabilität bestimmt werden. Auf Basis des Bentonitbedarfs müsste bei einem T-Wert von 0,8 eine vollkommene Stabilität erreicht werden. Es konnte aber auch bei einem maximalen T-Wert (95 °C, 100 Sekunden) von 3,6 keine Stabilität nachgewiesen werden. Die Findung der Ursache dafür bedarf weiterer Untersuchungen.

Bei Apfel konnten auf Grund schwankender Werte keine Berechnungen von D- und z-Wert durchgeführt werden. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

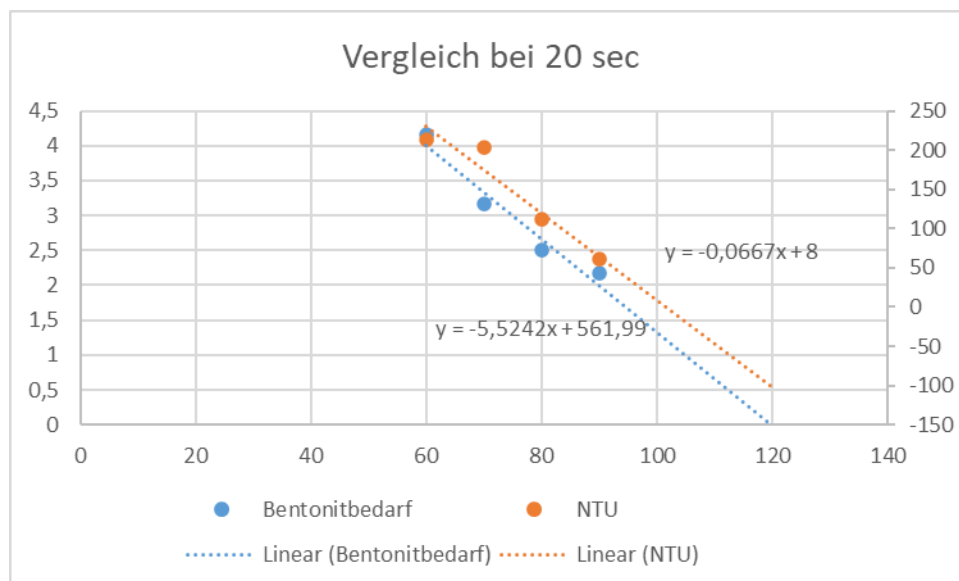


Abbildung 1: **Bentonitbedarf und Trübungswerte der Weine in Abhängigkeit der Behandlungstemperatur bei jeweils 20 Sekunden Haltezeit**

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde untersucht in wie weit mittels thermischer Behandlung der Bentonitbedarf bei Wein und Obstwein verringert werden kann. Es wurden Traubensaft und Apfelsaft bei unterschiedlichen Temperaturen (60 bis 95 °C) und Haltezeiten (20 bis 100 Sekunden) erhitzt und vergoren. Mittels Bentotest und Wärmeschränk wurde der Bentonitbedarf der Proben ermittelt und der D- und z-Wert der Trübungsneigung berechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Wein eine deutliche Reduktion des Bentonitbedarfs erreicht werden konnte, nicht jedoch eine vollständige Stabilisierung. Auch bei Apfelwein ist dies nicht gelungen. Es wurden bei allen ungeschönten Proben Trübungen nach dem Wärmeschränk beobachtet.

Abstract

This study investigated the extent to which thermal treatment can reduce the bentonite requirement in wine and fruit wine. Grape juice and apple juice were heated at different temperatures (60 to 95 °C) and holding times (20 to 100 seconds) and fermented. Using a Bentotest and a heating cabinet, the bentonite requirement of the samples was determined, and the D and z values of the turbidity tendency were calculated.

The results show that a significant reduction in bentonite requirement could be achieved in wine, but complete stabilization was not achieved. This was also the case in cider. Cloudiness was observed in all samples before finning after the heating cabinet.

Literatur

IFU, International Fruit and Vegetable Juice Association (2017): Method of analysis No. 84 – Stability tests for clarified juices.

SCHMELZER M, (2021): Grundlagen der Saftklärung. Erbslöh Geisenheim GmbH

SCHOBINGER U, (2001): Frucht- und Gemüsesäfte. Handbuch Lebensmitteltechnologie – Stuttgart: Ulmer Verlag

Adresse der Autoren

HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Wienerstraße 74, A-3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: Prof. HR DI Dr. Manfred GÖSSINGER, manfred.goessinger@weinobst.at

Einfluss der Ansäuerung mit unterschiedlichen Säuren auf die sensorische Qualität bei Destillaten

Influence of acidification with different acids on the sensory quality of distillates

Monika Graf*, Driton Saljiu, Maurits Helwig, Tobias Fischl und Kathrin Rosker

Einleitung

Um eine saubere Gärung bei der Herstellung von Obstmaischen zur Destillatproduktion zu gewährleisten, ist es üblich, die Maischen anzusäuern. Für die Ansäuerung der Obstmaische stehen auf dem Markt unterschiedliche Säuren zur Verfügung. Ob die Wahl der Säure einen Einfluss auf die sensorische Qualität von verschiedenen Obstdestillaten hat, ist nicht eindeutig erwiesen. Einzelne Versuche hatten sich in der Vergangenheit zwar mit diesem Thema beschäftigt: Z'GRAGGEN (2021) stellte bei Williamsbirnen einen signifikanten Unterschied zwischen Mischsäure (Milch-/ Phosphorsäuregemisch) und Kombisäure fest. Bevorzugt wurde allerdings keine der Säuren. Ob die Ergebnisse auf andere Obstarten übertragbar sind oder ob für jedes Obst andere Säuren eingesetzt werden sollten, ist nicht bekannt. In einem Versuch sollte dieser Frage nachgegangen werden: Ziel der Arbeit war es den Einfluss von vier verschiedenen Säuren auf die sensorische Qualität des Obstdestillats zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurden Obstmaischen aus Kirschen, Zwetschken und Äpfeln mit Milchsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und einer Kombisäure auf den pH-Wert 3,0 eingestellt, vergoren, destilliert, auf Trinkstärke eingestellt und die fertigen Destillate auf sensorische Unterschiede überprüft.

Material und Methoden

Rohware: Für die Versuche wurden Brennkirschen, Zwetschken und Äpfel der Sorte Jonagold vom Versuchsgut Haschhof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg zu je 400 kg Maische verarbeitet.

Einmaischen und Destillation: Die Früchte wurden sortiert, gewaschen (Äpfel) und zerkleinert. Die Maische wurde in einen 500 Liter Tank gefüllt und laut Herstellerangaben mit der Pektinase Fructozym P (Erbslöh Geisenheim GmbH, Geisenheim, Deutschland), Hefenährsalz Gärsalz Plus (Eaton, Langenlonsheim, Deutschland) und mit der Hefe Oenoferm® Freddo (*Saccaromyces cerevisiae* var. bayanus, Erbslöh Geisenheim GmbH) versetzt, gut verrührt und zu je 50 kg auf acht Maischebehälter aufgeteilt. In diesen wurde mit Phosphorsäure, Milchsäure, Schwefelsäure oder Kombisäure (Wein-, Äpfel- und Zitronensäure) in doppelter Ausführung ein pH-Wert von 3,0 eingestellt. Das Ende der Gärung wurde mittels Alkoholbestimmung (destillativ, OIV, 2016) und Restzuckerbestimmung (reduzierende Substanzen, OIV, 2009) überprüft. Essigsäure wurde enzymatisch bestimmt (ENZYTEC TM fluid Essigsäure Nr. 5226, R-Biopharm, Darmstadt, Deutschland). Die fertige Maische wurde im Gegenstromverfahren auf einer 50-Liter Anlage (Carl GmbH, Eislingen, Deutschland) mit 3 Verstärkerböden, Dephlegmator (63°C) und Wasserdampfheizung destilliert. Der Feinbrand wurde in 100 ml Fraktionen aufgefangen. Der Mittellauf wurde im Anschluss sensorisch durch Ausriechen und unter Einbezug der Leitfähigkeit (LIEBMINGER et al. 2020) bestimmt.

Sensorik: Nach dem Einstellen auf Trinkstärke (40,0 %vol) wurden die Wiederholungen mittels Dreieckstest von einem geschulten Panel auf Unterschiede überprüft.

Die Bewertung des Einflusses der verwendeten Säuren auf die Sensorik der Destillate erfolgte von einem Expertenpanel mittels Unstrukturierter Skala und 100-Punkte-Schema. Bei der Unstrukturierten Skala wurden Aromaintensität, Aromatypizität, Mundgefühl und Gesamturteil beurteilt. Beim 100-Punkte-Schema wurden die Destillate nach Sauberkeit, Aroma, Mundgefühl, Persistenz, Harmonie und Gesamturteil benotet. Dabei wurden für jede Kategorie 1-5 Punkte vergeben und für das Gesamturteil mit unterschiedlichen Faktoren gewichtet (Sauberkeit x 4,5; Aroma x 5; Mundgefühl x 4,5; Persistenz x 5; Harmonie x 1) und addiert.

Statistik: Signifikante Unterschiede wurden für die Dreieckstests anhand von Signifikanztabellen ermittelt. Die Auswertung der Verkostungsergebnisse von Unstrukturierter Skala und 100-Punkte-Schema erfolgte über das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics (Version 29.0).

Ergebnisse und Diskussion

Während der Gärung zeigte sich, dass sich die pH-Werte der einzelnen Maischen leicht veränderten: Vor allem bei den Milchsäure-Varianten bei Zwetschke und Apfel konnte ein Anstieg des pH-Wertes beobachtet werden (Abb. 1). Zwischen den Säuren zeigte sich kein signifikanter Unterschied im Alkoholgehalt der Maische oder in der Menge an Mittellauf berechnet als Liter Reinalkohol./100 Liter Maische (l.r.A./hl Maische)(Abb.2).

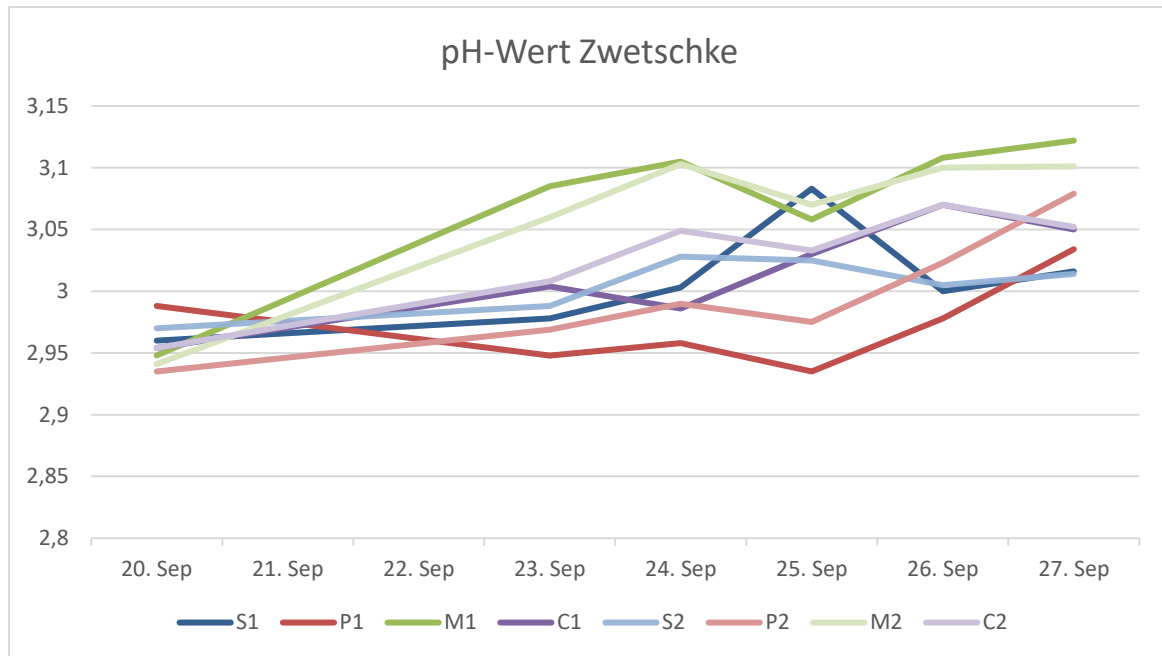


Abbildung 30: pH-Wert-Verläufe Zwetschke während der Gärung.

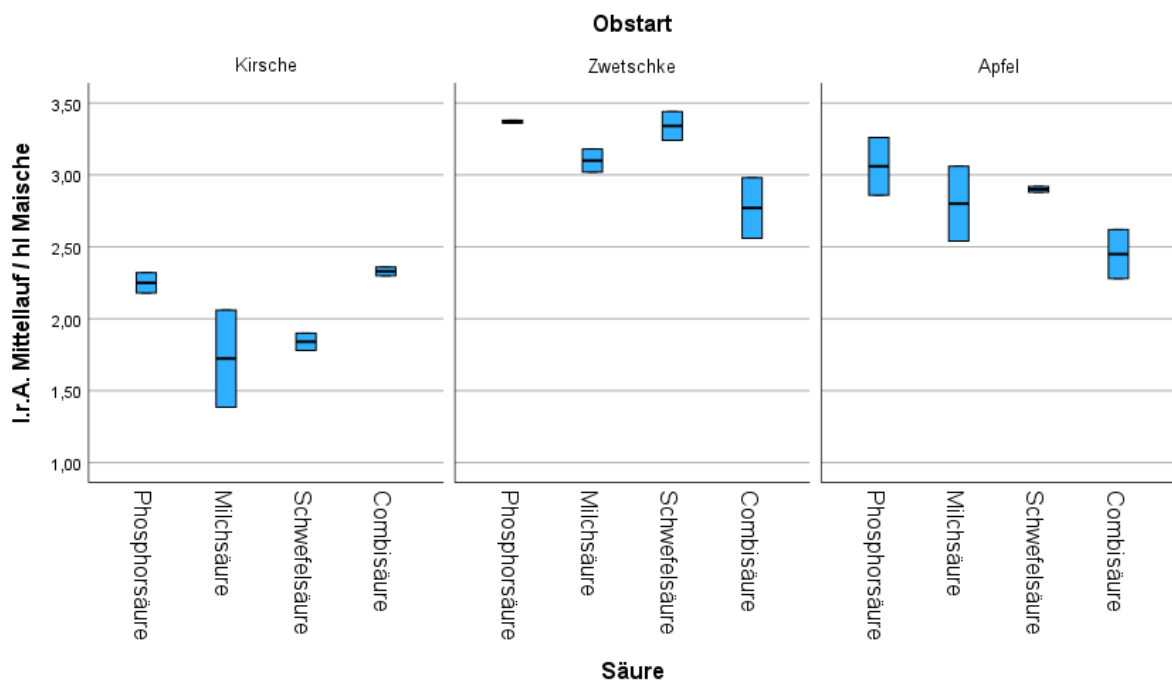


Abbildung 31: l.r.A. der Mittelläufe bezogen auf 100 l Maische.

Bei der sensorischen Bewertung zeigte sich bei Kirsche im 100-Punkte-Schema in der Kategorie „Aroma“ eine signifikante Bevorzugung von Phosphorsäure und Schwefelsäure im Vergleich zu Milchsäure. Die Milchsäurevariante wurde von den Verkoster:innen nicht als besonders fruchtig wahrgenommen. Bei den Zwetschkendestillaten schnitt bei der Verkostung mit Unstrukturierter Skala die

Phosphorsäure am besten ab. Aromatypizität, Mundgefühl und Gesamturteil wurden mit dieser Säure signifikant am besten beurteilt. Bei Apfel fand im 100-Punkte-Schema eine signifikante Verbesserung von Mundgefühl, Persistenz, Harmonie und der Gesamtbewertung durch den Einsatz von Combisäure im Vergleich zu Schwefelsäure statt.

Zusammenfassung

Das Ziel dieses Versuchs war der Vergleich des Einflusses von verschiedenen Säuren auf die sensorische Qualität von Kirsch-, Zwetschken- und Apfelfestillaten. Phosphor-, Milch-, Schwefel- und eine kombinierte Säure (Wein-, Apfel- und Zitronensäure) wurden jeweils in zweifacher Wiederholung Maische zugesetzt. Nach der alkoholischen Gärung, Destillation und Einstellen auf Trinkstärke, wurden die Obstbrände von einem Verkostungspanel mittels Unstrukturierter Skala und 100-Punkte-Schema bewertet. Bei Kirsche zeigte sich im 100-Punkte-Schema im Aroma eine signifikante Bevorzugung der Phosphorsäure und Schwefelsäure im Vergleich zur Milchsäure. Bei den Zwetschkendestillaten wurde mittels Unstrukturierter Skala eine signifikante Bevorzugung der Phosphorsäure ermittelt. Aromatypizität, Mundgefühl und Gesamturteil profitierten vom Einsatz dieser Säure. Bei Apfel konnte wiederum mit dem 100-Punkte-Schema eine signifikante Verbesserung von Mundgefühl, Persistenz, Harmonie und der Gesamtbewertung durch den Einsatz von Combisäure im Vergleich zu Schwefelsäure gezeigt werden.

Abstract

The main objective of this study was the comparison of the influence of different acids on the sensory quality of cherry, plum and apple distillates. Phosphoric, lactic, sulphuric acid and a combination (tartaric, malic and citric) of acids were added to different mash tanks in two repetitions. After the fermentation, distillation and setting to drinking strength, the fruit brandies were evaluated by a tasting panel using an unstructured scale and a 100-point scheme.

For cherry, the 100-point scheme showed a significant preference for phosphoric acid and sulphuric acid in the aroma compared to lactic acid. In the plum distillates, a significant preference for phosphoric acid was determined using the unstructured scale. Aromaticity, mouthfeel and the overall rating benefited from the use of this acid. In the case of apple distillates, the 100-point scheme showed a significant preference for combi-acid over sulphuric acid in terms of mouthfeel, persistence, harmony and overall rating.

Literatur

LIEBMINGER A, HOLSTEIN M, DIETRICH V, GÖSSINGER M (2020): Automated separation of tail fraction for fruit distillates by means of in-line conductivity measurement. *Int J Food Sci Technol* 55: 3484-3492.

OIV – Compendium of International Methods of Analysis (2016): Alcoholic strength by volume, Method OIV-MA-AS312-01A. Resolution Oeno 566.

OIV – Compendium of International Methods of Analysis (2009): Reducing substances, Method OIV-MA-AS311-01A. Resolution Oeno 377.

Z'GRAGGEN D (2021): Sauer macht fruchtig. *Kleinbrennerei* 08: 8-9.

Adresse der Autoren

HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartnerin: Mag. Monika Graf, monika.graf@weinobst.at

Einfluss von Lagerung und Tiefkühlung auf verschiedene Parameter bei Konfitüren unterschiedlicher Herkünfte von *Prunus domestica* ssp. *insititia* (L.) POIRET

Influence of storage and deep-freezing on various parameters of jams from different origins of *Prunus domestica* ssp. *insititia* (L.) POIRET

Martina Staples*, Magdalena Plattner und Mirjam Weißmann

Einleitung

Die Kriecherl [*Prunus domestica* ssp. *insititia* (L.) POIRET] sind nicht nur in Österreich weit verbreitet und wohl bekannt und doch scheinen sie zu den fast vergessenen Kulturpflanzen zu zählen. Der Begriff Kriecherl wird sprachlich sowohl für die Wildform (*Prunus insitita*) als auch für die Kulturform (*Prunus domestica* ssp. *insititia*) verwendet (SOMMER 2023). Ursprünglich aus Zentral- bis Osteuropa stammend fand sie ihren Weg bis hin nach Kasachstan oder auch nach England. Ihre Frosthärte und Widerstandsfähigkeit (KLEINZ 2016) kommen ihr im Zuge der Verbreitung zu Gute. Ihre Vielfalt spiegelt sich nicht nur in den unterschiedlichen Farben und Geschmäckern wieder, sondern auch in den Namensgebungen. Bis heute ist die Unterart der Kriecherl phylogenetisch nicht eindeutig gegliedert; eine Vielzahl an Ordnungsversuchen finden sich in der Literatur (z.B. SCHRAMAYR 2014, EDER 2017). Ziparten, Spillinge, Haferschlehen und co. sollen alle Platz unter dieser Subart finden. Durch genetische Untersuchungen soll nun langsam aber stetig Licht in den Stammbaum gebracht werden. Ohne pomologische Bestimmung ist dies auch heute zu Tage noch nicht vollständig möglich. Deshalb wird in verschiedenen Projekten (z.B. „Obst-Inventur Österreich – Genetische Charaktersistierung unserer Obstsammlungen“ oder „Obstmonitoring Österreich“) mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln versucht Ordnung (nicht nur) in den Stammbaum der Kriecherl zu bringen.

Eine eindeutige Unterscheidbarkeit findet sich jedoch bereits zwischen den Haferpflaumen und Haferschlehen, die beide dem Kriecherl zugeordnet werden. Die Haferpflaumen mit ihrer gelb-grünen Schale und gelbem Fruchtfleisch lassen sich klar von den Haferschlehen mit ihrer blauen Schale abgrenzen. Und hinter beiden tatsächlich nicht vergessenen Kulturarten stecken kleine und große Initiativen, die die Vermehrung, Verbreitung und Veredelung im Sinne einer Produktvielfalt umsetzen. Mit Erfolg: das Steirische Kriecherl, eine Haferschlehe, ist als Produkt „Pflaumenbrand“ für das geographische Gebiet Steiermark im Codex Alimentarius Austriacus als geschützte Angabe geführt (SOMMER 2023). Trotz sinkender Baumanzahl in reinen Kriecherl-Anlagen findet man sie weiterhin, auch als Jungpflanzungen, nicht nur in Streuobstanlagen.

Das Waldviertler Kriecherl, eine Haferpflaume, gewinnt zunehmend an Bekanntheit durch aktive Vereinsarbeit des Vereins „GenussRegion Waldviertler Kriecherl“, mit dem in diesem Projekt auch zusammengearbeitet wird. Das Ziel der Wertschöpfung aus diesem Kulturgut steht an erster Stelle.

Welche Herausforderungen eine kultivierte Wildobstart mit sich bringt und wie eine Ernteerleichterung und damit bessere Nutzung Vorteile bringen kann und soll wurde in den letzten Jahren intensiv untersucht (siehe z.B. STAPLES und PLATTNER 2023, LUKAS et. al 2021). Im veredelten Zustand als Produkt soll neben der sensorischen Qualität vor allem auch der optische Eindruck passen. Da das Auge bekanntlich mitisst, wurde im Zuge der Fragestellungen die sich aus vorangegangenen Versuchen ergeben haben, Hauptaugenmerk auf die Attraktivität, d.h. den optischen Eindruck der produzierten Konfitüren gelegt.

Material und Methoden

2016 wurden am Versuchsstandort Haschhof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg Waldviertler Kriecherl drei verschiedener Herkünfte (Roiten, Pehendorf, Oberrosenauer Wald) und Steirische Kriecherl jeweils auf den Unterlagen Myrobalane, Brompton, St. Julien A, INRA 2 und GF 8/1 als Hochstamm ausgepflanzt. 2024 konnten im biologischem Produktionssystem, mit Ausnahme der Herkunft Oberrosenauer Wald, reichlich Kriecherl zum optimalen Reifezeitpunkt geerntet werden. Dafür wurden sie händisch gerüttelt und mit Hilfe des Ernteschirms aufgefangen.

Die Menge an geernteten Früchten wurde gedrittelt, wobei ein Drittel für drei Tage bei Raumtemperatur gelagert wurde. Anschließend wurden diese Früchte zu Mark und weiter zu Konfitüre verarbeitet. Ein weiteres Drittel wurde umgehend zu Mark und anschließend zu Konfitüre verarbeitet und das letzte Drittel wurde zu Mark verarbeitet und tiefgekühlt. Nach zwei Monaten Tiefkühlung wurde die Ware weiter zu Konfitüre veredelt. Daraus resultieren die Varianten „Frischware“, „Lagerware“ und „Tiefkühlware“. Die Konfitüren wurden nach hausinternem Standardrezept mit 70% Fruchtanteil und 40°Brix ohne Säurezusatz hergestellt. Nach Produktion wurden sie bei durchschnittlich 15°C gelagert.

Sensorische Beurteilung: Die Konfitüren wurden von einem geschultem Kosterpanel mittels unstrukturierter Skala in den Parametern Aussehen (Attraktivität), Geruch Intensität, Geruch Komplexität, Geschmack Intensität, Geschmack Komplexität, Harmonie und Gesamturteil beurteilt. Die Proben wurden in durchsichtigen Kunststoffbechern mit gleicher Füllmenge auf weißem Untergrund gereicht. Die Auswertung der gewonnenen Daten erfolgte mittels SPSS 22.0 und Microsoft Excel.

Visuelle Beurteilung: Die Konfitüren wurden an Hand eines Dreieckstests rein visuell beurteilt ob Unterschiede erkennbar sind und welche der Proben attraktiver ist. Die Proben wurden wiederum in durchsichtigen Kunststoffbechern mit gleicher Füllmenge gereicht und bei Tageslicht mit Sonnenschein beurteilt.

Analysen: Die Farbe der Konfitüren wurde im L*a*b*- Farbraum mittels Minolta Spectrophotometer CM-5 (spektrophotometrische Methode, D65, 30mm 10°, Reflektion, ohne Glanz, Minolta, Osaka, Japan,) zum Verkostungszeitpunkt gemessen. Mit Hilfe dieser Daten wurden die optischen Unterschiede (Farbabstand) als Delta E – Wert (ΔE) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Waldviertler Kriecherl konnten von den Herkünften Pehendorf und Roiten jeweils alle drei Varianten hergestellt werden. Beim Steirischen Kriecherl wurden die Varianten Frischware und Tiefkühlware hergestellt; die gelagerten Früchte konnten auf Grund der Überreife nicht mehr verwendet werden. Dies zeigt, dass vollreif geerntete Früchte des Steirischen Kriecherls bei Raumtemperatur nicht lagerfähig sind. Waldviertler Kriecherl können, vermutlich auch auf Grund der dickeren Schale, durchaus nachgelagert werden.

Die Verkostungsergebnisse zeigen keine signifikanten Unterschiede, bis auf eine Ausnahme – beim Steirischen Kriecherl wurde im Parameter Geruchsintensität die Variante Frischware signifikant besser beurteilt als die Variante Tiefkühlware. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse des Parameters Aussehen der sensorischen Beurteilung, wobei das Steirische Kriecherl trotz seiner blauen Schale im verarbeiteten Zustand kaum unterschiedlich bewertet wird. Im Vergleich zu vorangegangenen Jahren zeigt sich eine deutlich geringere Streuung der Ergebnisse (siehe STAPLES und PLATTNER 2023). Rückschließend könnte man mutmaßen, dass der Einfluss der blauen Schalenfarbe auf die Attraktivität des Aussehens kaum Einfluss hat. In der rein visuellen Beurteilung konnten die Waldviertler Kriecherl signifikant von den Steirischen Kriecherl unterschieden werden. Eine beschreibende Verkostung zeigt zwar Unterschiede, in der beim Waldviertler Kriecherl die Tiefkühlware als „cremiger“, die Frischware als „pappiger, gries-ähnlich“ und die Lagerware als „sämig, klebrig, säureärmer“ und beim Steirischen Kriecherl die Textur der Tiefkühlware als „bananig, an Babybrei erinnernd“ beschrieben wird, jedoch konnten diese Unterschiede statistisch nicht untermauert werden.

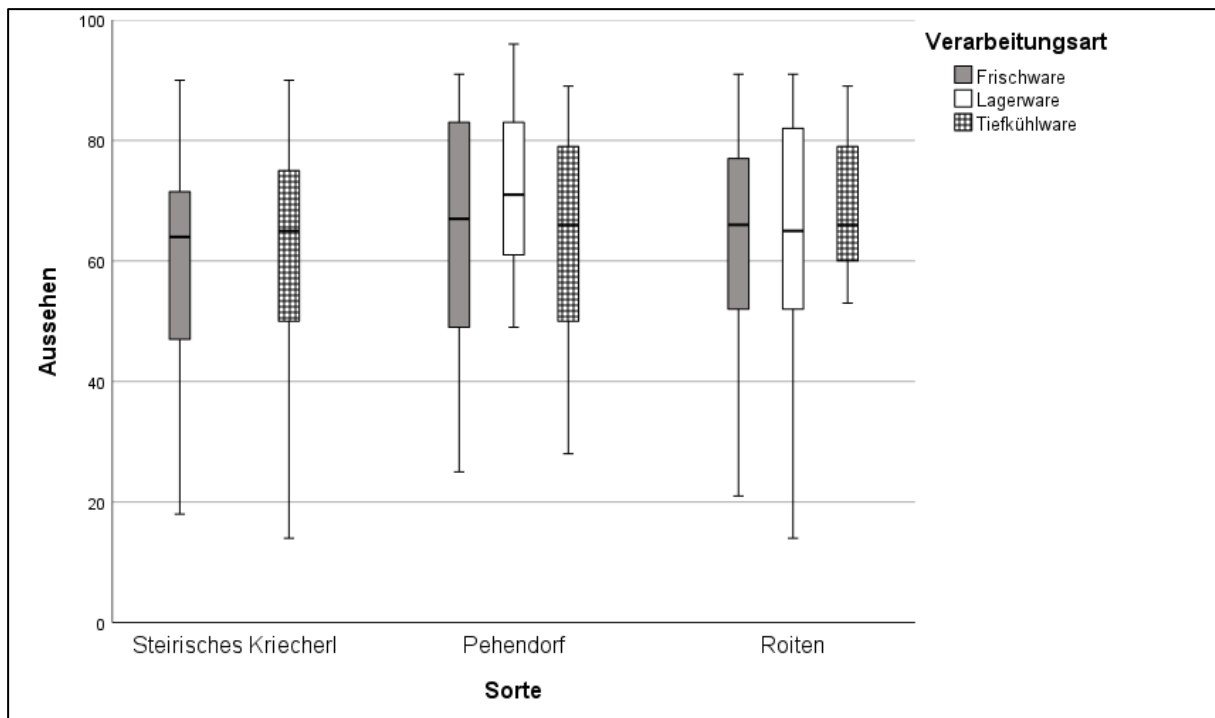


Abbildung 1: Unterschiede im Parameter Aussehen abhängig von Sorte bzw. Herkunft und Verarbeitungsart

Die Ergebnisse der rein visuellen Beurteilung zeigen signifikanten Unterschiede. Bei der Herkunft Pehendorf der Waldviertler Kriecherl konnte zwischen den Varianten Frischware und Lagerware kein Unterschied erkannt werden; zwischen den Varianten Frischware und Tiefkühlware als auch Tiefkühlware und Lagerware jedoch schon. Die Tiefkühlware wurde bei beiden Fragestellungen als nicht attraktiver bewertet. Bei der Herkunft Roiten konnte nur die Tiefkühlware von der Lagerware signifikant unterschieden werden, wobei keine der Varianten bevorzugt wurde. Zwischen den Varianten des Steirischen Kriecherls konnten signifikante Unterschiede erkannt werden, wobei die Tiefkühlware optisch bevorzugt wird.

Die Farbmessungen zeigen deutliche Unterschiede zwischen den Varianten. ΔE der Varianten des Waldviertler Kriecherls Herkunft Pehendorf korrelieren mit den Auswertungen der optischen Beurteilung. Auch beim Steirischen Kriecherl werden die Ergebnisse der visuellen Beurteilung mittels ΔE untermauert. Nur beim Waldviertler Kriecherl Herkunft Roiten gibt es keine Korrelationen. Die Proben weisen auf Grund von kleinen Schalentteilen in der Konfitüre eine größere Inhomogenität auf als die anderen Proben. Dies kann die Ergebnisse der Farbmessungen als auch das Urteil der Koster stark beeinflussen.

Da je nach Beurteilungsmethode unterschiedliche Varianten bevorzugt werden bzw. keine Unterschiede statistisch untermauert werden konnten, kann hier auch keine allgemeine Empfehlung ausgesprochen werden. Der weitere Farbverlauf der Proben der unterschiedlichen Varianten soll Auskunft über deren Farbstabilität geben um idealerweise eine oder mehrere Verarbeitungsvarianten empfehlen zu können.

Zusammenfassung

Die am Versuchsstandort Haschhof 2016 ausgepflanzten Waldviertler und Steirischen Kriecherl wurden zum optimalen Reifezeitpunkt geerntet und die Früchte zu hochqualitative Konfitüren veredelt. Die drei hergestellten Varianten Frischware, Lagerware und Tiefkühlware wurden sensorisch und optisch mittels geschultem Kosterpanel beurteilt. Weiters wurde die Farbe der Konfitüren im $L^*a^*b^*$ -Farbraum gemessen um etwaige Unterschiede zu untermauern. Die sensorische Beurteilung zeigte keine signifikanten Unterschiede. Die rein optische Beurteilung zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Varien-

ten. Da verschiedene Varianten bevorzugt wurden kann hier keine allgemeine Empfehlung ausgesprochen werden. Der weitere Farbverlauf der Proben soll Auskunft über die Farbstabilität geben um idealerweise Verarbeitungsvarianten empfehlen zu können.

Abstract

The Waldviertler and Styrian Kriecherl planted at the Haschhof trial site in 2016 were harvested at the optimum ripening time and the fruit was processed into high-quality jams. The three varieties produced - fresh, stored and frozen - were assessed from a sensory and visual perspective using a trained tasting panel. In addition, the colour of the jams was measured in the L*a*b* colour space to substantiate any differences. The sensory evaluation showed no significant differences. The purely visual assessment showed significant differences between the variants. As different variants were favoured, no general recommendation can be made here. The further colour progression of the samples should provide information about the colour stability in order to be able to recommend ideal processing variants.

Literatur

EDER G. (2017) Untersuchungen des Waldviertler Kriecherls (*Prunus domestica subsp. insititia*) anhand von phänotypischen Merkmalen. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur Wien
KLEINZ N. (2016): Ur-Obst: wurzelecht und pflegeleicht. Graz: Stocker.
LUKAS M, STAPLES M und WURM L (2021): Bio-Kriecherlanbau: Erfahrungen mit Schüttel- und Handernt. ALVA-Tagungsband 75, 238-240.
SCHRAMAYR G (2014): Die Kriecherl. NÖ Agrarbezirksbehörde, Fachabteilung Landentwicklung, St. Pölten, 1-51.
SOMMER E (2023): Steirisches Kriecherl. https://info.bml.gv.at/themen/lebensmittel/trad-lebensmittel/getraenke/steir_kriacherl.html, aufgerufen am 28.4.2025 10.22Uhr
STAPLES M und PLATTNER M (2023): Sensorische Beurteilung von Kriecherlkonfitüren waldviertler und steirischer Herkunft. ALVA-Tagungsband 77, 347–349.

Adresse der Autoren

HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneuburg

*Ansprechpartnerin: Mag.^a Martina Staples, martina.staples@weinobst.at

Erfahrungen mit und Überlegungen zu (klima-)resilienten Anbausystemen im Obstbau

Experiences with and Considerations for Climate Resilient Cultivation Systems in Fruit Growing

Lothar Wurm

Einleitung

Pflanzliche Resilienz bezeichnet das grundsätzliche Potential von Pflanzen Stressfaktoren so zu verkraften, dass sie gesund weiterwachsen können. Dabei geht es in erster Linie um Belastungen durch Schaderreger und Klimafaktoren. Da Klimaextreme, wie lange Trockenperioden oder umgekehrt Starkregereignisse, zunehmen, kommt dem Reaktionsvermögen der Pflanzen, diese Extreme ohne Schäden oder besser noch ohne Verlust an Vitalität und Leistungsfähigkeit überstehen zu können, immer größere Bedeutung zu. Resilienz gegenüber Klimaextremen statt maximale wirtschaftliche Effizienz rückt nicht nur für den Apfelanbau, sondern für alle Lebensbereiche in den Vordergrund (KROMP-KOLB, 2023). Ein Anbausystem wird, vereinfacht gesagt, im Obstbau durch alle Merkmale einer Obstanlage gekennzeichnet. Die wesentlichen Merkmale sind die Sorte, bei veredelten Baumobstarten die Unterlage, das Pflanz- und Erziehungssystem, die Baum- und Kronenform, sowie das Unterstützungsgerüst und eventuell mit diesem verbundene Witterungs- und Schaderregerschutzsysteme wie Hagelnetze oder Folienüberdachungen. Alle diese Merkmale haben einen Einfluss auf die Resilienz des Gesamtsystems „Obstanlage“. Auch die Produktionsweise, die Intensität der Pflege, biodiversitäts- und nützlingsfördernde Maßnahmen wie die Einsaat von Blühstreifen (LORENZ und JAENICKE, 2023) und die Art der Produktion, etwa nach den Richtlinien Biologischer oder konventioneller Produktion, sind immer in einem Zusammenhang mit dem Anbausystem zu betrachten und beeinflussen sich wechselseitig.

Überlegungen zu (klima-)resilienten Anbausystemen

Natürlich muss versucht werden, Schäden durch Schaderreger und Klimaeinflüsse mittels Pflanzenschutzbehandlungen, Witterungs- und Schaderregerschutzsystemen (BUCHLEITHER und ARNEGER, 2021) stabilen Unterstützungsgerüsten, Bewässerung und Spätfrostbekämpfungsmaßnahmen zu verhindern. Auch Hagel-, Frost- und sonstige Versicherungslösungen werden vermehrt in Betracht gezogen. Letztlich sind alle diese Maßnahmen mit höherem Aufwand und höheren Kosten verbunden, sodass in einer Situation oft stagnierender Preise an einer Verbesserung der Resilienz von Obstanlagen kein Weg vorbeigeht. Die maßgeblichen Faktoren einzeln betrachtet, sind prinzipiell folgende Möglichkeiten zur Resilienzsteigerung wesentlich:

Verbesserung der Resilienz gegenüber Schaderregern:

Neben einer standortangepassten Sorten- und Unterlagenwahl kommt der Obstzüchtung eine maßgebliche Bedeutung zu. Die Schwierigkeit für die Züchtung liegt allerdings darin, optimale Fruchtbarkeits- und Fruchtqualitätsparameter mit einer hohen allgemeinen Robustheit der Sorte zu kombinieren.

Verbesserung der Spätfrostresilienz:

Die Auswahl weniger spätfrostgefährdeter Lagen und spätfrostrobusterer Sorten wurde von vielen Betrieben als existenzsichernder Grundsatz des Wirtschaftens erkannt. Höhere Bäume sind weniger strahlungsfrostgefährdet, aber für Frischmarktproduktion kaum wirtschaftlich pflegbar.

Verbesserung der Trockenheits- und Hitzeresilienz

Die langfristig mögliche Verbesserung der nutzbaren Feldkapazität, also der Speicherfähigkeit des Bodens für pflanzenverfügbares Wasser, durch bodenfruchtbarkeits- und humusfördernde Bewirtschaftung ist natürlich zu begrüßen, ist aber für schwachwurzelnde Unterlagen eher als der berühmte „Tropfen auf den heißen Stein“ zu bewerten. Stärkerwüchsige Unterlagen dagegen wurzeln deutlich tiefer, fruchten aber in der Regel viel später. Die bei schwachwüchsigen Obstbäumen unerlässliche Beikrautregulierung unter den Baumkronen reduziert Trockenstress. Günstig wäre auch die Abdeckung des Baumstreifens mit organischen Materialien oder Gewebefolien (KITTEMANN et al. 2023). In der Praxis scheitert das Mulchen im Baumstreifen aber oft an Mausproblemen. Waren Sonnenbrandschäden an Früchten und

hitzebedingter vorzeitiger Fruchtfall bisher typische Probleme südlicher Anbauregionen, so hat uns spätestens der Sommer 2024 vor Augen geführt, dass wir uns auch in unseren Anbauregionen dieser Thematik stellen müssen. Beispielsweise kann die Schattenwirkung von Hagelnetzen und die Verdunstungskälte einer klimatisierenden Überkronenberegnung genutzt werden.

Verbesserung der Resilienz gegenüber Starkregenereignissen und Hagel

Schäden durch Überflutungen werden wohl nur durch die Planung und Umsetzung weitblickender Hochwasserschutzkonzepte verhindert werden können. Das Risiko für Hagelschäden variiert sehr stark von Anbaugebiet zu Anbaugebiet, nimmt aber auch in traditionell weniger gefährdeten Gebieten zu. Dennoch bleibt die Wahl weniger gefährdeter Standorte die effizienteste Methode der Schadensbegrenzung. Bei Großhandelsfrischvermarktung der Früchte sind Hagelschutznetze unentbehrlich geworden.

Verbesserung der Resilienz gegenüber orkanartigen Stürmen

Starkwüchsige, tieferwurzelnde, standfeste Unterlagen wären auch in Hinblick auf Risiken durch extreme Windgeschwindigkeiten von Vorteil. Im Moment liegt der Focus der Entwicklungen eher in der Verbesserung der Sturmsicherheit von Unterstützungsgerüsten und von Witterungs- und Schaderregerschutzsystemen, da derzeit bei frischmarktorientierter Produktion für den Großhandel an diesen Systemen noch kaum ein Weg vorbeigeht.

Erfahrungen mit (klima-)resilienten Anbausystemen

Betrachtet man also die Klimaresilienz im Detail geht es vor allem um Systeme, die mit langandauernden Trockenperioden, Starkregen-, Starkwind und Hagelereignissen und der aufgrund des immer früheren Vegetationsbeginns zunehmenden Spätfrostgefahr besser zu Rande kommen, als die derzeit genutzten Standardsysteme.

Standard- oder Fruchtwandssysteme auf schwachwüchsigen Unterlagen

Dazu zählen Anlagen als Schlanke Spindel oder als Längsspindelfruchtwand mit ca. 3000 Bäumen pro ha bei Apfel auf M9 oder etwas schwächeren (z.B. B9) oder etwas stärkeren Unterlagen (CG11) im noch schwachen Wuchsbereich und bei Birne auf schwachwüchsigen Quittenunterlagen. Aufgrund der flachwachsenden, schwachen Wurzel sind diese Systeme auf Bewässerung und ein stabiles Unterstützungsgerüst angewiesen, also in Hinblick auf Trockenperioden wenig klimaresilient. Durch die Wahl resistenter und robuster Sorten, feuerbrand- und nachbautoleranter Unterlagen (CG11, B9,...), spätfrostsicherer Lagen und Witterungsschutzsysteme, wie Hagelnetzte und neuerdings auch Agri-Photovoltaiküberdachung (ZIMMER, 2023) kann deren Resilienz so weit gesteigert werden, dass auch Biologischer Anbau gut funktionieren kann.

In Bayern wird Ende des Jahres 2025 auf mehreren Versuchsstandorten das zukunftsweisende Projekt „resiliente Anbausysteme im Obstbau“ ausgepflanzt werden. Dabei werden robuste Apfelsorten auf M9 T337 und den etwas stärkerwüchsigeren Unterlagen CG11, M200 und CG935, erzogen als Spindel und Tri-Baum, unter Standardkulturbedingungen und mit reduziertem Kulturaufwand, verglichen.

Ein Sonderfall ist die Bleiber-Weicheranlage, bei der ca. 3000 Bäume pro ha auf schwacher Unterlage, als Spindel erzogen („Weicher“), gepflanzt werden. In die Anlage sind die „Bleiber“ auf starkwüchsigen Unterlagen als Hochstamm ca. im Abstand von 10m x 10m integriert.

Standard- oder Fruchtwandssysteme auf stärkerwüchsigen Unterlagen

Standfeste Apfelspindeln oder Längskronensysteme auf M7 oder MM111, standfeste Steinobstspindeln oder Längskronensysteme und nicht ganz standfeste Birnen auf mittelstarken Quitten wurden und werden am Haschhof, mit anfälligen und robusten Sorten, mit und ohne Bewässerung, als Standardspindel und als maschinell geschnittenes und ausgedünntes Fruchtwandssystem und unter Bio- und konventionellen Bedingungen getestet. Die Pflanzdichte liegt zwischen ca. 800 bis 1300 Bäumen pro ha. Diese Unterlagen wurzeln schon deutlich tiefer und weiter, sind also trockenheitsresilienter. Daher ist ein Anbau prinzipiell auch ohne Bewässerung, allerdings dann auf einem niedrigeren Ertragsniveau, möglich. Der spätere Ertragsintritt hängt stark von der Sorte ab (Abb.1). Bei sehr fruchtbaren Sorten fällt die Ertragsverzögerung besonders bei Fruchtwandssystemen kaum ins Gewicht (WURM, 2024).

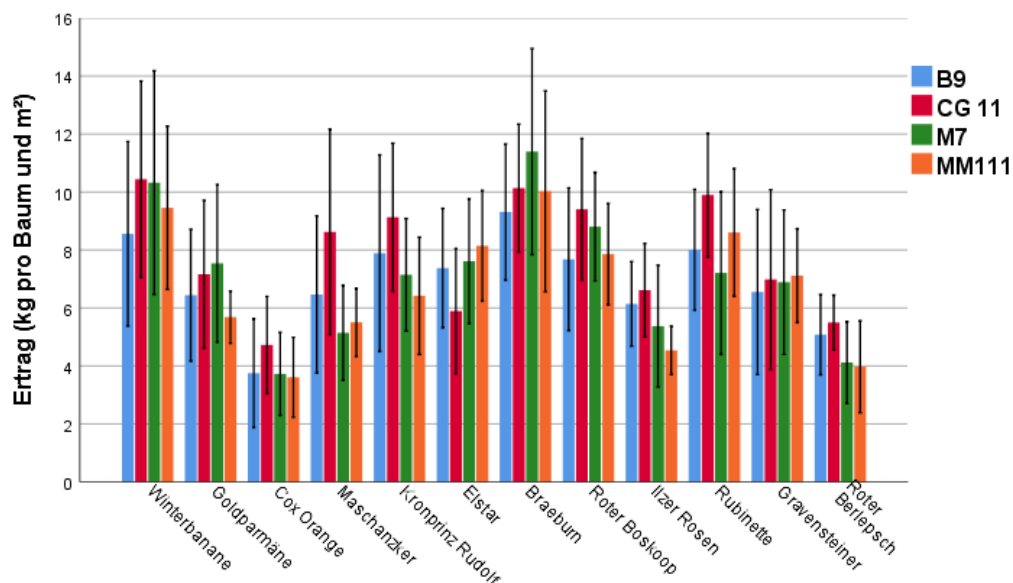


Abbildung 1 (aus WURM, 2024): **Kg Früchte pro Baum und m² Standfläche der Versuchssorten kumuliert von 2019 bis 2023 gruppiert nach Unterlagen (Fehlerbalken: 95% CI, +/- 1 SD)**

Großkronige Anlagen auf stärkerwüchsigen Unterlagen mit niedriger Stammhöhe

Hohlkronen- oder Rundkronenanlagen auf starkwüchsigen Unterlagen sind im Steinobstanbau weltweit verbreitet. Reihenweiten von 6 bis 8m und Pflanzabstände von 4 bis 6m sind üblich. Im österreichischen Erwerbsanbau haben sie bei Pfirsich als Hohlkrone auf Pfirsichsämling oder Pfirsich-Mandelhybrid GF 677 und im Marillenanbau in der Wachau mit der Sorte Klosterneuburger (Selektion aus Ungarische Beste) als flexible Hohlkrone, meist auf Brompton oder Marillensämling, eine gewisse Bedeutung. In Bezug auf Klimaresilienz weisen diese Anlagen sowohl Vorteile als auch Nachteile auf. Die starkwüchsigen Unterlagen wurzeln tief und vermitteln eine hohe Trockenheitsresilienz. Die meisten Marillenanlagen werden daher auch nicht bewässert. Durch die niedrige Stammhöhe bleiben die Bäume auch gut pflegbar und ist intensiver Pflanzenschutz und vor allem die für die Frischfruchtqualität unabdingbare händische Ausdünnung möglich. Maschinelle Pflege ist im Vergleich zu Fruchtwandsystemen nur mehr eingeschränkt durchführbar, etwa bei Marillen die Ausdünnung mit dem Erius- oder Eclairvalgerät. Im Vergleich zu Spindeln kann nach Spätfrostschäden das aufgrund des fehlenden Fruchtansatzes explodierende Triebwachstum durch den größeren Standraum pro Baum besser gebändigt werden. Leider macht die zunehmende Spätfrostgefahr vielen Betrieben mit solchen Systemen einen Strich durch die Rechnung, da pflegeleichte, niedrigere Baumhöhen keinen Sinn machen, wenn nach Strahlungsfrösten erst ab 3 bis 4 m Baumhöhe intakte Blüten und junge Früchte zu finden sind.

Großkronige Anlagen auf stärkerwüchsigen Unterlagen als traditioneller Halb- oder Hochstamm

Halb- und Hochstämme heimischer Kern-, Stein- und Schalenobstarten prägen seit Jahrhunderten das Landschaftsbild, waren bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts die vorherrschenden Baumformen und sind nach wie vor typisch, wenn von Streuobstanbau die Rede ist. Unumstritten ist der ökologische Wert von Streuobstwiesen mit ihrer Vielfalt an alten Sorten als Biotop, genauso wie ihre Bedeutung als altes Kulturgut. Dass gerade eine so nachhaltige Form des Anbaus massiv ins Hintertreffen geraten ist, hat viele Gründe. Eingeschleppte Schaderreger, die Schwierigkeit mit Hochstämmen Frischfruchtqualität zu produzieren, die erschwerte Anlagenpflege und der langsame Ertragsintritt sind ausschlaggebend für diese Entwicklung.

Superhochstämme

Mit dem Innovationsprojekt (EIP-AGRI) „SUPERHOCHSTÄMME – Klimaresiliente Mehrnutzen-Hochstamm-Produktionssysteme (M-HPS) für eine zukunftsfähige Bewirtschaftung im Obstbau“ wird in den nächsten Jahren in Österreich unter der Leitung des Instituts für angewandte Ökologie und Grund-

lagenforschung mit zahlreichen operationellen und strategischen Partnern ein völlig neuer Weg beschritten. Es soll erstmals ein modernes Hochstamm-Produktionssystem etabliert werden. Eine höhere Klimaresilienz, vor allem gegenüber langen Trockenphasen und orkanartigen Stürmen, soll u. a. durch Direktsaat von Sämlingen, respektive Einsatz neuer Sämlingsselektionen erreicht werden. Nach der Standortveredlung mit robusten alten Sortenspezialitäten wird je nach Obstart bzw. Nutzung ein Stamm von 3 m bis 12 m Höhe angestrebt, wodurch unter und neben den Bäumen eine Mehrfachnutzung als Grünland, mit ackerbaulichen Kulturen, Beweidung oder Spezialkulturen möglich wird. Zur Pflege und Obsternte soll einerseits die bestehende Technik aus dem Intensivobstbau adaptiert, andererseits neue Technik entwickelt werden.

Zusammenfassung

Die zunehmenden Klimaextreme wie Spätfrost, Trockenperioden, Starkregenereignisse oder orkanartige Stürme sowie Risiken durch invasive Schaderreger führen zu einer Diskussion, ob die derzeitigen Anbausysteme diesen Anforderungen noch gerecht werden. Die Möglichkeiten zu reagieren sind vielfältig, von der früh fruchtbaren, aber wenig klimaresilienten Dichtpflanzung auf schwacher Unterlage, die durch Witterungs- und Schaderregerschutzsysteme „klimafit“ gemacht wird, bis hin zu den sehr klimaresilienten Mehrnutzen-Hochstamm-Produktionssystemen, die durch Mehrfachnutzung der Fläche über längere Zeiträume wirtschaftlich nutzbar sein sollen.

Abstract

Increasing climate extremes such as late frost, dry periods, heavy rainfall events or hurricane-like storms as well as risks from invasive pests are leading to a discussion as to whether current cultivation systems can still meet these requirements. There are many ways to respond, from early-fertile but less climate-resilient dense planting on dwarfing rootstocks, which is made ‘climate-fit’ by weather and pest protection systems, to very climate-resilient multi-benefit high-stem production systems, which are intended to be economically viable over longer periods of time through multiple utilisation of the cultivation area.

Literatur

- BUCHLEITHER S und ARNEGGER, T (2021): Geschützter ökologischer Anbau von Tafeläpfeln. Obstbau 2: 71-76
- LORENZ J und JAENICKE H (2023): Biodiversität fördern Teil 12: Die ökologische optimierte Obstanlage. Obstbau 12: 656-658.
- KITTEMANN D, BECK M, WERTH J, HAUG AL, BIEGERT K, KILLER A, ZIMMERMANN A, KUSTER, TH (2023): Projekt: Präventives Wassermanagement im Obstbau, Teil 1. Obstbau 12: 634-638
- KROMP-KOLB, H. (2023): Klimawandel–Symptom einer Fehlentwicklung. Obstbau-Weinbau 2: 5-11
- WURM L (2024): Biologischer Anbau von Apfelsorten im Multi-Leader-System auf starkwüchsigen Unterlagen im Vergleich zu einer Längs-Spindelfruchtwand auf schwachen Unterlagen. Mitteilungen Klosterneuburg 74: 116-130
- ZIMMER, J (2023): Agri-PV-Projekt Obstbau am DLR Rheinpfalz, Teil 1. Obstbau 5: 307-309.

Adresse des Autors

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

* Ansprechpartner: Dipl. Ing. Dr. Lothar WURM, lothar.wurm@weinobst.at

Streuobst in Österreich – Chancen und Herausforderungen

Meadow Orchards in Austria – Opportunities and Challenges

Michael Krutzler*

Einleitung

Streuobstwiesen sind seit Jahrhunderten Teil der österreichischen Agrarlandschaft und prägen die regionale wie auch kulturelle Identität. Bereits im Mittelalter kultivierten Klöster und Adel hochstämmige Obstbäume auf ihren Ländereien zur Gewinnung von Frischobst, Dörrfrüchten und Most. Heute finden sich Streuobstbestände vor allem in Oberösterreich, Niederösterreich und der Steiermark, wo etwa 2,9 Millionen der österreichweit vorhandenen 4,2 Millionen Obstbäume stehen. Diese extensiv bewirtschafteten Flächen sind weit mehr als Produktionsstätten: Sie sind Refugien alter Obstsorten und bieten wertvolle Lebensräume für Insekten, Vögel und Fledermäuse. Die ökologische und kulturelle Bedeutung des Streuobstanbaus wurde Ende 2023 durch die Aufnahme in das UNESCO-Verzeichnis des immateriellen Kulturerbes unterstrichen. Als Basis für die Antragstellung wurde ein umfangreiches Hintergrunddokument zum Streuobstanbau in Österreich erstellt. Der vorliegende Beitrag stützt sich unter anderem auf diese Dokumentation, um Chancen und Herausforderungen des Streuobstbaus in Österreich aufzuzeigen.

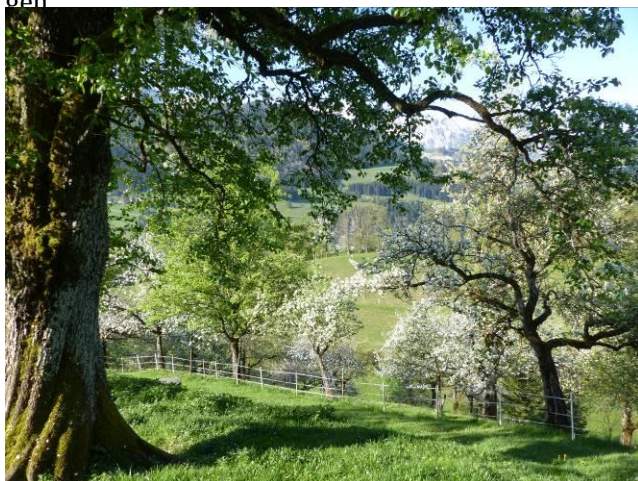


Abbildung 1: Streuobstfläche. © Elisabeth Rethenegger

Material und Methoden

Die Inhalte beruhen auf einer selektiven Auswertung aktueller wissenschaftlicher Publikationen, Fachliteratur, agrarischer Fachberichte sowie einschlägiger Quellen nationaler Initiativen wie der ARGE Streuobst Österreich. Ergänzend wurden statistische Daten aus historischen und aktuellen agrarischen Erhebungen berücksichtigt.

Ergebnisse

Historischer Überblick

Der hochstämmige Obstbau hat in Österreich eine lange Tradition. Ab dem 7. Jahrhundert führten Ordensgemeinschaften Obstbaumkulturen in Klostergärten ein. Ebenso fand der Obstbau Eingang auf den Ländereien der im Mittelalter entstandenen herrschaftlichen Schlösser. Erst im 16. und 17. Jahrhundert wurden großkronige Obstbäume vermehrt auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgepflanzt. Der Bedarf an Alternativen zum Wein als Hastrunk stieg, konnte jedoch zunächst durch die geringe Anzahl an Obstbäumen nicht gedeckt werden. Die Entstehung von Bauern-Baumschulen kurbelte die Obstbaumproduktion schließlich an. Im 19. Jahrhundert erreichte der Streuobstanbau eine erhebliche Ausdehnung. Bezirks- und Gemeindebaumschulen wurden zur Versorgung der bäuerlichen Betriebe gegründet. Obstbau wurde in Schulen unterrichtet und sogenannte Obstbauwanderlehrer trugen ihr Wissen in abgelegene Gemeinden. Die hohe Zahl an Streuobstbäumen war bis kurz nach dem Zweiten Weltkrieg

wirtschaftlich bedeutsam, da der Eigenverbrauch groß war. Um 1930 erreichte Österreich mit etwa 38 bis 40 Millionen Obstbäumen den historischen Höchststand. In den 1950er Jahren führte die Industrialisierung der Landwirtschaft, gepaart mit sinkendem Eigenbedarf, Sortenentwertung und einem Preisverfall bei Verarbeitungsobst, zum Bedeutungsgewinn intensiv geführter Plantagen. Rodungsprämien beschleunigten den Rückgang zusätzlich. In der Folge kam es zwischen 1968 und 1988 zu einem Rückgang von rund 40% der extensiv genutzten Obstbäume, ein Trend, der erst um 2010 gebremst wurde. Seit den 1980er Jahren erfährt der Streuobstanbau wieder verstärktes Interesse. Anstelle früherer Rodungen treten nun Auspflanzungsprogramme, und das Wissen um traditionelle Nutzung wird neu entdeckt, außerdem gewinnt die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit streuobstrelevanten Themen wieder an Bedeutung. Streuobst ist heute nicht mehr ausschließlich ein Thema der Landwirtschaft, sondern ist auch für Natur- und Landschaftschutz, Tourismus, Kulinarik und Gartenkultur von Bedeutung.

Definition

2017 wurde angesichts des anhaltenden Begriffsdiskurses im deutschsprachigen Raum von der ARGE Streuobst eine Streuobstdefinition für Österreich erarbeitet und veröffentlicht. Mit deren Hilfe kann der Streuobstanbau von anderen Formen des Obstbaues differenziert werden. Streuobstbestände setzen sich aus verschiedenen Obstbäumen zusammen die in klassisch großkroniger Form erzogen werden und freistehend sind. Zentral ist eine extensive, standortgerechte Bewirtschaftung. Wesentlich sind außerdem eine hohe Obstarten- und Obstsortenvielfalt, unterschiedliche Stammhöhen, sowie unterschiedliche Wuchsformen und Altersklassen. Man findet Streuobstbäume unter anderem auf Grünland, in Gärten, auf Ackerflächen, in Weingärten, als Baumzeilen und Alleen, als haus- und Hofbäume sowieso als Einzelbäume in der Landschaft. Typisch ist der Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel. Die Böden unter den Bäumen werden oft als Wiesen oder Weiden genutzt (Unternutzung), wodurch ein Multifunktionssystem entsteht. Kurz: Streuobst ist ein traditionelles Agroforstsystem, das Obstproduktion, Natur- und Kulturerhalt verbindet.

Zentrale Aspekte des Streuobstbaus

Streuobstwiesen sind Hotspots genetischer Vielfalt. Über Jahrhunderte hinweg entwickelte sich in Österreich eine große Zahl regionaltypischer Obstsorten. Schätzungen gehen allein in Mitteleuropa von über 6000 Sorten aus, darunter mindestens 2700 Apfel- und 800 Birnensorten. Diese Vielfalt ist nicht nur kulturelles Erbe, sondern bietet auch Potenzial, etwa hinsichtlich Krankheitsresistenz oder Klimatoleranz. Pomologen und Genbanken arbeiten an der Wiederentdeckung, Dokumentation und praktischer Nutzung dieser Sorten. Ihr langfristiger Erhalt ist an eine aktive Nutzung gebunden.

Darüber hinaus erbringen Streuobstwiesen bedeutende Ökosystemleistungen. Sie speichern Kohlenstoff, regulieren das Mikroklima, schützen den Boden vor Erosion und bieten Lebensraum für eine Vielzahl an Tierarten. Gleichzeitig sind sie landschaftsprägend und fördern das Erleben und die Erholung in der Kulturlandschaft.

Ein bedeutendes Forschungsfeld ist die Pflanzengesundheit im Streuobstbau. Aufgrund des weitgehenden Verzichtes auf chemische Mittel stehen robuste Sorten, widerstandsfähige Unterlagen und biologische Pflanzenschutzmaßnahmen im Fokus. Herausforderungen bestehen vor allem bei Feuerbrand und Birnenverfall, deren Kontrolle in extensiven Systemen schwierig ist. Auch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung solcher Krankheiten sind bislang unzureichend erforscht.

Trotz ihrer ökologischen und kulturellen Bedeutung gilt die Streuobstwiese als wirtschaftlich wenig attraktiv. Die Erträge pro Fläche sind gering, der Pflegeaufwand jedoch hoch. Viele Bestände wurden daher in den letzten Jahrzehnten vernachlässigt. Eine nachhaltige Nutzung – der Grundsatz „Erhalt durch Nutzung“ – ist essenziell: Nur gepflegte Bäume mit verwerteten Früchten sichern den langfristigen Bestand. Funktionierende Wertschöpfungsketten, regionale Absatzmärkte und gezielte Fördermaßnahmen sind daher entscheidend.

Offene Fragen und Diskussion

Trotz wachsender gesellschaftlicher Wertschätzung ergeben sich zahlreiche offene Fragen, die weiterer Forschung bedürfen. Die Auswirkungen des Klimawandels auf Streuobstbestände, insbesondere im Hinblick auf Extremwetterereignisse, sind unklar. Auch die Wirtschaftlichkeit der Bewirtschaftung bleibt problematisch – insbesondere außerhalb des Biobereichs. Ein Spannungsfeld ergibt sich zwischen Sortenerhaltung und praktischer Nutzung: Nur Sorten, die tatsächlich angebaut und verwertet werden,

können erhalten bleiben. Solche Initiativen benötigen oft begleitende Marketing- und Bildungsmaßnahmen, um langfristig erfolgreich zu sein. Technologische Innovationen wie Drohnen, Sensoren oder digitale Tools zur Bestandsüberwachung bieten neue Möglichkeiten, sind jedoch bislang kaum flächendeckend etabliert. Nicht zuletzt ist die gesellschaftliche Beteiligung entscheidend. Die langfristige Pflege und Weiterentwicklung von Streuobstwiesen erfordert Engagement, insbesondere von jüngeren Generationen. Bildungsprojekte, Schulkooperationen und öffentlichkeitswirksame Aktionen können hier unterstützend wirken.

Schlussfolgerung

Streuobstwiesen sind multifunktionale Landschaftselemente, die Obstbau, Natur- und Kulturschutz vereinen. Ihre Chancen liegen in wachsender gesellschaftlicher Anerkennung, ihre Herausforderungen in mangelnder Pflege, Alterung der Bestände, Klimawandel und geringer Wirtschaftlichkeit. Wenn Landwirte, Forschung und Konsumenten zusammenarbeiten, können die Potenziale des Streuobstbaus besser genutzt werden. Bei konsequenter Förderung und Anerkennung seines Wertes kann der Streuobstbau eine zukunftsfähige Rolle im österreichischen Obstbau spielen.

Zusammenfassung

Der Streuobstanbau in Österreich ist eine historisch gewachsene Form der Landbewirtschaftung, die eng mit bäuerlicher Selbstversorgung, kultureller Identität und Biodiversität verbunden ist. Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts prägten Streuobstwiesen mit großkronigen Obstbäumen weite Teile der österreichischen Kulturlandschaft. Die zunehmende Mechanisierung der Landwirtschaft, wirtschaftliche Rahmenbedingungen und staatlich geförderte Rodungsprämien führten jedoch zu einem drastischen Rückgang. Seit den 1980er Jahren erfährt der Streuobstbau durch vielfältige Initiativen wieder verstärkte Aufmerksamkeit. Die Gründung der ARGE Streuobst Österreich sowie die Aufnahme in das nationale Verzeichnis des immateriellen Kulturerbes der UNESCO im Jahr 2023 unterstreichen die kulturelle und ökologische Relevanz. Streuobstwiesen leisten einen wesentlichen Beitrag zur Biodiversität, Klimaanpassung und Kohlenstoffbindung. Gleichzeitig bestehen nach wie vor Herausforderungen in Form von Krankheiten, klimatischen Extremereignissen und mangelnder wirtschaftlicher Rentabilität. Eine zukunftsfähige Entwicklung des Streuobstbaus setzt den Erhalt traditionellen Wissens, die Entwicklung innovativer Pflegekonzepte und eine breite gesellschaftliche Anerkennung voraus.

Abstract

Traditional meadow orchards in Austria represent a historically evolved form of land use, closely linked to subsistence farming, cultural identity, and biodiversity. Until the mid-20th century, scattered fruit trees with large canopies were a defining feature of the Austrian rural landscape. However, agricultural mechanization, economic shifts, and state-sponsored grubbing incentives caused a dramatic decline in orchard tree numbers. Since the 1980s, renewed appreciation has emerged through numerous ecological and cultural initiatives. The founding of ARGE Streuobst Österreich and the inclusion of Austrian orchard culture in the national UNESCO cultural heritage list in 2023 highlight its significance. Meadow orchards contribute substantially to biodiversity, climate resilience, and carbon sequestration. Nonetheless, challenges such as plant diseases, climate extremes, and low profitability persist. Ensuring the future of orchard cultivation requires the preservation of traditional knowledge, the development of adaptive management practices, and strong societal recognition.

Literatur

ARGE STREUOBST 2017: Streuobst – Definition für Österreich, in: Fachorgan des Österr. Bundes-Obstbauverbandes (Ed.), Besseres Obst. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
BÖRNER H, SCHLÜTER K, AUMANN J (2009). Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. In Springer-Lehrbuch. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-49068-5>
BREINESBERGER J, HOLLER C, BERNKOPF S, ENGELMEIER M, SILHAVY-RICHTER K,

HINTERBICHLER E, SILBER R (2024): Streuobstanbau in Österreich. Immaterielles Kulturerbe der UNESCO - Hrsg. ARGE Streuobst Österreich. Österreichische Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Streuobstbaus und zur Erhaltung obstgenetischer Ressourcen, Klosterneuburg.

FRIEDRICH G, KEGLER H (1993). Handbuch des Obstbaus.

GRILL D, KEPPEL H (2005): Alte Apfel- und Birnensorten für den Streuobstbau.- Leopold Stocker Verlag, Graz.

HANDLECHNER G, SCHMIDTHALER M (2019): Äpfel und Birnen Schätze der Streuobstwiesen.- Leader Region Tourismusverband Moststraße.

LANGE-MALECKI B (2022): Die Streuobstwiese ein Kleinod der Biodiversität – Teil 2: Tiere. Verlag Jörg Mitzkat, Holzminden.

NABU (2025, 23.April) – NATURSCHUTZVERBAND DEUTSCHLAND (2025). <https://www.nabu.de/>

RIEDLE-BAUER M, PALESKIC C, SCHÖNHUBER C, STAPLES M., BRADER G (2022). Vector transmission and epidemiology of ‘Candidatus Phytoplasma pyri’ in Austria and identification of Cacopsylla pyrisuga as new pathogen vector. Journal Of Plant Diseases And Protection, 129(2), 375–386. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00526-y>

STATISTIK AUSTRIA (2022): Landwirtschaftlicher Extensivobstbau 2020.- online Veröffentlichung, www.statistik.at/fileadmin/pages/163/LandwExtObstbau2020ges.pdf

STREUOBST ÖSTERREICH (2025, 23.April). <https://www.argestreuobst.at/>

WURM L, BACHINGER K, RÖGNER J, SCHREIBER R, PIEBER K, SPORNBERGER A (2002): Marillen Aprikosenanbau - pflege - verarbeitung.- Österr. Agrarverlag.

Adresse des Autors

HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: DI Michael KRUTZLER, michael.krutzler@weinobst.at

DivMoSt: Monitoring von Streuobstflächen

DivMoSt: Monitoring of meadow orchards

Martina Staples^{*1}, Peter Unglaub², Markus Milchram², Markus Immitzer³, Franz Suppan³, Francesco Vuolo³, Christian Holler⁴, Annette Bauer⁴, Franz Rosner¹, Mirjam Weißmann¹, Karin Silhavy-Richter¹, Michael Krutzler¹, Julia Lanner², Martin Strausz², Isabella Weis⁵, Samira Linhart², Eva Hinterbichler⁷, Philipp Bodner⁷, Eva Hengsberger⁶, Eva Maria Schöll⁵ & Sophie Kratschmer²

Einleitung

Streuobstflächen haben eine lange Tradition in Österreichs Kulturlandschaft. Sie bestehen aus unterschiedlichen großkronigen, freistehenden Obstbäumen wobei charakteristisch eine hohe Obstarten- und Sortenvielfalt unterschiedlicher Ausprägung ist. Die verschiedenen Stammhöhen, Wuchsformen und Altersklassen zeichnen weiters einen solchen Bestand aus (ARGE STREUOBST 2017). Streuobstflächen sind „Nutzökosysteme“ in denen die Obstproduktion und die Nutzung der Fläche, z.B. als Weidefläche unter den Bäumen die Wertschöpfung ergibt. Streuobstflächen sind durch die Heterogenität der Fläche meist aufwändiger in der Bewirtschaftung und im Vergleich zu Intensivobstanlagen wirtschaftlich aktuell nicht konkurrenzfähig (BADER und HOLLER 2013), was auch verschiedenste Förderungen bis jetzt nicht ausgleichen konnten. Auch auf Grund von Überalterung und Flächenumwidmung sind viele dieser Flächen bedroht.

Durch die extensive Bewirtschaftung bieten sie hochwertige, halboffene Lebensräume mit großer Bedeutung für die Tier- und Pflanzenwelt (JAGEL et al. 2020). Altbäume mit Baumhöhlen und/oder Totholz bieten Nistmöglichkeiten und Verstecke für Vögel, Fledermäuse und bestimmte Wildbestäuber. Durch die unterschiedlichen Nahrungs- und Nisthabitate ergibt sich eine hohe Insektenbiomasse welche lebensnotwendige Nahrung für andere Organismen darstellt. Wildbienen und Tagfalter profitieren von der Vielfalt des Blütenangebotes und gelten, wie auch Heuschrecken, als Indikatororganismen um Aufschluss über die Lebensraumqualität eines Standortes zu geben (KEVAN 1999). Immer mehr Publikationen erscheinen über die immensen Ausmaße der Artenvielfalt und der ökologischen Relevanz von Streuobstwiesen (z.B. DECKER et. al 2024, GUARIENTO et. al 2024), wobei mit Hilfe dieser Daten ein Beitrag zum effektiven Schutz der Biodiversität betrieben werden kann. Auch der vielseitige Nutzen und die Dringlichkeit der Erhaltung kommt im Bewusstsein der Öffentlichkeit an. Bis heute hat der Erhalt und die Erhöhung der Biodiversität im Kulturland einen großen jedoch auch unterschätzten Nutzen für die landwirtschaftliche Produktion (MENG et. al 2016). DAINESE et al. 2019 zeigte auf, dass eine Ökosystemleistung, wovon die landwirtschaftliche Produktion im Allgemeinen und somit auch der Obstbau im Speziellen abhängt, unter anderem mit der Höhe der Artenvielfalt der jeweiligen Tiergruppen zusammenhängt.

Streuobstbäume finden sich nicht nur auf Grünland (Streuobstwiesen), sondern auch in Gärten, auf Ackerflächen, in Weingärten, als Baumzeilen und Alleen oder Einzelbäume in der Landschaft (ARGE STREUOBST 2017). Der aktuelle Bestand an Streuobstbäumen beruht auf Schätzungen (BADER und HOLLER 2013, BREINESBERGER und HOLLER 2022), da die statistischen Erhebungen nur den landwirtschaftlichen Bereich abdecken. Die Schätzungen weisen auf etwa 75% mehr Streuobstbäume hin als in der ÖPUL-Maßnahme „punktförmige Landschaftselemente Streuobst“ gemeldet sind. Für Österreich existiert bis dato kein aktueller flächendeckender Datensatz über die räumliche Verortung der Streuobstbestände. Der „Streuobstanbau in Österreich“ wurden 2024 auf Initiative und Antrag der ARGE Streuobst in die nationale Liste des immateriellen Kulturerbes der UNESCO aufgenommen, was auch die aktuelle gesellschaftliche Relevanz widerspiegelt. Für eine höhere Wertigkeit in der allgemeinen Wahrnehmung trägt fundiertes Wissen bei, wodurch wiederum mehr Verständnis generiert wird und gezielte Förder- bzw. Schutzmaßnahmen ermöglicht werden. Deswegen und dafür soll im Projekt DivMoSt ein geeignetes Monitoringsystem entwickelt werden, um die Bestände systematisch zu erfassen und deren Zustand zu bewerten. Weiters sollen Lücken im Biodiversitätsmonitoring in Streuobstwiesen durch die Erhebung von Indikatortiergruppen geschlossen werden. Die in den österreichischen

Biodiversitätsbericht einfließenden Ergebnisse sollen im Naturschutz helfen mögliche Bedrohungen früher zu erkennen und gezielte Schutzmaßnahmen zu setzen.

Material und Methoden

Das Projekt DivMoSt, finanziert durch den Biodiversitätsfonds des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft, umfasst zwei gleichermaßen relevante Hauptziele: die Methodenentwicklung zur flächenhaften Abgrenzung bzw. Ausweisung von Streuobstflächen und die Bereitstellung von Zusatzinformationen zum Biodiversitätsbericht. Das Projekt ist in 5 Arbeitspakete untergliedert, welche durch Informationsfluss miteinander im Austausch stehen (siehe Abb. 1).

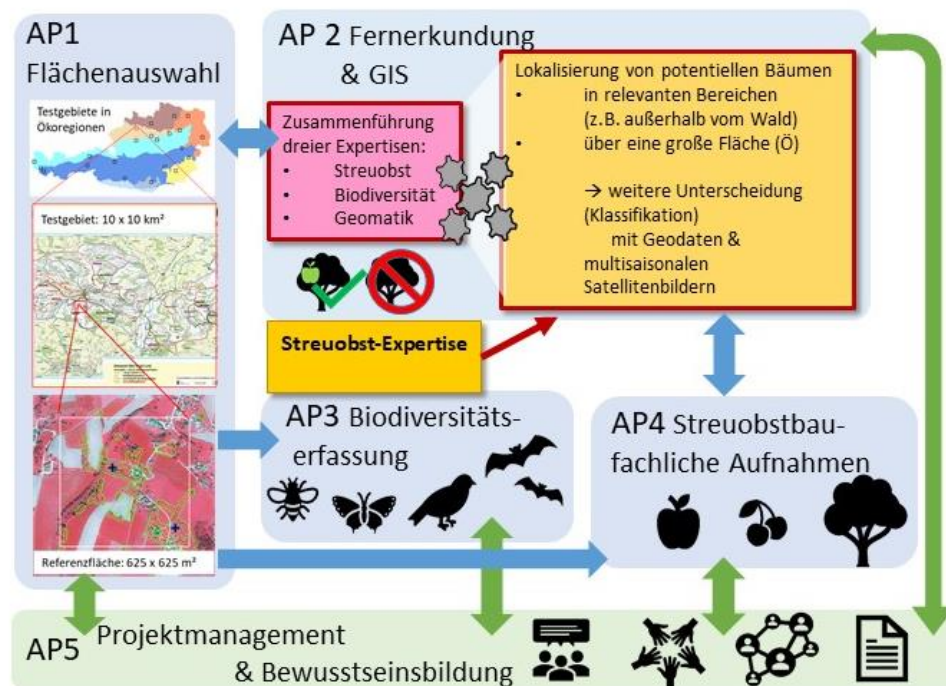


Abb.1: **Projektstruktur DivMoSt inkl. Arbeitspakete und Informationsfluss zwischen den AP**

Für das erste Hauptziel sollte anhand von 23 Testgebieten mit jeweils mindestens 100 km² Größe, die repräsentativ für Streuobstvorkommen in ganz Österreich sind, eine Methodik für die flächenhafte Abgrenzung bzw. Ausweisung von Streuobstflächen erarbeitet werden, die für ganz Österreich anwendbar ist.

Dazu wurden in jedem der 23 Testgebiete zwei Landschaftsausschnitte (je 1 x 1 km²) gewählt, in denen der Ist – Zustand an Streuobstflächen durch Feldbegehungen erhoben wurde. Zum einen wurde ein Teil der Felderhebungen in Kombination mit Geodaten aus der Fernerkundung und Expert:innenwissen dazu verwendet, die Abgrenzungsmethodik zu erarbeiten, zum anderen wurde ein Teil der Felderhebungen dazu genutzt, ein Qualitätsmaß für die Abgrenzungsmethode zu erhalten (Validierung). Speziell mit multisaisonalen Satellitenbildern (PlanetScope Bilder über die gesamte Wachstumsperiode) sollen räumliche und spektrale Charakteristika von Streuobstflächen erarbeitet werden. Damit kann ein Klassifikationsalgorithmus (Random Forest Classification) trainiert werden.

Der Fokus lag aufgrund der kurzen Projektlaufzeit auf der Erarbeitung und Erprobung der Methodik in diesen repräsentativen Testgebieten in unterschiedlichen Ökoregionen Österreichs. Die in diesem Projekt entwickelte Methodik soll in Zukunft ein bundesweites und wiederkehrendes Monitoring auf Basis von Fernerkundungsdaten von Streuobstbeständen ermöglichen.

Für das zweite Hauptziel sollten ergänzende Informationen und Daten für die Erstellung des österreichischen Biodiversitätsberichtes, der im Jahr 2026 der Europäischen Kommission vorgelegt werden soll, geliefert werden. Die erhobenen Daten aus den im Zentrum der 1 x 1 km² großen Landschaftsausschnit-

ten liegenden Referenzflächen (625 x 625 m²) sollten bestehende Biodiversitätsmonitorings für Indikatortiergruppen (Wildbienen, Tagfalter, Heuschrecken, Vögel und Fledermäuse) in ihrem räumlichen und zeitlichen Detailgrad durch Erfassung und Zustandsbewertung verbessern. Wissenslücken in Bezug auf Streuobstlebensräume sollten hiermit geschlossen werden. Die Diversität der Indikatortiergruppen wurde anhand des Artenreichtums, der Bestände und/oder der Aktivität der jeweiligen Artengruppen gemessen. Mit Hilfe von Audiogeräten sollte darüber hinaus eine Erhebung der Vogelarten getestet werden, welche in Zukunft eine semi-automatisierte Erfassung ausgewählter Vogelarten ermöglichen könnte. Das Bild zum Status und der Entwicklung der Biodiversität im Kulturland sollte auch durch die gemeinsame Analyse der Biodiversitätsdaten mit fernerkundlichen und streuobstbaufachlichen Daten verbessert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Hilfe des Netzwerkes des ARGE Streuobst und dank großem Interesse von Flächenbesitzern konnten 23 Testgebiete in die Untersuchungen einbezogen werden (geplant war zunächst nur die Bearbeitung von 20 Gebieten) und damit eine entsprechende Repräsentativität für Österreich erreicht werden. Nach Einholung der naturschutzrechtlichen Genehmigungen und der Betrittsgenehmigungen der Grundstücksbesitzer:innen konnten durch Feldbegehungen die Streuobstwiesen kartiert werden. Die Methoden wurden bei verschiedenen regionalen Streuobstkartierungen bereits erprobt, wobei der Fokus darauf lag, Streuobstflächen eindeutig von anderen Gehölzen zu unterscheiden. Grundlage zur Erfassung lieferten detaillierte Karten im Maßstab 1:2000. Darin wurden Streuobstbestände als Flächen, Einzelbäume der Obstarten [Apfel, Birne, Zwetschken-Gruppe (die einzelnen Vertreter der Gruppe undifferenziert), Walnuss, Kirsche, Marille, Pfirsich, Edelkastanie, Sorbus-Arten (Elsbeere, Speierling, Vogelbeere)] als Punkte verortet. Jede Fläche wurde nach Qualitätsparametern eingestuft (siehe Abb. 2). Die erhobenen Daten wurden anschließend digitalisiert und liegen als georeferenzierte Datensätze vor.

Zur Erarbeitung der Methodik der Extrahierung der Streuobstflächen wurden unter anderem Daten der „beantragten Obstbäume“ aus der ÖPUL-Fördermaßnahme für punktförmige Landschaftselemente, die Waldmaske der BFW, Wetterdaten der Geosphere Austria, die DKM und INVEKOS Förderflächen Feldstücke miteinbezogen. Die fernerkundliche Methodenentwicklung erfolgte auf der Basis von unterschiedlichen Baumartenkartierungen (IMMITZER et al. 2023, IGLSEDER et al. 2023) sowie den streuobstfachlichen Ergebnissen aus der Kartierung vor Ort. Die Ergebnisse zeigen eine gute Trennbarkeit von Obstbäumen zu anderen Laubbäumen und Sträuchern. Die Auswahl der finalen Kartierungsquadranten war auch von pragmatischen Aspekten wie Zugänglichkeit und Betretungserlaubnis beeinflusst. Ein anderer Aspekt ist natürlich die Gebundenheit an die Verfügbarkeit von multisaisonalen Satellitenbildern, speziell im Hinblick auf Wolkenbedeckung. Wie sich in den Auswertungen gezeigt hat ist aber nicht nur die Blütephase von Relevanz – wo es auch für den Menschen sichtbar ist - sondern speziell auch spätere phänologische Phasen.

Zur Biodiversitätserfassung wurden Wildbienen in 4 Erhebungsdurchgängen erhoben. Die Methodik stellt eine standardisierte Beprobung wie z.B. im Wildbienen-Monitoring Österreichs dar und ist daher vergleichbar. Auch bei den Tagfaltern wurden die Referenzflächen viermal begangen und in Anlehnung an die Kartierungsmethode BINATS- bzw. ÖBM-Projekten die Erhebung durchgeführt. Mit diesen Methoden wurden zusätzlich auch Heuschrecken erhoben, da sie eine hohe Relevanz als Indikatororganismen haben. Zur Kartierung, Bestimmung und Validierung von Fledermäusen wurden zusätzlich zu Netzfängen „batlogger“ ausgebracht und die Rufaufnahmen mit dem Programm „batexplorer“ vermessen und klassifiziert sowie auch manuell validiert. Die Erfassung der Vogelarten erfolgte in zwei Erhebungsdurchgängen direkt in den Referenzflächen im Rahmen von Punkt-Stopp-Kartierungen, in Anlehnung an das bestehende Brutvogelmonitoring von BIRDLIFE ÖSTERREICH (2018). Die Anwesenheit der einzelnen Vogelarten wurde auch mithilfe von Audiogeräten erfasst, welche zentral in der Referenzfläche angebracht wurden, mit dem Ziel die Methodik der semi-automatisierten Auswertung der Audiodateien zu verbessern.

Bereits nach ersten Auswertungen zeigt sich die Notwendigkeit der Erfassung der oben beschriebenen Daten, da sich die Annahme bestätigte, dass mehr Streuobstflächen existieren als bis jetzt erfasst wurden. Es konnten insgesamt 5912 Einzelbäume und 3270 Streuobstpolygone mit einer Gesamtfläche von

237,6 ha in den 46 Landschaftsausschnitten aufgenommen werden. Die Anzahl der in den Ausschnitten vorhandenen Streuobstbäume übersteigt die Anzahl der in den ÖPUL-Förderungen beantragten Obstbäume deutlich. Darüber hinaus zeigte sich, dass viele der gesichteten Vögel, Fledermäuse, Tagfalter, Heuschrecken und Wildbienen als gefährdet, stark gefährdet oder selten gelten. Die noch nicht vollständig erhobenen Biodiversitätsdaten, die 2025 komplettiert werden, verdeutlichen jedoch bereits jetzt die Notwendigkeit der Erhaltung von Streuobstflächen aufgrund ihrer ökologischen Bandbreite an vorgefundenen Organismen.

Kartierungsfeld GIS-Nr.:	
Ort:	Blatt Nr.:
Streuobstfläche Nr.:	
Unterwuchs GL LW-Grünland, Hgt Hausgarten, Ac Acker, Br Brache, Verb Verbuschung, Sonst Sonstiges	Bewertung
Durchschnittliches Bestandesalter j jung < 20y, M Mittel 20-60y, A alt > 60y	
Nachpflanzungen im Bestand vorhanden 0 keine, 1 wenige, 2 ausreichend, 3 viele	
Mistelbefall 0 keiner, 1 gering, 2 mittel, 3 stark	
Pflege der Bäume 0 keine, 1 mäßig od. falsch, 2 ausreichend, 3 gut	
Obstarten- u. Strukturvielfalt 0 keine, 1 gering, 2 mittel, 3 hoch	
Anmerkungen:	

Abb.2: Qualitätsparameter der zu beschreibenden Flächen

Zusammenfassung

Das Projekt DivMoSt beinhaltet zwei gleichermaßen relevante Hauptziele: die Methodenentwicklung zur flächenhaften Abgrenzung bzw. Ausweisung von Streuobstflächen und die Bereitstellung von Zusatzinformationen zum Biodiversitätsbericht. Mit einem wissensbasierten, räumlichen Regelwerk erfolgt die Erarbeitung der Methodik für die Extrahierung und Charakterisierung von Streuobstflächen in Kombination mit Möglichkeiten der automatisierten Verarbeitung (machine learning). Dies wird eine wesentliche Weiterentwicklung zu bereits bestehenden Ansätzen darstellen. Fernerkundungsinformationen und Expert:innenwissen aus dem Bereich Streuobst sollen kombiniert werden und somit zur Innovation der Extraktion der Streuobstflächen führen. Erste Datenerhebungen und Vergleiche mit bestehenden Informationen zeigen sowohl im Streuobstbereich als auch bei der Erhebung der Indikatortierarten die Notwendigkeit dieses Projektes, die Wichtigkeit der Streuobstwiesen an sich und somit auch deren Beitrag zu Ökosystemleistungen.

Abstract

The DivMoSt project has two equally relevant main objectives: the development of methods for the area-based delineation or designation of meadow orchards and the provision of additional information for the biodiversity report. A knowledge-based, spatial set of rules will be used to develop the methodology for extracting and characterising meadow orchards in combination with automated processing options (machine learning). This will represent a significant further development of existing approaches. Remote sensing information and expert knowledge from the meadow orchard sector are to be combined and thus lead to innovation in the extraction of meadow orchard areas. Initial data collection and comparisons with existing information show the necessity of this project, the importance of the meadow orchards themselves and thus their contribution to ecosystem services, both in the meadow orchard area and in the survey of indicator species.

Literatur

- ARGE STREUOBST 2017: Streuobst – Definition für Österreich, in: Fachorgan des Österr. Bundes-Obstbauverbandes (Ed.), Besseres Obst. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- BADER R, HOLLER C 2013: Extensiver Obstbau in Österreich: Erfassung in der Statistik und Entwicklung seit 1930. Stat. Nachrichten 4
- BIRDLIFE ÖSTERREICH 2018: Monitoring der Brutvögel Österreichs – Kurzinformation. <https://www.birdlife.at/>. Zugriff am 09.12.2024.
- BREINESBERGER J, HOLLER C 2022: Streuobstanbau in Österreich. Hintergrunddokument zur Bewerbung um Aufnahme in das österreichische Verzeichnis des immateriellen Kulturerbes. Klosterneuburg.
- DAINESE M, MARTIN E A, AIZEN M A, ALBRECHT M, BARTOMEUS I, BOMMARCO R 2019: A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. Sci. Adv. 5. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121>
- DECKER P, SCHLITT M, MÜLLER J, BALKENOL B, BURKHARDT U, FRANKE R, HOEFLICH S, KRAHL M, LÜBCKE T, RITZ C M, RITZ M, SCHOLZ A UND WESCHE K 2024: Die Tier-, Pflanzen- und Pilzarten einer jungen Streuobstwiese in Ostritz im Landkreis Görlitz (Sachsen): Kosten und Nutzen. Stiftung IBZ St. Marienthal, Oberlausitz-Stiftung, Görlitz/Ostritz
- GUARIENTO E, OBWEGS L, ANDERLE M, BELLÉ A, FONTANA P, PANICCIA C, PLUNGER J, RÜDISSE J, STIFTER S, GIOMBINI V, VIGL L E, TAPPEINER U UND HILPOLD A 2024: Meadow orchards as a good practice example for improving biodiversity in intensive apple orchards. Biological Conversation 299.
- IGLSEDER A, IMMITZER M, DOSTÁLOVÁ A, KASPER A, PFEIFER N, BAUERHANS L C 2023: The potential of combining satellite and airborne remote sensing data for habitat classification and monitoring in forest landscapes. International Journal of applied Earth observation and Geoinformation 117. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103131>
- IMMITZER M, MUTANGA O, ATZBERGER C 2023: Mapping Tree Species Diversity. <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-8527-7>
- JAGEL A, BUCH C, SCHMIDT C 2020: Artenvielfalt auf einer Obstwiese – Eine Bestandsaufnahme in Bochum/Nordrhein-Westfalen. Jahrb. Bochumer Bot. Ver 11, 96–170.
- KEVAN P G 1999: Pollinators as bioindicators of the state of the environment: Species, activity and diversity. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 373–393. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00044-4)
- MENG J, LI L, LIU H, LI Y, LI C, WU G, YU X, GUO L, CHENG D, MUMINOV M A, LIANG X, JIANG G, 2016: Biodiversity management of organic orchard enhances both ecological and economic profitability. PeerJ 2016, 1–22. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.2137>

Adressen der Autoren

¹ HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneuburg

² BOKU University, Institut für Zoologie, Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

³ BOKU University, Institut für Geomatik, Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

⁴ Ingenieurbüro für Kulturtechnik u. Wasserwirtschaft, Natur- u. Landschaftsschutz, Tobaj 59, 7544 Güssing

⁵ BOKU University, Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft, Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

⁶ Planötzenhofstraße 19/10, 6020 Innsbruck

⁷ Baumschule Fruchtttrieb, Kreuth 11, 9640 Kötschach-Mauthen

*Ansprechpartnerin: Mag.^a Martina Staples, martina.staples@weinobst.at

POSTER

**Ursachenanalyse und Optimierung der mikrobiologischen Stabilität von
geslicerter Brüh- und Kochpökelware**

***Root cause analysis and optimization of the microbiological stability of sliced
boiled and cooked cured products***

Julia Lindenbauer^{1*}, Gernot Zweytick¹ und Michael Stelzl²

Siehe Seite 19 ALVA-Förderpreis

Untersuchungen zur Wirkung verschiedener Kieselgur-Suspensionen auf Eier und Nymphen der Marmorierten Baumwanze, *Halyomorpha halys*

Evaluation of the efficacy of diatomaceous earth suspensions against eggs and nymphs of the invasive pest *Halyomorpha halys*

Martin Parth*, Angelika Gruber, Martina Melchiori, Silvia Schmidt und Manfred Wolf

Einleitung

Die Marmorierte Baumwanze *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) gilt in Europa und weiten Teilen der Welt als Neozoon und bedeutender landwirtschaftlicher Schädling (LESKEY et al. 2013). Ökonomisch bedeutende Fruchtschäden durch die eingeschleppte Wanze waren in Südtirol (Italien) bis dato vor allem im Apfelanbau zu beklagen.

Eine Vorbeugung *H. halys*-bedingter Schäden gestaltet sich im Kernobstanbau aufgrund der hohen Schädlingsmobilität (Flugfähigkeit Adulte) und der allgemein langen Reife- und potentiellen Expositions-dauer der Früchte als schwierig. Im integrierten Apfelanbau werden im Bedarfsfall konventionelle Insektizide zur Schadprävention eingesetzt. Mit der Intention, mögliche natürliche Alternativen bzw. ergänzende Ansätze zur chemischen Bekämpfung zu finden, wurde eine Prüfung von Diatomeenerde (Kieselgur)-Präparaten vorgenommen. Diatomeenerde verfügt über struktur- bzw. physikalisch bedingte insektizide Eigenschaften und wird zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt (u.a. Vogelmilbe, Bettwanze, Vorratsschädlinge).

Mittels eines Laborscreenings an Eigelegen wurde die Wirkung von Sprühbehandlungen mit verschiedenen Kieselgur-Präparaten auf die Schlupfleistung und Mortalität von Nymphen untersucht. Zusätzlich wurden Prüfversuche an Eigelegen unter Halbfreilandbedingungen durchgeführt. Geprüft wurden verschiedene amorphe, nicht-kalzinierte Diatomeenerden, bei welchen es sich entweder um Biozide, Pflanzenschutzmittel gegen Vorratsschädlinge oder um als Pflanzenstärkungsmittel (Ital.: corroboranti) deklarierte Präparate handelte.

Material und Methoden

1. Mittelscreening an Eigelegen unter Laborbedingungen

Laborzucht: Das Screening erfolgte an Eigelegen aus einer semikontinuierlichen Laborzucht. Die Zuchtpopulation wurde jährlich durch adulte Freilandfänge aufgefrischt. Die Zucht erfolgte unter Langtag-Bedingungen (16:8 h L:D) bei 25° C und 65 % Luftfeuchte (LF). Als Futter dienten Karottenstücke, grüne Bohnen, Kiwi-Früchte sowie Sonnenblumenkerne.

Prüfmethodik: Im Rahmen des Laborscreenings wurden verschiedene Diatomeenerde-Präparate an Eigelegen geprüft. Eine Auflistung der getesteten Produkte findet sich in Tabelle 1. Die Behandlung erfolgte als Sprühapplikation. Eigelege wurden einzeln aus Stoffnetzen (primärer Eiablageort) ausgeschnitten und samt anhaftender Netunterlage (1-2 cm² große Ei-besetzte Fragmente) behandelt. Mit einem handbetriebenem Laborzerstäuber (Dünnschichtchromatographie-Sprüher) wurden die Testsubstanzen in dreiprozentiger bzw. fünfprozentiger Konzentration (m/v) auf Eigelege aufgebracht [ermittelte durchschnittliche Auftragsmenge (H₂O): 4,6 mg ± 0,95 cm⁻² (PARTH et al. 2024)]. Pro Versuchsdurchgang und Variante wurden jeweils sechs Eigelege behandelt. Bei jedem Versuchsdurchgang wurde eine sechs Eigelege umfassende Negativkontrolle (Wasser-Behandlung) durchgeführt. Die Eier wiesen zum Behandlungszeitpunkt ein Alter von null bis drei Tagen, bei einer Entwicklungstemperatur von 25° C auf. Nach einer fünfminütigen Abtrocknungsphase an der Luft wurden die behandelten Eigelege einzeln in, mit doppellagigen Zellstoffscheiben versehene hitzesterilisierte Glaspetrischalen (Ø 10 cm) überführt. Die Ei-Inkubation und Aufzucht der Nymphen erfolgte in einem Zuchtschrank bei 25° C, 65 % LF und Langtagbedingungen (16:8 L:D). Als Futter dienten grüne Bohnenschoten. Für jedes Eigelege wurde die Schlupfrate sowie die Mortalität daraus hervorgegangener Nymphen-Kohorten erhoben. Der Kontrollhorizont reichte bis zum Erreichen des zweiten Nymphenstadiums. Die kumulative Mortalität wurde wie folgt als Quotient erfolgreich entwickelter Individuen und Eizahl berechnet: Mortalität = $100 - (N_i \cdot N_{\text{Eier}}^{-1}) \cdot 100$ [%]; N_i = Anzahl der aus einem Eigelege hervorgegangenen Individuen, welche erfolgreich das zweite Nymphenstadium (N2), erreichen. N_{Eier} = Anzahl Eier pro Eigelege.

Die gemittelte Mortalitätsausprägung einzelner Prüfgruppen wurde jeweils mit jener einer korrespondierenden Kontrollgruppe mittels einseitigem t-Test verglichen. Bei nicht-normalverteilter Datenausprägung (Shapiro-Wilk: $p < 0.05$) bzw. Varianzheterogenität (Brown-Forsythe: $p < 0.05$) wurde ein Mann-Whitney-U Test vorgenommen (SigmaPlot 13.0). Weiters wurde eine Varianzanalyse zwischen den Behandlungsgruppen anhand der aus drei (bzw. vier) Versuchswiederholungen gepoolten Daten durchgeführt.

Tabelle 1: Liste bzw. Angaben bezüglich der im Labor(-Screeningverfahren) an Eigelegen geprüften Diatomeenerde (Kieselgur)-Präparate

Präparat:	Zusammensetzung:	Einstufung / Verwendungszweck:	Schüttdichte Bulk density:	Empfohlene Felddosis (sofern zulässig):
Diatomin Vital (Agrinova Fachvertrieb & Agrarhandel GmbH, DE)	Diatomeenerde (amorph) 100%, Pulver	Stallhygienemittel	^a 145 g L ⁻¹	/
Diato-Rock (Zerre snc, IT)	Diatomeenerde, Pulver (80 % SiO ₂ , 4 % Al ₂ O ₃ , 1,5 % Fe ₂ O ₃)	Gesteinsmehl, Pflanzenstärkungsmittel (Ital.: <i>corroborante</i>)	^a 271 g L ⁻¹	20-30 kg ha ⁻¹
Silicol (Spagro srl, IT)	Diatomeenerde, Pulver (80 % SiO ₂ , 4 % Al ₂ O ₃ , 1,5 % Fe ₂ O ₃)	Gesteinsmehl, Pflanzenstärkungsmittel (Ital.: <i>corroborante</i>)	^b 340-650 g L ⁻¹	10-30 kg ha ⁻¹
SilicoSec (Biofa GmbH, DE)	Diatomeenerde 100%, Pulver	Insektizid-Akarizid (gegen Voratsschädlinge im Getreide; Einsatz in Lager, Silos, Mühlen)	^b 190-230 g L ⁻¹	/

^a empirisch ermittelt; ^b Angabe aus Produktbroschüre/Sicherheitsdatenblatt

2. Prüfung von Diatomeenerde-Suspension an Pfirsichpflanzen im Käfigversuch

Um die Wirkung von Diatomeenerde-Suspension auf Eigelege unter Halbfreilandbedingungen zu prüfen, wurde im August 2023 und September 2023 jeweils ein Käfigversuch mit Pfirsichpflanzen durchgeführt. Eigelege-besetzte Pfirsichpflanzen wurden mit Diatomeenerde-Suspension (Diatomin Vital 2,5 % m/v) besprüht, einzeln in Netzkäfige (BugDorm, Taiwan) gestellt und im geschützten Außenbereich gelagert (nordost-exponierte Hauswand mit Dachvorsprung). Eine jede Pfirsichpflanze war mit vier, blattunterseitig angeklebten Eigelegen versehen. Pro Versuchsdurchgang wurden jeweils vier Pflanzen verwendet. Zwei Pflanzen wurden mit Diatomeenerde behandelt, zwei Pflanzen dienten als Negativ-Kontrolle und wurden mit Wasser behandelt. Die Behandlung erfolgte mit einer elektronischen Rückenspritze mit 5 bar Arbeitsdruck. Vier Wochen nach Behandlung wurden sämtliche Eihüllen gesammelt und gezählt, sowie der Nymphenbesatz in den verschiedenen Käfigen untersucht. Es wurde die Zahl lebender und verendeter Nymphen innerhalb eines jeden Käfigs erhoben und die Mortalitätsrate bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

1. Mittelscreening an Eigelegen unter Laborbedingungen:

Die Ergebnisse der Mortalitätserhebung finden sich in nachfolgender Abb. 1 und Tabelle 2 wieder. Die Applikation der Diatomeenerde Diatomin Vital führte sowohl in drei- als auch in fünfprozentiger Konzentration in zwei von jeweils drei unabhängigen Versuchen zu einer gegenüber der Kontrolle statistisch signifikant erhöhten kumulativen Mortalität von Ei und ersten Nymphenstadium ($\alpha = 0,05$) (Tab. 2). Insgesamt ergab sich für Behandlungen mit Diatomin Vital eine durchschnittliche kumulative Mortalität von 76% bzw. 72 % ($n = 18$ Eigelege). Die erhöhte kumulative Mortalität gegenüber der Kontrolle resultierte aus einer erhöhten Sterblichkeit der frisch geschlüpften Nymphen, während die Schlupfrate nicht wesentlich beeinträchtigt war. Der überwiegende Teil der Mortalitätsfälle trat binnen weniger Stunden nach dem Schlupf auf. Eine Varianzanalyse des gepoolten Gesamtdatensatzes ergab signifikante Wirkunterschiede der verschiedenen Präparate ($F_{(6, 125)} = [9,600]$, $p = < 0,001$). Diatomin Vital wies in beiden Konzentrationsstufen eine signifikant bessere Wirkung als Silicol (3 %, 5 %) und Diato-Rock (3 %) auf (Holm-Sidak: $p = < 0,01$). Die Behandlungen mit Diato-Rock (3 %, 5 %) und SilicoSec (5 %) resultierten jeweils nur in einem der doppelt replizierten Versuche in einer gegenüber der Kontrolle statistisch signifikant erhöhten Mortalität. Die durchschnittliche kumulative Mortalität (Ei - N2) nach SilicoSec-Behandlung belief sich auf 48 %. Die Diatomeenerde Silicol führte in beiden Konzentrationsstufen und in keinem der Versuchsansätze zu einer statistisch signifikant erhöhten Mortalität. Die durchschnittliche Gesamtmortalität nach Silicol-Behandlungen ($n_{[3\%]} = 18$ Eigelege, $n_{[5\%]} = 24$ Eigelege) belief sich auf 19 % bzw. 17 %, während sich für die gepoolten Kontrollansätze eine durchschnittliche kumulative Mortalität von 21 % ergab ($n = 78$ Eigelege).

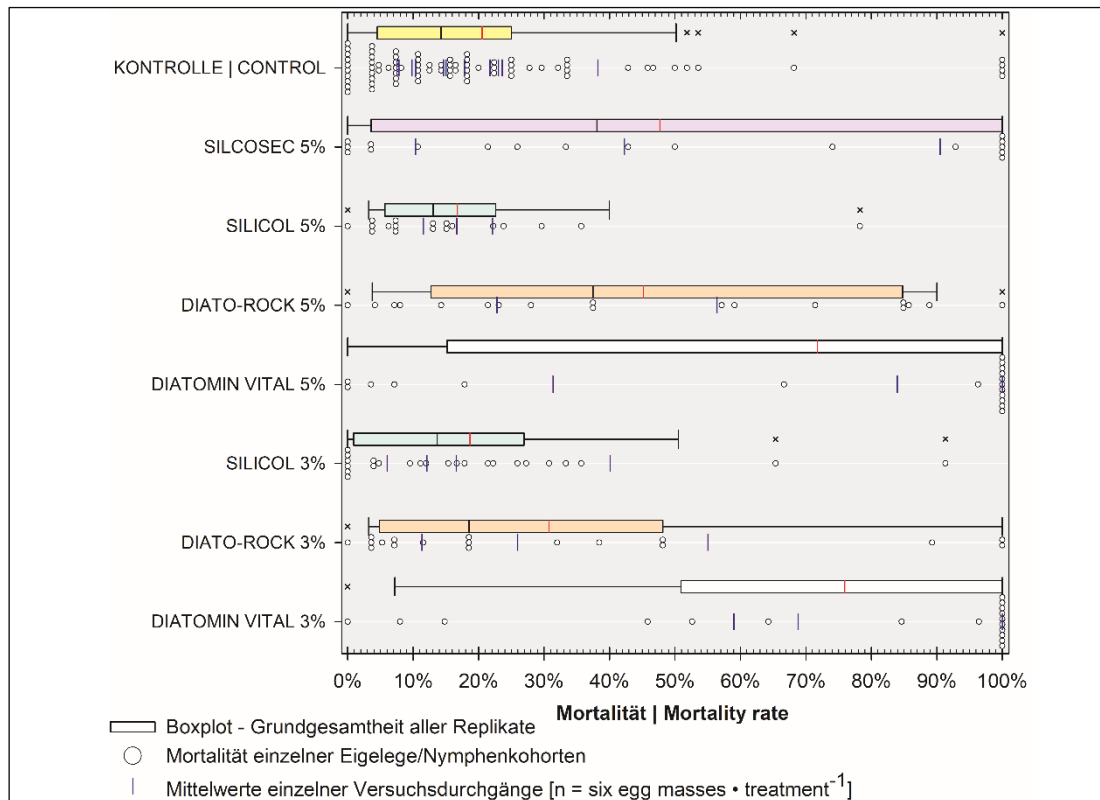


Abbildung 1: Kumulative Mortalität von Ei- und erstem Nymphenstadium nach Eigelegebehandlung |
Ovo-larval mortality [cumulative mortality of egg and first-instar nymphs]. Whisker: 10. und 90.
Perzentil | 10th and 90th percentile

Tabelle 2: Ergebnisse: Durchschnittliche kumulative Mortalität (Ei + N1) und Standardabweichung (σ)
einzelner Versuchs- und Kontrollansätze (Mittelwert aus sechs Eigelegen). Statistik: Vergleich von Prüf-
und Kontrollmortalität mittels einseitigem t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test

Prüfstoff Substance	Konzentration Conc.	Versuch Trial	Mittelwert kumulative Mortalität (Ei + N1) $\pm \sigma$ [%] Mean cumulative mortality (egg + N1) $\pm \sigma$		One-sided t-test, p =	Mann- Whitney-U, p =
			Prüfstoff Substance	Kontrolle Control		
Diatomin Vital	50 g L ⁻¹	1	31,3 $\pm$ 38,47	(15,0 $\pm$ 17,87)	*	na
		2	100,0 $\pm$ 0,00	(23,0 $\pm$ 18,21)	*	< 0,01
		3	83,9 $\pm$ 34,36	(9,8 $\pm$ 7,97)	*	< 0,05
SilicoSec	50 g L ⁻¹	1	10,3 $\pm$ 12,63	(23,6 $\pm$ 23,21)	ns	na
		2	42,3 $\pm$ 33,37	(15,0 $\pm$ 17,87)	ns	na
		3	90,5 $\pm$ 21,30	(9,8 $\pm$ 7,97)	*	< 0,01
Diato-Rock	50 g L ⁻¹	1	56,4 $\pm$ 34,52	(21,7 $\pm$ 12,95)	< 0,05	na
		2	22,8 $\pm$ 18,18	(17,8 $\pm$ 12,71)	ns	na
		3	56,4 $\pm$ 31,79	(17,8 $\pm$ 12,71)	*	ns
Silicol	50 g L ⁻¹	1	22,1 $\pm$ 27,70	(17,8 $\pm$ 9,57)	*	ns
		2	16,7 $\pm$ 7,29	(14,6 $\pm$ 9,24)	ns	na
		3	11,5 $\pm$ 7,43	(8,7 $\pm$ 4,81)	ns	na
Diatomin-Vital	30 g L ⁻¹	1	100,0 $\pm$ 0,00	(17,8 $\pm$ 9,57)	*	< 0,01
		2	68,8 $\pm$ 29,39	(14,6 $\pm$ 9,24)	< 0,01	na
		3	59,0 $\pm$ 43,39	(7,8 $\pm$ 12,10)	*	ns
Diato-Rock	30 g L ⁻¹	1	25,9 $\pm$ 32,54	(10,4 $\pm$ 10,42)	*	ns
		2	13,6 $\pm$ 6,06	(38,2 $\pm$ 30,73)	*	ns
		3	55,0 $\pm$ 33,64	(8,7 $\pm$ 4,81)	*	< 0,01
Silicol	30 g L ⁻¹	1	12,0 $\pm$ 9,71	(7,5 $\pm$ 7,21)	ns	na
		2	6,0 $\pm$ 7,94	(17,8 $\pm$ 9,57)	< 0,05	na
		3	16,6 $\pm$ 11,70	(21,7 $\pm$ 12,95)	ns	na
		4	40,0 $\pm$ 30,02	(17,8 $\pm$ 12,71)	ns	na

*: keine Normalverteilung bzw. Varianzheterogenität, t-test nicht durchgeführt | t-test was not performed do to non-normal data distribution
(Saphiro-Wilk: p < 0.05) or because of unequal variance (Brown-Forsythe: p < 0.05); ns: p > 0,05; na: nicht berechnet | not performed

Interessanterweise wies das Präparat Diatomin Vital, mit der vergleichsweise besten Wirkung, die geringste Schüttdichte auf, während sich für Silicol mit einer wesentlich höheren Schüttdichte keine insektizide Wirkung ergab (Tabelle 1, Abb.1). Die aus Diatomeenerde-behandelten Eiern geschlüpften und anschließend verstorbenen Nymphen waren von einem Partikelfilm bedeckt und merklich vertrocknet. Die primäre Wirkweise von Diatomeenerde besteht in der Physisorption von Kutikularlipiden, wodurch die Integrität der Kutikula gestört und ein Austrocknungseffekt hervorgerufen wird (EBELING, 1971; QUARLES, 1992). Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen im Labor kann nicht direkt auf eine gleichgeartete Freilandwirkung geschlossen werden. Die Effizienz von Diatomeenerde ist wesentlich von den Umweltbedingungen abhängig und verhält sich aufgrund der austrocknenden Wirkungsweise reziprok zur Luftfeuchte (BRIDGEMAN 1998, KORUNIĆ et al. 2016, RANABHAT 2020).

Eine mortalitätssteigernde Wirkung trocken applizierter Diatomeenerde auf *H. halys*-Nymphen im Labor sowie eine Reduktion Wanzen-bedingter Fruchtschäden durch die Ausbringung einer Kombination von Schwefelpräparaten und Diatomeenerde wurde bereits durch CHIERICI et al. (2025) festgestellt.

2. Prüfung von Diatomeenerde-Suspension an Pfirsich im Käfigversuch:

Bei zwei unabhängigen Versuchen wurde nachfolgend auf die Diatomeenerde-Behandlung eine jeweils hundertprozentige Mortalität festgestellt. In Käfigen, welche mit Diatomeenerde-behandelten Pflanzen besetzt waren, wurden nach vierwöchiger Inkubation keine lebenden Tiere vorgefunden. Beim ersten Versuch im August lag die Kontrollmortalität bei durchschnittlich 40 %. Bei der zweiten Versuchsdurchführung lag die durchschnittliche Kontrollmortalität bei ca. 73 %. Beim zweiten Ansatz wurde in den Kontrollkäfigen eine erhöhte Mortalität aber nur wenige Nymphen und Eiüberreste festgestellt. Aufgefundene Eigelege wiesen Fraßspuren auf. Es besteht die Hypothese, dass die im Vergleich zum ersten Versuch erhöhte Kontrollmortalität einer Prädation von Eiern und Nymphen durch in die Käfige eingedrungene oder verschleppte Prädatoren zugrunde liegt.

Anhand des einmalig wiederholten Prüfversuchs konnte die bereits im Rahmen des Laborscreenings festgestellte mortalitätserhöhende Wirkung des suspendierten Stäubepulvers Diatomin Vital bestätigt werden. Im Rahmen dieses Versuches wurde die Wirkung einer im Vergleich zum Screeningansatz geringeren Konzentration von 2,5 % (m/v) unter Halbfreilandbedingungen untersucht und bestätigt.

Zusammenfassung

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Wirkunterschiede zwischen den verschiedenen als Suspension applizierten Diatomeenerden festgestellt. Die erhobenen Daten wiesen insgesamt eine hohe Streuung auf. Eine signifikante Übersterblichkeit unter Laborbedingungen sowie im Käfigversuch unter Halbfreilandbedingungen bewirkte das Präparat Diatomin Vital, welches allerdings nicht für Pflanzenschutz-zwecke bestimmt ist. Für das in Italien als Pflanzenhilfsstoff (Ital.: corroborante) vermarktete Präparat Diato-Rock ergab sich in fünfprozentiger Konzentration eine inkonsistente (hohe Streubreite) und gemessen an Praxiserfordernissen geringe Wirkung. Das ebenfalls als Pflanzenhilfsstoff vermarktete Produkt Silicol zeigte unter den Prüfbedingungen im Labor keine Regulationswirkung. Die prinzipiell für den Freilandeinsatz zulässigen Produkte zeigten unter Laborbedingungen keine vielversprechende Wirkung und stellen somit keine effiziente Alternative oder potenzielle Ergänzungsmaßnahme zur herkömmlichen Bekämpfung der Marmorierten Baumwanze dar.

Abstract

The present investigation revealed discrepancies in the efficacy of different diatomaceous earth products when applied as a liquid suspension to *Halyomorpha* (H.) *halys* egg masses under laboratory conditions. The mortality data obtained from the laboratory experiments exhibited a high degree of variability overall. The product Diatomin Vital, which is not intended for plant protection purposes, caused significant ovo-larval mortality under both laboratory and semi-field conditions. The product Diato-Rock, which is marketed in Italy as a plant strengthening agent (Italian: corroborante), showed a strongly varying and overall low control efficacy when applied to eggs at a concentration of 5 % (w/v). The product Silicol, also marketed as a plant strengthener, did not show any significant regulatory effect if applied to eggs under laboratory conditions. Those diatomaceous earth-based products that are basically intended for field application showed either no or only low control efficacy under laboratory conditions and are

therefore considered inadequate as an alternative or complementary measure to control the invasive heteropteran pest *H. halys*.

Literatur

- BRIDGEMAN B W (1998): Application technology and usage patterns of diatomaceous earth in stored product protection. In: Z Jin, Q Liang, Y Liang, X Tan, L Guan (eds.), Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection, 14-19 Oktober 1998, Beijing, China, 785–789.
- CHIERICI E, MARCHETTI E, POCCIA A, RUSSO A, GIANNUZZI V A, GOVERNATORI L, ZUCCHI L, RONDONI G, CONTI E (2025): Laboratory and field efficacy of natural products against the invasive pest *Halyomorpha halys* and side effects on the biocontrol agent *Trissolcus japonicus*. Scientific Reports, 15(1), 4622. DOI:10.1038/s41598-025-87325-9.
- EBELING W (1971). Sorptive dusts for pest control. Annual review of entomology, 16(1), 123-158.
- LESKEY, T C, HAMILTON G C, BIDDINGER D J, BUFFINGTON M L, DIECKHOFF C, DIVELY G P, FRASER H, GARIEPY T, HEDSTROM C, HERBERT D A, HOELMER K A, HOOKS C R R; INKLEY D, KRAWCZYK G, KUCHAR T P, LEE D-H, NIELSEN A L, PFEIFFER D G, RODRIGUEZ-SAONA C, SHEARER P W, TALAMAS E, TOMASINO E, TOOKER J, VENUGOPAL P D, WHALEN J; WALTON V; WIMAN N (2013): *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug). CABI Compendium. CABI Compendium 27377, DOI: 10.1079/cabicompendium.27377.
- KORUNIĆ Z K, ROZMAN V, LIŠKA A, LUCIĆ P (2016): A review of natural insecticides based on diatomaceous earths. Poljoprivreda 22 (1), 10-18, DOI: 10.18047/poljo.22.1.2.
- PARTH M, GRUBER A, WOLF M (2024): Larvicidal activity of different entomopathogenic fungi on *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) under laboratory conditions. Italian Journal of Mycology, 53, 110-116.
- QUARLES W (1992): Diatomaceous earth for pest control. IPM practitioner, 14(5/6), 1-11.
- RANABHAT S (2020): Bed bug resistance to selected insecticides and effect of moisture on efficacy of selected insecticide dusts against the common bed bug, *Cimex lectularius*. Rutgers University - School of Graduate Studies. DOI:10.7282/t3-wzn2-e532.

Adressen der Autoren

Versuchszentrum Laimburg, Institut für Pflanzengesundheit, Laimburg 6, 39040 Auer/Ora, BZ, Italien

* Ansprechpartner: Martin PARTH, martin.parth@laimburg.it

Vektorenmonitoring im Getreide – Den Blattläusen und Zikaden auf der Spur

Vectormonitoring in cereals – tracking aphids and cicadas

Michaela Maresch*, Stephan Manhalter

Einleitung

In einem Land wie Österreich in dem der Anbau von Getreide den größten Anteil der heimischen Pflanzenproduktion ausmacht ist es wichtig die Bestände in Hinblick auf Ernährungssicherung und Qualität möglichst gesund zu erhalten (STATISTIK AUSTRIA, 2025). Die Auswirkungen des Klimawandels sind jedoch auch in Österreich längst spürbar (BMLUK, 2018). Dies betrifft auch die Herbsttemperaturen, welche immer wärmer werden und bis in den November anhaltend mild bleiben. Profiteure dieser Entwicklungen sind unter anderem Blattläuse und Zikaden im Getreide, deren Aktivitätsperiode sich verlängert, wodurch das Risiko einer Virusinfektion im Herbst ansteigt. (PFRIEME et al. 2023)

Beim Vektorenmonitoring im Getreide wird der Fokus deshalb auf jene Schaderreger gelegt, welche als Virusüberträger fungieren und dadurch die Gesundheit der Getreidebestände negativ beeinflussen können. Dazu zählen die Wandersandzirpe (*Psammotettix alienus*), welche Weizenverzwergungsvirus (WDV) und Gerstenverzwergungsvirus (BDV) überträgt, sowie die bedeutendsten Getreideblattläuse in Österreich, welche Gerstengelbverzwergungsviren (BYDV) und Getreidegelbverzwergungsvirus (CYDV) übertragen. Eine Infektion des Getreides mit einem dieser Viren kann eine Reduktion der ertragsrelevanten Parameter bis hin zum Totalausfall zur Folge haben. (OBST 2002, PFRIEME et al. 2023, WHITE et al. 2023). Ziel ist es, Daten über das Vorhandensein der Vektoren zu erhalten und in Kombination mit dem im Rahmen des Pflanzenschutz-Warndienstes bestehenden Virosenmonitoring an Ausfallgetreide Wissenslücken zu schließen und dadurch eine präzisere Risikoeinschätzung von Virusinfektionen zu gewährleisten. Basierend auf dieser Risikoeinschätzung können Landwirt:innen entsprechende Maßnahmen gegen die Vektoren in ihrem Bestand treffen.

Material und Methoden

Die Erhebung der Aktivität der Vektoren findet im Zeitraum von September bis Oktober bzw. November, je nach Witterung, statt. Dabei werden zum Fang der Getreideblattläuse sowohl Gelbschalen aufgestellt als auch Klopfproben durchgeführt. Bei einer Klopfprobe wird eine Schale unter die jeweilige Pflanze gehalten und anschließend vorsichtig auf die Pflanze geklopft, um die Blattläuse dann mit der Schale aufzufangen. Die Zikaden werden mittels Kescher gefangen. Die Bestimmung der Spezies findet anschließend im Labor statt. Des Weiteren ist geplant die Daten danach in einer Risikolandkarte zur Visualisierung darzustellen, welche über die Website des Pflanzenschutz-Warndienstes öffentlich einsehbar ist. Für den Anfang werden fünf bis sechs Standorte in Niederösterreich ausgewählt an denen dieses Monitoring stattfinden soll.

Steckbriefe

Vektoren:

Blattläuse (*Aphidoidea*) gehören zur Ordnung der Schnabelkerfe (*Hemiptera*), welche sich durch die stechend-saugenden Mundwerkzeuge als gemeinsames Merkmal auszeichnen. Die Zugehörigkeit zur Unterordnung der Gleichflügler (*Homoptera*) zeichnet sich durch die dünnen häutigen Vorder- und Hinterflügel aus. Des Weiteren sind sie Pflanzensauger. Aufgrund dessen, dass Blattläuse Vektoren vieler Krankheiten sein können, gehören sie zu den problematischsten Schadinsekten im Getreidebau. Die Große Getreidelause (*Sitobion avenae*), die Traubenkirschen- oder Haferlause (*Rhopalosiphum padi*) und die Bleiche Getreidelause (*Metopolophium dirhodum*) sind jene Arten, welche in Mitteleuropa hauptsächlich das Getreide befallen (DUBNIK 1991).

Die Große Getreidelause (*Sitobion avenae*) ist in Mitteleuropa die dominierende Art und hat deswegen die größte wirtschaftliche Bedeutung. Sie ist einfärbig, hell bis dunkel, und 2 bis 3 Millimeter groß (DUBNIK 1991). *S. avenae* ist eine nicht wirtswechselnde Art, deren Wirtsspektrum hauptsächlich aus

Gräsern, einschließlich Getreide, besteht. Nach Abreifen der Wintergetreidepflanzen im Sommer zieht sich die Große Getreideblattlaus auf andere Gräser und Ausfallgetreide zurück, bevor sie im Herbst erneut auf die neu angesäten Wintergetreidepflanzen wandert. (WHITE et al. 2023).

Die Traubenkirschen- oder Haferlaus (*Rhopalosiphum padi*) ist olivfarbig und weist eine Größe von ungefähr 2 Millimeter auf. Sie ist eine wirtswechselnde Art, welche im Eistadium an der Gemeinen Traubenkirsche (*Prunus padus*) oder dem Zwergmandelstrauch (*Prunus nana*) überwintert. Auch die Haferlaus wechselt im Spätsommer vom Getreide zu zahlreichen Gräsern und Ausfallgetreide. Von dort aus werden Neuansäten des Wintergetreides im Herbst besiedelt, während sie sich auf dem Weg zum eigentlichen Winterwirt befindet (DUBNIK 1991).

Die Bleiche Getreideläus (*Metopolophium dirhodum*) ist hellgrün bis bleich grünlich und ca. 2 bis 3 Millimeter groß. Es findet ein Wirtswechsel statt, bei dem sie an Rosen im Eistadium überwintert. Davor ist auch diese Blattlausart am Ausfallgetreide zu finden, sowie danach bei im Herbst angebauten Wintergetreide. Im Vergleich zu den anderen beiden Blattlausarten ist die Bleiche Getreideläus durchschnittlich nicht so zahlreich vertreten, wobei sich das Auftreten von Region zu Region unterscheiden kann. Deswegen wird ihr eine vergleichsweise geringere wirtschaftliche Bedeutung zugewiesen. Da es sich dennoch um einen Virusüberträger handelt, ist es eine wichtige Art für dieses Vektorenmonitoring. (DUBNIK 1991).

Die Wandersandzirpe (*Psammotettix alienus*) gehört wie die Blattläuse zur Ordnung der Schnabelkerfe (*Hemiptera*), jedoch zu einer anderen Unterordnung der *Cicadomorpha* und weiters zur Familie der Zwergzikaden (*Cicadellidae*). Sie weist eine braune Färbung des Körpers auf, sowie transparente Flügel, welche länger als der Abdomen sind (PFRIEME et al. 2023). Die Körperlänge beträgt ungefähr 4-4,5 Millimeter (BIEDERMANN 2004).

In Bezug auf die Biologie dieser Art lässt sich sagen, dass eine Überwinterung als Ei stattfindet und es 2-4 Generationen pro Jahr gibt. Der Aktivitätszeitraum liegt meist zwischen Mai bis Oktober/November, wobei im September hohe Populationsdichten auftreten können. Deshalb ist dieser Zeitraum kritisch für junge Wintergetreidepflanzen, da dann bei vorhandenen Inokulum eine höhere Wahrscheinlichkeit einer Infektion mit WDV oder BDV vorliegt. Bis wann die Wandersandzirpe aktiv ist, hängt von den vorherrschenden Temperaturen ab. Die Anzahl der Individuen sinkt bei Temperaturen um die 10 Grad Celsius und die letzten adulten Tiere sterben bei Unterschreiten der minus 5 Grad Celsius Schwelle ab. (PFRIEME et al. 2023).

Symptome:

Wie bereits erwähnt können Getreideblattläuse Gerstengelbverzwergungsvirosen (BYDV) und Getreidegelbverzwergungsvirus (CYDV) übertragen. Eine Infektion führt zur Verzweigung der Pflanzen und einer an den Blattspitzen beginnenden chlorotischen Gelbfärbung der Blätter (WHITE et al. 2023). Bei Weizen kann es außerdem zu einer Rotverfärbung der Blätter kommen. (PFRIEME et al. 2023). Erste Symptome sind manchmal schon im Herbst sichtbar, während sich erst im folgenden Frühjahr das volle Ausmaß einer Infektion zeigt. Bei starkem Befall und nach Frost können Pflanzen in den Befallsnestern bereits abgestorben sein. Im Gegensatz zu Winterweizen sind Verzweigungen bei Wintergerste ausgeprägter. Weizen und Hafer bestocken kaum, aber bei Wintergerste kann es bei starker Stauchung zu einer vermehrten Bestockung kommen. Das Schossen bleibt aus oder wenige Ähren mit partieller Taubährigkeit werden gebildet (OBST 2002).

Die von der Wandersandzirpe übertragenen Viren Weizenverzwergungsvirus (WDV) und Gerstenverzwergungsvirus (BDV) zeigen ähnliche Schadbilder wie BYDV und CYDV, weshalb diese anhand der Symptome nicht klar unterschieden werden können. Eine Unterscheidung ist nur durch Methoden im Labor (DAS-ELISA, PCR) möglich (OBST 2002, PFRIEME et al. 2023).

Sowohl bei den von den Getreideblattläusen übertragenen Viren (BYDV und CYDV), als auch bei jenen, welche von der Wandersandzirpe übertragen werden (WDV und BDV) kann eine Infektion zur Verringerung ertragsrelevanter Parameter führen, die hohe bis vollständige Ertragsausfälle zur Folge haben können. (PFRIEME et al. 2023, WHITE et al. 2023). Zu den von den Viren verursachten Schäden

in der Landwirtschaft gehören aber nicht nur Ertrags- und Biomasseverluste, sondern auch die Schwächung infizierter Pflanzen, die dadurch anfälliger für abiotische und biotische Stressfaktoren werden, wodurch Qualitätsverluste auftreten können (PFRIEME et al. 2023).

Zusammenfassung

Im Rahmen des Pflanzenschutz-Warndienstprojektes wird 2025 zum ersten Mal ein Blattlaus- und Zikadenmonitoring im Getreide durchgeführt. Bei den Insekten handelt es sich primär um die Wandersandzirpe (*Psammotettix alienus*), eine Zikade, die als Vektor die Weizen- und Gerstenverzwergungsvirosen (WDV und BDV) überträgt. Sowie die Getreideblattläuse zu denen unter anderem *Rhopalosiphon padi*, *Sitobion avenae* und *Metopolophium dirhodum* zählen und die als Hauptüberträger der Gerstengelverzwergungsvirosen (BYDV) und des Getreidegelbverzwergungsvirus (CYDV) bekannt sind. Durch den Klimawandel verlängert sich die Aktivitätsperiode der genannten Schädlinge bei milden Herbst- und Winterbedingungen. Unter diesen Umständen steigt auch das Risiko einer Herbstinfektion im Getreide. Derzeit findet ein Herbstmonitoring an Ausfallgetreide statt, welches Daten über das Vorhandensein der wichtigsten Getreidevirosen liefert. Es besteht aber eine Wissenslücke, welche vor allem die Virusvektoren, die im Herbst den Hauptrisikofaktor darstellen, betrifft. Mit diesem Monitoring wird diese Lücke geschlossen und aufgrund der erhobenen Daten über Inokulum und Vektoren können präzisere Aussagen über mögliche Virusinfektionen getroffen werden. Bei erfolgreicher Umsetzung soll dieses Vektorenmonitoring auf die Hauptgetreideanbaubereiche in Österreich ausgeweitet werden.

Abstract

As part of the plant protection warning service, aphid and cicada monitoring is being carried out in cereals for the first time in 2025. The insects are primarily *Psammotettix alienus*, a cicada that transmits as vector wheat and barley dwarf viruses (WDV and BDV). As well as the cereal aphids, which include *Rhopalosiphon padi*, *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum* and are known as the main vectors of barley yellow dwarf virus (BYDV) and cereal yellow dwarf virus (CYDV). Due to climate change, the activity period of these pests is extended in mild autumn and winter conditions. Under these circumstances, the risk of autumn infection in cereals also increases. An autumn monitoring of volunteer cereals is currently taking place, which provides us with data on the presence of the most important cereal viruses. However, there is a knowledge gap that primarily concerns the virus vectors that represent the main risk factor in autumn. This monitoring will close this gap and, based on the data collected on inoculum and vectors, more precise statements can be made about possible virus infections. If successful, this vector monitoring will be extended to the main cereal-growing areas in Austria.

Danksagung

Vielen Dank an die Fördergeber, die dieses Projekt erst ermöglicht haben:

Finanziert wird das Projekt vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft und der Europäischen Union (Antragsnummer LE-77-02-BML-2024-35348).

Literatur

- BIEDERMANN R, NIEDRINGHAUS R (2004): Die Zikaden Deutschlands. Wissenschaftlich Akademischer Buchvertrieb-Fründ, Scheeßel.
- BMLUK, (2018): Auswirkungen des Klimawandels auf die Land- und Forstwirtschaft mindern <https://www.bmluk.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/klimawandel-luftreinhaltung/regierung-massnahmenpaket.html> (Zugriff am 15.05.2025)
- DUBNIK H (1991): Blattläuse Artenbestimmung – Biologie – Bekämpfung. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.
- OBST A, GEHRING K (2002): Getreide – Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.
- PFRIEME A-K, WILL T, PILLEN K, STAHL A (2023): The Past, Present, and Future of Wheat Dwarf Virus Management – A Review. *Plants*, 12, 3633. <https://doi.org/10.3390/plants12203633>
- STATISTIK AUSTRIA, (2025): Anbauübersicht 1996 – 2024
- WHITE S, TELLING S, GRIFFITHS H.G, SKIRVIN D.J, WILLIAMSON M, ELLIS S, SCHAARE T, GRANGER R.E, POTTER O (2023): Management of aphid and BYDV risk in winter cereals. Project Report No.646, AHDB Cereals and Oilseeds.

Adresse der Autoren

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: Michaela MARESCH, michaela.maresch@ages.at

Kolonie-PCR zur Amplifikation von molekularen Markern zur sequenzbasierten Differenzierung von Pflanzen-assoziierten Bakterien

Colony-PCR amplification of molecular markers for sequence-based differentiation of plant-associated bacteria

Kim Antonia Drabe, Alice Chodura, Artemis Roumbou, Carmen Büttner, Martina Bandte, Susanne von Barga^{*}

Einleitung

Die gramnegativen Bakterien *Xanthomonas campestris* und *Pectobacterium carotovorum* verursachen erheblichen wirtschaftlichen Schaden an Kulturpflanzen. *X. campestris* ist der Erreger der Schwarzfäule an Kohlsorten (*Brassica oleracea*). *P. carotovorum* hat ein weiteres Wirtsspektrum und verursacht Nassfäule und Schwarzbeinigkeit unter anderem bei Kartoffeln, Tomaten und Zwiebeln (Vincente et al., 2012, Yi et al., 2021, Markovic et al., 2021).

Zur schnellen Überprüfung der Bakterienarten aus reaktivierten Dauerkulturen, wurden taxonomisch relevante Genombereiche mittels Polymerase-Ketten-Reaktion (polymerase chain reaction, PCR) amplifiziert. Dabei wurde die Amplifikation der Zielsequenzen nach Extraktion der bakteriellen DNA mit dem direkten Einsatz von Bakterienzellen in einer Kolonie-PCR in ihrer praktischen Anwendung verglichen. Ausgewählte PCR-Produkte wurden im Anschluss direkt sequenziert, um die Bakterien mittels Sequenzvergleich zu identifizieren.

Material und Methoden

Es wurden auf Agar-Platten kultivierte Bakterienstämme aus reaktivierten Dauerkulturen verwendet. Als Referenzmaterial diente je eine Reinkultur von *X. campestris* pv. *campestris* P25 (DSM3586) und *P. carotovorum* IX B (DSM30169), die von der Deutschen Sammlung für Mikroorganismen und Zellkulturen (DSMZ) bezogen wurden, sowie der *E. coli*, Stamm XL1 blue MRF⁺ (Stratagene). Zudem wurde eine Bakterienreinkultur aus der Sammlung des Fachgebietes Phytomedizin der Humboldt-Universität zu Berlin verwendet, die ursprünglich aus Pflanzenmaterial stammte und nach Reaktivierung eine ungewöhnliche orange-gefärbte Kolonie-Morphologie auf YDC-Agar aufwies. Zur Klärung, ob es sich hierbei um ein *Xanthomonas campestris*-Isolat handelt, wurde es in dieser Arbeit untersucht. Die Bakterienkolonien wurden auf einer Petrischale mit Selektions-Agar, Medium1-Agar (DSMZ) bei *X. campestris* und *P. carotovorum* sowie LB-Agar bei *E. coli* XL1 blue, durch einen fraktionierten Ausstrich vereinzelt, über Nacht bei 24-37°C inkubiert und gewachsene Einzelkolonien wurden in Flüssigkultur überführt.

Zum einen wurde daraus die bakterielle DNA mit dem DNeasy Blood & Tissue Kit (QIAGEN) nach dem Protokoll für gram-negative Bakterien extrahiert. Die Qualität der gewonnenen DNA wurde mittels UV-Spektrometrie am NanoDrop bestimmt. Zum anderen auf Agarplatten vereinzelte Bakterienkolonien direkt in eine Kolonie-PCR eingesetzt, indem sie mit einer Pipettenspitze von den Agarplatten aufgenommen, mit in 25 µl sterilem Wasser suspendiert, und davon jeweils 3 µl im PCR-Ansatz eingesetzt wurden. Mittels PCR wurden verschiedene Primerpaare eingesetzt, die spezifisch für Genombereiche von *X. campestris* bzw. *P. carotovorum* sind. Eine weitere PCR verwendete ein Art-übergreifendes Primerpaar (GM5F/907R nach Muyzer et al. (1995), generischer Ansatz) zur Amplifikation der partiellen 16S rDNA (Tabelle 1).

Die PCR-Produkte wurden in einem 1%igem TBE-Agarosegel in 45 Minuten bei angelegten 80 Volt aufgetrennt und unter UV-Licht analysiert. Ausgewählte PCR-Amplifikate jedes Bakterienstammes wurden direkt mittels Sanger-Sequenzierung nach Aufreinigung (MSB-Spin PCRapace-Kit (Stratag Molecular) bzw. GeneJet Gel extraction Kit (ThermoFisher Scientific) von beiden Seiten sequenziert und durch Blastn mit der Datenbank des National Center for Biotechnology Information (NCBI) mit bakteriellen Referenzsequenzen verglichen.

Tabelle 1: **Verwendete Primerpaare in der PCR zur Amplifikation taxonomisch relevanter Genomregionen von Bakterien**

Primerpaar	Bakterienart	Amplikonlänge	Zielregion (Gen)	Referenz
XCC-DLH120f XCC-DLH125r	<i>X. campestris</i>	619bp	hrpF	Berg et al. 2005
XCC-pncB-fw1 XCC-rv1	<i>X. campestris</i>	766bp	Cellulose Synthase-pncB Operon	Inoue et al. 2021
XCC-pncB-fw2 XCC-rv2	<i>X. campestris</i>	244bp		
Pecto-Y1 Pecto-Y2	<i>P. carotovorum</i>	430bp	pel	Suarez et al. 2022
PectoEXPCC-F PectoEXPCC-R	<i>P. carotovorum</i>	550bp	urp	Kang et al. 2003
Pcar-F Pcar-R	<i>P. carotovorum</i>	1190bp	16S ITS	Suarez et al. 2022
bacteria-GM5F bacteria-907R	generische Primer	586bp	16S rDNA	Muyzer et al. 1995

Ergebnisse und Diskussion

Zur PCR-Amplifikation von bakteriellen Genombereichen aus den untersuchten Arten von gram-negativen Bakterien war es nicht notwendig, eine DNA-Isolierung mittels eines Isolations-Kits aus der Bakterien Reinkultur durchzuführen. Die Kolonie-PCR lieferte in allen PCRs vergleichbare Ergebnisse (bzgl. erwarteter Amplikonlänge und Ausbeute), wie die analytische Gelelektrophorese der PCR-Produkte zeigte.

Die Kolonie-PCRs mit *X. campestris*-spezifischen Primern bzw. die PCRs zur Amplifikation von Genen von *P. carotovorum* waren für die jeweilige Bakterienart spezifisch.

Bei dem Bakterien-Stamm mit auffällig orange-farbener Kolonie-Morphologie handelte es sich nicht, wie vermutet, um *X. campestris*, da aus keiner der untersuchten Einzelkolonien ein *X. campestris* spezifisches Amplikon mittels Kolonie PCR generiert werden konnte. Zudem ließ sich aus den Einzelkolonien dieses Stammes keine DNA mit Hilfe des Protokolls für gram-negative Bakterien des DNeasy Kits isolieren. Mit Hilfe der Kolonie-PCR unter Verwendung der generischen Bakterien-Primer ließen sich dagegen spezifische Fragmente aus allen untersuchten Einzelkolonien der verschiedenen Bakterien-Isolate amplifizieren. Die Sequenzierung und der Sequenzvergleich bestätigte, die Identität der Referenzisolate von der DSMZ als *X. campestris* und *P. carotovorum*. Das Bakterienisolat mit der orange-farbenen Kolonie-Morphologie wurde mit 99,6% Identität innerhalb des amplifizierten 16Sr DNA-Fragments zu Referenzisolaten in der Datenbank als *Rhodococcus* sp. identifiziert. Hierbei handelt es sich um gram-positive, aerobe säurefeste Bakterien, die ubiquitär vorkommen und u.a. im Boden oder an Pflanzen leben (Dhaouadi et al. 2021).

Die Kolonie-PCR zur Amplifikation taxonomisch relevanter Genombereiche in Verbindung mit direkter Sanger-Sequenzierung, stellt eine zeitsparende und verlässige Methode zur Überprüfung von Bakterienreinkulturen dar. Ob sich diese Methode auch zur Amplifikation bakterieller Markergene z.B. direkt aus Pflanzenhomogenaten eignet, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Zusammenfassung

Die Bakterienarten *Xanthomonas campestris* und *Pectobacterium carotovorum* sind bedeutende phytopathogene Erreger mit wirtschaftlicher Relevanz. Ziel dieser Studie war es, einen Vergleich zu ziehen zwischen einer DNA-Isolation mittels Isolations-Kit mit anschließender PCR und einer Kolonie-PCR

zur direkten Amplifikation taxonomisch relevanter Genabschnitte. Spezifische Primerpaare für *X. campestris* und *P. carotovorum* sowie ein generisches Primerpaar zur 16S-rDNA-Amplifikation wurden eingesetzt. Die Amplifikate wurden per Gelelektrophorese analysiert und ausgewählte Produkte zur Sanger-Sequenzierung eingeschickt. Die Kolonie-PCR lieferte ebenso konsistente Ergebnisse hinsichtlich Spezifität und Amplikonlänge wie eine PCR Amplifikation von DNA-Markergensequenzen unter Einsatz von isolierter DNA aus Bakterienkolonien mittels DNeasy Kit.

Ein auffällig orangefarbener Bakterienstamm erwies sich entgegen der ursprünglichen Annahme nicht als *X. campestris*, sondern wurde nach Sequenzabgleich als *Rhodococcus* sp. identifiziert – ein gram-positives Bodenbakterium.

Abstract

Xanthomonas campestris and *Pectobacterium carotovorum* are important phytopathogens with economic relevance. The aim of this study was to compare DNA isolation using a commercial isolation kit followed by PCR and colony PCR for the direct amplification of taxonomically relevant gene regions. Specific primer pairs for *X. campestris* and *P. carotovorum* as well as a generic primer pair for 16S rDNA amplification were used. The amplicons were analyzed by gel electrophoresis, and selected products were sent for Sanger sequencing. The colony PCR showed consistent results in terms of specificity and amplicon length in comparison to PCR amplification of marker gene fragments after DNA isolation from bacterial colonies by DNeasy Kit.

A conspicuously orange-colored bacterial strain was, contrary to the original assumption, not a *X. campestris* strain, but was identified through sequence comparison as *Rhodococcus* sp. – a gram-positive soil bacterium.

Literatur

BERG T, TESORIERO L., HAILSTONES DL. (2005): PCR-based detection of *Xanthomonas campestris* pathovars in *Brassica* seed. *Plant Pathology*, 54: 416-427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01186.x>

DHAOUADI S, HAMDANE AM, RHOUMA A. (2021): Isolation and Characterization of *Rhodococcus* spp. from Pistachio and Almond Rootstocks and Trees in Tunisia. *Agronomy*, 11, 355. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020355>

INOUE Y, FUJIKAWA T, TAKIKAWA Y. (2021): Detection and identification of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and pv. *raphani* by multiplex polymerase chain reaction using specific primers. *Appl Microbiol Biotechnol* 105, 1991–2002. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11159-4>

MARKOVIĆ S, STANKOVIĆ S, JELUŠIĆ A, ILČIĆ R, KOSOVAC A, POŠTIĆ D, POPOVIĆ T. (2021): Occurrence and Identification of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* and *Dickeya dianthicola* Causing Blackleg in Some Potato Fields in Serbia. *Plant Disease*, 105. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-1076-RE>

SUÁREZ MB, DIEGO M, FERIA FJ, MARTIN-ROBLES MJ, MORENO S, PALOMO JL. (2022): New PCR-Based Assay for the Identification of *Pectobacterium carotovorum* Causing Potato Soft Rot. *Plant Disease* 106:2, 676-684

VINCENTE JG, HOLUB EB. (2012): *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. *Molecular Plant Pathology*, 14, 2-18. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x>

YI I, LIU X, QI T, DENG L, ZENG K. (2021): A new way to reduce postharvest loss of vegetables: Antibacterial products of vegetable fermentation and its controlling soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum*. *Biological Control*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104708>

Adresse der Autoren

Humboldt-Universität zu Berlin, Fachbereich Phytomedizin, Lentzeallee 55-57, D-14195 Berlin, phytomedizin@agrar.hu-berlin.de

* Ansprechpartner: Dr. Susanne VON BARGEN, susanne.von.bargen@agrar.hu-berlin.de

Hygienisierung von Oberflächen im gärtnerischen Umfeld mit ozonisiertem Wasser am Beispiel des bakteriellen Krankheitserregers *Pectobacterium carotovorum*

*Hygienization of surfaces in the horticultural context with ozonized water using the example of the bacterial pathogen *Pectobacterium carotovorum**

Dominik Frömme*, Moritz Albrecht, Stefanie Wohlfahrt, Artemis Rumbou, Carmen Büttner und Martina Bandte

Einleitung

Pectobacterium carotovorum ist ein weltweit verbreiteter, gramnegativer, fakultativ anaerober phytopathogener Erreger aus der Familie der *Pectobacteriaceae* (MANSFIELD et al. 2012; CHARKOWSKI 2018). Das Bakterium verursacht bakterielle Weichfäule bei zahlreichen Kulturpflanzen wie Kartoffeln, Karotten und Kohl. Verantwortlich für die Gewebeerstörung der Wirtspflanzen sind lytische Enzyme, insbesondere Pektinasen und Zellulasen, die pflanzlichen Zellwände abbauen und so erhebliche Ernteverluste hervorrufen (TOTH et al. 2003; YU et al. 2023). Die Verbreitung erfolgt über Wunden, infiziertes Pflanzgut, kontaminierte Werkzeuge und Wasser sowie über Vektoren wie Insekten (CZAJKOWSKI et al. 2011; PÉROMBELON 2002). Aufgrund der hohen Anpassungsfähigkeit und Umweltresistenz des Erregers ist eine effektive Bekämpfung besonders herausfordernd. In der gärtnerischen Praxis kommt der Hygienisierung von Oberflächen somit eine zentrale Bedeutung zu. Eine vielversprechende Option stellt daher der Einsatz von ozonisiertem Wasser dar. Ozon wirkt durch oxidative Schädigung zellulärer Strukturen und zerfällt dabei rückstandsfrei zu Sauerstoff, was ökologische Vorteile bietet (THANOMSUB et al. 2002; KHADRE & YOUSEF 2001). Dabei konnte gezeigt werden, dass Ozon bereits bei geringen Konzentrationen und kurzer Einwirkzeit eine signifikante antimikrobielle Wirkung erzielt (SELMA et al. 2008). Ziel der durchgeführten Versuche war die Überprüfung der Wirksamkeit ozonisierten Wassers gegen *Pectobacterium carotovorum* auf praxisrelevanten Oberflächenmaterialien wie Holz, Glas und Kunststoff.

Material und Methoden

Für die Versuche wurde *Pectobacterium carotovorum* (Stamm #30169, DSMZ, Braunschweig) verwendet. Die in den Versuchen einbezogenen Oberflächen umfassten Glas, Holz und Kunststoff. Zur Kontamination der Glasprobenträger (18 cm²), Holzprobenträger (6 cm²) und Kunststoffprobenträger (6 cm²) wurden jeweils 200 µl Bakteriensuspension aufgetragen. Die verwendeten Konzentrationen betrugen 4×10¹⁰ cfu/ml für Glas, 4,8×10⁹ cfu/ml für Holz und 13,2×10¹⁰ cfu/ml für Kunststoff. Vor der Behandlung betrug die Antrocknungszeit der Bakteriensuspension 15–20 Minuten auf Holz sowie 1–2 Stunden auf Glas- und Kunststoffoberflächen. Zur Ausbringung eines ozonisierten Wassersprühnebels wurde ein vom Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST) bereitgestellter Prototyp einer tragbaren Sprüheinheit verwendet. Die Applikation erfolgte mittels Ultra-Fein-Hohlkegeldüse (für eine feine, gleichmäßige Tropfenverteilung und eine höhere Ozonkonzentration im Sprühnebel im Vergleich zu anderen Düsentypen) unter einem Druck von 3 bar. Die Ozonkonzentration des applizierten ozonisierten Wassers betrug 0,15 mg/L auf Glas-, 0,2 mg/L auf Holz- und 0,15 mg/L auf den Kunststoffprobenträgern (nicht methodisch beabsichtigt, sondern bedingt durch technische Schwankungen des Geräts, das üblicherweise eine Ozonkonzentration von ca. 0,35 mg/L liefert). Die Probenträger wurden in Standardpetrischalen (Ø 90 mm, Sarstedt) positioniert, die als Auffangschalen für das Abschwemmwasser dienten. Nach der Behandlung der Probenträger mit ozonisiertem Wasser bzw. demineralisiertem Wasser (Kontrollbehandlung) erfolgte das Stempeln der Probenträger (zur Erfassung der nach der Behandlung verbliebenen adhärennten Bakterien) auf M1-Nährmedium (DSMZ 2007) für mindestens drei Sekunden. Dabei wurden Holz- und Kunststoffprobenträger jeweils dreimal und Glasprobenträger einmal auf das Medium gestempelt. Anschließend wurde das in den Petrischalen aufgefangene Abschwemmwasser in Aliquots von jeweils 100 µl auf M1-Nährmediplatten überführt und mithilfe eines sterilen Drigalskispatels gleichmäßig ausplattiert. Nach einer dreitägigen Inkubation im Dauerdunkel erfolgten eine visuelle Bonitur sowie die Zählung der gewachsenen Bakterienkolonien.

Ergebnisse und Diskussion

Die Behandlung mit ozonisiertem Wasser führte in allen Versuchen zu einer deutlichen Reduktion der nachweisbaren Kolonien von *Pectobacterium carotovorum*. Auf Glasprobenträgern war die Koloniebildung in den Kontrollgruppen so dicht, dass keine exakte Inaktivierungsrate berechnet werden konnte. Dennoch zeigten die behandelten Probenträger eine nahezu vollständige Inaktivierung. Im Abschwemmwasser wurden keine koloniebildenden Bakterienzellen nachgewiesen und beim Stempeln trat nur eine einzelne Kolonie auf einer von neun Platten auf. Bei Holzprobenträgern wurden Inaktivierungsraten von 89,4 % beim Stempeln und 99,82 % im Abschwemmwasser erreicht. Auch bei Kunststoffprobenträgern war in der Kontrollgruppe keine genaue Berechnung möglich. Die Behandlung führte jedoch auch hier zu einer klaren Reduktion der Anzahl an auswachsenden Kolonien. Beim Stempeln wurden zwei Kolonien auf einer Platte sowie jeweils eine Kolonie auf drei weiteren Platten nachgewiesen. Im Abschwemmwasser trat jeweils eine Kolonie auf drei Platten auf. Die Ergebnisse belegen somit die hohe antimikrobielle Wirksamkeit ozonisierten Wassers gegenüber *Pectobacterium carotovorum* auf unterschiedlichen Oberflächenmaterialien. Selbst bei hohen Ausgangskonzentrationen des Erregers und materialabhängigen Unterschieden in der Anzahl der auf den Oberflächen verbleibenden koloniebildenden Bakterienzellen erwies sich das Verfahren bei der Inaktivierung des Erregers als zuverlässig. Ozonisiertes Wasser stellt somit eine umweltfreundliche und effektive Alternative zu herkömmlichen chemischen Desinfektionsmitteln dar und bietet großes Potenzial zur Unterbrechung der Übertragung bakterieller Krankheitserreger via Oberflächen im gärtnerischen Umfeld und der Verarbeitung pflanzlichen Ernteguts.

Zusammenfassung

Die Hygienisierung von Oberflächen im gärtnerischen Umfeld ist eine wichtige Maßnahme zum Schutz der Kulturpflanzen vor bakteriellen Erregern. Wir haben die Wirksamkeit von ozonisiertem Wasser zur Inaktivierung des bakteriellen Krankheitserregers *Pectobacterium carotovorum* untersucht. Dieses Bakterium tritt weltweit auf und verursacht eine Weichfäule an einer Vielzahl wirtschaftlich bedeutender Kulturpflanzen wie Kartoffeln, Kohl und Karotten und stellt in der Landwirtschaft ein bedeutendes Problem dar, da es zu erheblichen Ernteaussfällen führt. Die Ausbringung des ozonisierten Wassersprühnnebels wurde mit einem von dem Fraunhofer Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST) bereitgestellten Prototyp einer tragbaren Sprüheinheit vorgenommen. Als Oberflächen wurden Glas, Holz und Kunststoff in die Untersuchungen einbezogen, der Wassersprühnebel enthielt bei den Versuchen 0,15 bis 0,2 mg Ozon/L. Die Behandlung führte bei den Holzprobenträgern zu Inaktivierungsraten von 89,4 % beim Stempeln und 99,82 % im Abschwemmwasser. Bei Glas- und Kunststoffprobenträgern verhinderte die hohe Koloniedichte in den Kontrollgruppen eine exakte Inaktivierungsrateberechnung. Die sehr niedrigen Koloniezahlen in den behandelten Gruppen deuten jedoch auch hier auf eine nahezu vollständige Inaktivierung hin. Die Ergebnisse zeigen daher das große Potenzial des Verfahrens für die Dekontamination von Oberflächen im gärtnerischen Umfeld und der Verarbeitung pflanzlichen Erntegutes. Mit dem Einsatz von ozonisiertem Wasser steht ein umweltfreundliches und effektives Verfahren zur Unterbrechung von Übertragungswegen zur Verfügung, welches eine Alternative zu herkömmlichen chemischen Desinfektionsmitteln darstellt.

Abstract

The sanitization of surfaces in the horticultural environment is an important measure to protect crops from bacterial pathogens. We have investigated the effectiveness of ozonized water to inactivate the bacterial pathogen *Pectobacterium carotovorum*. This bacterium occurs worldwide and causes soft rot on a variety of economically important crops such as potatoes, cabbage and carrots and is a significant problem in agriculture as it leads to considerable crop losses. The ozonized water spray was applied using a prototype portable spray unit provided by the Fraunhofer Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST). The surfaces tested were glass, wood and plastic, the water spray contained 0.15 to 0.2 mg ozone/L during the tests. The treatment led to inactivation rates of 89.4 % in the wood sample carriers during stamping and 99.82 % in the wash-off water. No exact inactivation rate could be calculated for glass and plastic sample carriers due to the countless colonies in the control groups. However,

the very low colony counts in the treated groups also indicate almost complete inactivation here. The results therefore show the great potential of the process for the decontamination of surfaces in the horticultural environment and the processing of plant harvests. The use of ozonized water provides an environmentally friendly and effective method for interrupting transmission paths, which represents an alternative to conventional chemical disinfectants.

Literatur

- CHARKOWSKI A O (2018): The changing face of bacterial soft-rot diseases. *Annual Review of Phytopathology* 56, 269–288.
- CZAJKOWSKI R, PÉROMBELON M C M, van VEEN J A & van der WOLF J M (2011): Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review. *Plant Pathology* 60 (6), 999–1013.
- LEIBNIZ-INSTITUT DSMZ - DEUTSCHE SAMMLUNG VON MIKROORGANISMEN UND ZELLKULTUREN (2007): DSMZ Medium 1 - Zusammensetzung. Online verfügbar unter: https://www.dsmz.de/microorganisms/medium/pdf/DSMZ_Medium1.pdf (Zugriff am: 16.05.2025).
- KHADRE M A & YOUSEF A E (2001): Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: a comparative study. *International Journal of Food Microbiology* 71 (2–3), 131–138.
- MANSFIELD J, GENIN S, MAGORI S, CITOVSKY V, SRIARIYANUM M, RONALD P, DOW M, VERDIER V, BEER S V, MACHADO M A, TOTH I, SALMOND G, FOSTER G D (2012): Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 13 (6), 614–629.
- PÉROMBELON M C M (2002): Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. *Plant Pathology* 51 (1), 1–12.
- SELMA M V, ALLENDE A, LÓPEZ-GÁLVEZ F, CONESA M A, & GIL M I (2008): Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbiology* 25 (6), 809–814.
- THANOMSUB B, ANUPUNPISIT V, CHANPHETCH S, WATCHARACHAIPONG T, POONKHUM R & SRISUKONTH C (2002): Effects of ozone treatment on cell growth and ultrastructural changes in bacteria. *The Journal of General and Applied Microbiology* 48 (4), 193–199.
- TOTH I K, BELL K S, HOLEVA M C & BIRCH P R J (2003): Soft rot erwiniae: from genes to genomes. *Molecular Plant Pathology* 4 (1), 17–30.
- YU S, KANG J, CHUNG E & LEE Y (2023): Disruption of the metC Gene Affects Methionine Biosynthesis in *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* Pcc21 and Reduces Soft-Rot Disease. *The Plant Pathology Journal* 39 (1), 62–74.

Adresse der Autoren

Lebenswissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

*Ansprechpartner: Dominik Frömmel, dominikjfroemmel@gmail.com und phytomedizin@agrar.hu-berlin.de

Einfluss von Kurzrasen- oder intensiver Koppelweidehaltung von Milchkühen auf die Milch-Einzeltier- und –Flächenleistung

Influence of continuous-grazing or intensive paddock grazing on individual animal and area milk performance of dairy cows

Steinwiddler Andreas, Ofner-Schröck Elfriede, Starz Walter,
Rohrer Hannes und Huber Gregor

Einleitung und Zielsetzung

In der weidebasierten Milchviehhaltung wird eine hohe Weide-Flächenleistung angestrebt. Das tägliche Weidefutterangebot beeinflusst – neben der Futterqualität und der Ergänzungsfütterung – das Weideverhalten, die Futteraufnahme, die Einzeltier- und die Flächenproduktivität entscheidend (Peyraud & Delagarde, 2013; Steinwiddler et al. 2019). Ziel der vorliegenden Arbeit war es, bei saisonaler Vollweidehaltung den Einfluss von Kurzrasen- oder intensiver Koppelweidehaltung auf die Milchleistung pro Kuh bzw. pro Hektar auf einem Bio-Versuchsbetrieb im Berggebiet Österreichs zu untersuchen.

Tiere, Material und Methoden

In zwei Versuchsjahren (2021 und 2022) wurden zu Weidebeginn insgesamt 24 Milchkühe im 2. Laktationsdrittel gleichmäßig den zwei Versuchsgruppen zugeteilt. Der Weideversuch erstreckt sich in der Kurzrasenweidegruppe (KRW) von 19. April 2021 bzw. 20. April 2022 bis jeweils 30. August in den Jahren 2021 und 2022 (132 bzw. 133 Versuchstage bzw. 19 Wochen). In der intensiven Koppelweidegruppe (KOP) war der Weideversuchsbeginn bewusst um eine Woche später angesetzt, um eine systemgemäß höhere Weide-Aufwuchshöhe zu Weidebeginn zu erreichen. Um jedoch den Effekt des verspäteten Weidebeginns hinsichtlich Flächenleistung auszugleichen, kamen in dieser Gruppe zu Versuchsbeginn zusätzlich zwei weitere laktierende Kühe über 21 Tage zur Gruppe KOP dazu. Damit war, über die gesamte Versuchsperiode betrachtet, in beiden Weidegruppen die Besatzstärke gleich hoch. Die Weidetiere erhielten nach der Melkung am Futtertisch zweimal täglich jeweils 0,5 kg Frischmasse an Kraftfutter sowie eine Mineralstoffergänzung. Es zeigten sich in beiden Jahren bzw. Weidesaisonen keine extremen Witterungsverhältnisse, die Niederschläge lagen im Jahresmittel leicht unter dem 30-jährigen Durchschnitt (966 bzw. 1056 mm). Die Kurzrasenweide (KRW) wurde bei einer durchschnittlichen Weide-Aufwuchshöhe von 5,5 cm (SD: 0,54), gemessen mit dem Rising Plate Pasturemeter (RPM), beweidet. Die intensiv genutzten Koppelweideflächen (KOP) wurden in Dreitageskoppeln unterteilt und innerhalb der Koppeln wurden Tageskoppeln angelegt, welche über drei Tage hinweg schrittweise erweitert wurden. Über den gesamten Versuchszeitraum wurde in Gruppe KOP eine Eintrieb-Aufwuchshöhe von durchschnittlich 8,9 cm (SD 1,94) und eine Austrieb-Aufwuchshöhe von 5,8 cm (SD: 0,82) festgestellt, die durchschnittlichen Weideruhezeiten zwischen zwei Rotationen lagen in den beiden Jahren bei 15 bzw. 20 Tagen. Die Wurzel-Biomasse wurden zu drei Terminen in der Weidesaison (Horizonte 0-5, 5-10, 10-15 und 15-20 cm; 6 Proben je Weidesystem und Horizont), entsprechend der Bohrkernmethode erhoben. Zu diesen Terminen erfolgte auch die Bonitur der Pflanzenbestände (Methode „wahre Deckung“). Die Versuchsdaten wurden mit einem gemischten Modell statistisch analysiert.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Beim Koppelsystem lag im Mittel der Gräseranteil signifikant höher als beim Kurzrasenweidesystem (79 bzw. 68 Flächen-%). Sowohl beim Englischen Raygras als auch beim Wiesenrispengras wurden diese Effekte festgestellt. Demgegenüber waren in KRW im Mittel die Kräuter-, Lägerrispen- und Lückenanteile höher. Hinsichtlich Wurzelmasse wurde in Gruppe KRW in den ersten 5 cm des Bodenhorizonts im Weidesaison-Verlauf ein Rückgang der erhobenen Wurzelmasse festgestellt, in Gruppe KOP war dieser Effekt weniger stark ausgeprägt. Tendenzielle Weidesystem-Effekte zeigten sich auch im Horizont von 10 bis 15 cm, wobei hier die Wurzelmasse im Weidesaisonverlauf ebenfalls bei KRW tiefer als in KOP lag. Der durchschnittliche Netto-Energiegehalt des Weidefutters lag in beiden Weidesystemen bei 6,7 MJ NEL/kg TM (SD 0,3 MJ). Auch in den weiteren Nährstoffgehalten zeigten sich im

Mittel nur geringe Unterschiede zwischen den Weidesystemen. Sowohl bei der durchschnittlichen Einzeltier-Milchleistung (KOP: 19,5 kg ECM; KRW: 20,8 kg ECM) als auch in der ECM-Flächenleistung (KOP: 59,1 kg ECM/ha und Tag, 7.555 kg/Versuchsperiode u. Jahr; KRW: 59,8 kg ECM/ha und Tag, 7.922 kg/Versuchsperiode u. Jahr) ergaben sich keine signifikanten Gruppenunterschiede, numerisch lag die KRW-Gruppe höher. Bei den Milcheiweiß- und Harnstoffgehalten sowie beim Lebendgewicht und BCS lagen die Tiere der Gruppe KOP signifikant tiefer als in Gruppe KRW. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch das Weidesystem sowohl der Pflanzenbestand als auch die Wurzelbildung beeinflusst wurden. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen zeigten sich jedoch keine signifikanten Weidesystem-Effekte hinsichtlich Nährstoffgehalt des Futters und der Milch-Einzeltier- und Flächenleistung.

Zusammenfassung

Neben der Zufütterung beeinflusst das tägliche Futterangebot auf der Weide das Weideverhalten, die Futteraufnahme, die Milchleistung der einzelnen Tiere und die Milchproduktivität pro Hektar Weidefläche. Die vorliegende Studie untersucht die Einflüsse einer Kurzrasen-Weidehaltung (KRW) oder einer intensiven Koppelweidehaltung (KOP) auf die energiekorrigierte Milchleistung (ECM) pro Kuh bzw. pro Hektar Weidefläche. Signifikante Gruppenunterschiede wurden weder bei der durchschnittlichen Milchleistung pro Kuh (KOP: 19,5 kg; KRW: 20,8 kg ECM und Tag) noch bei der Milchleistung pro Hektar (KOP: 59,1 kg; KRW: 59,8 kg ECM/ha und Tag) festgestellt.

Abstract

In addition to supplemental feeding provision, daily pasture forage supply influences grazing behaviour, feed intake, individual animal milk yield and milk-productivity per hectare of pasture. The present study investigates the influences of a continuous-grazing (KRW) or intensive paddock grazing (KOP) on energy corrected milk yield (ECM) per cow and per hectare pasture, respectively. Significant group differences were not found neither in average individual cow milk yield (KOP: 19.5 kg; KRW: 20.8 kg ECM and day) nor in milk yield per hectare (KOP: 59.1 kg; KRW: 59.8 kg ECM/ha and day).

Literatur

PEYRAUD J L & DELAGARDE R (2013): Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. *Animal* 7: 57-67.
STEINWIDDER A, STARZ W, ROHRER H, PFISTER R, TERLER G, VELIK M, HÄUSLER H, KITZER R, SCHAUER A & PODSTATZKY L (2019): Weideochsenmast ohne Kraftfutter. 1. Mitteilung: Einfluss der Aufwuchshöhe bei Kurzrasenweide auf Mastleistung und Flächenproduktivität. *Züchtungskunde* 91: 329-346.
STEINWIDDER A., STARZ W, ROHRER H, PFISTER R, HÄUSLER H, HUBER G & FASCHING C (2020): Einfluss der Aufwuchshöhe bei Kurzrasenweide auf die Einzeltier- und Flächenleistung von Milchkühen. *Züchtungskunde* 92: 172-191.

Adresse der Autoren

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, A-8951 Stainach-Pürgg. E-Mail: andreas.steinwider@raumberg-gumpenstein

Einfluss der Kurzrasen-Aufwuchshöhe auf die Weideochsenmast ohne Kraftfutter

Influence of grass growth height in a continuous-grazing system on fattening performance of steers without concentrate supplementation

Steinwider Andreas, Starz Walter, Rohrer Hannes und Podstatzky Leopold

Einleitung und Zielsetzung

Zahlreiche Versuchsergebnisse mit Milchkühen weisen auf den negativen Zusammenhang zwischen Flächenleistung und Einzeltierleistung bei Weidehaltung hin. Vergleichbare Effekte wurden in der Rindermast von BERANGER und MICOL (1981) sowie DUFRASNE et al. (1995) beschrieben. Im Rahmen des vorliegenden Versuchs wurde der Einfluss der Kurzrasenweide-Aufwuchshöhe bei kraftfutterfreier Ochsenmast auf die Mast- und Schlachtleistung, Fleischqualität, Flächenproduktivität sowie wirtschaftliche Parameter untersucht.

Tiere, Material und Methoden

Eine ausführliche Beschreibung des Versuchs sowie alle Ergebnisse (Mast- und Schlachtleistung, Fleischqualität, Effizienz und Wirtschaftlichkeit) und die Diskussion von diesen können bei Steinwider et al. (2019_{a,b}) nachgelesen werden.

Der Versuch wurde in zwei Durchgängen mit insgesamt 24 Fleckviehochsen, aufgeteilt auf jährlich 3 Versuchsgruppen, von 225 kg bis 700 kg Lebendgewicht durchgeführt. In der Gruppe kurz wurde eine Weideaufwuchshöhe vom 5,0, in der Gruppe mittel von 6,5 und in der Gruppe lang von 8,0 cm angestrebt. Die Aufwuchshöhe jeder Dauergrünlandfläche wurde wöchentlich mit dem Rising Plate Pasture Meter erfasst und die Weideflächengröße dementsprechend im Vegetationsverlauf vergrößert. Nach der ersten Weideperiode wurden die Ochsengruppen im Winter jeweils in Tretmistboxen gehalten und mit Grassilage gefüttert und kamen danach wiederum auf die entsprechenden Kurzrasenweideflächen. Mit Ausnahme von vier Tieren der Gruppe kurz, welche bis zur Erreichung des Mastendgewichts nochmals im Herbst aufgestellt werden mussten, kamen alle Ochsen in der zweiten Weideperiode zur Schlachtung.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Der Nährstoffgehalt der Weidefutterproben der drei Weide-Aufwuchsgruppen unterschied sich nur geringfügig, der durchschnittliche Rohproteingehalt lag bei 20 % und die durchschnittliche Energiekonzentration bei 10,7 MJ ME. Mit zunehmender Aufwuchshöhe nahmen jedoch die Futterverluste zu, ging die Homogenität der Pflanzenbestandsnutzung zurück und wurden Weidepflegemaßnahmen vermehrt erforderlich. Das Schlachalter der Tiere lag im Mittel bei 26,4 (kurz), 24,8 (mittel) bzw. 24,2 (lang) Monaten. Der Weide- bzw. Gesamtflächenbedarf (ha/Tier) lag in Gruppe kurz bei 0,46 bzw. 0,74, in mittel bei 0,54 bzw. 0,78 ha und in lang bei 0,69 bzw. 0,92 ha/Tier.

Die Tageszunahmen der Gruppe kurz (864 g) lagen tendenziell unter jener der Gruppen mittel (950 g) und lang (935 g). Der Winter- und Weidefutter-Flächenbedarf je Tier war in der Gruppe lang signifikant höher als in den Gruppen kurz und mittel. In der Flächenleistung (Lebendgewichtszuwachs/ha) fielen die Tiere der Gruppe lang mit 492 kg/ha signifikant von den anderen beiden Gruppen (kurz 612 kg/ha bzw. mittel 606 kg/ha) ab. Auch BERANGER und MICOL (1981) sowie DUFRASNE et al. (1995) stellten in der Weidemast einen vergleichbaren negativen Zusammenhang zwischen Flächenleistung und Einzeltierleistung fest.

Die Schlachtkörper- und Fleischqualität unterschied sich nicht zwischen den Versuchsgruppen und lag im Mittel auf gutem Niveau. Bei weidebasierter Rindermast muss jedoch mit einer etwas dunkleren Fleischfarbe und stärkerem Gelbton im Fett gerechnet werden, der Anteil an ernährungsphysiologisch erwünschten Fettsäuren ist demgegenüber höher.

Unter den im Versuch gegebenen Rahmenbedingungen (biologische Wirtschaftsweise, Bio-Ochsen-Qualitätsprogramm AT; Förderungssystem AT etc.) schnitt die Gruppe mittel betriebswirtschaftlich am günstigsten ab. Tieranzahlbezogene Prämien bevorzugen bei Weidehaltung Systeme mit hoher Flächenleistung.

Zusammenfassung

In weidebasierten Rinderproduktionssystemen haben die Besatzdichte und die Höhe der Grasaufwuchshöhe einen erheblichen Einfluss auf die Leistung der Tiere und die Produktivität pro Weideeinheit. In diesem Projekt wurde der Einfluss der Weideaufwuchshöhe in einem Kurzrasen-Weidesystem auf die Mast- und Schlachtleistung, die Fleischqualität, die Produktivität und die wirtschaftlichen Parameter untersucht. Dazu wurde ein kraftfutterfreies Fütterungssystem mit Fleckvieh-Ochsen von 225 bis 700 kg Lebendgewicht durchgeführt. In der Versuchsgruppe „kurz“ wurde während der Weidezeiten eine Soll-Aufwuchshöhe von 5,0 cm, in der Gruppe „mittel“ von 6,5 cm und in der Gruppe „lang“ von 8,0 cm angesetzt. Über die gesamte Versuchsdauer lagen die Tageszunahmen der Gruppe „kurz“ (864 g) tendenziell (p-Wert 0,06) unter denen der Gruppen „mittel“ (950 g) und „lang“ (935 g). Die Futterflächenproduktivität (Lebendmassezuwachs/ha) war in der Gruppe „lang“ mit 612 kg signifikant niedriger als in den Gruppen „kurz“ und „mittel“ mit 606 kg/ha. Die Schlachtkörper- und Fleischqualität unterschied sich nicht zwischen den Versuchsgruppen und lag im Durchschnitt auf einem guten Niveau.

Abstract

In pasture based cattle production systems stocking rate and sward surface height significantly influences animal performance and productivity per unit pasture area. In the project, the influence of pasture height in a continuously grazed pasture system on fattening and slaughter performance, meat quality, productivity and economic parameters were evaluated. Therefore, a concentrate-free feeding system with Simmental steers from 225 to 700 kg live weight was carried out. In experimental group “kurz”, a target pasture growth height of 5.0 cm, in group “mittel” of 6.5 cm and in group “lang” of 8.0 cm was used during the grazing periods. Over the whole experimental periods the daily gains of group “kurz” (864 g) tended (p-value 0.06) to be below those of the groups “mittel” (950 g) and “lang” (935 g). The forage area productivity (live weight gain/ha) was significantly lower in group “lang” compared to group “kurz” and “mittel” with 612 kg and 606 kg/ha respectively. The carcass and meat quality did not differ between the experimental groups and was at a good level on average.

Literatur

BERANGER C. & MICOL D (1981): Utilisation de l'herbe par les bovins au pâturage: importance du chargement et du mode d'exploitation, Fourrages 85: 73-93.
DUFRASNE I, GIELEN M, LIRNBOURG P, BRUNDSEAUX C & ISTASSE L (1995): En Belgique, diverses modalités de pâturage pour des taurillons avant finition à l'auge. Fourrages 141: 75-90.
STEINWIDDER A, STARZ W, ROHRER H, PFISTER R, TERLER G, VELIK M, HÄUSLER J, KITZER R, SCHAUER A & PODSTATZKY L (2019a): Weideochsenmast ohne Kraftfutter – Mitteilung 1: Einfluss der Aufwuchshöhe bei Kurzrasenweide auf die Mastleistung und Flächenproduktivität. Züchtungskunde 91: 329-346.
STEINWIDDER A, STARZ W, ROHRER H, PFISTER R, TERLER G, VELIK M, HÄUSLER J, KITZER R, SCHAUER A & PODSTATZKY L (2019b): Weideochsenmast ohne Kraftfutter – Mitteilung 2: Einfluss der Aufwuchshöhe bei Kurzrasenweide auf die Schlachtleistung, Fleischqualität und Wirtschaftlichkeit. Züchtungskunde 91: 347-359.

Adresse der Autoren

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, A-8951 Stainach-Pürgg. E-Mail: andreas.steinwidderr@raumberg-gumpenstein

Untersuchung von Clostridien zur Beurteilung der Futtermittelqualität von Grassilagen

Analysis of clostridia to assess the feed quality of grass silage

Sonja Axmann^{1*}, Julia Strassgüttl¹, Reinhard Resch², Ewald Kramer³,
Elisabeth Weidenholzer⁴

Einleitung

Clostridien sind grampositive, obligat anaerobe und sporenbildende Umweltkeime, die ubiquitär besonders in Böden und Verdauungstrakten von höheren Lebewesen vorkommen. Ihre Endosporen sind besonders hitzeresistent und können auch bei Temperaturen über 110 °C überleben. Je nach Art bilden Clostridien außerdem gefährliche Toxine oder qualitätsmindernde Stoffwechselprodukte.

Clostridien können in der Landwirtschaft Probleme bereiten. Sie finden über Grasweiden oder Silagen den Weg in das Rind, wo sie sich je nach Zustand des Tieres vermehren und sogar in die Milch übergehen können. Pathogene Clostridien wie *C. perfringens* oder *C. botulinum* können schwere Erkrankungen auslösen, die bis zum Tod von Nutztieren führen. Über den ausgeschiedenen Kot und durch das Ausbringen von Gülle gelangen die Clostridien wieder auf die landwirtschaftlichen Flächen zurück, wodurch Infektionskreisläufe geschlossen werden (PAHLOW et al. 2003).

Bei der Grünfütterkonservierung unter Luftabschluss werden Inhaltsstoffe mittels Inaktivierung mikrobieller Enzyme über einen längeren Zeitraum vor Zersetzungsprozessen geschützt (STEINHÖFEL et al. 2023). Clostridien können durch erdige Verunreinigungen in das Futter gelangen, unerwünschte Gärprozesse verursachen und so die Futterqualität negativ beeinträchtigen, indem sie Kohlenhydrate, Aminosäuren und Milchsäure zu Buttersäure und anderen qualitätsmindernden Stoffen wie z.B. Ammoniak oder biogene Amine abbauen. Die unerwünscht gebildete Buttersäure wirkt weniger pH-Wert senkend als die erwünschte Milchsäure und somit verzögert sich der konservierende Effekt (WAGNER 2017). Der Besatz von Milchsäurebakterien im Erntegut ist für den darauffolgenden Silierprozess essenziell. Milchsäurebakterien sind für die Bildung von Milchsäure in der Grassilage verantwortlich, was nach PAHLOW et al. (2003) eine schnelle pH-Wert Senkung bewirkt und somit einer Fehlgärung durch Clostridien entgegenwirkt. Aufgrund unterschiedlicher Umwelteinflüsse können sich Milchsäurebakterien manchmal nicht schnell genug gegenüber anderen Mikroorganismen durchsetzen. Das führt dazu, dass der pH-Wert der Silage nicht ausreichend rasch sinkt, die Clostridien sich anaerob vermehren und Buttersäure bilden. Nach DLG (2006) beträgt der Orientierungswert für sehr gute Silagen < 3 g Buttersäure/kg TM. Durch den gezielten Einsatz von wirksamen Siliermitteln (Milchsäurebakterien, organische Säuren und deren Salzverbindungen, sowie chemische Stoffe) können Fehlgärungen reduziert bzw. im Optimalfall sogar verhindert und die Silagequalität verbessert werden.

Zur Bestimmung der Clostridien in Futtermitteln wird in der Regel das mikrobiologische Keimzählverfahren „Bestimmung von sulfitreduzierenden Clostridien“ (VDLUFA-Methode MB III 28.3.2) angewendet. Der spezifische Nachweis erfolgt dabei auf TSC-Agar (Tryptose-Sulfit-Cycloserin-Agar), wobei Sulfit und Eisensalz im Agar eine Schwarzfärbung schwefelwasserstoffbildender Clostridienkulturen bewirken. Die meisten sulfitreduzierenden Bakterien sind nicht pathogen, einige wenige produzieren jedoch äußerst starke biologischen Toxine, welche Enterotoxämien (*C. perfringens*), Tetanusinfektionen (*C. tetani*) oder Botulismus (*C. botulinum*) hervorrufen können. Der Gesamtgehalt von schwärzenden, sulfitreduzierenden Bakterien in Futter- und Lebensmitteln kann somit Auskunft über den Hygienezustand der Produkte geben. Viele Clostridien, welche von großer industrieller Bedeutung sind, wie z.B. *Clostridium tyrobutyricum* (Verursacher von Fehlgärungen in der Käseherstellung) sind jedoch nicht schwärzend und werden mit dieser Methode nicht erfasst. Eine vielversprechende Alternative ist die MPN (Most Probable Number) -Methode, bei der mittels Verwendung von RCM-Bouillon auch nicht schwärzende Clostridien nachgewiesen werden können.

Die mikrobiologischen Ergebnisse aus dem Silierversuch (S-78), welcher an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt wurde (RESCH et al 2025), zeigen, dass die mit der MPN-Methode ermittelten Clostridien-Keimgehalte in Grassilagen besser mit den Buttersäurewerten korrelieren als mit den sulfitreduzierenden Clostridien-Keimgehalten, die mittels VDLUFA Methode bestimmt wurden.

Material und Methoden

Silierversuch S-78: Die Durchführung des Silierversuches S-78 ist in RESCH et al. (2025) beschrieben: Das Erntegut einer Gräser betonten Dauerwiese (gemäht am 9.5.2024) wurde in 12 Weithalsfässer gefüllt. 6 Fässer enthielten Erntegut ohne Siliermittel (Variante V1), die übrigen 6 Fässer (Variante V2) enthielten Erntegut mit zugesetztem Siliermittel (bestehend aus neu selektierten homofermentativen Milchsäurebakterien, MSB_{homo} - *L. plantarum*, *Lc. lactis*, *L. paracasei* und *L. huelsenbergensis*). Nach 87 und 192 Tagen Lagerung wurden je 3 Fässer geöffnet und Proben für die chemische (Gärsäuren, Nährstoffe) und mikrobiologische Analyse (Clostridien, Milchsäurebakterien) entnommen. Als Ausgangsmaterial wurde ein sehr herausforderndes Material mit mäßiger Silierbarkeit (Bewertung Nasssilage: DLG 2025) verwendet.

Bestimmung von präsumtiven sulfitreduzierenden Clostridiensporen (psC): Bei der Bestimmung von psC handelt es sich um ein Gussplattenverfahren gemäß VDLUFA 28.3.2 (2017).

Bestimmung von Clostridiensporen mittels MPN (Most Probable Number)-Methode: Die Bestimmung von Clostridiensporen im MPN-Verfahren wurde in Anlehnung an Jonsson (1990) in RCM-Medium (Reinforced Clostridial Medium, Basismedium von Oxoid, CM0149B), supplementiert mit 200 mg D-Cycloserine und 0,005 % Neutralrot je Liter, durchgeführt. Dazu wurde eine repräsentative Untersuchungsprobe unter aseptischen Bedingungen entnommen und im Verhältnis 1:10 mit 0,9% NaCl-Lösung versetzt. Um daraus eine homogene Ausgangssuspension zu erhalten, wurde die Mischung mit einem Beutel-Walk-Mischer für 5 min homogenisiert. Ein Aliquot der Ausgangssuspension wurde für 10 min bei $80^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ erhitzt und daraus weitere Dezimalverdünnungen hergestellt. Mit einer Pipette wurde 3 x je 1 ml erhitzte Ausgangssuspension in je 3 vorbereitete Röhrchen mit 10 ml RCM-Medium übertragen. Dasselbe wurde mit den hergestellten Dezimalverdünnungen durchgeführt. Anschließend wurden die Röhrchen anaerob bei $37 \pm 1^{\circ} \text{C}$ für 5-7 Tage bebrütet. Zur Auswertung wurde eine Kombination von mindestens 3 Verdünnungsstufen, wobei die höchste Verdünnungsstufe mindestens ein negatives Röhrchen enthalten musste, herangezogen. Bei einer positiven Reaktion (Wachstum von Clostridien) kam es zu einem Farbumschlag des Mediums von rot auf gelb und einer Gasbildung an der Oberfläche. Die Anzahl der positiven Röhrchen je Verdünnungsstufe ergab einen 3-stelligen Zahlencode, aus dem mittels MPN-Tabelle aus Anhang C der ISO 7218 (2014) die wahrscheinlichste Keimzahl ermittelt wurde.

Bestimmung von Milchsäurebakterien: Die Bestimmung von Milchsäurebakterien erfolgte im Oberflächenverfahren gemäß ÖNORM EN 15787 (2022).

Ergebnisse und Diskussion

Die Proben der Fässer ohne Siliermittel (V1) zeigten im Silierverlauf eine gleichbleibend hohe Buttersäurebildung (48 bzw. 53 g Bs/kg TM) und damit eine sehr schlechte Silagequalität. Die Zugabe von MSB_{homo} verbesserte den Konservierungserfolg erheblich, wobei die Buttersäuregehalte signifikant verringert wurden (18 g Bs/kg TM), dennoch auf einem relativ hohen Niveau lagen (Tabelle 1).

Clostridien Gehalte:

Die Bestimmung von Clostridien mittels MPN-Methode ergab im unbehandelten Erntegut Gehalte von etwa 10^3 KBE/g (3,02 log₁₀). Während der anaeroben Lagerung stiegen die Clostridien-Zahlen in V1 nach 192 Tagen auf über 10^4 KBE/g (4,60 log₁₀), während in V2, der Variante mit zugesetzten Milchsäurebakterien, der Gehalt auf etwa 520 KBE/g (1,72 log₁₀) zurückging. Die Untersuchung der präsumtiven sulfitreduzierenden Clostridien im unbehandelten Erntegut ergab einen etwas niedrigeren Feldbesatz von rund 160 KBE/g (2,21 log₁₀ KBE/g) als mit der MPN-Methode. Während der Lagerungsphase blieben die Gehalte von beiden Varianten (V1 und V2) auf etwa gleichem Niveau (Tabelle 1).

Tabelle 1: **Buttersäure, psC und MPN Clostridiengehalte in Abhängigkeit von Siliermittelbehandlung und Zeitpunkt der Siloöffnung**

Parameter	Einheit	Erntegut	Silage nach 87 d		Silage nach 192 d	
			V1	V2	V1	V2
- Buttersäure (Resch 2025)	g/kg TM	n.a.*	47,8	17,9	53,5	17,9
- präsumtive sulfitreduzierende Clostridien (psC)	Log10 KBE/g**	2,21	2,08	1,88	2,25	3,10
- Clostridien-MPN	Log10 KBE/g	3,02	4,71	2,95	4,60	1,72

*n.a.: nicht analysiert; ** KBE = koloniebildende Einheiten

Für die mikrobiologische Beurteilung von Grassilagen werden VDLUFA Richtwerte (VDLUFA, 2017) herangezogen. Überschreitet die Silage den Gehalt von 500 KBE/g (2,70 log10) psC ist die mikrobiologische Qualität des Futters herabgesetzt und eine Beeinträchtigung der Tiergesundheit kann nicht mehr ausgeschlossen werden. Nach 192 Tagen Lagerung ist die unbehandelte Variante V1 laut VDLUFA nicht zu beanstanden, da der Keimgehalt von psC unter dem Richtwert liegt, während die behandelte Variante V2 diesen leicht überschreitet. Allerdings zeigten die Grassilagen vor allem bei V1 eine starke bis extreme Buttersäuregärung und damit eine mäßige bis sehr schlechte Gärfutterqualität. Die ermittelten Keimgehalte von psC spiegeln also nicht den Siliererfolg wider. Die Clostridien MPN-Methode, welche als Nachweismedium RCM Bouillon verwendet, zeigt andere Ergebnisse. Es werden etwas mehr Clostridien im Erntegut nachgewiesen als mit der VDLUFA Methode, die TSC-Agar verwendet. Während der Lagerung stieg die Anzahl der Clostridien in V1 enorm an, was mit dem Anstieg der Buttersäuregehaltes korreliert (Abbildung 1). Durch die Zugabe von Milchsäurebakterien als Siliermittel wurde der Konservierungserfolg erheblich verbessert und die Buttersäuregärung sowie der Clostridiengehalt gingen signifikant zurück.

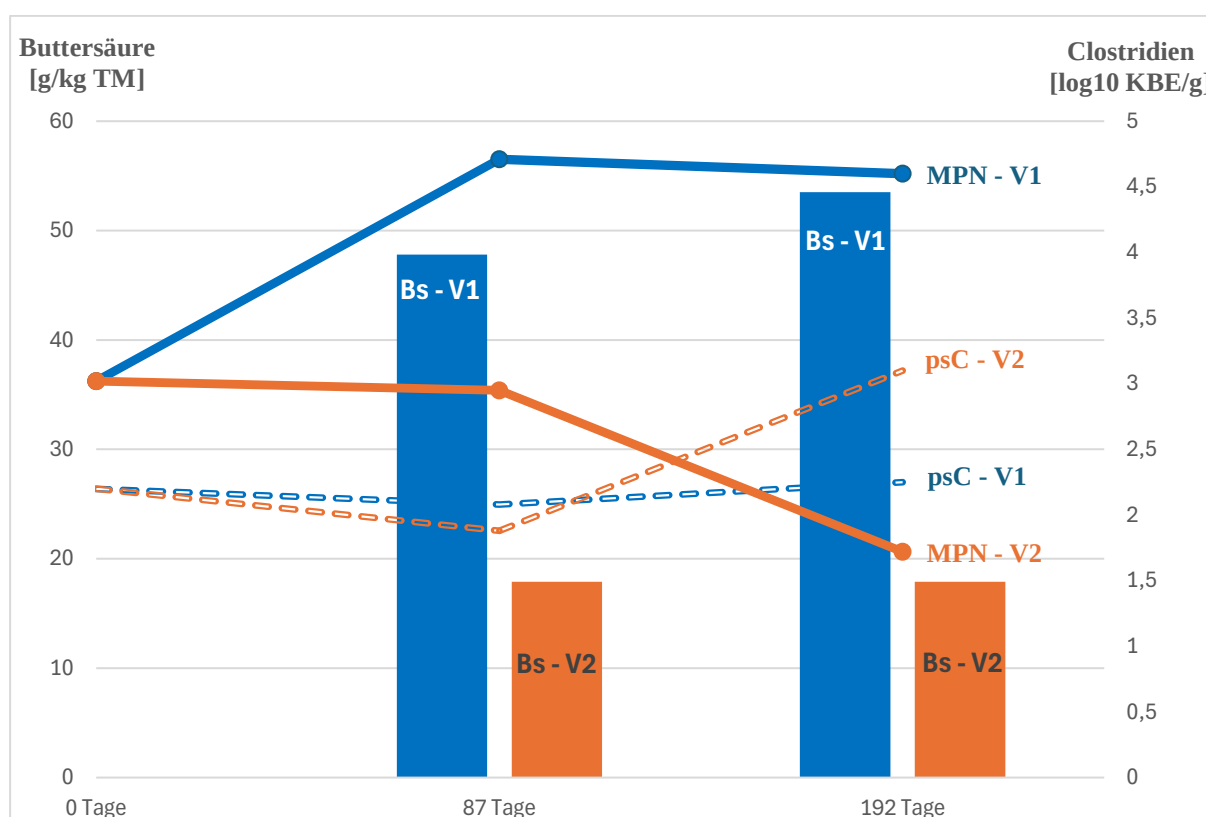


Abbildung 1: **Korrelation von Buttersäuregehalten (Bs) und Clostridiengehalten (MPN, psC) in V1 und V2**

Mit der VDLUFA Standardmethode werden präsumtive sulfitreduzierende Clostridien nachgewiesen, die auf TSC Agar schwarze Kolonien bilden. Die meisten schwärzenden Clostridien sind pathogen. Die VDLUFA wird daher in erster Linie zur Beurteilung der Futterhygiene und nicht zur Beurteilung der

Silagequalität eingesetzt. Mit der MPN-Methode und der RCM-Bouillon lassen sich nicht nur schwärzende Clostridien nachweisen, sondern auch nicht schwärzende Clostridien wie z.B. *C. tyrobutyricum*, die eine bedeutende Rolle bei Fehlgärungen spielen können. Im Silierversuch S-78 konnte gezeigt werden, dass die Buttersäuregehalte mit den Clostridienggehalten, ermittelt mit MPN-Methode und RCM-Bouillon, während des Gärverlaufes in beiden Varianten gut korrelierten (Abbildung 1). Die MPN-Methode könnte daher zur mikrobiologischen Beurteilung des Konservierungserfolges und der Silagequalität eingesetzt werden.

Milchsäurebakterien (MSB):

Im Erntegut wurde ein natürlicher Besatz von Milchsäurebakterien von etwa 3,62 log₁₀ KBE/g festgestellt. Nach 10 Tagen Lagerung zeigten die Analysenergebnisse der unbehandelten Variante V1 einen Keimgehalt von 8,67 log₁₀ KBE/g, während der Gehalt in V2 bereits auf 9,0 log₁₀ KBE/g angestiegen war. Nach 87 Tagen wurde in beiden Varianten ein ähnlicher Gehalt bzw. ein leichter Rückgang an Milchsäurebakterien in V2 (8,46 in V1 bzw. 8,18 log₁₀ KBE/g in V2) festgestellt. Nach 192 Tagen sank die MSB-Keimzahl in V2 bereits auf 7,58 log₁₀ KBE/g ab, während in V1 der Gehalt mit 8,58 log₁₀ KBE/g im Vergleich zur Beprobung nach 87 Tagen konstant blieb.

Der Zusatz von Milchsäurebakterien MSB_{homo} in V2 führte zu einer schnelleren Vermehrung der Bakterien innerhalb der ersten Lagerungstage. Dazu korrelierend zeigten die Ergebnisse von RESCH et al. (2025), dass der pH-Wert in V2 bereits ab 7 Lagerungstagen im Vergleich zu V1 signifikant abgesenkt wurde. Generell waren die pH-Werte in V2 über den gesamten Silierverlauf (nach 87 und 192 Tagen) deutlich niedriger. Mit der Zugabe des Siliermittels V2 hatten die Milchsäurebakterien mengenmäßig einen Startvorteil und erreichten früher die stationäre Phase bzw. das Maximum der Bakterienpopulation. Dadurch wurde eine rasche und nachhaltige pH-Wert Absenkung bewirkt und Gärschädlinge konnten sich nicht mehr in diesem Umfang durchsetzen wie in der unbehandelten Silage V1.

Zusammenfassung

Im Silierversuch S-78 wurden zwei Varianten an Nasssilage mit ~ 24 % TM untersucht: unbehandeltes Erntegut (V1) und mit homofermentativen Milchsäurebakterien (*L. plantarum*, *Lc. lactis*, *L. paracasei* und *L. huelsenbergensis*) versetztes Erntegut (V2). Die mikrobiologische Untersuchung mittels MPN-Methode ergab, dass die Clostridien-Keimzahlen im unbehandelten Erntegut nach 192 Tagen stark anstiegen, während sie im behandelten Erntegut deutlich reduziert wurden. Der Gehalt von psC (präsumtive sulfitreduzierende Clostridien nach VDLUFA 2017) stagnierte in beiden Varianten. Im Vergleich zur VDLUFA-Methode kann die MPN-Methode nicht nur schwärzende Clostridien nachweisen, sondern auch nicht schwärzende Clostridien, die eine bedeutende Rolle bei der Fehlgärung spielen, wie z.B. *C. tyrobutyricum*. Die MPN-Methode könnte zur mikrobiologischen Beurteilung des Konservierungserfolges und der Silagequalität eingesetzt werden, da die Entwicklung des mit dieser Methode ermittelten Clostridiengehaltes während des Gärprozesses mit der Buttersäurebildung korreliert, im Vergleich zu den mit der VDLUFA-Standardmethode ermittelten Clostridienggehalten.

Abstract

Two variants were examined in the ensiling trial S-78 on wet silage (~24 % DM): untreated forage (V1) and forage treated with homofermentative lactobacilli (*L. plantarum*, *Lc. lactis*, *L. paracasei* und *L. huelsenbergensis*) (V2). The microbiological examination using the MPN method showed that the clostridia count in the untreated silage increased sharply after 192 days, while they were significantly reduced in the treated silage. The psC (presumptive sulfite reducing clostridia according to VDLUFA 2017) content stagnated in both variants. Compared to the VDLUFA method, the MPN method can detect not only blackening clostridia, but also non-blackening clostridia that play a significant role in malfermentation, such as *C. tyrobutyricum*. The MPN method could be used for the microbiological assessment of the silage quality, as the development of the clostridia content determined with this method correlates with the butyric acid formation during the fermentation process in the ensiling test in comparison to the values determined with the VDLUFA standard method.

Literatur

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2006): Grobfutterbewertung Teil B – DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Ausschuss Futterkonservierung, DLG-Information 2/2006.

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2025): Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 9. vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, (in Druck).

JONSSON, A., (1990): Enumeration and confirmation of *Clostridium tyrobutyricum* in silages using neutral red, D-cycloserine, and lactate dehydrogenase activity. *Journal of Dairy Science*, 73(3), 719-725.

ÖNORM EN 15787 (2022): Futtermittel - Probenahme- und Untersuchungsverfahren - Nachweis und Zählung von *Lactobacillus* spp. als Futtermittelzusatzstoff. https://effects.austrian-standards.at/action/de/private/details/713592/OENORM_EN_15787_2022_03_01

PAHLOW G, MUCK RE, DRIEHUIS F, ELFERINK S, SPOELSTRA SF (2003): Microbiology of ensiling: In: BUXTON DR, MUCK RE, HARRISON JH (2003): *Silage Science and Technology*. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 31-94.

RESCH R, AXMANN S, KRAMER E, WEIDENHOLZER E (2025): Dynamische Effekte von zugesetzten homofermentativen Milchsäurebakterien auf feuchte Grassilagen im Hinblick auf Gärqualität, TM- und Qualitätsverluste, 79. ALVA-Tagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 26.-27. Mai 2025, xx-xx.

STEINHÖFEL O, RESCH R, MARTENS S (2023): Konservierung von Grünfuttermitteln, 191-216. In: DÄNICKE S et al. (2023): *Handbuch der Futtermittel – Herkunft, Verarbeitung, Verwendung*. AGRI-MEDIA, Erling-Verlag, 744 S.

VDLUFA [Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten] (Hrsg.) (2017): *Methodenbuch Band III – Bestimmung von sulfitreduzierenden Clostridien*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WAGNER W (2017): Clostridien in Futtermitteln. *Landinfo* 5/2017, 38-40.

Adressen der Autoren

¹ AGES GmbH, Institut für Tierernährung und Futtermittel, Linz

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Irdning-Donnersbachtal

³ ISF GmbH, Pinneberg (Deutschland)

⁴ LACTOSAN International GmbH & Co. KG, Kapfenberg

* Ansprechpartner: Dr. Sonja Axmann, sonja.axmann@ages.at

Liege- und Wiederkauverhalten von Bio-Milchkühen bei Kurzrasenweide- oder intensiver Koppelweidehaltung

Influence of a continuous-grazing or intensive paddock grazing on lying and ruminating behaviour of dairy cows

Steinwiddler Andreas, Ofner-Schröck Elfriede, Starz Walter, Rohrer Hannes, Huber Gregor, Fasching Christian und Schoiswohl Julia

Einleitung und Zielsetzung

Das Liege- und Wiederkauverhalten spielen hinsichtlich Tierwohl und Tiergesundheit eine wichtige Rolle (Tucker et al., 2021). Fasching et al. (2020) stellten bei Vollweide-Milchkühen insgesamt eine geringe Liegedauer und bei abnehmender Kurzrasenweide-Aufwuchshöhe (steigender Tierbesatz u. Weidedruck), einen Rückgang der Liegedauer (9,0 auf 7,2 h/d) fest. Obwohl keine Rückschlüsse auf eingeschränktes Tierwohl gezogen wurden, empfehlen die Autoren diesen Aspekt beim Tier- und Weidemanagement zu berücksichtigen. Im Versuch sollte geprüft werden, ob bei intensiver Koppelweidehaltung im Vergleich zur Kurzrasenweide von Milchkühen hinsichtlich Liege- und Wiederkauzeit Unterschiede bestehen.

Tiere, Material und Methoden

In zwei Versuchsjahren (2021 u. 2022) wurden zu Weidebeginn insgesamt 24 Vollweide-Milchkühe im 2. Laktationsdrittel gleichmäßig den zwei Weideversuchsgruppen zugeteilt. Im Versuchszeitraum erhielten alle Versuchskühe, neben dem Weidefutter, ausschließlich 1,0 kg Frischmasse Kraftfutter pro Kuh und Tag (0,5 kg/Melkung) im Stall ergänzt. Die Kurzrasenweide (KRW) wurde bei einer durchschnittlichen Weide-Aufwuchshöhe von 5,5 cm (SD: 0,54), gemessen mit dem Rising Plate Pasturemeter (RPM), beweidet. Die intensiv genutzten Koppelweideflächen (KOP) wurden in Dreitageskoppeln unterteilt und innerhalb der Koppeln wurden Tageskoppeln angelegt, welche über drei Tage hinweg schrittweise erweitert wurden. Die durchschnittliche Ein- und Austriebs-Aufwuchshöhe lag in der Gruppe KOP bei 8,9 RPM cm (SD 1,94) bzw. 5,8 cm (SD: 0,82). Ergebnisse zur Milchleistung etc. sind in einem weiteren Beitrag dieses Tagungsbandes dargestellt. Die Liegeparameter wurden mit dem HOBO Pendant G Daten Logger bei einem Messintervall von 30 Sekunden erfasst. Die Liegeparameter wurden tierindividuell durchgehend über 10 volle Tage zu jeweils drei Erhebungsterminen (April, Juni, Juli) erhoben. Alle Versuchskühe waren darüber hinaus auch mit einem smaXtec-Pansensensor zur Messung der Pansenmotorik („Motility“) und Wiederkautätigkeit ausgestattet. Die Liege- und Wiederkaudaten der drei Erhebungsperioden wurden mit einem gemischten Modell (SAS 9.4; (Prozedur: Mixed; fixe Effekte: Gruppe, Jahr, Laktation (1 oder >1), Termin, Gruppe x Jahr, Gruppe x Jahr x Termin; wiederholte Messung: Jahr x Termin (type=cs); Freiheitsgrad-Approximation ddfm=kr.)) ausgewertet.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die tägliche Liegedauer lag in beiden Weidegruppen bei 8,8 Stunden (KOP: 529 min/d; KRW: 534 min/d), es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt. Pro Tag wurden im Mittel 8 Liegeperioden mit etwa 70-minütiger Liegedauer ermittelt. Die tägliche Liegedauer lag in jenem Bereich, den Fasching et al. (2020) bei mittlerer bis langer KRW-Aufwuchshöhe feststellten. Auch im tageszeitlichen Verlauf (Abb. 1) wurde in der vorliegenden Arbeit zu keinem der Zweistundenblöcke ein signifikanter Weide-Gruppenunterschied festgestellt. Im Vergleich zu den Liegeparametern, wiesen die Wiederkaudaten geringere Streuungen sowie Residual-Std.-Abweichungen auf. Die tägliche Wiederkaudauer lag bei intensiver Koppelweide bei 7,8 bzw. bei Kurzrasenweide bei 7,5 Stunden. Die Anzahl der Wiederkau-Pansenzyklen lag bei Kurzrasenweide ebenfalls tiefer (KOP: 535/d; KRW: 507/d). Die Gruppenunterschiede waren diesbezüglich zwar signifikant, dürften jedoch pansenphysiologisch von geringer Relevanz sein. In beiden Gruppen stieg die Wiederkaudauer im Weideverlauf (Termin 1 bis 3) an.

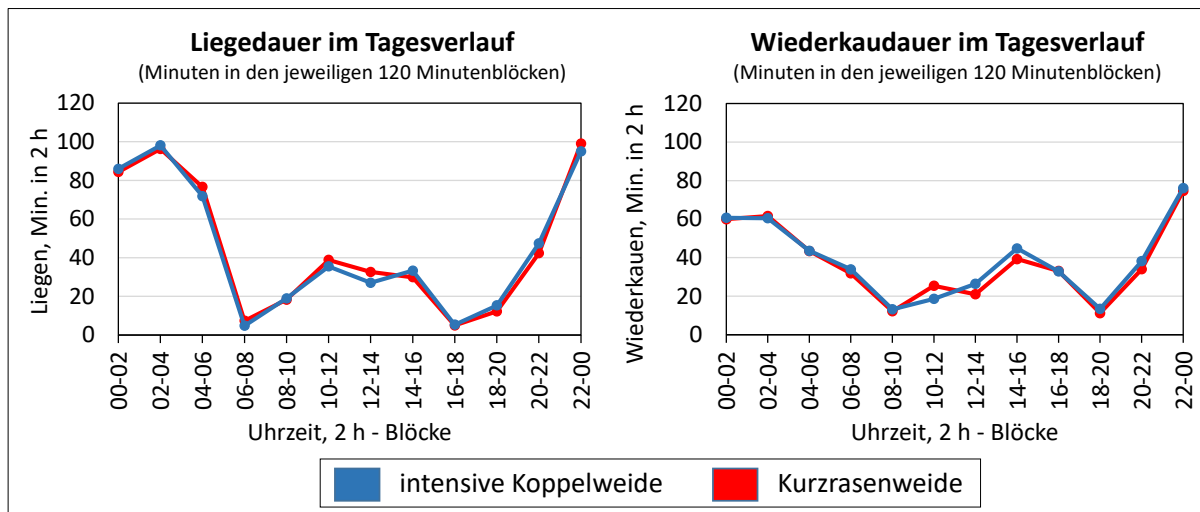


Abbildung 1: Tageszeitlicher Verlauf der Liege- und Wiederkaudauer in den zwei Versuchsgruppen (Minuten in den jeweiligen zwei Stundenblöcken)

Zusammenfassung

Das Verhalten von Milchkühen beeinflusst das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere, die Produktivität sowie wirtschaftliche Parameter. In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss einer Kurzrasen-Weidehaltung (KRW) oder einer intensiven Koppelweidehaltung (KOP) auf das Liege- und Wiederkäuerverhalten von Milchkühen untersucht. Die tägliche Liegezeit betrug in beiden Weidegruppen 8,8 Stunden und es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt. Die tägliche Wiederkäuerzeit betrug 7,8 Stunden bei intensiver Koppelweide bzw. 7,5 Stunden bei Kurzrasen-Weidehaltung. Die Gruppenunterschiede waren diesbezüglich signifikant, dürften aber von geringer pansenphysiologischer Bedeutung sein.

Abstract

The behaviour of dairy cows influences animal welfare and health, productivity as well as economic parameters. The present study investigate the influence of a continuous-grazing (KRW) or intensive paddock grazing (KOP) on lying and ruminating behaviour of dairy cows. Daily lying time was 8.8 hours in both grazing groups and no significant group differences were observed. Daily ruminating duration was 7.8 hours for intensive paddock grazing and 7.5 hours for the continuous grazing system, respectively. The group differences were significant, but are likely to be of little rumen physiological relevance.

Literatur

TUCKER C B, JENSEN M B, DE PASSILE A M & HÄNNINEN L (2021): Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows, J.Dairy Sci. 104: 20-46.
FASCHING C, STEINWIDDER A, ASTL M, HUBER G, ROHRER H, PFISTER R & STARZ W (2020): Veränderungen im zeitlichen Liegeverhalten von Milchkühen bei Stall- und Kurzrasen-Vollweidehaltung. Züchtungskunde 92: 302-319.

Adresse der Autoren

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, A-8951 Stainach-Pürgg. E-Mail: andreas.steinwider@raumberg-gumpenstein

Veränderungen im zeitlichen Liegeverhalten von Milchkühen bei Stall- und Kurzrasen-Vollweidehaltung

Comparison of lying behaviour during freestall-housing or continuous grazing period of dairy cows

Steinwider Andreas, Starz Walter, Schoiswohl Julia, Rohrer Hannes und Fasching Christian

Einleitung und Zielsetzung

Das Verhalten von Milchkühen wird von Umwelteinflüssen, der Interaktion zwischen den Tieren und individuellen Faktoren wesentlich gesteuert. Das Ausruhe- und Liegeverhalten spielen hinsichtlich Tierwohl und Tiergesundheit, Leistungsbereitschaft und Wirtschaftlichkeit eine bedeutende Rolle (Tucker et al., 2021). In zwei Versuchen sollten Veränderungen im Liegeverhalten von Milchkühen bei der Umstellung von der Stall- auf Weidehaltung sowie bei Vollweidehaltung - und dies bei unterschiedlicher Kurzrasen-Aufwuchshöhe - untersucht werden.

Tiere, Material und Methoden

Eine ausführliche Beschreibung der Versuche sowie weiterführende Ergebnisse können bei Fasching et al. (2020) nachgelesen werden. In zwei Versuchen (2018 bzw. 2019) wurden Veränderungen des zeitlichen Liegeverhaltens von Milchkühen bei der Umstellung von der Stallhaltung („Stall“) auf die Weidehaltung („Weideumstellung“) sowie bei anschließender Kurzrasen-Vollweidehaltung („Vollweide“ - bei unterschiedlichen Weide-Aufwuchshöhen (AWH)) untersucht. In der Stall- bzw. Weideumstellungsphase wurden im Frühling 2018 (Versuch 1) bzw. 2019 (Versuch 2) laktierende Milchkühe jeweils gemeinsam gehalten und einheitlich gefüttert. Das Liegeverhalten wurde in der Stallperiode (Laufstall) an den letzten 9 Tagen vor Weidebeginn erhoben. Die anschließende Weideumstellungsperiode umfasste die ersten 9 (Versuch 1) bzw. 13 Weidetage (Versuch 2), wo die Tiere auf Kurzrasen-Vollweidehaltung umgestellt wurden. Danach wurden die Kühe gleichmäßig auf zwei Gruppen aufgeteilt, um in der anschließenden Vollweideperiode die Effekte unterschiedlicher Weide-Aufwuchshöhen (AWH) prüfen zu können. Die Kurzrasen-AWH wurde mit dem Rising Plate Pasture Meter erfasst. In Versuch 1 wurde das Liegeverhalten in den AWH-Vollweidegruppen „kurz“ (5,4 cm $\pm$ 0,15) und „mittel“ (6,6 cm $\pm$ 0,13) und in Versuch 2 in den AWH-Gruppe „mittel“ (6,1 cm $\pm$ 0,87) und „lang“ (7,6 cm $\pm$ 0,95) geprüft. In der Vollweideperiode wurde zusätzlich zur Weide als Lockfutter nur 1,4 kg TM Kraftfutter pro Tier und Tag ergänzt, die Milchleistung lag signifikant tiefer als in der Stallperiode. Die Liegeparameter wurden mit dem HOBO Pendant G Daten Logger bei einem Messintervall von 30 Sekunden erfasst, die Datenverarbeitung erfolgte mit einer dafür entwickelten Anwendung (C# und Python) sowie mit Microsoft Excel. Diese wurden mit einem gemischten Modell (SAS 9.4) ausgewertet.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In Versuch 1 ging die Liegedauer (LS-Means) von 11,4 Stunden/Tag in der Stall- auf 10,2 Stunden in der Weideumstellungs- sowie 7,2 bzw. 8,1 Stunden pro Tag in der Vollweide-Periode in den AWH-Gruppen „kurz“ bzw. „mittel“ zurück. In Versuch 2 betrug die tägliche Liegedauer in der Stallperiode 11,1 Stunden, bei Weideumstellung 9,7 Stunden sowie in den Vollweide-Erhebungswochen 8,5 (AWH-Gruppe „mittel“) bzw. 9,0 Stunden (AWH-Gruppe „lang“). Die Liegedauer je Liegeperiode (73 87 Minuten/Periode) variierte nicht signifikant zwischen den Erhebungsperioden bzw. AWH Gruppen, die Vollweidetiere schränkten jedoch die Liegeperiodenanzahlen (Stallperioden 8,2 pro Tag; Vollweide AWH „kurz“ 5,3 bzw. „lang“ 6,7) ein. Im Vergleich zu Literaturangaben, wo bei Weidekühen häufig von täglichen Liegezeiten zwischen 9 und 11 Stunden berichtet wird (Tucker et al. 2021), sind die in der vorliegenden Arbeit festgestellten täglichen Liegezeiten – speziell in Vollweide-AWH-Gruppe „kurz“ mit 7,2 Stunden – als gering einzustufen. Bei abnehmender Weide-Aufwuchshöhe, erhöhtem Zeitbedarf für Weideaktivitäten (Weidegang, Futtersuche etc.) und zunehmender energetischer Unterversorgung muss mit zunehmenden Restriktionen in der täglichen Liegezeit und tageszeitlichen Verschiebungen der Liegeperioden gerechnet werden. Obwohl aus den vorliegenden Daten noch keine

Rückschlüsse auf eingeschränktes Tierwohl gezogen werden können, sollten im Management Maßnahmen angewandt werden, welche den Milchkühen ausreichend Zeit zum Liegen ermöglichen. Dazu zählen geringe Wartezeiten, möglichst kurze Weide-Wegstrecken, eine hohe Weidefuttermenge, -Schmackhaftigkeit und -Aufwuchshöhe, weideangepasste Einzeltier-Milchleistungen sowie bei Bedarf eine leistungsangepasste Ergänzungsfütterung.

Zusammenfassung

Das Verhalten von Milchkühen beeinflusst das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere, die Produktivität sowie wirtschaftliche Parameter. Im Vergleich zur Laufstallhaltung können die Liegezeiten von Weidekühen verschoben oder die Länge der Liegezeit begrenzt werden. In der vorliegenden Studie wurden die Veränderungen der Liegezeiten von Milchkühen während des Wechsels von der Laufstallhaltung („Stall“) zur Weideumstellung („Weide“) sowie während der anschließenden Weideperiode („Vollweide“) in zwei Versuchen (2018 und 2019) bei verschiedenen kontinuierlich beweideten Grasnarbenhöhengruppen (AWH) untersucht. In beiden Versuchen wurden die längsten täglichen Liegezeiten in den Stallperioden und die kürzesten in den Vollweideperioden gemessen. Mit abnehmender AWH nahm die tägliche Liegezeit ab. Obwohl die vorliegenden Daten noch keine Rückschlüsse auf ein geringeres Wohlbefinden der Tiere zulassen, sollten im Rahmen des Tier- und Weidemanagements Maßnahmen ergriffen werden, die der Milchkuh ausreichend Zeit zum Liegen und Ruhen lassen.

Abstract

The behaviour of dairy cows influences animal welfare and health, productivity as well as economic parameters. In comparison to freestall housing the lying periods of grazing cows can be postponed or the length of the period can be limited. In the present study, changes in the lying time of dairy cows during the change from freestall housing ("Stall") to grazing ("Weideumstellung") as well as during the subsequent pasture period ("Vollweide") in two experiments (2018 and 2019) were studied at different continuously grazed pasture sward height (AWH) groups. In both experiments the longest daily lying times were recorded during the stable periods and the shortest within the full grazing periods. With decreasing AWH the daily lying time decreased. Although the available data do not yet allow conclusions to be drawn about less animal welfare, measures should be applied in animal and pasture management that allow the dairy cow sufficient time to lie and rest.

Literatur

STEINWIDDER A, STARZ W, ROHRER H, PFISTER R, HÄUSLER H, HUBER G & FASCHING C (2020): Einfluss der Aufwuchshöhe bei Kurzrasenweide auf die Einzeltier- und Flächenleistung von Milchkühen. Züchtungskunde 92: 172-191.
TUCKER C B, JENSEN M B, DE PASSILE A M & HÄNNINEN L (2021): Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows, J.Dairy Sci. 104: 20-46.
FASCHING C, STEINWIDDER A, ASTL M, HUBER G, ROHRER H, PFISTER R & STARZ W (2020): Veränderungen im zeitlichen Liegeverhalten von Milchkühen bei Stall- und Kurzrasen-Vollweidehaltung. Züchtungskunde 92: 302-319.

Adresse der Autoren

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, A-8951 Stainach-Pürgg.

E-Mail: andreas.steinwiddler@raumberg-gumpenstein

Evaluierung eines Bolussensors zum Erfassen der Liegedauer bei Milchkühen

Evaluation of a Bolus Sensor for Measuring Lying Duration in Dairy Cows

Julia Schoiswohl^{1*}, Magdalena Waldauer², Gregor Huber¹ und Christian Fasching²

Einleitung

Die physiologische und pathologische Relevanz des Liegeverhaltens bei Milchkühen wird in zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten beschrieben. Hersteller tierindividueller Monitoringsysteme sind bestrebt, Daten zur Beschreibung dieses Verhaltens zu erheben. Die Kenntnis des Liegeverhaltens kann dazu beitragen, physiologische und pathologische Zustände frühzeitig zu erkennen sowie Umweltbedingungen und Management gezielt anzupassen.

Während der Brunst wurde sowohl eine Verkürzung der Liegezeit zugunsten erhöhter Laufaktivität als auch eine Verringerung der Anzahl der Liegeperioden beobachtet (Kerbrat & Disenhaus 2004; Jónsson et al. 2011; Mayo et al. 2019). Auch im unmittelbaren zeitlichen Umfeld der Kalbung lassen sich signifikante Veränderungen feststellen (Jensen et al. 2005; Miedema et al. 2011; Chang et al. 2020). Ein Zusammenhang zwischen Liegeverhalten und gesundheitlichen Problemen oder Verletzungen gilt als gesichert. So beobachteten Westin et al. (2016), dass lahme Kühe länger und in weniger Perioden liegen. Auch bei Stoffwechselerkrankungen, Metritis und Mastitis wurden Zusammenhänge mit dem Liegeverhalten beschrieben (Darr & Epperson 2009; Rial et al. 2023a, 2023b).

Haley et al. (2000) stellten einen positiven Zusammenhang zwischen der Größe der Liegefläche und der Liegezeit fest, während eine hohe Bestandsdichte die Liegedauer negativ beeinflusste (Tucker et al. 2021). Hitzestress hat ebenfalls einen deutlichen Einfluss auf das Liegeverhalten von Milchkühen, so korreliert die Liegedauer negativ mit der Umgebungstemperatur und dem Temperature-Humidity-Index (THI) (Zähner et al. 2004; Tober et al. 2011).

Die Firma SmaXtec setzt einen Bolussensor ein, um im Pansen über mehrere Jahre hinweg Daten zur Wiederkäu- und Bewegungsaktivität, zur Pansenmotilität sowie zur Vormagentemperatur erfasst. Zusätzlich wurde eine Funktion entwickelt, mit der auch das Liegeverhalten erfasst werden kann. Ziel der vorliegenden Studie war es, die mit dem Bolussensor ermittelte Liegedauer von Milchkühen zu evaluieren.

Material und Methoden

Die Studie umfasste zehn Milchkühe und wurde im Zeitraum vom 18. März 2024 bis zum 10. April 2024 am Forschungsbetrieb der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Die Kühe waren in einem Liegeboxenlaufstall mit Stroh-Mist-Matratzen untergebracht und die Fütterung erfolgte ad libitum mit zweimal täglicher Vorlage. Das Laktationsstadium der Versuchstiere lag zwischen 20 und 133 Tagen in Milch (DIM), die Parität reichte von zwei bis fünf Laktationen und die Melkung der Kühe wurde mittels Melkroboter durchgeführt.

Die Erhebung der täglichen Liegedauer erfolgte gemäß Ledgerwood et al. (2010) mithilfe von Hobo Pendant G Datenloggern (Onset Computer Corporation, Bourne, MA) in einem Aufzeichnungsintervall von 30 Sekunden. Bei vier Kühen löste sich das kohäsive Klebeband vorzeitig, was zu einer verkürzten Erhebungsdauer bei diesen Tieren führte. Zur Kategorisierung der Positionen „Stehen“ bzw. „Liegen“ wurden die aufgezeichneten Daten in Zeitblöcken von zehn Minuten zusammengefasst.

Die Kühe wurden mit dem Bolussensor der Firma SmaXtec bereits mehrere Wochen vor Beginn der Datenerhebung ausgestattet. Die Sensoren lieferten sowohl die durchschnittliche tägliche Liegedauer als auch die Position („Stehen“ bzw. „Liegen“), ebenfalls aggregiert in Zehn-Minuten-Blöcken.

Für den Vergleich der Ergebnisse des Hobo Pendant G Datenloggers mit denen des Bolussensors standen insgesamt zehn vollständige Datensätze zur Verfügung. Zur Beurteilung der Klassifizierungsgenauigkeit („Stehen“ vs. „Liegen“) wurden auf Basis der Konfusionsmatrix (Stehman 1997) die Parameter Sensitivität, Spezifität, positiver Vorhersagewert und Genauigkeit berechnet.

Die Übereinstimmung der beiden Messmethoden wurde grafisch mittels Bland-Altman-Plot dargestellt (Bland & Altman, 1986). Dabei wurde der Mittelwert der beiden Messverfahren gegen deren Differenz aufgetragen. Die mittlere Differenz (Bias) weist auf potenzielle systematische Abweichungen zwischen

den Methoden hin, während die 95 %-Konfidenzintervalle (Limits of Agreement) den Bereich markieren, in dem 95 % der Differenzen liegen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass alle Klassifizierungsparameter auf einem hohen Niveau liegen, was auf eine hohe Leistungsfähigkeit der Funktion hinweist. Die Sensitivität liegt bei 90,4 %, die Spezifität bei 91,2 %, der Positive Vorhersagewert bei 88,7 % und die Genauigkeit bei 90,9 %. Diese Werte verdeutlichen eine hohe Zuverlässigkeit des Modells und bestätigen die Eignung für den praktischen Einsatz der Funktion am Milchviehbetrieb.

Die Analyse mittels Bland-Altman Plot zeigt eine hohe Übereinstimmung der beiden Methoden. Die Standardabweichung von 0,95 Stunden weist auf eine akzeptable Streuung der Messwerte um den Mittelwert der Differenzen hin. Mit 0,07 Stunden liegt der Mittelwert der Differenzen nahe bei null, dies deutet auf eine vernachlässigbare systematische Verzerrung (Bias) hin. Die Grenzen der Übereinstimmung sind mit 1,94 und -1,79 ebenfalls akzeptabel. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Methoden ähnliche Messwerte liefern und die Unterschiede unabhängig von der Messgröße zufällig um den Mittelwert schwanken.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Weiterentwicklung des Bolussensors erfolgreich war. Die Funktion der Liegezeiterfassung wurde so konzipiert, dass sie den Anforderungen eines praktischen Milchviehbetriebes entspricht und Hinweise auf physiologisch und pathologisch relevante Ereignisse liefern kann. Darüber hinaus ist die als Herden-Parameter gepoolte Liegedauer ein Indikator für umweltbedingte Einflüsse, womit der Bolussensor auch für Beratungszwecke zunehmend an Bedeutung gewinnt. In einer vergleichenden Betrachtung mit anderen Sensorsystemen zeigt sich, dass der Bolussensor eine valide Messung zahlreicher physiologisch und pathologisch sensibler Parameter ermöglicht (Bewegungsaktivität, Körpertemperatur, Wiederkäuaktivität, Liegedauer, Pansenaktivität, Wasseraufnahme). Daraus schlussfolgern wir, dass Monitoringsysteme mit Bolussensoren ein vergleichsweise größeres Potential besitzen und in Kombination mit künstlicher Intelligenz als Advisory-System eingesetzt werden können.

Abstract

Monitoring the lying behavior of dairy cows is a crucial component in assessing both physiological and pathological conditions. This study evaluates a newly developed functionality of a bolus sensor by SmaXtec, designed to measure lying duration in dairy cows. Over a 24-day trial involving ten cows housed in a freestall barn, lying time was concurrently recorded using Hobo Pendant G data loggers and the bolus sensor. Classification accuracy between the two systems was assessed using a confusion matrix and Bland-Altman analysis. The results showed high agreement, with sensitivity and specificity above 90% and a minimal bias of 0.07 hours. These findings indicate that the bolus sensor reliably captures lying behavior and can be effectively implemented on commercial dairy farms. Additionally, the lying time data, when pooled, may serve as a valuable indicator for herd-level environmental influences. The bolus sensor thus represents a versatile tool in precision livestock farming, with the potential for broader application in health monitoring and advisory systems.

Literatur

- BLAND, J. M. AND ALTMAN, D. (1986): Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet* 327(8476):307-310.
- CHANG, A. Z., SWAIN D. L., TROTTER, M. G. (2020): Towards sensor-based calving detection in the rangelands: a systematic review of credible behavioral and physiological indicators. *Translational animal science* 4(3):txaa155.
- DARR, M. AND EPPERSON W. (2009): Embedded sensor technology for real time determination of animal lying time. *Computers and Electronics in Agriculture* 66(1):106-111.
- HALEY, D., RUSHEN J., PASSILLÉ, A. D. (2000): Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canadian Journal of Animal Science* 80(2):257-263.

- JENSEN, M. B., PEDERSEN, L. J., MUNKSGAARD, L. (2005): The effect of reward duration on demand functions for rest in dairy heifers and lying requirements as measured by demand functions. *Applied Animal Behaviour Science* 90(3-4):207-217.
- JÓNSSON, R., BLANKE, M. POULSEN, N. K., CAPONETTI, F., HØJSGAARD, S. (2011): Oestrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models. *Computers and electronics in Agriculture* 76(1):6-15.
- KERBRAT, S. AND DISENHAUS, C. (2004): A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 87(3-4):223-238.
- LEDGERWOOD, D. N., WINCKLER, C., TUCKER, C. B. (2010): Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93(11):5129-5139.
- MAYO, L. M., SILVIA, W. J., RAY, D. L., JONES, B. W., STONE, A. E., TSAI, I. C., CLARK, J. D., BEWLEY, J. M., HEERSCH, G. (2019): Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102(3):2645-2656.
- MIEDEMA, H. M., COCKRAM, M. S., DWYER, C. M., MACRAE, A. I. (2011): Changes in the behaviour of dairy cows during the 24h before normal calving compared with behaviour during late pregnancy. *Applied Animal Behaviour Science* 131(1-2):8-14.
- RIAL, C., A. LAPLACETTE, L. CAIXETA, C. FLORENTINO, F. PEÑA-MOSCA, GIORDANO, J. (2023a): Metabolic-digestive clinical disorders of lactating dairy cows were associated with alterations of rumination, physical activity, and lying behavior monitored by an ear-attached sensor. *Journal of Dairy Science* 106(12):9323-9344.
- RIAL, C., LAPLACETTE, A. CAIXETA, L. FLORENTINO, C. PEÑA-MOSCA, F. GIORDANO, J. (2023b): Metritis and clinical mastitis events in lactating dairy cows were associated with altered patterns of rumination, physical activity, and lying behavior monitored by an ear-attached sensor. *Journal of Dairy Science* 106(12):9345-9365.
- STEHMAN, S. V. (1997): Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *Remote sensing of Environment* 62(1):77-89.
- TOBER, O., LOEBSIN, C. SANFTLEBEN, P. (2011): Untersuchungen telemetrisch erfassbaren Verhaltens sowie ausgewählter physiologischer und Stallklimaparameter bei Hochleistungskühen unter den Bedingungen moderner Außenklima-Laufstallhaltung zur Schaffung von Managementhilfen und Optimierung der Tierumwelt. Institut für Tierproduktion, Dummerdorf.
- TUCKER, C. B., JENSEN, M. B. DE PASSILLÉ, A. M., HÄNNINEN, L., RUSHEN, J. (2021): Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 104(1):20-46.
- WESTIN, R., A. VAUGHAN, A. M., DE PASSILLÉ, T. J., DEVRIES, E. A., PAJOR, D., PELLERIN, J. M., SIEGFORD, E., VASSEUR RUSHEN, J. (2016): Lying times of lactating cows on dairy farms with automatic milking systems and the relation to lameness, leg lesions, and body condition score. *Journal of dairy science* 99(1):551-561.
- ZÄHNER, M., L., SCHRADER, R., HAUSER, M. KECK, W., LANGHANS, W., WECHSLER, B. (2004): The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables. *Animal Science* 78(1):139-147

Adressen der Autoren

¹ Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnerbachthal

² Raumberg-Gumpenstein Research & Development, Altirdning 11, 8952 Irdning-Donnersbachthal

* Ansprechpartner: Dr. Julia SCHOISWOHL, julia.schoiswohl@raumberg-gumpenstein.at

Optimierung von Jungviehställen anhand von Accelerometer-Messungen des Liegeverhaltens

Optimization of young cattle housing based on accelerometer measurements of lying behaviour

Elfriede Ofner-Schröck^{1*}, Thomas Guggenberger², Gregor Huber¹ und Hannes Rohrer¹

Einleitung

Mit dem Jungvieh beginnt der Erfolg des Milchviehbetriebes. Während für die Kühe meist vorbildliche neue Laufställe gebaut werden, bleibt das Jungvieh oft in provisorisch adaptierten Altbauten stehen (BREININGER 2023). Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit dem Liegeverhalten von Milchkühen. Zum Effekt des Haltungssystems auf das Tierwohl von Jungvieh gibt es bislang noch wenige wissenschaftliche Untersuchungen (RUSHEN et al. 2008). Ziel der in diesem Beitrag vorgestellten Pilotstudie im Rahmen einer vorwissenschaftlichen Diplomarbeit (ELLMAUER und PRETSCHUH 2025) war es, Veränderungen im Liegeverhalten von Jungvieh (mit besonderer Berücksichtigung von Liegedauer und Liegeorten) bei unterschiedlicher Buchtenwandgestaltung zu untersuchen.

Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden in zwei Zweiflächen-Tiefstreubuchten mit integriertem Auslauf im Zeitraum von März bis April 2024 im Jungviehstall des Bio-Instituts der HBLFA Raumberg-Gumpenstein statt. In den beiden Buchten wurden weibliche Jungtiere (und ein Ochse) der Rassen Fleckvieh und Holstein Friesian gehalten, wobei sich in Bucht 3 elf Tiere mit einem Gewicht von 200 – 350 kg und in Bucht 2 sechs Tiere mit einem Gewicht von 350 – 450 kg befanden. Die Liegeflächen Größe der Bucht 3 beträgt 60 m² (= 5,5 m² pro Tier) und jene der Bucht 2 34,6 m² (= 5,8 m² pro Tier). Die Buchten weisen jeweils einen Fressbereich im Auslauf und einen weiteren im Stallinneren auf. Das Futter wird ad libitum vorgelegt. Die Tiefstreubuchten werden durch Buchtenbegrenzungen in herkömmlicher Metallkonstruktion voneinander getrennt, Bucht 3 grenzt an einer Längsseite an eine Stallaußenwand. Im Zuge des Versuches wurden die Buchtenwände in fünf aufeinanderfolgenden Versuchsblöcken schrittweise mit Holzwänden blickdicht ausgeführt. In Versuchsblock 0 und 4 wurden die Tiefstreubuchten in ihrer bestehenden Ausgangssituation betrachtet. In Versuchsblock 1 wurden die beiden Seitenwände mit Holzplatten verkleidet, in Versuchsblock 2 zusätzlich auch das Fressgitter im Stallinneren. In Versuchsblock 3 wurden die Holzplatten an den Seitenwänden wieder entfernt, sodass nur das Fressgitter verkleidet war. Die Fütterung fand in Block 2 und 3 ausschließlich am Fressgitter im Auslaufbereich statt.

Die Liegedauer der Tiere wurde mit Accelerometern (HOBO-Pendant-G-Datenloggern) erfasst, welche am Metatarsus von jeweils sechs Fokustieren pro Bucht fixiert wurden. In einem Zeitraum von 23 Tagen wurden kontinuierlich über jeweils 24 Stunden alle 30 Sekunden die aktuellen Beschleunigungswerte automatisiert aufgezeichnet. Die Datenlogger erfassten dabei die Beschleunigung in der x- und y-Achse. Die Daten der HOBO-Datenlogger wurden mit dem Programm HOBOWare®-LITE ausgelesen. Aus diesen Daten wurde mit Hilfe einer Auswerteroutine die Position des Rindes (stehen/liegen) erfasst (FASCHING et al. 2020). Daraus wurde die Liegedauer der Tiere sowie die Anzahl der Liegeperioden ermittelt.

Zusätzlich wurden die Tiere über einen Zeitraum von vier Wochen mittels Videotechnik (SONY SNC-CH140) beobachtet. Die Videoauswertung erfolgte im 10-Minuten-Intervall (Time-Sampling) zwischen 6:30 Uhr und 18:00 Uhr an jeweils vier Tagen pro Versuchsblock. Dazu wurde die Liegefläche der Tiefstreubuchten anhand eines Rasters in neun gleich große Sektoren (A – I) unterteilt (Abbildung 1) und die Anzahl der Liegeereignisse je Liegeort systematisch dokumentiert.

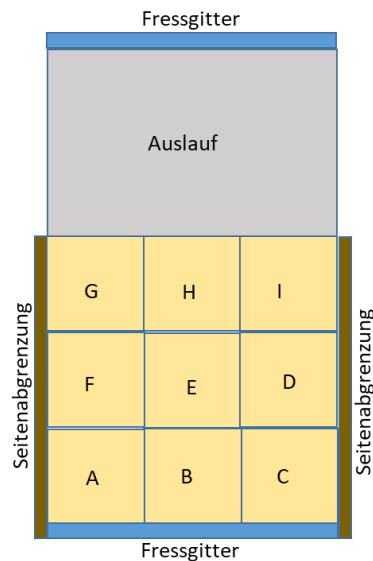


Abbildung 1: **Layout der Zweiflächen-Tiefstreibucht 2 mit Einteilung der Liegefläche in neun Sektoren**

Im Zuge der statistischen Datenauswertung mit Statgraphics Centurion wurde für den Gruppenvergleich ein allgemeines lineares Modell (GLM) verwendet, welches in mehreren Konfigurationen zur Anwendung gelangte.

Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere Liegedauer aller Fokustiere betrug 14,2 Stunden pro Tier und Tag (Mittelwert 853 min., SD 74 min., Maximal 983 min., Minimal 610 min.). Die Liegedauer unterschied sich zwischen den Versuchs-Blöcken signifikant ($p = 0,005$). Die höchste Liegedauer war in Block 1 zu verzeichnen, bei dem die beiden Seitenwände blickdicht ausgeführt waren (Abbildung 2). Bei dreiseitig geschlossenen Wänden (Block 2) ging die Liegedauer etwas zurück und stieg bei einseitig geschlossenem Fressgitter wiederum an (Block 3). Die geringste Liegedauer zeigte sich in Block 4, in dem sowohl die Seitenwände als auch das innen liegende Fressgitter in herkömmlicher offener Metallkonstruktion vorlagen. Bereiche mit geschlossenen Seitenbegrenzungen schienen eine stabilere Ruheumgebung zu bieten, was sich in längeren Liegedauern widerspiegelte. Vergleicht man die beiden Tiefstreibuchten miteinander, lassen sich signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) in der Anzahl der Liegeperioden erkennen (Abbildung 3). Dabei könnten Unterschiede in der Herdendynamik und Herdenstruktur – etwa hinsichtlich Alter, Gewicht und Gruppengröße – sowie die Buchtengröße eine Rolle spielen (ELLMAUER und PRETSCHUH 2025). MOGENSEN et al. (1997) fanden bei Kalbinnen, die mit einem größeren Platzangebot gehalten wurden, eine höhere Synchronität des Ruheverhaltens.

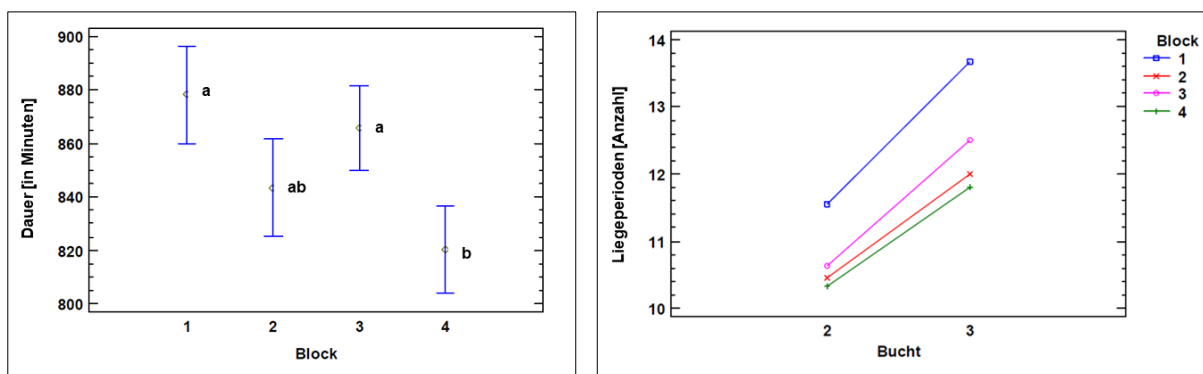


Abbildung 2 (links): **Liegedauer in den verschiedenen Versuchsblöcken [in Minuten pro Tier und Tag]**
 Abbildung 3 (rechts): **Anzahl der Liegeperioden in den beiden Tiefstreu-Buchten [pro Tier und Tag]**

Im Vergleich zu einer Studie von REITER et al. (2007) bei Mastbullen in Tretmist- bzw. Tieflaufställen, in der die durchschnittliche Gesamtliegezeit im Mittel bei 13 bis 14 Stunden pro Tag lag, wies die Liegedauer in der vorliegenden Untersuchung einen etwas höheren Wert von 14,2 Stunden auf. KEYSERLINGK et al. (2011) untersuchten das Liege- und Fressverhalten von Kalbinnen bei der Einführung in eine neues Haltungssystem und fanden beim Liegen auf einer eingestreuten freien Liegefläche ebenfalls durchschnittliche Liegezeiten von 14,2 Stunden. In einer Studie an Milchkühen in Haltungssystemen mit freier Liegefläche wurde ermittelt, inwieweit sich die Strukturierung der Liegefläche mit Holzwänden auf das Liegeverhalten auswirkt (WAIBLINGER et al. 2012). Beim Ruheverhalten wurde zwischen Tag- und Nachtzeiten unterschieden. Hierbei lagen die Tiere nachts mit einer Strukturierung signifikant länger als ohne Strukturierung ($p < 0,05$). Die Nutzung wandnaher Liegeplätze unterschied sich nach dem Rang der Tiere in der Herde. Kühe, wie viele andere Tiere, bevorzugten häufig ein Liegen entlang von Wänden oder ähnlichen Strukturen (WAIBLINGER et al. 2012).

Tabelle 1: Gesamtanzahl der Liegeereignisse je Tier in Tiefstreubucht 2 und 3 in den einzelnen Versuchsblöcken und Sektoren der Liegefläche (nach ELLMAUER und PRETSCHUH 2025)

Bucht	Versuchsblock	Sektor der Liegefläche								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Bucht 2 (n = 6)	0	0,17	0,33	0,67	21,50	10,17	13,83	19,17	6,33	9,17
	1	2,00	0,00	5,00	5,83	12,00	13,50	16,50	15,17	11,83
	2	0,00	0,00	1,67	21,00	3,67	11,17	16,50	15,00	3,67
	3	0,00	1,67	5,33	19,17	14,67	8,17	12,67	23,50	12,17
	4	0,33	0,00	0,00	23,17	14,00	5,83	9,50	26,00	4,17
Bucht 3 (n = 11)	0	4,45	2,73	1,55	10,36	21,91	24,27	8,18	14,82	8,64
	1	4,36	1,73	1,36	15,73	24,82	21,55	5,45	9,82	2,64
	2	1,91	0,00	0,91	12,91	11,55	17,00	3,18	15,91	11,55
	3	2,36	8,09	0,73	10,73	18,73	29,91	4,00	15,91	11,55
	4	0,82	0,00	0,36	8,91	18,55	23,55	6,82	15,64	15,36

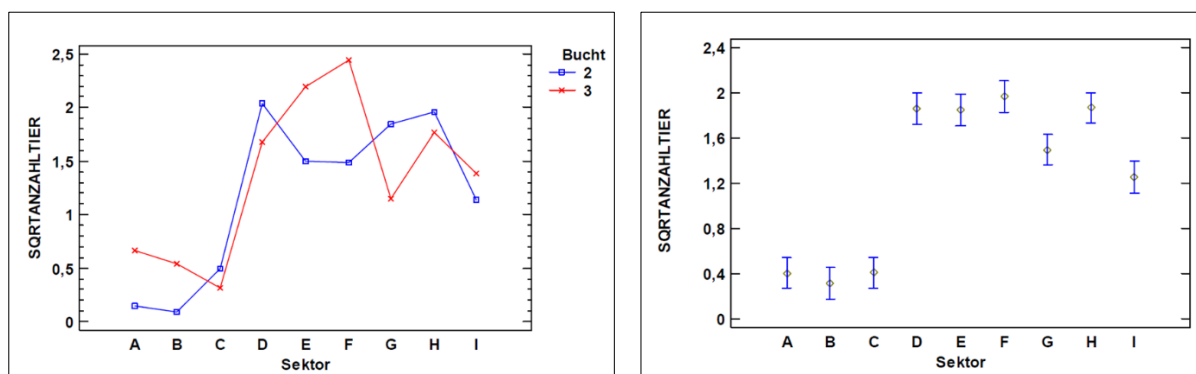


Abbildung 4 (links): Liegeereignisse pro Tier und Tag in den beiden Buchten

Abbildung 5 (rechts): Aggregierte Liegeereignisse pro Tier und Tag über beide Buchten nach Sektoren

Aus der Auswertung der Videoaufzeichnungen konnten in der vorliegenden Pilotstudie Rückschlüsse auf präferierte und unbeliebte Liegeorte gezogen werden. Die Gesamtzahl der Liegeereignisse je Sektor sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Zwischen den einzelnen Versuchsblöcken zeigten sich tendenzielle Unterschiede hinsichtlich der Anzahl der Liegeereignisse in den einzelnen Sektoren der Bucht. Zur weiteren statistischen Absicherung wäre eine Versuchsanstellung mit längeren Gewöhnungsphase an die jeweils geänderte Situation sinnvoll. Signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) konnten hingegen zwischen den beiden Buchten sowie zwischen den einzelnen Sektoren der Buchten festgestellt werden (Abbildung 4 und 5). Es lässt sich erkennen, dass die Sektoren A bis C vergleichsweise selten aufgesucht wurden,

während die Sektoren D bis I eine höhere Frequentierung aufwiesen. Aufgrund der rechtsschiefen Verteilung der Rohdaten wurde zur Normalisierung eine Winkelfunktion in Form einer Quadratwurzeltransformation angewendet (*SQRTANZAHLTIER*). Für die Interpretation der Ergebnisse müssen die transformierten Mittelwerte in den Abbildungen 4 und 5 entsprechend quadriert werden (ELLMAUER und PRETSCHUH 2025).

Die Ergebnisse zeigen, dass das Liegeverhalten von Rindern stark durch die Gestaltung der Liegeflächen beeinflusst wird. Die signifikanten Unterschiede hinsichtlich Liegefrequenz zwischen den Sektoren und hinsichtlich der Liegedauer zwischen den Versuchsblöcken verdeutlichen die hohe Bedeutung von Struktur, Ruhe und Abgrenzung im Stallbereich. Besonders zentrale Bereiche mit Wandanschluss (z. B. Bucht 3, Sektor F) wurden bevorzugt genutzt, während Areale in unmittelbarer Nähe zum Fressgitter (Sektoren A – C) deutlich seltener frequentiert wurden. Daraus lässt sich die Empfehlung ableiten, im Liegebereich kein Fressgitter anzubringen und somit Liege- und Fressbereich zu trennen. Bei baulichen Einschränkungen sollte zumindest ausreichend Platz im Liegebereich geschaffen werden, damit die Tiere in ruhigere, weniger frequentierte Bereich ausweichen können. In der vorliegenden Studie lagen die Liegeflächengrößen mit 5,5 m² bzw. 5,8 m² pro Tier deutlich über den rechtlich vorgeschriebenen Mindestwerten. Außerdem sollte im Liegebereich zumindest eine geschlossene Wand zum Ruhen angeboten werden, da Rinder ein Abliegen entlang von Wänden bevorzugen. Bei einem ungünstigen Buchtengrundriss könnte dazu auch ein Teil der seitlichen Buchtenbegrenzungen blickdicht ausgeführt werden. Dafür sprechen auch die längeren Liegedauern in Buchten mit teilweise geschlossenen Seitenbegrenzungen. Das Vorhandensein eines Tränkebeckens im Liegebereich (z. B. Sektor G) erwies sich als störend und führte zu einer verringerten Liegenutzung. Dies bestätigt erneut die Empfehlung, Tränkebecken nicht im Liegebereich anzubringen. Der Bereich um die Tränke kann durch herausspritzendes Wasser auch stärker vernässt sein. Weitere potenzielle Einflussfaktoren wie Wetterbedingungen (z. B. sonnige Bereiche der Liegefläche) und die Sauberkeit der Liegeflächen wurden als relevante, in dieser Studie jedoch nicht systematisch ausgewertete Variablen identifiziert.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich Empfehlungen zur optimalen Gestaltung der Liegefläche für Jungvieh ableiten. Diese flossen beispielsweise auch in das neu erschienene ÖKL-Merkblatt „Jungviehställe für die Nachzucht“ ein (ÖKL 2025). In weiterführenden Untersuchungen sollte eine größere Anzahl an Tiergruppen herangezogen und zusätzlich auch der Einfluss der Sauberkeit der Liegefläche betrachtet werden. Außerdem sollte ermittelt werden, ob eine längere Angewöhnungsphase an veränderte Seitenbegrenzungen im Liegebereich eine deutlichere Ausprägung der Unterschiede in der Nutzung der verschiedenen Liegeorte nach sich zieht.

Zusammenfassung

Mit dem Jungvieh beginnt der Erfolg des Milchviehbetriebes. Zum Effekt des Haltungssystems auf das Tierwohl von Jungvieh liegen derzeit wenige wissenschaftliche Untersuchungen vor. Im Rahmen einer Pilotstudie wurden Veränderungen im Liegeverhalten von Jungvieh bei unterschiedlicher Buchtenwandgestaltung untersucht. Dabei wurden die Buchtenwände zweier Tiefstreubuchten in fünf Versuchsblöcken in unterschiedlicher Abstufung mit einer herkömmlichen Metallkonstruktion oder mit Holzwänden blickdicht ausgeführt. Die effektive Liegedauer der Tiere wurde mit Accelerometern (HOBOPendant-G-Datenloggern) erfasst, welche am Metatarsus von sechs Fokustieren in jeder Bucht fixiert wurden. Zusätzlich wurden die Liegeorte der Tiere anhand von Videoaufzeichnungen mithilfe einer speziellen Software ethologisch ausgewertet. Die mittlere Liegedauer aller Fokustiere betrug 14,2 Stunden pro Tier und Tag und die Liegedauer unterschied sich zwischen den Versuchs-Blöcken signifikant ($p = 0,005$). Es zeigten sich auch signifikante Unterschiede in der Anzahl der Liegeperioden zwischen den beiden Tiefstreubuchten ($p < 0,001$) und Rückschlüsse auf präferierte und unbeliebte Liegeorte konnten gezogen werden. Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich Empfehlungen zur optimalen Gestaltung der Liegefläche für Jungvieh ableiten. In weiterführenden Untersuchungen sollte eine größere Anzahl an Tiergruppen, der Einfluss der Sauberkeit der Liegefläche sowie die Auswirkung einer längeren Angewöhnungsphase an veränderte Bedingungen betrachtet werden.

Abstract

The success of a dairy farm begins with the proper management of youngstock. However, there is currently limited scientific research on how housing systems affect the welfare of young cattle. In a pilot study, changes in the lying behavior of youngstock were investigated in relation to different pen wall designs. The sidewalls of two deep-bedded pens were modified across five experimental blocks, using either conventional metal railings or fully opaque wooden partitions with varying degrees of visual separation. To measure the animals' actual lying time, accelerometers (HOBO Pendant G data loggers) were attached to the metatarsus of six focal animals in each pen. Additionally, the animals' lying locations were analyzed ethologically using video recordings and specialized software. The average lying duration across all focal animals was 14.2 hours per animal per day, with significant differences observed between the experimental blocks ($p = 0.005$). There were also significant differences in the number of lying bouts between the two deep-bedded pens ($p < 0.001$), allowing conclusions to be drawn about preferred and avoided lying areas. Based on the current results, recommendations can be made for the optimal design of lying areas for youngstock. In further investigations, a larger number of animal groups, the influence of lying surface cleanliness, and the effect of a longer acclimation period to changed conditions should be considered.

Literatur

BREININGER W (2023): Mastrinder, die vergessenen Rinder im Stall – 30 Jahre Beratungserfahrung – vom Anbindestall zum Laufstall. In: Tagungsband 30. Freiland-Tagung „Eine Frage der Haltung – 30 Jahre Freiland-Tagung“, 21. September 2023, Wien, S. 43.

ELLMAUER V, PRETSCHUH M (2025): Liegeverhalten von Jungvieh bei unterschiedlicher Buchtengestaltung. Vorwissenschaftliche Diplomarbeit, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal.

FASCHING C, STEINWIDDER A, ASTL M, HUBER G, ROHRER H, PFISTER R, & STARZ W (2020): Veränderungen im zeitlichen Liegeverhalten von Milchkühen bei Stall- und Kurzrasen- Vollweidehaltung. Züchtungskunde 92 (5), 302-319.

KEYSERLINGK M A G, CUNHA G E, FREGONESI J A, WEARY D M (2011): Introducing heifers to freestall housing. J. Dairy Sci. 94: 1900-1907.

MOGENSEN L, NIELSEN, L H, HINDHEDE J, JAN TIND SØRENSEN J T, KROHN C C (1997): Effect of space allowance in deep bedding systems on resting behaviour, production, and health of dairy heifers. Acta Agriculturae Scandinavica A—Animal Sciences. 47:3, 178-186

ÖKL (2025): Jungviehställe für die Nachzucht. ÖKL-Merkblatt Nr. 117, 1. Auflage. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung, Wien.

REITER K, KOßMANN A, TUTSCH S, PLESCH G, OPPERMAN P (2007): Verhaltensuntersuchungen bei Gelbvieh und Fleckvieh zur Optimierung der Liegefläche. Endbericht zum Forschungsprojekt, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

RUSHEN J, DE PASSILLÈ A, VON KEYSERLINGK M, & WEARY D (2008): The welfare of cattle. Springer Verlag, Dordrecht, 310 S.

WAIBLINGER S, SCHNEIDER C, SPENGLER A, MENKE, C, PEER M (2012): Strukturierung der freien Liegefläche in Laufställen mit Milchkühen. Endbericht BMG-16600/0550-I/4/2011, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartnerin: Dr. Elfriede OFNER-SCHRÖCK, elfriede.ofner-schroeck@raumberg-gumpenstein.at

Wurzelkonkurrenz von Agroforstanlagen: Seitliche Ausbreitung der Wurzeln von Steinweichsel, Vogel-Kirsche und Feld-Ulme aus einer 20-jährigen Hecke in die angrenzende Ackerfläche

Root competition in agroforestry: Lateral spread of the roots of *Prunus mahaleb*, *Prunus avium* and *Ulmus minor* from a 20-year-old hedge into the neighbouring arable land

Dieter Haas, Eva Erhart, Theresa Köfinger, Marion Bonell und Wilfried Hartl

Einleitung

Hecken und Agroforstanlagen haben zahlreiche positive Wirkungen wie Wind- und Erosionsschutz, Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit und Erhöhung der Biodiversität. Bei älteren Hecken und Agroforstanlagen kann es jedoch im Nahbereich der Gehölze zu Ertragseinbußen kommen (ERHART et al., 2024). Um die Wurzelkonkurrenz verschiedener Baumarten auf die Feldfrüchte der Ackerfläche zu erfassen, wurden im Sommer und Herbst 2023 und 2024 Wurzelfreilegungen und vergleichende morphologische Wurzeluntersuchungen an 20-jährigen Bäumen einer Hecke durchgeführt.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an vier 20 Jahre alten Bäumen in einer Hecke in Höbersdorf im südlichen Weinviertel (Niederösterreich, Seehöhe 191 m NN) durchgeführt: an Vogel-Kirsche (*Prunus avium*), Feld-Ulme (*Ulmus minor*) sowie an Steinweichsel (*Prunus mahaleb*). Von der Steinweichsel wurde je ein Exemplar am Oberhang und am Hangfuß in seiner Bewurzelung untersucht. Zwischen der Ackerfläche und den Bäumen befand sich im Abstand von 1,5 m von den Bäumen eine Strauchreihe sowie anschließend ein ca. 3 m breiter Wiesenweg. Der Bodentyp am Standort war Tschernosem aus Löss und eiszeitlichen Sedimenten. Die Mächtigkeit des A-Horizonts lag bei den Grabungsstellen zwischen 75-90 cm (Oberhang) und 130-150 cm (Hangfuß). Die angrenzende Ackerfläche war vor Kartoffeln immer 25 cm tief gepflügt worden, vor anderen Feldfrüchten seichter.

Die Wurzelfreilegung erfolgte im Sommer und Herbst 2023 und 2024 in Form einer trockenen Freilegung nach KUTSCHERA und LICHTENEGGER (2002) vom Stamm ausgehend, beginnend mit dem Wurzelkranz. Zuerst wurde die flurnahe seitliche Bewurzelung freigelegt, anschließend die Grabung vertieft und ackerseitig die Wurzeln bis zum Wurzelende verfolgt. Das Hauptaugenmerk wurde auf die Seitenausbreitung der Wurzeln in Richtung Acker gelegt. Bestimmt wurden die direkte seitliche Wurzelausbreitung (= Entfernung vom Stamm in einer Gerade bis zum Wurzelende), sowie die Tiefenlage und der Durchmesser der stärksten Seitenwurzel im Verlauf in Richtung Acker. Bei der Steinweichsel am Hangfuß, wo die Seitenwurzel in Bögen verlief, wurde zusätzlich die tatsächliche Wurzellänge gemessen. Für die angegebenen H/T/S-Werte (Baumhöhe/Wurzeltiefe/Wurzel-Gesamtseitenausbreitung) gilt einschränkend: Da eine Wurzelfreilegung innerhalb der Hecke wegen der hohen Bewuchsdichte nicht durchgeführt werden konnte, wurde die heckenseitige seitliche Wurzelausbreitung anhand von Stichproben und dem Durchmesser der Kranzwurzeln abgeschätzt. Die Hauptwurzeln wurden bis in eine Tiefe von 225/360 cm freigelegt, es wird jeweils die erfasste Tiefe und der dort noch vorliegende Wurzeldurchmesser angegeben.

Ergebnisse und Diskussion

Steinweichsel (*Prunus mahaleb*):

Die Steinweichsel ist relativ trockenheitsverträglich und könnte aufgrund des Klimawandels in Ost-Österreich eine größere Bedeutung als Heckengehölz erlangen. Sie ist wurzelmorphologisch bisher kaum erforscht und wurde deshalb sowohl am Oberhang als auch am Hangfuß in ihrer Bewurzelung untersucht.

Am Oberhang verlief die Grenzfläche zwischen dem schwarzen humosen A-Horizont und dem ockerfarbenen C-Horizont 75 bis 90 cm unter Flur. Der 7,5 m hohe Baum vom Oberhang (Abb. 1), bestehend aus fünf Stämmen mit 6,3 bis 12,6 cm Durchmesser in Brusthöhe und einer Wurzeltiefe von 360 cm

(noch nicht die Wurzelspitze, Wurzeldurchmesser hier noch 1,5 mm) erreichte eine seitliche Wurzel- ausbreitung in Richtung Ackerfläche von 10,9 m vom Stammansatz bis zum Wurzelende. Die Seiten- wurzeln befanden sich in einer Tiefe von 15 cm bis max. 88 cm unter Flur.

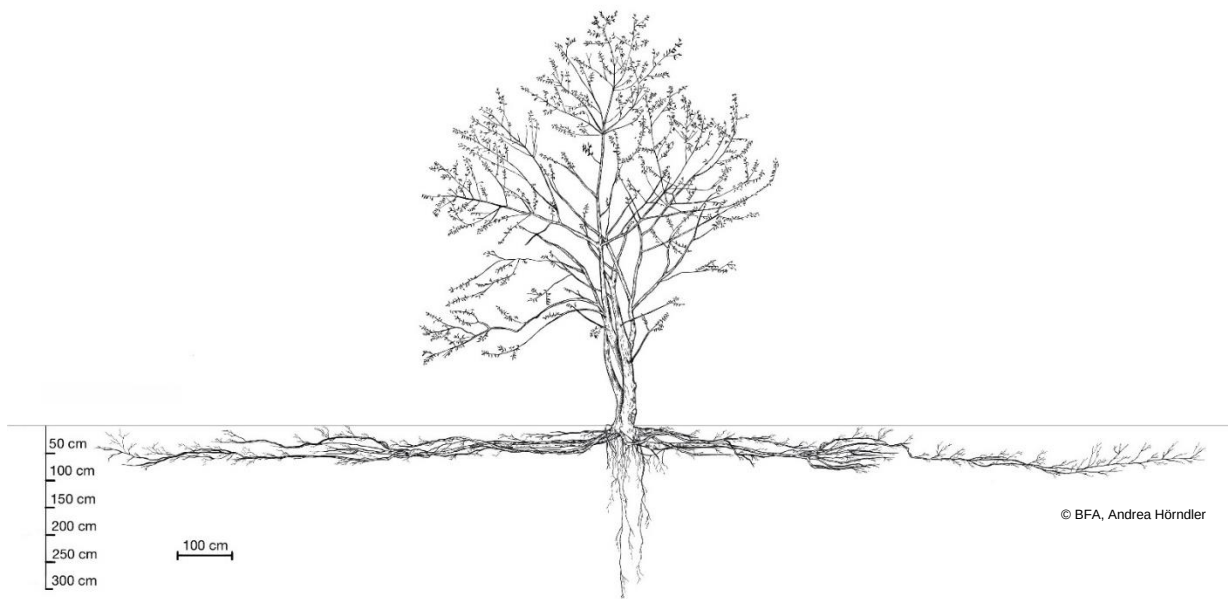


Abbildung 32: Steinweichsel (*Prunus mahaleb*), Höbersdorf, Oberhang, H/T/S = 750/360/2.070 cm, Seiten- ausbreitung ackerseitig (in der Abb. rechts): 10,9 m. Tschernosem, A-Hor. 0-75 (90) cm.

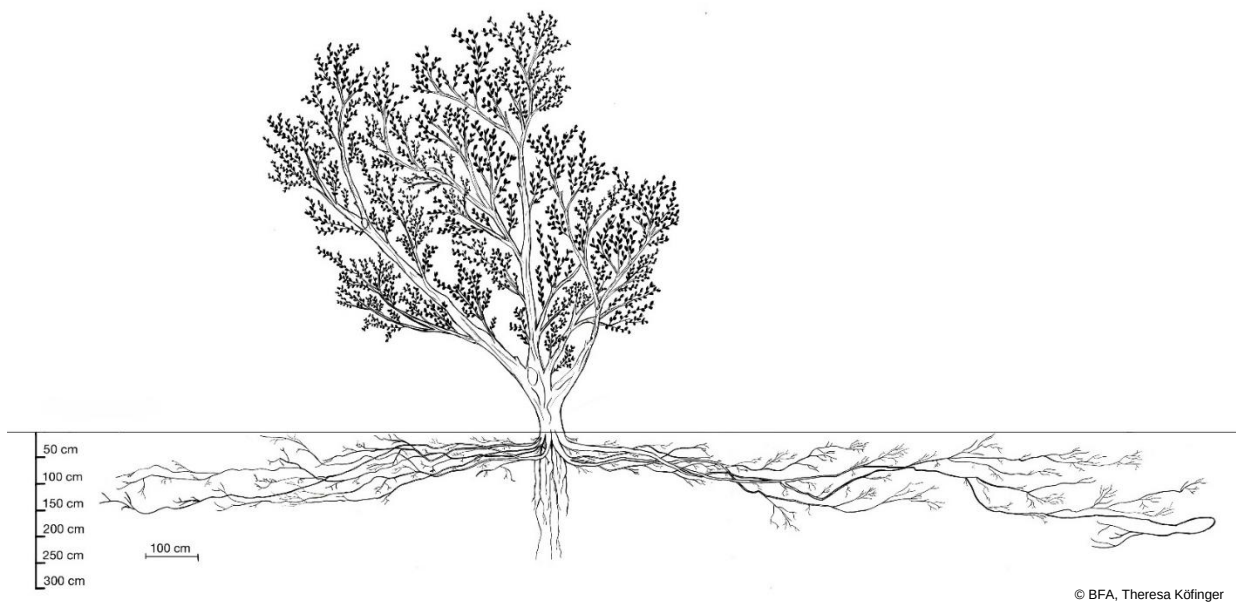


Abbildung 2: Steinweichsel (*Prunus mahaleb*), Höbersdorf, Hangfuß, H/T/S = 810/225/2.170 cm Seitenausbreitung ackerseitig (in der Abb. rechts): 13 m. Tschernosem, A-Hor. 0-130 (150) cm.

Im Vergleich dazu erzielte der vierstämmige Steinweichselbaum am feuchteren, tiefgründigeren Hang- fuß eine Höhe von 8,1 m und Durchmesser von 6,85 bis 16,5 cm in Brusthöhe (Abb. 2). Die Wurzeltiefe wurde nur bis in 225 cm, das war bei weitem nicht bis zu ihrem Ende, verfolgt. Der Wurzeldurchmesser betrug in dieser Tiefe noch 4,5 mm. Die direkte seitliche Wurzel- ausbreitung betrug 13 m, die tatsäch- liche Wurzellänge 16,3 m. Diese Wurzeln befanden sich in einer Tiefe von bis zu 160 cm unter Flur. Die Mächtigkeit des A-Horizontes übertraf mit 130 bis 150 cm hier deutlich die des Oberhangs. Tabelle 1

zeigt die Wurzel Durchmesser der Seitenbewurzelung jeweils vom Stamm beginnend bis zum Ende mit Angabe der Tiefenlage. Bei keinem der beiden Steinweichsel-Exemplare wurden Wurzelknospen gefunden.

Tabelle 9: **Wurzel Durchmesser und Wurzel-Tiefenlage in Entfernung vom Baumstamm Richtung Ackerfläche**

Entfernung vom Stamm [m]	Steinweichsel (Oberhang)		Steinweichsel (Hangfuß)		Vogel-Kirsche		Feld-Ulme			
	Tiefe unter Flur [cm]	o Wurzel [cm]	Tiefe unter Flur [cm]	o Wurzel [cm]	Tiefe unter Flur [cm]	o Wurzel [cm]	Wurzel obere Etage		Wurzel untere Etage	
							Tiefe unter Flur [cm]	o Wurzel [cm]	Tiefe unter Flur [cm]	o Wurzel [cm]
0	26	12,5	0	15,0	0	40,0	0	15,4	n.b.	n.b.
1	17	8,5	10	9,7	9	16,0	8	10,9	n.b.	12,9
2	26	6,0	48	7,1	14	13,0	22	5,0	n.b.	8,1
3	38	5,0	71	4,3	23	6,9	4	6,7	n.b.	6,1
4	28	3,8	76	3,6	25	5,6	14	3,0	n.b.	4,2
5	16	4,0	66	2,6	30	5,2	27	3,7	n.b.	4,1
6	30	2,5	48	1,8	31	5,5	10	2,4	n.b.	5,0
7	54	1,8	58	1,8	34	5,5	21	1,7	n.b.	5,1
8	31	1,6	131	1,4	27	3,2	24	1,3	122	3,5
9	55	0,8	137	1,3	24	2,0	39	1,4	120	2,8
10	71	0,5	140	1,1	33	2,3	24	0,7	112	3,0
11			150	0,9	34	1,7			111	1,9
12			145	1,0	42	0,6			118	1,8
13			148	1,0	15	0,3			6,8	3,2
14			159	0,5	24	0,2			14	2,5
15			150	0,5					51	1,6
16			143	0,1					64	1,3
17									61	0,4
18									30	0,2

n.b. = nicht bestimmt

Vogel-Kirsche (*Prunus avium* ssp. *avium*):

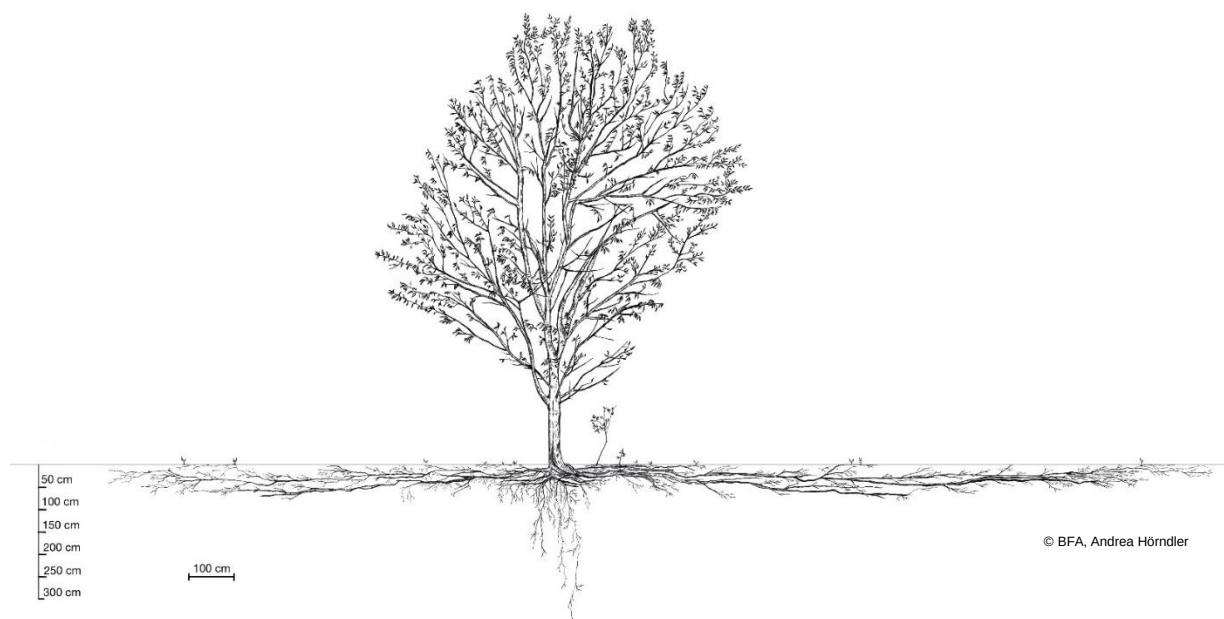


Abbildung 33: **Vogel-Kirsche (*Prunus avium* ssp. *avium*)**, Höbersdorf, Oberhang, H/T/S = 900/350/2.400 cm, Seitenausbreitung ackerseitig (in der Abb. rechts): 14,2 m.

Tschernosem, A-Hor. 0-75 (90) cm.

Entsprechend der größeren Wuchshöhe der Kirsche von 9 m und der dadurch bedingten höheren Speicherleistung ihrer Wurzeln wies die Kirsche auch eine größere Wurzellänge auf (Abb. 3). Die Wurzeln konnten bis 14,2 m vom Stamm entfernt in den Acker hinein freigelegt werden, wobei sie 10 cm bis vereinzelt 50 cm unter Flur verliefen. Bei der Freilegung der Tiefenwurzeln wurde in 350 cm Tiefe ein Wurzeldurchmesser von immer noch 0,5 cm festgestellt. An mehreren Stellen wurden Wurzelknospen (Wurzelsprosse) gefunden, die über ihr Wurzelsystem mit der Mutterpflanze in Verbindung standen. In 220 cm und 330 cm Entfernung vom Stamm der Vogel-Kirsche erreichten die beiden Wurzelsprosse eine Höhe von 250 cm bzw. 75 cm. Weiter im Acker, in einer Entfernung von 11,5 bis 12,2 m vom Stamm wurden schlafende Wurzelknospen gefunden, die durch das längere Offenhalten der freigelegten Wurzeln zum Austreiben und zur Blattbildung angeregt wurden.

Feld-Ulme (*Ulmus minor*):

Die 11,7 m hohe Feld-Ulme (Abb. 4), die etwa 100 m oberhalb der unteren Steinweichsel im Mittelhang wuchs, wies einen Stammdurchmesser von 21,5 cm in Brusthöhe auf. Ihre Wurzeln reichten seitlich bis in eine Entfernung von 18 m vom Stamm in die angrenzende Ackerfläche. In einer Entfernung von 12 bis 13 m von Stamm befanden sich Wurzelknospen, welche aus einer zweiten Seitenwurzel kamen, die in einer wesentlich tieferen Etage annähernd parallel zu der Seitenwurzel im Oberboden verlief und die hier plötzlich aus ca. 120 cm Bodentiefe nahezu senkrecht aufwärts wuchs.

Auffallend war, dass der Wurzeldurchmesser auch in größerer Entfernung vom Stamm immer wieder zunahm. Der Grund für die Wurzelverdickungen war die Bildung von vegetativen Sprossen, die den Überschuss ihrer Assimilationsleistung wiederum in die Wurzeln abgaben. Dies war neben dem Nährstoff- und Wasserangebot vermutlich hauptverantwortlich für die maximale einfache Wurzelseitenausbreitung der Feld-Ulme von 18 m. Eine annähernd gleich hohe Feld-Ulme in der Lobau wies, vermutlich aufgrund der weit größeren Konkurrenz durch die anderen Bäume im Auwald, nur eine einfache seitliche Wurzel ausbreitung von 10 m auf (KUTSCHERA und LICHTENEGGER, 2002). Die größte Gesamtwurzelseitenausbreitung eines Baumes, die im Wurzelatlas (KUTSCHERA und LICHTENEGGER, 2002) verzeichnet ist, wurde mit 48 m bei einer 24,5 m hohen Gewöhnlichen Robinie (*Robinia pseudacacia*) auf Braunerde im Kärntner Becken gemessen. Bei dieser Robinie erreichte die größte seitliche Ausbreitung einer Wurzel vom Stammansatz bis zu ihrem Ende 34 m und es traten 23 m vom Stamm entfernt noch Wurzelsprosse auf.

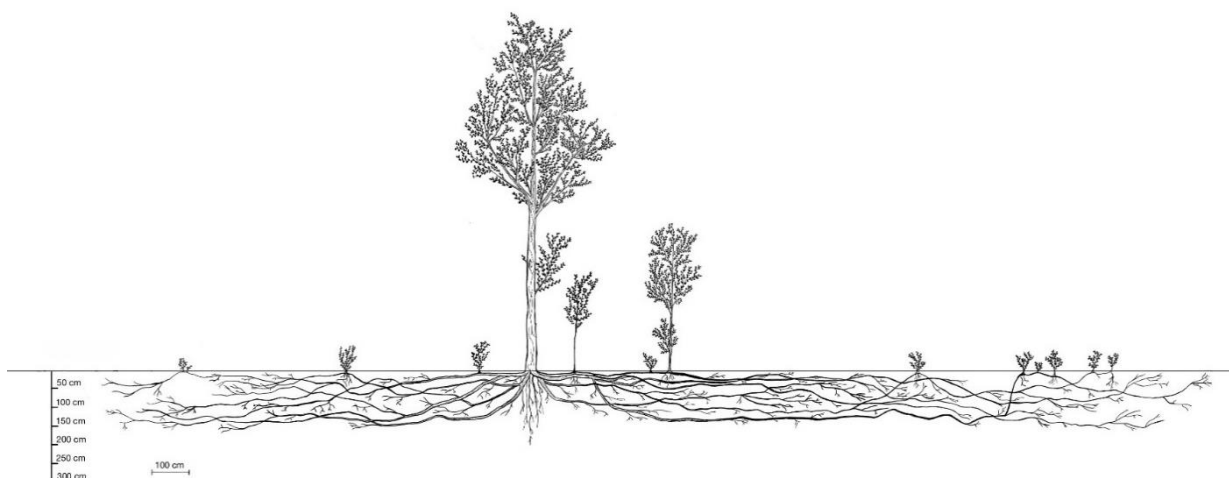


**Abbildung 34: Feld-Ulme (*Ulmus minor*), Höbersdorf, Mittelhang, H/T/S = 1.170/225/2.950 cm,
Seitenausbreitung ackerseitig (in der Abb. rechts): 18 m.
Tschernosem, A-Hor. 0-90 (110) cm.**

Die Bildung von Wurzelsprossen bei der Ulme in Höbersdorf erfolgte genau dort, wo am Feld für einige Jahre mehrjährige Kräuter kultiviert wurden und deshalb keine Bodenbearbeitung stattfand. Die Ulme reagierte flexibel auf die geänderte Situation und nutzte die Chance zur vegetativen Vermehrung. Die Wurzelfreilegungen zeigten, dass neben dem Alter des untersuchten Baumes und der Gründigkeit und Nährstoff- und Wasserversorgung des Bodens die Wurzelkonkurrenz der umgebenden Vegetation einen entscheidenden Einfluss auf die Ausprägung des gesamten Wurzelsystems hat und dass die Wurzelbildung der Gehölze mit großer Plastizität und Flexibilität erfolgt.

Zusammenfassung

Vier Bäume einer 20-jährigen Hecke, eine Vogel-Kirsche (*Prunus avium* ssp. *avium*), eine Feld-Ulme (*Ulmus minor*) und sowie je eine Steinweichsel (*Prunus mahaleb*) am Oberhang und am Hangfuß wurden nördlich von Stockerau (NÖ) in ihrem Wurzelsystem untersucht. Das Hauptaugenmerk lag auf der maximalen seitlichen Wurzel ausbreitung in die angrenzende Ackerfläche. Bei Baumhöhen von 7,5 bis 11,7 m wurde eine maximale seitliche Wurzel ausbreitung vom Stamm in Richtung Acker von 10,9 bzw. 13 m bei Steinweichsel, von 14,2 m bei Vogel-Kirsche und von 18 m bei Feld-Ulme dokumentiert, was klar die Notwendigkeit einer frühzeitigen Wurzel erziehung von Agroforstgehölzen zeigt. Die horizontalen Wurzeln verliefen am Oberhang teilweise knapp unter Flur, während sie sich am Hangfuß in bis zu 160 cm Tiefe befanden.

© BFA, Theresa Köfinger

Abstract

The root systems of four trees, wild cherry (*Prunus avium* ssp. *avium*), field elm (*Ulmus minor*) and mahaleb cherry (*Prunus mahaleb*; one on the upper slope and one on the foot of the slope) were examined in a 20-year-old hedge north of Stockerau (Lower Austria). The focus was on the maximum lateral root spread into the adjacent arable land. At tree heights of 7.5 to 11.7 m, maximum lateral root spreads of 10.9 and 13 m in length for mahaleb cherry, of 14.2 m for wild cherry and of 18 m for field elm were documented from the trunk in the direction of the field, i.e. in one direction only. This clearly shows the necessity of early root training of agroforest trees and shrubs. Some of the horizontal roots on the upper slope ran just below ground level, while on the foot of the slope the roots were in up to 160 cm depth.

Literatur

ERHART E, HAAS D, BONELL M, HARTL W (2024) Wurzelkonkurrenz auf Ackerflächen durch Agroforstanlagen. In: ALVA - Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel, Veterinär- und Agrarwesen (Hrsg.): KI als Wegbereiter für Effizienz und Nachhaltigkeit entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette. Bericht ALVA-Jahrestagung 2024, ISSN 2791-5107, pp 328-331.
KUTSCHERA L, LICHTENEGGER E (2002) Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Stocker Verlag, Graz, 604 S.

Projekt in Zusammenarbeit mit der NÖ Agrarbezirksbehörde, gefördert vom NÖ Landschaftsfonds.

Adresse der Autor:innen

Bio Forschung Austria, Esslinger Hauptstraße 132-134, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: Dieter HAAS, d.haas@bioforschung.at

Analyse der Konservierung mittels Tyndall-Verfahren im Vergleich zur chemischen Konservierung am Beispiel von Maissuppe aus überschüssigem Maispüree

Analysis of preservation using the Tyndall process compared to chemical preservation using the example of corn soup made from surplus corn puree

Amelie Hübner und Kathrin Heim*

Einleitung

Das Konservieren von Lebensmitteln leistet seit tausenden von Jahren einen wichtigen Beitrag zum Überleben der Menschen. Bereits die ersten Schritte zur Konservierung von Lebensmitteln waren vielfältig und umfassten viele der traditionellen Techniken zur Lebensmittelaufbewahrung wie Pökeln, Kandieren, Einlegen und Fermentieren (SHAW 2012). Konservierungsmethoden werden verwendet, um Lebensmittel genussfähig für den menschlichen Konsum zu halten, indem sie den chemischen Verfall sowie ungewünschtes mikrobielles Wachstum verlangsamen oder hindern. Grundsätzlich wird das mikrobielle Wachstum in Lebensmitteln von unterschiedlichen intrinsischen und extrinsischen Faktoren beeinflusst, die es mittels Konservierung zu beeinflussen gilt. Zu den intrinsischen Faktoren zählen: pH-Wert, Redoxpotential, Wasseraktivität, natürliche antimikrobielle Wirkstoffe und Barrieren. Zu den extrinsischen Faktoren zählen: Atmosphäre, Temperatur und Luftfeuchtigkeit (RAI und BAI 2014). Aktuelle gesellschaftliche Trends fordern im Lebensmittelbereich Clean-Labeling und ökologische Nachhaltigkeit. Clean Labeling umfasst unter anderem den Verzicht auf chemische Zusatzstoffe in Lebensmitteln (ASIOLI et al. 2017; BAINES und SEAL 2012). Aus Nachhaltigkeitssicht werden der Konsum von lokal verfügbaren Produkten (POLLEAU und BIERMANN 2021), die Verwertung von Überschüssen und Seitenströmen (ZUKUNFTSINSTITUT 2024), ein reduzierter Energieaufwand/CO₂ Fußabdruck (LEMOS et al. 2023; WWF 2022) und sozialgerechte Preise (DEUTSCHLANDFUNK 2024) gefordert.

Die aktuelle Studie verfolgt daher das Ziel, den Einsatz von zwei Konservierungsmethoden für die Konservierung von Suppen zur Lagerung bei Raumtemperatur zu vergleichen und Erkenntnisse über deren Einsatz zu erlangen. Hierzu wurden am Beispiel einer Maissuppe aus überschüssigem Maispüree aus der Babybrei-Produktion die Konservierung durch das Tyndall-Verfahren und eine chemische Konservierung bezogen auf die Entwicklung von Mikrobiologie, pH-Wert und Sensorik analysiert.

Das Tyndall-Verfahren, auch als fraktionierte Sterilisation, intermittierte Sterilisation und induzierte Keimung bekannt, beinhaltet ein mehrfaches Erhitzen des Produkts mit der Zielsetzung die Keim- und Sporenanzahl bei niedriger Temperatur möglichst effektiv und kosteneffizient zu reduzieren. (TYNDALL 1877; RAHMAN 2020). Für die Entwicklung von sicheren Lebensmitteln empfiehlt RAHMAN die Anwendung von einer Kombination aus Hürdentechnologie, eines Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Konzepts, Good Management Practice (GMP) und prädiktiven Methoden (RAHMAN 2020).

Material und Methoden

Produktentwicklung: Aus dem Maispüree aus Überschussproduktion wurde unter Zugabe von Zitronensaftkonzentrat, Zwiebelsaftkonzentrat, Öl, Pfeffer und Salz eine Maissuppe hergestellt und in zwei Batches unterteilt. Gemäß Hürdenprinzip wurde bei der Zusammensetzung der Suppe auf die Reduktion von pH-Wert und a_w -Wert unter Berücksichtigung der sensorischen Qualität geachtet. Ein Batch wurde mit den chemischen Konservierungsmitteln Kaliumsorbat, Natriumbenzoat und Ascorbinsäure konserviert, das zweite Batch wurde einer Tyndallisation unterzogen.

Tyndallisation: Die Tyndallisation erfolgte über drei Erhitzungs- und Inkubationszyklen. Bei jedem Erhitzungsvorgang wurden folgende Schritte durchgeführt:

- Erhitzung der Proben im Wasserbad auf einen Zielwert von 97 °C
- kontinuierliche Temperaturkontrolle für 20 Minuten
- Abkühlen der Proben im Blast Chiller auf 37 °C

- Lagerung der Proben im Wärmeschrank für elf Stunden bei 37 °C bis zum folgenden Erhitzungsvorgang.

Ermittlung der Gesamtkeimzahl (GKZ): Aus beiden Batches und allen Tyndallisations-Erheizungsstufen wurden jeweils zwei Proben gezogen, von denen jeweils die Verdünnungsreihen 0 und 1 hergestellt wurden.

Für jede Probe und Verdünnungsreihe wurden jeweils zwei Platten gegossen. Daraufhin wurden die Platten bei 37,1 °C für 46 Stunden bebrütet. Die Untersuchung der aeroben Gesamtkeimzahl erfolgte über Doppelbestimmung.

Ermittlung pH-Wert und a_w -Wert: Die Ermittlung erfolgte über Doppelbestimmung

Durchführung einfach sensorische Prüfung: Jede Probe wurde hinsichtlich Optik, Geruch, Geschmack, Mundgefühl, Optik und Textur sensorisch beschrieben und dokumentiert.

Datenanalyse: Die Auszählung der koloniebildenden Einheiten (KbE) erfolgte in einem gut belichteten Raum, wobei die Auszählung von V_0 aufgrund der sichtbaren Mais- und Pfefferpartikel und der trüben Farbe der Probe keine eindeutige Differenzierung zu KbEs zuließ. Für die Auswertung wurden je Probe die Durchschnittswerte der auf beiden Platten gezählten KbEs von V_1 ermittelt und entsprechend der Verdünnungsreihe um eine Zehnerpotenz hochgerechnet, um die KbE/g zu berechnen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Messergebnisse der Gesamtkeimzahl (GKZ) werden in Tabelle 1 dargestellt. Die Tabelle erfasst die beschriebenen Tendenzen für V_0 sowie die gezählten KbEs der Verdünnungsreihe V_1 . Des Weiteren werden die berechneten KbE/g je Platte und die durchschnittlichen KbE/g je Probe angeführt.

Tabelle 1: **Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung** (Platten mit <25 KbE sind mit * gekennzeichnet)

Probe	Beschreibung	Tendenz V_0	KbE/g (V_1 Platte 1)	KbE/g (V_1 Platte 2)	KbE/g (V_1 Durchschnitt)
1.1	Püree	Laufkolonien auf > 25 % der Platte	460	380	420
1.2		Laufkolonien auf > 25 % der Platte	520	250	385
2.1	Suppe vor Konservierung	Laufkolonien auf > 25 % der Platte	230*	300	265
2.2		Laufkolonien auf > 25 % der Platte	290	280	285
3.1	Suppe 1x tyndallisiert (nach Abkühlen)	Laufkolonien auf > 25 % der Platte	10*	0*	0*
3.2		Laufkolonien auf > 25 % der Platte	0*	0*	0*
4.1	Suppe 2x tyndallisiert (nach Abkühlen)	Laufkolonien auf > 25 % der Platte	0*	0*	0*
4.2		Laufkolonien auf > 25 % der Platte	0*	0*	0*
5.1	Suppe 3x tyndallisiert (nach Abkühlen)	Laufkolonien auf > 25 % der Platte	0*	0*	0*
5.2		Laufkolonien auf > 25 % der Platte	0*	0*	0*
6.1	Suppe 3x tyndallisiert (nach 2 Wochen)	Laufkolonien auf > 25 % der Platte	0*	0*	0*
6.2		Laufkolonien auf > 25 % der Platte	0*	0*	0*
7.1	Suppe chemisch konserviert (nach 2 Wochen)	Laufkolonien auf > 25 % der Platte	200*	170*	185*
7.2		Laufkolonien auf > 25 % der Platte	850	1140	995

Es ist zu erkennen, dass die Gesamtkeimzahl zwischen unverarbeitetem Püree und der 1. Tyndallisierungsstufe deutlich reduziert wurde. Anschließend ist keine deutliche Unterscheidung der GKZ zwischen den Tyndallisierungsschritten zu erkennen, auch nicht nach einer Lagerzeit von zwei Wochen. Lediglich die Proben 7.1 und 7.2 mit chemischer Konservierung nach zwei Wochen Lagerung weisen deutlich höhere GKZ-Werte auf.

Alle Werte der tyndallisierten Proben liegen deutlich unterhalb der von Industrie und Gesetzgeber determinierten mikrobiellen Grenzen für pasteurisierte Lebensmittel mit $\text{pH} < 4,6$. Die gezählten GKZ-Werte der Proben 7.1 und 7.2 liegen oberhalb der Grenzwerte für sterilisierte Produkte mit $\text{pH} > 4,6$.

Die pH-Wert Messung zeigte eine deutliche Reduktion des pH-Werts nach der Suppenherstellung, von 6,24 vor auf 5,59 nach der Zubereitung. Diese kann auf die Zusammensetzung der Zutaten bzw. auf den Einsatz von Zitronensaftkonzentrat zurückgeführt werden. Eine weitere Veränderung durch die Tyndallisierungsstufen ist nicht erkennbar. Die chemisch konservierte Suppe weist geringfügig niedrigere Werte (5,37) auf, wobei alle Werte deutlich über dem Wert von $\text{pH} = 4,6$ liegen, der in der Industrie als Grenzwert für die Entscheidung zwischen Produkt-Pasteurisierung ($\text{pH} < 4,6$) und -Sterilisation ($\text{pH} > 4,6$) gilt.

Die gemessenen a_w -Werte unterscheiden sich nur minimal und es sind keine Tendenzen bezogen auf den Fortschritt der Tyndallisierungsschritte oder die verwendeten Konservierungsmethoden abzulesen. Es kann keine Auswirkung der Verwendung von Salz in der Rezeptur, als a_w -Wert senkende Hürde, abgelesen werden.

Die Ergebnissen der sensorischen Beschreibung zeigen Unterschiede zwischen der unkonservierten, den tyndallisierten und der chemisch konservierten Suppe in Textur und Optik, weniger im Geschmack, auf. Durch die Erhitzung beim Tyndallisieren im Glas, ohne Durchmischung des Inhalts, bildete sich eine festere Schicht an der Oberfläche der Suppe und die Suppe gelierte mehr. Dies wurde bei der chemisch konservierten Suppe nicht beobachtet. Bei den chemisch konservierten Proben fand hingegen bei der Lagerung eine merkliche Phasentrennung statt.

Insgesamt ergeben sich aus den Analysen deutliche Unterschiede zwischen den beiden Konservierungsmethoden, wobei die Ergebnisse der tyndallisierten Proben hinsichtlich der Lebensmittelsicherheit positiver zu bewerten sind. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass das Prinzip des Tyndallisierens in der hier angewendeten Form, grundsätzlich zur sicheren Konservierung von haltbaren Suppen in Frage kommt. Um eine abschließende Bewertung der Konservierungsmethode im industriellen Kontext zu ermöglichen, sollten weitere Forschungen angestellt werden.

Die in der Einleitung dargestellten gesellschaftlichen Trends deuten darauf hin, dass eine weitere Auseinandersetzung mit der Anwendung des Tyndallverfahrens, anstelle von chemischen oder kostenintensiven, energieaufwändigen Konservierungsverfahren von gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Relevanz ist. Diese kann in künftiger Forschung bspw. durch eine ökonomische und ökologische Bilanzierung der Methoden stattfinden.

Zusammenfassung

Zur sicheren Haltbarmachung von Lebensmitteln werden eine Vielzahl von Konservierungsmethoden eingesetzt, die unterschiedliche Effektivitäten sowie ökonomische und ökologische Implikationen aufweisen.

In der vorliegenden Arbeit wurde am Anwendungsbeispiel einer veganen Maissuppe aus überschüssigem Maispüree untersucht, inwiefern sich eine Konservierung mittels der thermischen Konservierungsmethode des Tyndallisierens vom Einsatz chemischer Konservierungsmittel im Endprodukt unterscheidet. Die Anwendung des Tyndallverfahrens erfolgte in drei Erhitzungs- und Inkubationszyklen. Für die chemische Konservierung wurden Kaliumsorbat, Natriumbenzoat und Ascorbinsäure eingesetzt. Zur vergleichenden Analyse wurden die Parameter Gesamtkeimzahl, pH-Wert und Sensorik, basierend auf ihrer Forschungs- und Praxisrelevanz, herangezogen.

Nach zweiwöchiger Lagerung wiesen die unterschiedlichen Proben deutliche Unterschiede hinsichtlich der analysierten Parameter auf. Die thermisch behandelten Proben erzielten Gesamtkeimzahlwerte, die unterhalb der definierten Grenzwerte lagen, wohingegen die chemisch konservierten Proben oberhalb dieser Werte lagen.

Anhand der pH-Werte der Endprodukte würden in der Praxis alle Proben zur Konservierung mittels Sterilisierung eingestuft. In der sensorischen Beschreibung wurden für beide Konservierungsmethoden optische und textuelle Schwächen im Endprodukt festgestellt.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass das Prinzip des Tyndallisierens grundsätzlich zur sicheren Konservierung von haltbaren Suppen in Frage kommt, eine chemische Konservierung, in der hier angewendeten Form, aufgrund des mikrobiellen Ausschlusses, nicht. Im Kontext gesellschaftlicher Trends wie Clean-Labeling und ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit sprechen die Ergebnisse für die weitere Analyse und Berücksichtigung des Tyndallverfahrens zur zukünftigen Konservierung von Lebensmitteln.

Abstract

A variety of preservation methods are used for the safe preservation of food, which have different efficiencies as well as economic and ecological implications.

Using the example of a vegan corn soup made from surplus corn puree, this study investigated the extent to which preservation using the thermal preservation method of Tyndallizing differs from the use of chemical preservatives in the end product.

preservatives in the end product. The Tyndall process was applied in three heating and incubation cycles. Potassium sorbate, sodium benzoate and ascorbic acid were used for chemical preservation. The parameters total bacterial count, pH value and sensory properties were used for comparative analysis based on their relevance to research and practice.

After two weeks of storage, the different samples showed clear differences with regard to the analysed parameters. The thermally treated samples achieved total bacterial counts below the defined limits, whereas the chemically preserved samples were above these values.

In practice, all samples would be classified for preservation by sterilization based on the pH values of the end products. In the sensory description, optical and visual and textural weaknesses were found in the end product for both preservation methods.

From the findings obtained, it can be deduced that the principle of Tyndallization is generally suitable for the safe preservation of long-life soups, whereas chemical preservation in the form used here is not, due to the microbial exclusion. In the context of social trends such as clean labelling and ecological and social sustainability, the results speak for further analysis and consideration of the Tyndall process for the future preservation of food.

Literatur

ASIOLI D, ASCHEMANN-WITZEL J, CAPUTO V, VECCHIO R, ANNUNZIATA A, NAS T und VARELA P (2017): Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58–71. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996917303435>

BAINES D und SEAL R (2012): *Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings*. Elsevier Science & Technology.

DEUTSCHLANDFUNK (2024, März 8): Ernährungsarmut: Wenn gesundes Essen zu teuer ist. Deutschlandfunk. <https://www.deutschlandfunk.de/ernaehrungsarmut-mangelernaehrunglebensmittelpreise-100.html>

LEMOS A A T, MARTINS A P, DELGADILLO I und SARAIVA J A (2023): A quasi-energetically costless novel food preservation methodology: Moderate pressure pasteurization followed by hyperbaric storage, both at room temperature. *Applied Food Research*, 3(1), 100251. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502222002062>

POLLEAU A und BIERMANN G (2021): Eat local to save the planet? Contrasting scientific evidence and consumers’ perceptions of healthy and environmentally friendly diets. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100054. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266604902100030X>

RAHMAN M S (2020): *Handbook of Food Preservation*. Taylor & Francis Group.

RAI V R und Bai J A (2014): *Microbial Food Safety and Preservation Techniques*. Taylor & Francis Group.

SHAW I C (2012): *Food Safety: The Science of Keeping Food Safe*. John Wiley & Sons, Incorporated.

TYNDALL J (1877): VI. On heat as a germicide when discontinuously applied. *Proceedings of the Royal Society of London*, 25(171–178), 569–570. <https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rspl.1876.0090>

ZUKUNFTSINSTITUT GMBH (2024, Juni 10): *Food Trends 2025: Was und wie wir in Zukunft essen werden*. <https://www.zukunftsinstitut.de/zukunftsthemen/food-trends-hanni-ruetzler>

Adresse der Autoren

Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Kathrin HEIM BA MA, kathrin.heim@fhwn.ac.at

Einfluss von Kürbiskernpresskuchen als teilweiser Ersatz für Hartweizengrieß auf die Kochzeit und den Kochverlust von Fusilli

Investigation of the influence of pumpkin seed press cake as a partial substitute for durum wheat semolina on the cooking time and cooking loss of fusilli

Elena Neuner und Kathrin Heim*

Einleitung

Teigwaren sind weltweit beliebte Grundnahrungsmitteln (NILUSHA et al 2019; SISSONS 2022; STATISTA 2024a), die in vielseitigen Formen (RIMBACH 2015) verfügbar sind und überwiegend aus Kohlenhydraten mit niedrigem glykämischen Index bestehen (ELMADFA 2023). Um den ernährungsphysiologischen Wert von Teigwaren zu verbessern, wird verstärkt auf eine gezielte Anreicherung mit Proteinen, Ballaststoffen, Vitaminen und Mineralstoffen gesetzt (SISSONS 2004). Wichtig ist jedoch, dass die angereicherten Produkte eine gute Qualität aufweisen und für Konsument*innen zu einem erschwinglichen Preis verfügbar sind (SISSONS 2022).

Im Hinblick auf die Entwicklung innovativer, nährstoffangereicherter Teigwaren spielen auch Nebenprodukte aus der Agrar- und Lebensmittelindustrie eine zunehmende Rolle (BIANCHI et al 2021; CARPENTIERI et al. 2022). Diese sind oft reich an Ballaststoffen, sekundären Pflanzenstoffen, Proteinen, Fettsäuren, Vitaminen und Mineralstoffen und können in Zutaten mit hohem Mehrwert umgewandelt werden (BIANCHI et al. 2021).

Eines dieser Nebenprodukte stellt der Kürbiskernpresskuchen dar, der nach der Ölgewinnung als Rückstand anfällt. (BUNDESMINISTERIUM LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, REGIONEN und WASSERWIRTSCHAFT) Mit einem durchschnittlichen Proteingehalt von 50 Prozent ist dieser besonders proteinreich (RAKITA et al. 2023) und stellt zudem ein vollständiges Aminosäureprofil dar (ELADAWY und TAHA 2001). Während Studien den Einsatz von Kürbiskernpresskuchen im Bereich der Backwaren und Snacks wissenschaftlich untersucht haben (BATISTA et al. 2018; TOMIC et al. 2024), gibt es bisher keine Forschung zur Verwendung dieses Nebenprodukts in eierfreien Teigwaren. Studien mit anderen Presskuchen zeigen, dass solche Anreicherungen häufig mit einer Verschlechterung der Kochqualität einhergehen (DZIKI 2021). Daher ist es wichtig, ein fundiertes Verständnis über die strukturellen Auswirkungen von Kürbiskernpresskuchen in Teigwaren zu gewinnen und die Dosierung gezielt anzupassen, sodass die gewünschten Qualitätsmerkmale der Teigwaren bestehen bleiben.

Um hier einen ersten wissenschaftlichen Beitrag zu leisten, wurden die Kochzeit und der Kochverlust von Fusilli mit unterschiedlichen Anteilen an Kürbiskernpresskuchen untersucht.

Material und Methoden

Produktentwicklung: Die Herstellung der Fusilli mit Bio-Kürbiskernpresskuchen als teilweisem Ersatz von Bio-Hartweizengrieß im Ausmaß von fünf, zehn, 15, 20 und 25 Prozent, fand im Labormaßstab mittels Extrusionsverfahren und unter Berücksichtigung der in der Literatur dokumentierten Vorgehensweise statt. Um sicherzustellen, dass der Wassergehalt der hergestellten Fusilli maximal 13 Prozent betrug, wurde der Feuchtigkeitsgehalt nach dem Trocknen überprüft. Im Anschluss wurden die Kochzeit und der Kochverlust gemäß der AACC-Methode 66-50 bzw. der Seesandmethode analysiert.

Bestimmung der Kochzeit nach AACC 66-50: Zur Ermittlung der Kochzeit wurde die Methode 66-50 der AACC herangezogen (CEREALS & GRAINS ASSOCIATION 1999b). Dazu wurden 25 Gramm Teigwaren und 300 Milliliter destilliertes Wasser abgewogen und gekocht, erstmals nach zwei Minuten und danach im 15-Sekundentakt entnommen, unter kaltem Leitungswasser abgespült und zwischen zwei Teigkarten zerdrückt. Die Zeit, bei der dieser Kern nicht mehr erkennbar war, wurde als Kochzeit definiert.

Bestimmung des Kochverlustes nach der Seesandmethode: Das Kochwasser, der nach AACC 66-50 beschriebenen Vorgehensweise gekochten Fusilli, wurde homogenisiert, in die vorbereiteten Trocknungsschalen eingewogen und mit dem Sand zu einer homogenen Masse verrührt. Die Schalen wurden im Trockenschrank bei 103 Grad Celsius bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und schließlich für etwa 45

Minuten im Exsikkator auf Raumtemperatur abgekühlt. Der verbleibende Rückstand wurden anschließend mit einer Analysewaage gewogen und daraus der Kochverlust in Gramm pro 25 Gramm Teigwaren und der prozentuelle Kochverlust berechnet.

Statistische Datenauswertung: Die statistische Auswertung der Kochzeit und des Kochverlustes wurde mit dem Statistikprogramm IBM SPSS 28 durchgeführt. Zur grafischen Darstellung der Ergebnisse wurde die Software Microsoft Excel verwendet. Für alle Daten wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet, sowie der Kruskal-Wallis-Test als nichtparametrischer Vergleichstest und die A-NOVA als Mittelwertvergleich angewendet. Das Signifikanzniveau wurde für sämtliche Auswertungen auf fünf Prozent ($p < 0,05$) festgelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Wie in Abbildung 1 dargestellt, führte der Zusatz von Bio-Kürbiskernpresskuchen als teilweiser Ersatz für Bio-Hartweizengrieß zu einer Reduktion der Kochzeit der Fusilli. Während die Kontrollprobe (KON) eine durchschnittliche Kochzeit von fünf Minuten und 30 Sekunden aufwies, verkürzte sich diese schrittweise mit zunehmendem Bio-Kürbiskernpresskuchenanteil. Bei der Probe mit fünf Prozent Bio-Kürbiskernpresskuchen lag die Kochzeit im Durchschnitt bei fünf Minuten und 15 Sekunden, bei zehn Prozent Bio-Kürbiskernpresskuchenanteil bei durchschnittlich fünf Minuten. Höhere Anteile an Presskuchen führten zu einer weiteren Reduktion.

Statistisch signifikante Unterschiede zur Kontrollprobe zeigten sich ab einem Presskuchenanteil von 20 %

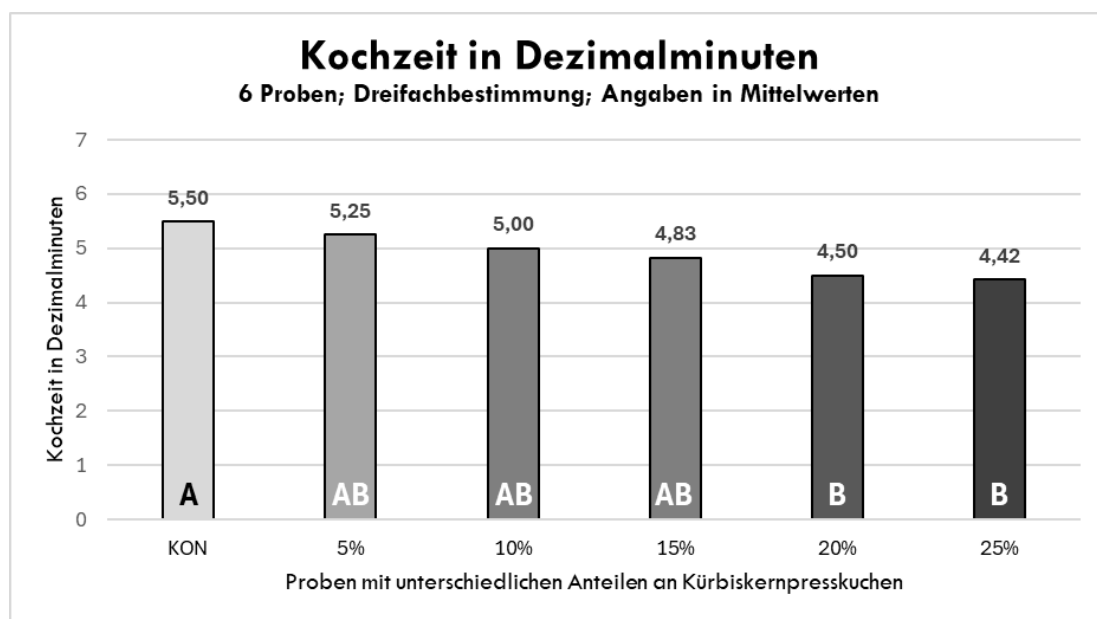


Abbildung 1: Kochzeit in Dezimalminuten im Vergleich

Wie in Abbildung 2 dargestellt, nahm der Kochverlust mit steigendem Anteil an Kürbiskernpresskuchen deutlich zu. Während die Kontrollprobe (KON) einen durchschnittlichen Kochverlust von 4,61 Prozent aufwies, erhöhte sich dieser bei fünf Prozent Kürbiskernpresskuchen auf mittlere 5,27 Prozent. Mit zunehmendem Anteil an Kürbiskernpresskuchen stiegen die Werte weiter und erreichten bei 25 Prozent einen Kochverlust von 8,10 Prozent.

Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) und der anschließende Post-hoc-Test nach Bonferroni zeigten, dass der Kochverlust bereits zwischen der Kontrollprobe und einem Kürbiskernpresskuchenanteil von fünf Prozent signifikant unterschiedlich war.

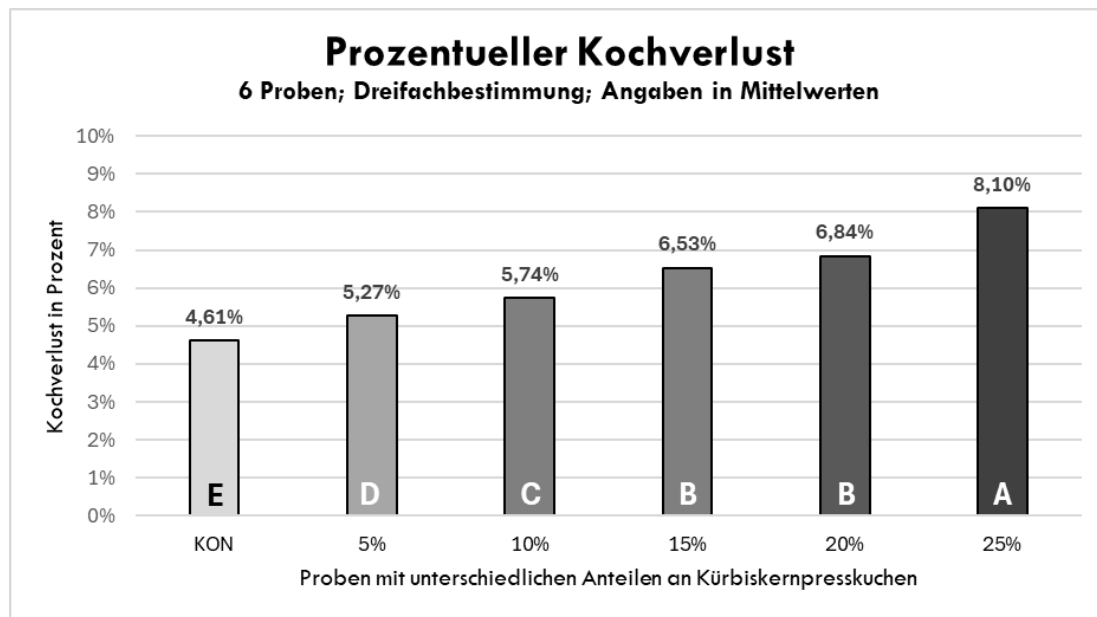


Abbildung 2: **Prozentueller Kochverlust im Vergleich**

Zusammenfassend konnte im Rahmen dieser Untersuchung gezeigt werden, dass mit steigendem Anteil an Bio-Kürbiskernpresskuchen als teilweiser Ersatz für Bio-Hartweizengrieß die Kochzeiten abnahmen. Statistisch signifikante Unterschiede im Vergleich zur Kontrollprobe wurden ab einem Zusatz von 20 Prozent Bio-Kürbiskernpresskuchen festgestellt. Der Kochverlust nahm mit steigendem Anteil an Kürbiskernpresskuchen als teilweiser Ersatz für Hartweizengrieß deutlich zu, wobei alle Proben statistisch signifikante Unterschiede zur Kontrollprobe aufwiesen.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass sich Bio-Kürbiskernpresskuchen als vielversprechender Rohstoff für die Entwicklung proteinreicher, veganer Teigwaren erweist, die den steigenden Anforderungen der Verbraucher*innen an pflanzliche und funktionelle Lebensmittel gerecht werden. Allerdings sind mit der Anreicherung auch Veränderungen der Kochqualität verbunden.

Zusammenfassung

Die steigende Nachfrage nach pflanzlichen und funktionellen Lebensmitteln erfordert innovative Ansätze zur Verbesserung des Nährwerts veganer Produkte. Das Ziel dieser Untersuchung war es, den Proteingehalt veganer Teigwaren durch die Zugabe von Bio-Kürbiskernpresskuchen als teilweisen Ersatz für Bio-Hartweizengrieß zu steigern und zu untersuchen, inwiefern sich diese Anreicherung auf die Kochzeit und den Kochverlust der Pasta auswirkt.

Zur Untersuchung wurden Fusilli entwickelt, bei denen fünf, zehn, 15, 20 und 25 Prozent des Bio-Hartweizengrießes durch Bio-Kürbiskernpresskuchen ersetzt wurden und mitherkömmlichen Fusilli aus reinem Bio-Hartweizengrieß verglichen. Die Kochzeit wurde nach der Methode 66-50 der AACC in leicht adaptierter Form bestimmt, während der Kochverlust mithilfe der Seesandmethode ermittelt wurde.

Die Ergebnisse zeigen eine Verkürzung der Kochzeit von fünf Minuten 30 Sekunden auf vier Minuten 30 Sekunden mit steigendem Anteil an Kürbiskernpresskuchen. Insbesondere Fusilli mit 20 und 25 Prozent Bio-Kürbiskernpresskuchenanteil wiesen eine signifikant kürzere Kochzeit im Vergleich zu herkömmlichen Fusilli mit Bio-Hartweizengrieß auf. Gleichzeitig wurde eine Zunahme des Kochverlusts von 4,61 Prozent auf 8,10 Prozent beobachtet, wobei signifikante Unterschiede zwischen allen Gruppen nachgewiesen wurden.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass sich Bio-Kürbiskernpresskuchen als vielversprechender Rohstoff für die Entwicklung proteinreicher, veganer Teigwaren erweist, die den steigenden Anforderungen der Verbraucher*innen an pflanzliche und funktionelle Lebensmittel gerecht werden. Allerdings sind mit der Anreicherung auch Veränderungen der Kochqualität verbunden.

Abstract

The increasing demand for plant-based and functional foods requires innovative approaches to improve the nutritional value of vegan products. The aim of this study was to increase the protein content of vegan pasta by adding organic pumpkin seed press cake as a partial substitute for organic durum wheat semolina and to investigate the effect of this enrichment on the cooking time and cooking loss of the pasta.

For the study, fusilli were developed in which five, ten, 15, 20 and 25 percent of the organic durum wheat semolina was replaced by organic pumpkin seed press cake and compared with conventional fusilli made from pure organic durum wheat semolina. The cooking time was determined using the AACC 66-50 method in a slightly adapted form, while the cooking loss was determined using the sea sand method.

The results show a reduction in cooking time from 5 minutes 30 seconds to 4 minutes 30 seconds with an increasing proportion of pumpkin seed press cake. In particular, fusilli with 20 and 25 percent organic pumpkin seed press cake showed a significantly shorter cooking time compared to conventional fusilli with organic durum wheat semolina. At the same time, an increase in cooking loss from 4.61 percent to 8.10 percent was observed, with significant differences between all groups.

Based on the findings, it can be concluded that organic pumpkin seed press cake is a promising raw material for the development of protein-rich, vegan fusilli.

Literatur

BATISTA J, BRAGA L, OLIVERIA R, SILVA E und DAMIANI C (2018): Partial replacement of wheat

flour by pumpkin seed flour in the production of cupcakes filled with carob. *Food Science and Technology*, 38. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.36116>

BAINCHI F, TOLVE R, RAINERO G, BORDIGA M, BRENNAN C S und SIMONATO B (2021): Technological, nutritional and sensory properties of pasta fortified with agro-industrial byproducts: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(9), 4356–4366. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15168>

BUNDESMINISTERIUM LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT; REGIONEN UND WASSERWIRTSCHAFT (o. J): Steirisches Kürbiskernöl g.g.A. Abgerufen 3. Oktober 2024, von

https://info.bml.gv.at/themen/lebensmittel/tradlebensmittel/oel/steir_kuerbiskernoel.html

CARPENTIERI S, LARREA-WACHTENDORFF D, DONSI F und FERRARI G (2022): Functionalization of pasta through the incorporation of bioactive compounds from agri-food by-products: Fundamentals, opportunities, and drawbacks. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 49–65. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.011>

DZIKI D (2021): Current Trends in Enrichment of Wheat Pasta: Quality, Nutritional Value and Antioxidant Properties. *Processes*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/pr9081280>

EL-ADAWY T A und TAHA K M (2001): Characteristics and composition of different seed oils and flours. *Food Chemistry*, 74(1), 47–54. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00337-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00337-X)

ELMADFA I (2023): Ernährung des Menschen (7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Eugen Ulmer.

NILUSHA R A, JAVASINGHE J, PERERA O D A N und PERERA P (2019): Development of Pasta Products with Nonconventional Ingredients and Their Effect on Selected Quality Characteristics: A Brief Overview. *International Journal of Food Science*, 2019, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/6750726>

RAKITA S, KOKIC B, MANONI M, MAZZOLENI S, LIN P, LUCIANO A, OTTOBONI M, CHELI F und PIONOTTI L (2023): Cold-Pressed Oilseed Cakes as Alternative and Sustainable Feed Ingredients: A Review. *Foods*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/foods12030432>

RIMBAH G (2015): Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger (2. Aufl. 2015). Springer Berlin Heidelberg.

SISSONS M (2004): Sissons, M.J. Pasta In *Encyclopedia of Grain Science*. 2004 (S. 409–418).

SISSONS M (2022): Development of Novel Pasta Products with Evidence Based Impacts on Health—A Review. *Foods*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/foods11010123>

STATISTA (2024, Oktober 8): Brot & Getreideprodukte—Weltweit. Statista. Abgerufen 08. Oktober 2024, von <https://de-statistacom.wn.idm.oclc.org/outlook/cmo/lebensmittel/brot-getreideprodukte/weltweit>

TOMIC J, POPVIC L, MARAVIC N, STUPAR A, SEDLAR T und PLAVSIC D (2024): Gluten-free crackers using chickpea and pumpkin seed press cake blend: Effects of gastrointestinal digestion. Food Bioscience, 60, 104534. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104534>

Adresse der Autoren

Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Kathrin HEIM BA MA, kathrin.heim@fhwn.ac.at

Bodengesundheit aus dem All: Ackerpflanzengesundheit als verbindendes Glied

Soil health from space: crop health as connecting element

Eric Smit^{1*}, Luca Giuliano Bernardini², Gernot Bodner² und Emma Izquierdo-Verdiguier¹

Einleitung

Als Beitrag zu einer langfristigen Erhaltung der Bodenfunktionen hat sich in den letzten Jahrzehnten die bodenaufbauende Landwirtschaft immer weiter entwickelt. Diese umfasst eine weite Palette an möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen, die aber allgemein eine Verminderung der Bodenerosion und eine Verbesserung der Bodenstruktur sowie -chemie anpeilen. Die Effekte auf die Leistung der Nutzpflanzen zu erheben ist wegen der großen Menge an Nebenfaktoren und Interaktionen komplex. Eine Hilfestellung kann dabei die Fernerkundung und Satellitenbilder geben, um großflächige Informationen über, unter anderem, Vegetationsbiomasse bzw. -dichte zu erheben. Dabei kommen Indizes zur Anwendung: Sie vergleichen die Reflektanz der Erdoberfläche in verschiedenen spektralen Bändern miteinander, um aus der großen Datenmenge leicht verständliche Werte zu liefern. Die im folgenden Ergebnisse sind vorläufige, erste Resultate einer laufenden Studie, dieser Beitrag ist daher eher als Vorstellung der Methode zu verstehen.

Material und Methoden

Standorte: Im Rahmen des SOCCA-Projektes wurden von 21 bodenaufbauend bewirtschafteten Feldern Proben genommen. Eine genaue Beschreibung der Probennahme und der untersuchten Parameter können in ROSINGER et al. (2023a) und ROSINGER et al. (2023b) nachgelesen werden. Für diese Studie wurden 6 dieser Standorte ausgewählt: Lackendorf, Schachendorf, Moosbrunn, Umbach, Steinabrunn und Rodingersdorf (siehe Abbildung 1).

Jahre, Pflanzenarten: Da die Beprobung im Jahr 2020 stattfand, wurde auch diese Studie auf 2020 beschränkt. Die ausgewählten Probenstandorte zeichnet aus, dass bei diesen von 2019 auf 2020 Wintergetreide (Winterweichweizen, Wintergerste) gepflanzt wurde (siehe Tabelle 1).

Räumliche Daten und Satellitendaten: Ein Vergleich der Nutzpflanzenleistung auf SOCCA-Feldern mit nahegelegenen Schlägen desselben Bodens wurde angestrebt. Dabei wurde 20 km als größtmögliche Entfernung zwischen einem in Frage kommenden Feld und dem SOCCA-Feld festgelegt. Damit wurde einerseits eine große Auswahl ermöglicht, andererseits wurden die Distanzen beschränkt um klimatische Unterschiede gering zu halten. Um die Schläge nach Pflanze und Boden auszuwählen, wurden die Feldbegrenzungen als Polygone vom INVEKOS-Datensatz für 2020 verwendet. Diese wurden dann mit Österreichischen Bodenkarte in ihrer World Resource Base (WRB)-2014-Version (Datenquelle: BFW 2024) verschnitten. Der Bodentyp, der die größte relative Fläche jeden Feldes einnahm, wurde als dominanter Bodentyp für die Auswahl definiert. Diese Auswahl wurde nun durch einen Vergleich der Kombination aus Pflanze und Bodentyp mit jener des SOCCA-Feldes getroffen (siehe Abbildung 2). Für die Verarbeitung der Satellitendaten wurde ein Google Earth Engine (GEE)-Skript von BERNARDINI et al. (2024) angepasst. Dieses berechnete für jedes inkludierte Polygon den monatlichen Durchschnitt der weiter unten angeführten Indizes. Dafür wurden Sentinel-2 (S2) Satellitenbilder von ESA Copernicus verwendet, die laut Cloud Score+ (PASQUARELLA et al. 2023) einen Bewölkungsgrad von <35 % aufwiesen. Der Bilddatensatz war bereits auf Level 2A, also berechnete Oberflächenreflektanz (surface reflectance, SR), konnte also sofort zur Indexberechnung eingesetzt werden.

Spektrale Indizes: Zur Erhebung des Pflanzenwachstums wurden einerseits der Normalised Difference Vegetation Index (NDVI, ROUSE et al. 1974) und andererseits der Wide Dynamic Range Vegetation Index (WDRVI, GITELSON 2004) berechnet. Obwohl beide Indizes dieselben spektralen Bänder verwenden – nahes Infrarot (NIR) und Rot (R) – wird beim WDRVI noch ein Faktor hinzugefügt, der den phenologischen Effekt von NIR an den von R angleicht, um die Sättigung des NDVI bei hoher Vegetationsdichte auszugleichen. Hier wurden beide Indizes angewandt, um einerseits mit dem sehr etablierten NDVI ein Gefühl für die Verhältnisse zu vermitteln, und andererseits mittels des WDRVI ein klareres Bild der Vegetationsdynamik bei höherer Vegetationsdichte zu geben. Um zusätzlich einen Einblick in die Feuchteverhältnisse der Böden zu erlangen wurde zudem noch der Normalised Difference Moisture Index (NDMI) berechnet. Dieser vergleicht die NIR-Reflektanz mit dem kurzwelligen Infrarotband

(SWIR). Die für diese Bänder unterschiedliche räumliche Auflösung bei S2-Bildern (10 bzw. 20 m) wird durch das automatische Resampling des letzteren von GEE effizient angeglichen.

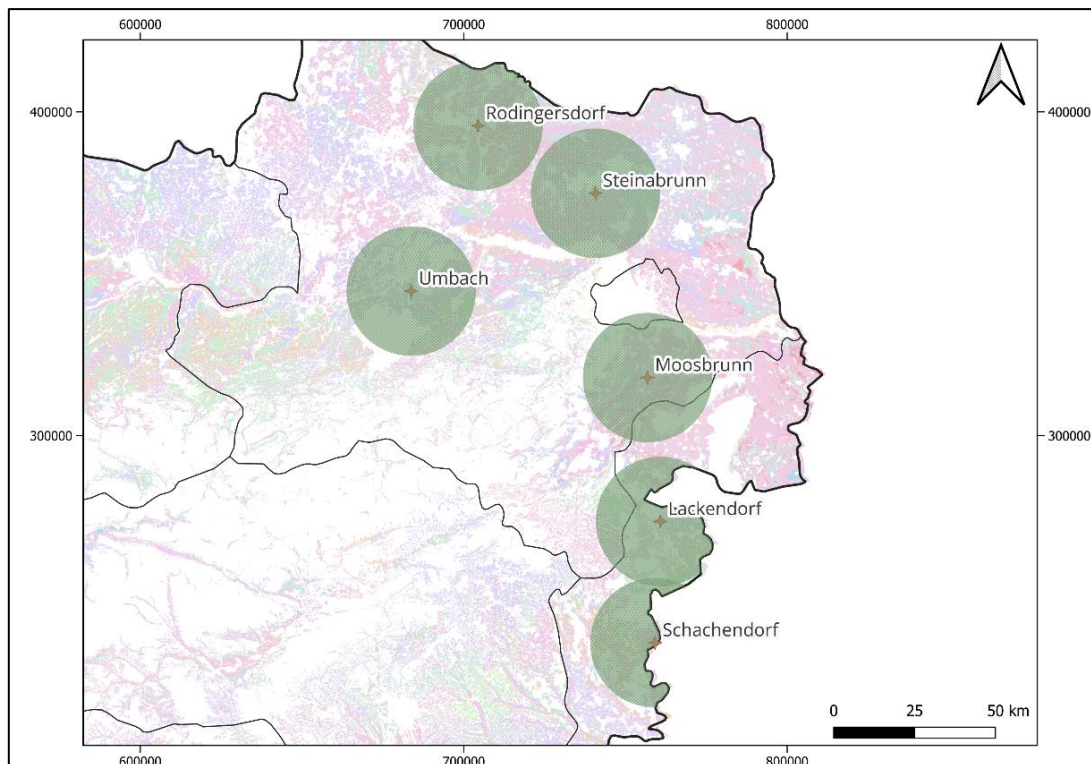


Abbildung 1: Räumlicher Überblick über die in dieser Studie verwendeten Standorte (gelbe Symbole), mit 20 km Umkreisen (grün), Bundeslandgrenzen (schwarz) und der qualitativ dargestellten Österreichischen Bodenkarte in der World Resource Base (WRB 2014)-Version (Datenquelle: BFW 2024)

Tabelle 1: Inkludierte Standorte, die jeweilige Nutzpflanzen (WWW: Winterweichweizen, WG: Wintergerste) und weitere Informationen über die Bewirtschaftung und Beschaffenheit der Böden

Standort	Pflanzen-art	Sähen	Umbruch	Bodenschwere	Bodentyp (WRB)
Lackendorf	WWW	11.2019	-	mittel	Stagnosol
Moosbrunn	WWW	18.10.2019	27.07.2020	schwer	Phaeozem
Rodingersdorf	WWW	08.10.2019	03.08.2020	schwer	Phaeozem
Schachendorf	WG	20.10.2019	07.07.2020	schwer	Phaeozem
Steinabrunn	WWW	07.10.2019	27.07.2020	mittel	Phaeozem
Umbach	WG	01.10.2019	15.07.2020	schwer	Phaeozem

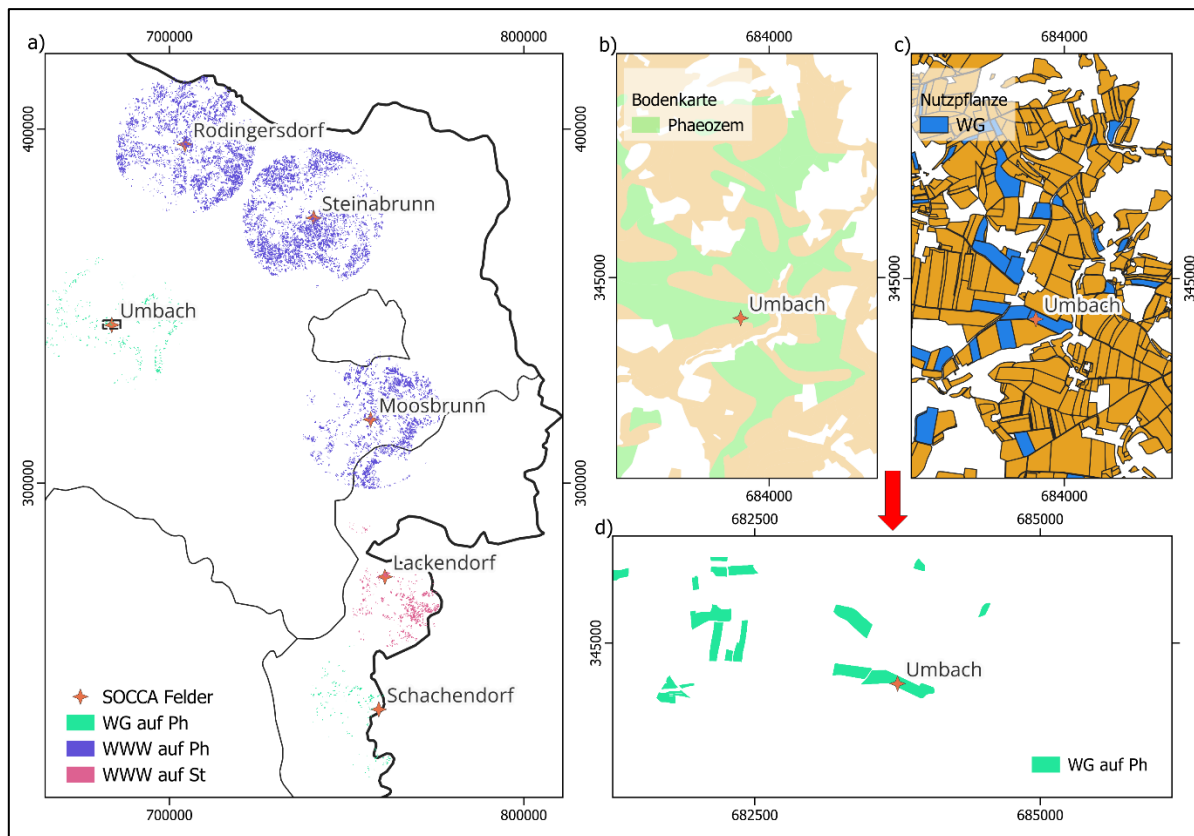


Abbildung 2: Graphische Darstellung der Auswahl jener INVEKOS Schläge b) desselben vorherrschenden WRB-Bodentyps und d) derselben Nutzpflanze wie das d) zugehörige SOCCA-Feld; in a) Übersichtsdarstellung aller ausgewählten Felder (WG: Wintergerste, WWW: Winterweichweizen, Ph: Phaeozem, St: Stagnosol)

Ergebnisse und Diskussion

Vergleichsfeldauswahl: Die gewählte Vorgehensweise zur Auswahl vergleichbarer Felder hat je SOCCA-Feld zu einer anderen Anzahl an Nachbarn geführt (siehe Tabelle 2). Dabei kann beobachtet werden, dass die Kombination Winterweichweizen auf Phaeozem zu relativ größeren Anzahlen an verfügbaren Nachbarn geführt hat, und für die beiden anderen Varianten jeweils eine geringere Auswahl zur Verfügung stand. Allerdings sind mittlere Distanz und Feldgröße über alle Kategorien hinweg ziemlich einheitlich.

Indexzeitreihen: In Abbildung 3 sind für jede vorkommende Kombination an Nutzpflanze und Bodentyp die Zeitreihen der berechneten Satellitenbildindizes abgebildet, mit ihrem Mittelwert und der Interquartilsdistanz, also der Bandbreite zwischen erstem und drittem Quartil (25 bzw. 75%). Diese Kurven sind nach ihrer SOCCA-Eigenschaft gefärbt, also ob die Werte von den SOCCA- oder den benachbarten Feldern stammen. Erwartungsgemäß gleicht sich die Dynamik des NDVI und des WDRVI, letzterer lässt allerdings bei hohen Werten des NDVI eine bessere Ablesbarkeit zu. Auch zwischen den Vegetationsindizes auf der einen Seite und dem Bodenfeuchteindex (NDMI) auf der anderen lässt sich ein ähnlicher zeitlicher Verlauf feststellen.

Vergleich bodenaufbauend zu konventionell: Generell lässt sich anhand der Zeitreihen in Abbildung 3 sagen, dass die Vegetationsindexwerte zwischen den beiden Klassen keine großen Abweichungen aufweisen. Allerdings sind die Maxima der SOCCA-Felder tendenziell etwas höher als jene der Nachbarn.

Natürlich können diese vorläufigen Ergebnisse noch keine sichere Auskunft über eine mögliche leistungsfördernde Auswirkung bodenaufbauender Bewirtschaftung auf die Nutzpflanzen liefern. Die hier gezeigten Graphiken lassen aber schon Spannung hinsichtlich der letztendlichen Resultate aufkommen.

Tabelle 2: Standorte mit den Anzahlen an weiteren Feldern desselben Bodens und derselben Nutzpflanze in 2020. Weiters die mittlere Distanz der übrigen Felder vom jeweils beprobten zentralen Feld, und ihre mittlere Größe

Standort	Anzahl Felder	Mittlere Distanz (km)	Mittlere Feldgröße (ha)
Lackendorf	913	12,3	2,1
Moosbrunn	3030	13,1	2,8
Rodingersdorf	5361	14,2	2,2
Schachendorf	271	13,2	1,5
Steinabrunn	6045	14,3	2,2
Umbach	696	15,1	1,3

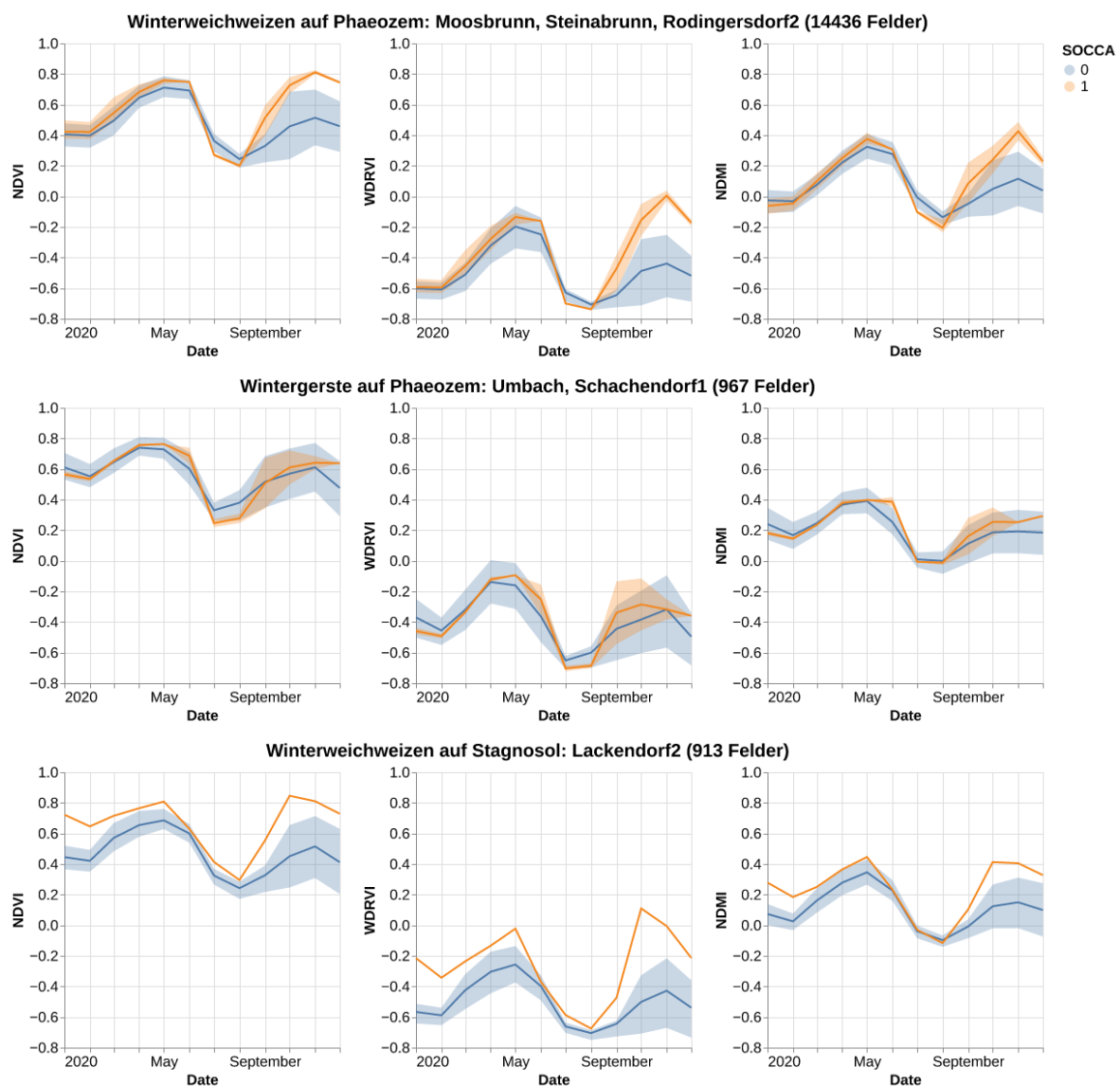


Abbildung 3: Zeitreihen des NDVI, WDRVI und NDMI für die 6 Standorte (orange), nach Bodentyp und Nutzpflanze aufgeteilt, sowie für die jeweils ausgewählten umliegenden Felder (blau). Mittelwert mit voller Sättigung, Interquartilsabstand mit geringerer Sättigung.

Zusammenfassung

Um abzuschätzen, ob eine bodenaufbauende Bewirtschaftung einen positiven Effekt auf die angebauten Nutzpflanzen hat, wurden 6 derartige Felder mit jenen Umliegern verglichen, die auf demselben Bodentyp (WRB, Phaeozem oder Stagnosol) im Umkreis von je 20 km dasselbe anbauen (Winterweichweizen

oder Wintergerste). Für jeden Monat des Jahres 2020 wurden der Normalised Difference Vegetation Index, der Wide Dynamic Range Vegetation Index und der Normalised Difference Moisture Index von Sentinel-2 Bildern berechnet und pro ausgewähltem Feldpolygon gemittelt. Generell ähneln sich die vorläufigen Kurven der beiden Klassen, wobei die Felder mit bodenaufbauender Bewirtschaftung tendenziell größere Maxima des Mittelwertes aufweisen als jene unter konventioneller Landwirtschaft.

Abstract

A comparison of crop performance between fields under soil conservation (SC) and conventional (C) management was performed. 6 SC-fields were chosen, on which winter wheat or winter barley had been grown on phaeozem or stagnosol soils. In a radius of 20 km per SC-field, those neighbouring fields were chosen that grew the same crop on the same soil type as the respective central field. Per month of 2020 the Normalised Difference Vegetation Index, the Wide Dynamic Range Vegetation Index and the Normalised Difference Moisture Index were derived from Sentinel-2 images and averaged for each field polygon. In general, the resulting curves are similar between management classes, although the SC-fields' maximal average values tend to be higher than those under conventional management.

Literatur

BERNARDINI L G, BODNER G, HOFER M, IZQUIERDO-VERDIGUIER E: Learning from yields: Prevailing features for winter wheat yield variability and the role of farmers' management decisions. EGU General Assembly 2024 (2024)

BFW: Agricultural Soil Map of Austria - Full Soil Code from the World Reference Base (WRB Full), Online (2024)

PASQUARELLA V J, BROWN C F, CZERWINSKI W, RUCKLIDGE W J: Comprehensive quality assessment of optical satellite imagery using weakly supervised video learning. In: 2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). IEEE, pp 2125-2135 (2023)

ROSINGER C, BODNER G, BERNARDINI L G et al: Benchmarking carbon sequestration potentials in arable soils by on-farm research on innovative pioneer farms. Plant Soil 488: 137-156 (2023a)

ROSINGER C, KEIBLINGER K, BIEBER M et al: On-farm soil organic carbon sequestration potentials are dominated by site effects, not by management practices. Geoderma 433: 116466 (2023b)

Adressen der Autoren

¹ Institut für Geomatik, Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität, BOKU University, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

² Institut für Pflanzenbau, Department für Agrarwissenschaften, BOKU University, Konrad Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln an der Donau

* Ansprechpartner: DI Eric SMIT, eric.smit@boku.ac.at

Wie kann man am besten die Aggregatstabilität von regenwurmverarbeitetem Boden messen?

What is the best way to measure earthworm-processed soil? A comparison of common water stable aggregates, the smartphone app MOULDER, and a novel SlakeLight method

Pia Euteneuer¹, K.R. Butt², H. Wagentristl¹, M. Mayerová³, M. Fér⁴

Einleitung

Bodenaggregate tragen zur Bodenfruchtbarkeit bei (AMÉZKETA, 1999; BRONICK UND LAL, 2005) und Regenwürmer erhöhen bekanntermaßen die Stabilität der Bodenaggregate (ARAI et al., 2018). Die Methoden zur Messung der Bodenaggregate sind vielfältig und Vergleiche zwischen einigen Methoden wie dem Cornell Rainfall Simulator (MOEBIUS-CLUNE et al., 2016), dem Nasssiebverfahren (NIMMO UND PERKINS, 2002) und MOULDER (ehemals SLAKES; Version 2.0) (FAJARDO et al., 2016; FAJARDO AND MCBRATNEY, 2023) wurden durchgeführt, allerdings meist für unterschiedliche Bodenbearbeitungssysteme und Anbaupraktiken (z. B. FLYNN et al., 2020; RIEKE et al., 2022) und nicht für regenwurmverarbeitete Böden. Frühere Vergleiche zwischen diesen Methoden zeigten, dass die Ergebnisse zwischen den untersuchten Bewirtschaftungssystemen variierten (FLYNN et al., 2020), und RIEKE et al. (2022) betonten, dass die Bestimmung der unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Methoden aufgrund der Herkunft der Bodenproben der Schlüssel zum Verständnis ihrer Rolle als Indikatoren für die Bodenfruchtbarkeit ist. In der aktuellen Studie wurde die Sensitivität von i) den üblichen wasserstabilen Aggregaten (NIMMO UND PERKINS, 2002), ii) der mit der Smartphone-Applikation MOULDER (FAJARDO et al., 2016; FAJARDO UND MCBRATNEY, 2019) und iii) SlakeLight (Madaras et al., 2024) mit regenwurmverarbeitetem Boden auf drei Ebenen (Komposthaufen; Röhre-Komposthaufen-Komplex (RK-Komplex); Boden) bei drei Bodenbearbeitungssystemen (Grubber; Direktsaat; Pflug) gemessen. Ziel dieser Studie war es, eine Methode zu finden, mit der die Beziehungen zwischen Bodenstabilität und Regenwurmorkommen in und um Komposthaufen von *L. terrestris* bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsregimen getestet werden können, da Bodenaggregate in gesunden Böden von entscheidender Bedeutung sind (AMÉZKETA, 1999; BODNER et al., 2023).

Material und Methoden

Bei den Probenahmestandorten handelt es sich um zwei Langzeit-Bodenbearbeitungsversuche in Holabrunn (Standort 1; 48°34'N, 16°5'E; angelegt 2006) und in Raasdorf (Standort 2; 48°14'N, 16°33'E; angelegt 1996) im Nordosten Österreichs. Beide Standorte liegen in der pannonischen Klimazone mit einer mittleren Jahrestemperatur von 10,15 bzw. 11,21 °C und einem mittleren Jahresniederschlag von 517 bzw. 560 mm (Standort 1 bzw. 2) (GEOSPHERE AUSTRIA, 2023) und einem Tschernozem-Boden von lehmig-schluffiger Textur (WRB, 2014). An beiden Standorten gab es ein randomisiertes Blockdesign mit 3 bzw. 4 Blöcken (Standort 1 bzw. 2) und drei Bodenbearbeitungsbehandlungen mit Pflug (30 cm Tiefe), Grubber (10 cm Tiefe) und Direktsaat (0 cm Tiefe). Die Parzellengrößen betrugen 6 × 50 m und 20 × 40 m an Standort 1 bzw. Standort 2.

Die Bodenproben wurden i) aus dem Boden ohne Komposthaufen (Kontrollboden), ii) vom Komposthaufen und iii) aus dem RK-Komplex in einem Radius von 5 cm um den Komposthaufen und unterhalb des Komposthaufens von 0-10 cm Tiefe entnommen. Die Bodenproben wurden dann 2 Monate lang an der Luft getrocknet und auf 2,5 - 5 mm gesiebt. Aufgrund des Mangels an Pflanzenresten in den Pflug- und Grubberparzellen wurde im Mai und im Juni 2019 oder 2020 auf allen Parzellen Weizenstroh (178 g m²) auf einer Fläche von 7 m² ausgebracht, um die endgültige Identifizierung von *L. terrestris*-Komposthaufen zu ermöglichen. (Diese waren leicht zu lokalisieren, da die ansässigen Regenwürmer dieses Stroh zu ihren Komposthaufen sammelten).

Regenwürmer wurden nur an Standort 2 beprobt, wobei die gleiche wie bei den Bodenproben angewandt wurde. Es wurden fünf Teilproben pro Parzelle pro Parzelle genommen. Zunächst wurden die Komposthaufen von der Bodenoberfläche aus beprobt, bevor die Proben des RK-Komplexes unter den Komposthaufen entnommen wurden. Der lose Boden stammte aus einem Bereich ohne Komposthaufen aus der-

selben Parzelle, was sich bei Direktsaat-Parzellen mit einer durchschnittlichen Dichte von 30 Komposthaufen m^{-2} als schwierig erwies. Die Regenwürmer wurden von Hand im Komposthaufen, im RK-Komplex und im Kontrollboden gesucht. Die Regenwürmer wurden gezählt und die Biomasse der Jungtiere und der erwachsenen Tiere erfasst. Die erwachsenen Tiere wurden mit Hilfe der Bestimmungsschlüssel von CHRISTIAN UND ZICSI (1999) auf Artniveau bestimmt.

Die Aggregatstabilität wurde anhand des von NIMMO UND PERKINS (2002) vorgeschlagenen Index für wasserstabile Aggregate (WSA) bewertet. Vor der Messung wurden luftgetrocknete Bodenproben gesiebt, um Aggregate mit Durchmessern von 2 - 5 mm zu extrahieren. Vier Gramm der gesiebten Aggregate (4 Wiederholungen) wurden auf die Siebe (Höhe 3,9 cm, Durchmesser 3,9 cm) des Nasssiebgeräts (Sieb 0,25 mm) gelegt und in Dosen (Edelstahl; Höhe 4,5 mm; Durchmesser 3,2 cm und Volumen $144,8 \text{ cm}^3$) 3 Minuten lang mit destilliertem Wasser gewaschen. Diese Dosen wurden dann durch Dosen mit einer Dispersionslösung (mit 2 g Natriumhexametaphosphat l^{-1} für Böden mit einem pH-Wert > 7 und 2 g Natriumhydroxid l^{-1} für Böden mit einem pH-Wert < 7) ersetzt, und das Sieben wurde fortgesetzt, bis nur noch einzelne Mineralpartikel (und Wurzelfragmente) auf den Sieben verblieben. Partikel, die größer als 0,25 mm sind, wie z. B. Sand, sind aufgrund dieses Verfahrens vom Index ausgeschlossen. Beide Dosen wurden in einen Ofen gestellt und bei 110°C getrocknet. Nach dem Trocknen wurde das Gewicht des Materials aus instabilen und stabilen Aggregaten (ohne Partikel $> 0,25 \text{ mm}$) bestimmt.

Der Boden wurde mit der Smartphone-Anwendung MOULDER (FAJARDO et al., 2016; FAJARDO UND MCBRATNEY, 2023) nach dem Analyseprotokoll von FLYNN et al. (2020) und mit einem iPhone 7 (Apple Inc., Cupertino, CA, USA) analysiert. Für die Messung wurde luftgetrockneter Boden gesiebt (2 - 5 mm) und es wurden drei Bodenaggregate pro Probe und fünf Unterproben pro Parzelle verwendet. Der erste Schritt des Protokolls ist ein Referenz-Orthofoto der trockenen Bodenaggregate in einer trockenen Petrischale vor einem kontrastreichen Hintergrund (d. h. einem weißen Blatt Papier). In einem zweiten Schritt werden die Aggregate in eine mit deionisiertem Wasser gefüllte Petrischale überführt. Dabei sollten die Aggregate in der gleichen Position und Richtung wie im Referenzbild platziert werden. Bei der Anwendung wird die zunehmende Fläche des sich zerfallenden Bodens gemessen, wobei das Referenzbild als Ausgangspunkt dient und die endgültige Fläche nach 10 Minuten ermittelt wird. Nach zehn Minuten wird der α -Koeffizient auf dem Display angezeigt. Der α -Koeffizient ist die maximale vorhergesagte Dispersion eines Bodenaggregats und wird aus dem Slaking-Index abgeleitet. Für Einzelheiten zum α -Koeffizienten, zum Slaking-Index und zur Methode siehe FAJARDO et al. (2016).

Die SlakeLight-Methode zur Bestimmung der Bodenaggregatstabilität wurde am Pflanzenforschungsinstitut in Prag entwickelt und getestet. Das Prinzip der patentierten Erfindung SlakeLight (MADARAS UND KREJČÍ, 2020) wird von MADARAS et al. (2024) ausführlich beschrieben. SlakeLight funktioniert nach dem Prinzip der Messung der Lichtdurchlässigkeit in einer wassergefüllten Messkammer, in der sich neun Bodenaggregate von 3 - 4 mm Größe langsam zerfallen. Der Zersetzungsprozess der Bodenaggregate führt zu einer Verringerung der Lichtdurchlässigkeit durch das Messgefäß in einem Maße, das genau der vom Bodenmaterial bedeckten Fläche entspricht. Die Bestimmung der Zersetzungsrate der Aggregate ist durch Messung der Lichtdurchlässigkeit durch das Messgefäß möglich, d. h. durch Messung der Abnahme des Lichtstroms über dem Gefäß mittels Fotodiode. Die Lichtdurchlässigkeit wurde nach 2, 4 und 10 Minuten gemessen, und die Spannungen wurden zu Beginn und am Ende jeder Messung aufgezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurde die Stabilität der Bodenaggregate bei allen Methoden durch die Wechselwirkungen zwischen Standort, Bodenbearbeitung und Bodenniveau beeinflusst, und es wurden ähnliche Trends für die von Regenwürmern verarbeiteten Boden festgestellt, wobei die stabileren Bodenaggregate in den Komposthaufen waren, gefolgt vom RK-Komplex und dann im Kontrollboden. Beim α -Koeffizienten waren alle Komposthaufen dreimal stabiler als der Kontrollboden, während WSA und SAstrans an beiden Standorten beim Pflug 1,4 bis 1,5-mal stabiler waren. Darüber hinaus waren die Kontraste zwischen dem RK-Komplex und dem Kontrollboden weniger ausgeprägt für α -Koeffizient (außer Grubber-Standort 2), SAstrans (außer Grubber an Standort 1) und für WSA (außer Grubber und Direktsaat an Standort 2). Komposthaufen waren 1,45- bis 2-mal stabiler als der RK-Komplex an Standort 2, außer für den α -Koeffizienten bei Grubber und Pflug, und waren an Standort 1 ähnlich, außer für SlakeLight bei Grubber.

Die Regenwurm-Gemeinschaft an Standort 2 bestand zu 97 % aus endogenen Arten wie *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *A. rosea* (Savigny, 1826) und *Allolobophora chlorotica* und zu 3 % aus

anöischen Regenwürmern, wobei die Anzahl der Jungtiere (87 %) höher war als die der erwachsenen Tiere (13 %). Die Gesamtregenwurmbundanz, die Biomasse und die endogene Regenwurmbundanz an Standort 2 zeigten starke Auswirkungen der Bodenbearbeitung und des von Regenwürmern verarbeiteten Bodens, aber keine Wechselwirkungen, außer bei der endogenen Biomasse. Im Einzelnen wurde die höchste Gesamtregenwurmbundanz um den RK-Komplex von *L. terrestris* in jedem der Bodenbearbeitungssysteme gefunden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Stabilität der Bodenaggregate von der Regenwurmhäufigkeit, dem Grad des verarbeiteten Bodens und/oder der Bodenbearbeitung abhängt, wie von vielen anderen Autoren berichtet wurde (z.B. LEHMANN et al., 2017; ARAI et al., 2018). Bei MOULDER waren die Komposthaufen im Vergleich zum Kontrollboden besonders stabil, bei WSA und SlakeLight jedoch nicht immer. HALLAM UND HODSON (2020) stellten fest, dass *L. terrestris* die Stabilität im Vergleich zu einer regenwurmfreien Kontrolle um 16 - 56 % erhöhte, und zwar hauptsächlich in den ersten 6,5 cm des Bodens, wo mehr Regenwurmkot vorhanden war, ähnlich wie in den Komposthaufen. Diese Feststellung gilt auch für *A. chlorotica*, die in der oberen Bodenschicht eine ähnliche Zunahme (19 - 63 %) zeigte, aber im Gegensatz zu den aktuellen Ergebnissen steht. In der aktuellen Studie wiesen der RK-Komplex und dem Kontrollboden eine ähnliche Aggregatstabilität auf, unabhängig von der Bodenbearbeitung oder der verwendeten Methode. Dies könnte durch eine dreimal geringere Regenwurmdichte als die von HALLAM UND HODSON (2020) erklärt werden. Die Regressionsmodelle zeigten, dass die Gesamtmenge der Regenwürmer die Stabilität der Bodenaggregate bei allen Methoden unterschiedlich beeinflusst. Die Stabilität der Bodenaggregate für den α -Koeffizienten, WSA und SAStrans wurde durch die Bodenbearbeitung beeinflusst. Für den α -Koeffizienten und SAStrans galt die Erhöhung der Aggregatstabilität nur für den Boden als Ganzes, nicht aber für den RK-Komplex. Für WSA bei Direktsaat und Grubber wurde eine Abnahme des RK-Komplexes festgestellt. Außerdem wurden die Aggregate beim Pflug in Anwesenheit von Regenwürmern stabiler als bei Direktsaat. Aufgrund unserer Ergebnisse können wir unsere Hypothese nicht bestätigen, dass die Stabilität der Bodenaggregate einem Gradienten folgt, der sich aus Komposthaufen > RK-Komplex > Kontrollboden zusammensetzt. Wir konnten einen Zusammenhang zwischen dem Grad der Regenwurmaktivität feststellen, der jedoch durch die Bodenbearbeitung beeinflusst wurde und zu unterschiedlichen stabilen Bodenaggregate führte. Insgesamt zeigten die Regressionen für alle Methoden eine Tendenz zu einer erhöhten Stabilität der Bodenaggregate bei höherer Regenwurmdichte. Bei der Bodenbearbeitung stellte MOULDER einen Anstieg der Aggregatstabilität pro Regenwurm für Pflug im Vergleich zu Direktsaat, WSA und SlakeLight für Direktsaat oder Grubber im Vergleich zu Pflug fest, aber signifikante Wechselwirkungen zwischen der Regenwurmaktivität und Bodenbearbeitung wurden nur für WSA beobachtet. Diese Wechselwirkungen zeigten, dass der RK-Komplex im Pflug eine höhere Aggregatstabilität pro Regenwurm erreichte und bei Grubber oder Direktsaat sogar abnahm. Vergleichbare Ergebnisse fanden SCHRADER UND ZHANG (1997), als sie feststellten, dass die Stabilisierung von Bodenaggregaten bei Böden, die physischen Störungen ausgesetzt sind, wie z. B. gepflügte Felder, effektiver ist. Ein Vergleich der Methoden MOULDER, WSA und SlakeLight ergab ähnliche Ergebnisse, jedoch mit einem unterschiedlichen Grad an Empfindlichkeit gegenüber von Regenwürmern verarbeiteten Boden. Bei Bodenbearbeitungsversuchen mit Regenwurmintegration sollte WSA in Betracht gezogen werden, während SlakeLight in der Lage war, zwischen Bodenbearbeitungssystemen zu unterscheiden, allerdings selten im Zusammenhang mit Regenwurmvorkommen und MOULDER reagierte am besten auf den Regenwurmbesatz.

Zusammenfassung

Die Bodenaggregatstabilität ist wichtig für die Bodenfruchtbarkeit und Regenwürmer und die Aggregatstabilität durch ihre Grab-, Fressaktivitäten und Ausscheidungen beeinflussen. Um diese Effekte zu messen wurden in zwei Langzeitbodenbearbeitungsversuche (Hollabrunn und Raasdorf) die Bodeneigenschaften und die Regenwurmgesellschaft in der Umgebung von Wohnröhren von *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758) evaluiert. Das Ziel war es die Effekte der Regenwurmpopulation auf die Aggregatstabilität unter Einfluss von Pflug, Grubber und Direktsaat mit drei unterschiedlichen Methoden zu messen. Die getesteten Methoden waren 1. wasserstabile Aggregate (WSA), 2. MOULDER (vormals SLAKES) und 3. SlakeLight. Bei WSA werden die Aggregate für 3 Minuten in destillierten Wasser nassgesiebt und die Masse gewogen. MOULDER ist eine Smartphone-App die die Fläche der sich zersetzenden Aggregate im Wasserbad misst und SlakeLight misst die Lichttransmission der Aggregate, die ebenso durch die Aggregatfläche beeinflusst wird. Die Bodenproben wurden 2019 und 2020 aus i) Komposthaufen von *L. terrestris* (Komposthaufen), ii) dessen Röhren-Komposthaufen-Komplex (RK-

Komplex) in 5 cm Radius um die Röhre und iii) im benachbarten Boden ohne Einfluss von *L. terrestris* (Kontrollboden) genommen. Alle Proben wurden auf Regenwürmer durchsucht und luftgetrocknet. Die getestete Hypothese war, ob es einen Gradienten in der Aggregatstabilität und dem von Regenwurm-verarbeiteten Boden gibt (Komposthaufen > RK-Komplex > Kontrollboden). Die Gesamtregenwurmbundanz, zu meist endogäische Regenwürmer war 3-mal höher im RK-Komplex ($4,3 \pm 2,7$) als im Kontrollboden für Grubber und doppelt so hoch im RK-Komplex unter Pflug ($3 \pm 2,1$), während der RK-Komplex in der Direktsaat nur leicht erhöht war ($4,6 \pm 2$). Mit steigender Regenwurmanzahl, stieg auch die Aggregatstabilität und dieser Effekt war stärker ausgeprägt für den Kontrollboden als für den RK-Komplex. An beiden Standorten war die Aggregatstabilität für die Komposthaufen laut MOULDER am höchsten ausgeprägt im Vergleich zum Kontrollboden, während die Ergebnisse der beiden anderen Methoden nicht so eindeutig waren. Allerdings reagierte WSA sensibler auf die Interaktionen zwischen Bodenbearbeitung und Regenwurmanzahl als bei SlakeLight oder MOULDER. WSA zeigte, dass bei gepflügtem Boden und der Kontrollboden mit steigender Regenwurmanzahl auch die Aggregatstabilität am stärksten Anstieg. Alle drei Methoden eignen sich, um die Aggregatstabilität von regenwurmverarbeitetem Boden zu messen und dass die Auswahl von der Forschungsfrage und den Ressourcen abhängig ist.

Abstract

Soil aggregates are important for soil fertility and earthworms can support aggregate formation and stability during gut passage, burrowing activity and secretion of polysaccharides. To determine these effects in different soil tillage systems, soil properties, and the earthworm community associated with *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758) were evaluated in two long-term field experiments using plough, cultivator, or no-till. The aim was to investigate effects of earthworm populations on soil aggregate stability and to evaluate three methods, namely: water stable aggregate (WSA) index, MOULDER (formerly SLAKES) and SlakeLight. The WSA method wet-sieves aggregates for 3 min in distilled water and records mass of the dispersed aggregates. MOULDER uses a smartphone application to measure an increase in area of dispersed soil submerged in distilled water to measure slaking, while SlakeLight analyses light transmission corresponding to the area covered by the soil material. Soil samples were collected in autumn at three levels: i) middens, ii) 5 cm radius around burrows of *L. terrestris* (burrow-midden-complex), and iii) in bulk soil without burrows of *L. terrestris*. All samples were hand-searched for earthworms or air-dried for soil aggregate stability analyses. The hypothesis tested was that there is a gradient of earthworm worked soil, such that the level of earthworm activity away from a *L. terrestris* burrow decreases so that: midden > burrow-midden-complex > bulk soil. Total earthworm abundance (individuals level⁻¹ $\pm$ standard deviation), mostly endogeic earthworms, was 3-times higher in the burrow-midden-complex (4.3 ± 2.7) than bulk soil for cultivator and doubled for burrow-midden-complex under a ploughing regime (3 ± 2.1), while no-till was only slightly increased (4.6 ± 2). With rising earthworm numbers, aggregate stability increased, with a higher effect for bulk soil than for burrow-midden-complex. At both sites, MOULDER identified a more stable soil in middens than in bulk soil, while other methods were not so discriminating in their outcomes of middens. However, WSA was more sensitive to interactions of soil tillage $\times$ earthworm abundance than SlakeLight or MOULDER and showed that ploughed soil and bulk soil aggregates stabilised the most with increasing earthworm activity. Comparison of the three methods showed that all can be used for earthworm-processed soil, but that selection of the method should depend on the research questions and on resource availability.

Literatur

- AMÉZKETA E (1999): Soil Aggregate Stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture* 14, 83–151. https://doi.org/10.1300/J064v14n02_08
- ARAI M, MIURA T, TSUZURA H, MINAMIYA Y, KANEKO N (2018): Two-year responses of earthworm abundance, soil aggregates, and soil carbon to no-tillage and fertilization. *Geoderma* 332, 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.021>
- BODNER G, ZEISER A, KEIBLINGER K, ROSINGER C, WINKLER SK, STUMPP C, WENINGER T (2023): Managing the pore system: Regenerating the functional pore spaces of natural soils by soil-health oriented farming systems. *Soil and Tillage Research* 234, 105862. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105862>

BRONICK CJ, LAL R (2005): Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124, 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>

CHRISTIAN E, ZICSI A (1999): Ein synoptischer Bestimmungsschlüssel der Regenwürmer Österreichs (Oligochaeta: Lumbricidae). *Die Bodenkultur* 121–131.

FAJARDO M, MCBRATNEY AB (2023): MOULDER: A soil aggregate stability smart-phone app [Mobile application software].

FAJARDO M, MCBRATNEY AB, FIELD DJ, MINASNY B (2016): Soil slaking assessment using image recognition. *Soil and Tillage Research* 163, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.05.018>

FLYNN KD, BAGNALL DK, MORGAN CLS (2020): Evaluation of SLAKES, a smartphone application for quantifying aggregate stability, in high-clay soils. *Soil Sci. Soc. Am. j.* 84, 345–353. <https://doi.org/10.1002/saj2.20012>

GEOSPHERE AUSTRIA (2023): GeoSphere Austria: Data Hub [WWW Document]. URL <https://data.hub.zamg.ac.at/dataset/klima-v1-1m> (accessed 6.10.22).

HALLAM J, HODSON ME (2020): Impact of different earthworm ecotypes on water stable aggregates and soil water holding capacity. *Biol Fertil Soils* 56, 607–617. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01432-5>

Lehmann A, Zheng W, Rillig MC (2017): Soil biota contributions to soil aggregation. *Nat Ecol Evol* 1, 1828–1835. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0344-y>

MADARAS M, KREJČÍ R (2020): Způsob stanovení stability půdních agregátů a zařízení pro toto stanovení. Patent 308456. Úřad průmyslového vlastnictví, Věstník č. 35/2020 (in Czech). 308456.

Madaras, M., Krejčí, R., Mayerová, M., 2024. Assessing soil aggregate stability by measuring light transmission decrease during aggregate disintegration. *Soil and Water Research* 19, 25–31. <https://doi.org/10.17221/78/2023-SWR>

MOEBIUS-CLUNE B, MOEBIUS-CLUNE DJ, GUGINO B, IDOWU O, SCHINDELBECK R, RISTOW A, VAN ES H, THIES J, SHAYLER HA, MCBRIDE MB, WOLFE D, ABAWI G (2016): Comprehensive assessment of soil health- the Cornell framework manual, 31 ed Cornell University, Geneva, NY

NIMMO J, PERKINS K (2002): Aggregate stability and size distribution, in: *Physical Methods, Methods of Soil Analysis SSSA*, Madisson, pp 317–328

RIEKE, EL ET AL (2022): Evaluation of aggregate stability methods for soil health *Geoderma* 428, 116156 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116156>

SCHRADER, S, ZHANG, H, 1997 Earthworm casting: Stabilization or destabilization of soil structure? *Soil Biology and Biochemistry* 29, 469–475 [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00103-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00103-4)

WRB (2014): World reference base for soil resources 2014: internation

Adressen der Autoren

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Department für Agrarwissenschaften, Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Schloßhoferstr. 31, 2301 Groß-Enzersdorf

² University of Central Lancashire, Ecological Engineering, Preston, United Kingdom

³ Crop Research Institute, Department of Agricultural Soil Science and Pedobiology, Prague, Czech Republic

⁴ Czech University of Life Sciences Prague, Department of Soil Science and Soil Protection, Prague, Czech Republic

* Ansprechpartnerin: Dr. Pia Euteneuer, pia.euteneuer@boku.ac.at

SoilRise - Wie Citizen Science zur Identifizierung wichtiger Faktoren der Regenwurmbiodiversität beitragen kann

SoilRise - How citizen science can help identify important factors in earthworm biodiversity

Laura Sturm^{1,2*}, Johann Zaller² und Pia Euteneuer¹

Einleitung

Regenwürmer zeigen eine ausgeprägte Sensibilität gegenüber Landnutzung und agrarwirtschaftlichen Praktiken (BRIONES & SCHMIDT, 2017; GÉRARD et al., 2025). Mit der Intensivierung der Landnutzung nimmt die Zahl der Regenwürmer ab (BRIONES & SCHMIDT, 2017). Durch Graben und Wühlen formen Regenwürmer ihre Lebensräume und tragen durch ihre Aktivitäten zur Stabilisierung von Aggregaten (EUTENEUER et al., 2024; SIMON et al., 2025), zur Wasserinfiltration (SHIPITALO & BUTT, 1999) und zur Wasserspeicherung (CHEN et al., 2022) bei. Der Artenreichtum der Regenwürmer hängt jedoch nicht nur von den Niederschlägen und der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung, sondern auch von der Höhenlage, der Habitatstruktur und der Bodenbedeckung ab (BRIONES & SCHMIDT, 2017; PHILLIPS et al., 2019). Um ihre lokalen Bedürfnisse vollständig zu verstehen, werden im Projekt SoilRise spezifischen Habitateigenschaften wie Bewirtschaftungsformen, -praktiken, Habitatgröße, Bodenstruktur und organische Bodensubstanz untersucht.

Landwirtschaftliche Praktiken wie der Anbau von Zwischenfrüchten und die Bodenbedeckung durch Ernterückstände auf den Feldern fördern die Regenwurmpopulation, indem sie Nahrung und Lebensraum bieten (CROTTY & STOATE, 2019; EUTENEUER et al., 2020). Darüber hinaus können organische Zusätze, wie kompostierter Stallmist, die Regenwurmdichte und -biomasse deutlich erhöhen (BALDIVIESO-FREITAS et al., 2018). Eine höhere Nahrungsqualität und mehr Ressourcen können auch durch vielfältige Fruchtfolgen im Vergleich zu Monokulturen erzielt werden, was wiederum die Regenwurmbiomasse und -abundanz erhöht (EUTENEUER et al., 2020; RODRÍGUEZ et al., 2020). Die Intensivierung landwirtschaftlicher Praktiken, wie tiefere und häufigere Bodenbearbeitung, geringere Fruchtfolge und geringerer Pflanzenreichtum, führte zu einer geringeren Anzahl von Regenwürmern und einer geringeren Artenvielfalt (POSTMA-BLAAUW et al., 2010) im Vergleich zu reduzierten Bodenbearbeitungspraktiken (SIMON et al., 2025; CHAN, 2001). Der Artenreichtum von Regenwürmern kann bei reduzierter Bodenbearbeitung um den Faktor 1,2 höher sein als bei gepflügten Böden (DIALLO et al., 2023). Dies lässt sich durch die unterschiedlichen Auswirkungen von Bodenbearbeitungsmethoden auf die verschiedenen ökologischen Gruppen (d. h. anözische, endogäische und epigäische) erklären (BOUCHÉ, 1972; CHAN, 2001). Eine Metastudie von BRIONES und SCHMIDT (2017) zeigte, dass alle ökologischen Gruppen positiv auf eine Verringerung der Bodenbearbeitung reagieren, jedoch mit unterschiedlichen Amplituden zwischen den Gruppen (epigäisch: 117 %; anözisch: 123 %; endogäisch: < 50 %). Daraus lässt sich schließen, dass landwirtschaftliche Praktiken sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf dem Feld haben können und ihre Wirkung auf die Regenwurmgemeinschaft nicht unterschätzt werden sollte (DIALLO et al., 2023; TORPPA & TAYLOR, 2022).

Im Rahmen des Citizen-Science-Projekts „SoilRise – Monitoring of Soil Biota by Citizen Science“ werden in Österreich, Frankreich, Deutschland, Irland und Polen Regenwurmproben durch Bürger:innenbeteiligung (Citizen Scientists) gesammelt. Beprobte werden landwirtschaftlichen Flächen sowie Haus- und Gemeinschaftsgärten. Der Schwerpunkt in Österreich liegt dabei auf landwirtschaftlichen Flächen (Acker, Feldgemüsebau, Grünland und Obst- und Weingärten), um die folgenden Forschungsfragen zu beantworten: (I) Was beeinflusst die Regenwurmparameter mehr, die Tiefe und Frequenz der Bodenbearbeitung oder die Maschinenart (z.B. Pflug, Grubber, Scheibenegge)? (II) Welche Rolle spielt der lokale Niederschlag, die Bodenart und die Bodentextur in diesem Kontext? (III) Können eventuelle negative Effekte der Bodenbearbeitung durch andere landwirtschaftliche Praktiken, wie durch Zwischenfruchtanbau, Mulchen und Düngung kompensiert werden? SoilRise hat im Herbst 2024 mit der Probenahme gestartet und läuft noch bis Februar 2027.

Material und Methoden

Die Citizen Scientists bekommen eine persönliche oder eine online Einschulung sowie eine schriftliche Anleitung zur Verfügung gestellt und nehmen fünf Spatenproben (20 × 20 × 25 cm) je Standort (z.B. Gemüsebeet, Wiese, Acker, Weingarten, Grünland). Die Spatenproben werden händisch sortiert und die Regenwürmer in adulte und juvenile Tiere sowie in ökologische Gruppen unterteilt (epigäisch, anözisch, endogäisch). Wenn möglich helfen Mentor:innen und Studierende bei der Probenahme vor Ort. Anschließend werden die Regenwürmer von den Mentor:innen in 96-prozentigem Alkohol gelagert, auf Artniveau bestimmt und damit die Ergebnisse der Citizen Scientists validiert und hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit bewertet. Unter dem Mikroskop anhand des Schlüssels von CHRISTIAN und ZICSI (1999) bestimmt. Für die bessere Datenverfügbarkeit (DNA-Datenbank) werden ausgewählte Arten auch auf ihre DNA untersucht.

Zusätzlich werden Bodenproben (je Spatenblock 100 g) entnommen, um verschiedene Bodeneigenschaften (pH-Wert, Bodentextur, Humusgehalt) bei den Projektpartnern in Polen bestimmt. Des Weiteren werden Informationen über die Bewirtschaftungssysteme (Bodenbearbeitung, Anbau, Einsatz von Pestiziden, Art und Menge der Düngemittel) werden mittels standardisierter Fragebögen erhoben. Die Daten sollen umfassende Informationen über die verschiedenen Bewirtschaftungssysteme, Klimadaten und Bodenbedingungen auf europäischer Ebene liefern.

Ziele

Zu den Zielen des Projektes zählen unter anderem die Verbesserung der Datenverfügbarkeit über die Regenwurmgemeinschaften in Europa und die Identifizierung einzelner Regenwurmpopulationen in den teilnehmenden europäischen Ländern. Dabei sollen auch Unterschiede zwischen den Arten determiniert werden (v.a. *A. caliginosa* und *A. chlorotica*) und dafür Regenwurmbestimmungen mittels taxonomischer und DNA-Sequenzierung durchgeführt werden. Mittels des flächendeckenden Monitorings sollen Rückschlüsse auf gefährdete und invasive Arten geschlossen werden. Die Durchführung des Regenwurmmonitorings in urbanem und rurealem Raum, inklusive Identifizierung standortspezifischer Merkmale wie Größe und Management von Äckern, Gärten und Wiesen, soll zu einem umfassenden Bild der Regenwurm-Biodiversität führen. Weiters zählt die Bewusstseinsbildung über Bodenbiodiversität und Regenwürmern in der Bevölkerung zu einem der wichtigsten Ziele des Projektes.

Zusammenfassung

Regenwürmer nehmen eine Schlüsselrolle im Bodenökosystem ein. Die Intensivierung der Landwirtschaft hat zu einer signifikanten Reduktion von Regenwurmgesellschaften geführt. Doch die spezifischen Auswirkungen von der Tiefe und die Frequenz der Bodenbearbeitung wurden bisher noch unzureichend untersucht. Es bleibt unklar welche Aspekte der Bodenbearbeitung die Regenwurmgesellschaft beeinflussen. Daher stellen sich folgende Forschungsfragen: (I) Was beeinflusst die Regenwurmparameter mehr, die Tiefe und Frequenz der Bodenbearbeitung oder die Maschinenart (z.B. Pflug, Grubber, Scheibenegge)? (II) Welche Rolle spielt der lokale Niederschlag, die Bodenart und die Bodentextur in diesem Kontext? Um diese Forschungsfragen zu beantworten, werden im Projekt SoilRise mittels des Citizen Science Ansatzes im Herbst 2024, Frühjahr und Herbst 2025 und 2026, landwirtschaftliche Flächen in Österreich mittels Spatenprobe erhoben und händisch durchsucht. Darüber hinaus werden Fragebögen zu der Bewirtschaftungsweise von den Teilnehmenden beantwortet, somit können die erhobenen Daten der Regenwurmparameter im Zusammenhang mit den jeweiligen Managementpraktiken analysiert werden.

Abstract

Earthworms play a key role in the soil ecosystem. The intensification of agriculture has led to a significant reduction in earthworm communities. However, the specific effects of soil tillage depth and frequency have not yet been adequately studied. It remains unclear which aspects of tillage affects the earthworm community. Therefore, the following research questions arise: (I) What is the impact of soil tillage depth and frequency compared to machinery type such as plough, cultivator, disc harrow? (II) What is the impact of local precipitation, soil type and soil texture in this context? To answer these research questions, the SoilRise project will use the citizen science approach to survey and manually

search agricultural areas in Austria in autumn 2024, 2025, 2026 and spring 2025 and 2026. In addition, questionnaires on the management practices are answered by the participants to compare and analyse earthworm parameters.

Literatur

- BALDIVIESO-FREITAS, P., BLANCO-MORENO, J. M., GUTIÉRREZ-LÓPEZ, M., PEIGNÉ, J., PÉREZ-FERRER, A., TRIGO-AZA, D., & SANS, F. X. (2018). Earthworm abundance response to conservation agriculture practices in organic arable farming under Mediterranean climate. *Pedobiologia*, 66, 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.10.002>
- BOUCHÉ, M. B. (1972). *Lombriciens de France—Ecologie et systématique* (Vol. 72, Issue HS).
- BRIONES, M. J. I., & SCHMIDT, O. (2017). Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. *Global Change Biology*, 23, 4396–4419. <https://doi.org/10.1111/gcb.13744>
- CAPOWIEZ, Y., CADOUX, S., BOUCHANT, P., RUY, S., ROGER-ESTRADE, J., RICHARD, G., & BOIZARD, H. (2009). The effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. *Soil and Tillage Research*, 105(2), 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.002>
- CHAN, K. Y. (2001). An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity—Implications for functioning in soils. *Soil and Tillage Research*, 57(4), 179–191. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00173-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00173-2)
- CHEN, M., SHAO, M., WEI, X., LI, T., ZHANG, Q., SUN, S., YANG, X., & GAN, M. (2022). Earthworm (*Metaphire guillelmi*) activities increase the risk of soil erosion – a simulation experiment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 47(7), 1734–1743. Scopus. <https://doi.org/10.1002/esp.5343>
- CHRISTIAN, E., & ZICSI, A. (1999). *Ein synoptischer Bestimmungsschlüssel der Regenwürmer Österreichs (Oligochaeta: Lumbricidae)*.
- CROTTY, F. V., & STOATE, C. (2019). The legacy of cover crops on the soil habitat and ecosystem services in a heavy clay, minimum tillage rotation. *Food and Energy Security*, 8, e00169. <https://doi.org/10.1002/fes3.169>
- DIALLO, A., HOEFFNER, K., GUILLOCHEAU, S., SORGNIARD, P., & CLUZEAU, D. (2023). Combined effects of annual crop agricultural practices on earthworm communities. *Applied Soil Ecology*, 192, 105073. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105073>
- EUTENEUER, P., BUTT, K. R., WAGENTRISTL, H., MAYEROVÁ, M., & FÉR, M. (2024). What is the best way to measure earthworm-processed soil? A comparison of common water stable aggregates, the smartphone app MOULDER, and a novel SlakeLight method. *Applied Soil Ecology*, 201, 105517. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105517>
- EUTENEUER, P., WAGENTRISTL, H., STEINKELLNER, S., FUCHS, M., ZALLER, J. G., PIEPHO, H.-P., & BUTT, K. R. (2020). Contrasting effects of cover crops on earthworms: Results from field monitoring and laboratory experiments on growth, reproduction and food choice. *European Journal of Soil Biology*, 100, 103225. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103225>
- GÉRARD, S., DECAËNS, T., BUTT, K. R., BRIONES, M. J. I., CAPOWIEZ, Y., CLUZEAU, D., HOEFFNER, K., LE BAYON, R.-C., MARCHÁN, D. F., MARSDEN, C., MUYS, B., PELOSI, C., PÉRÈS, G., PHILLIPS, H. R. P., SANTINI, L., THUILLER, W., & HEDDE, M. (2025). Putting earthworm conservation on the map: Shortfalls and solutions for developing earthworm conservation. *Biological Conservation*, 302, 110911. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110911>
- LIU, Q., EISENHAUER, N., SCHEU, S., REITZ, T., & SCHÄDLER, M. (2025). Grasslands support more diverse and resilient earthworm communities to climate change than croplands in Central Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 377, 109259. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109259>
- PHILLIPS, H. R. P., GUERRA, C. A., BARTZ, M. L. C., BRIONES, M. J. I., BROWN, G., CROWTHER, T. W., FERLIAN, O., GONGALSKY, K. B., VAN DEN HOOGEN, J., KREBS, J., ORGIAZZI, A., ROUTH, D., SCHWARZ, B., BACH, E. M., BENNETT, J., BROSE, U., DECAËNS, T., KÖNIG-RIES, B., LOREAU, M., ... EISENHAUER, N. (2019). Global distribution of earthworm diversity. *Science*, 366(6464), Article 6464. <https://doi.org/10.1126/science.aax4851>

POSTMA-BLAAUW, M. B., DE GOEDE, R. G. M., BLOEM, J., FABER, J. H., & BRUSSAARD, L. (2010). Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology*, 91(2), 460–473. <https://doi.org/10.1890/09-0666.1>

RODRÍGUEZ, M. P., DOMÍNGUEZ, A., MOREIRA FERRONI, M., WALL, L. G., & BEDANO, J. C. (2020). The Diversification and Intensification of Crop Rotations under No-Till Promote Earthworm Abundance and Biomass. *Agronomy*, 10(7), 919. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070919>

SHIPITALO, M., & BUTT, K. (1999). Occupancy and geometrical properties of *Lumbricus terrestris* L. burrows affecting infiltration. *Pedobiologia*, 43, 782–794. [https://doi.org/10.1016/S0031-4056\(24\)00613-9](https://doi.org/10.1016/S0031-4056(24)00613-9)

SIMON, B., DEKEMATI, I., IBRAHIM, H. T. M., MODIBA, M. M., BIRKÁS, M., GRÓSZ, J., KULHANEK, M., NEUGSCHWANDTNER, R. W., HOFER, A., WAGNER, V., WINDISCH, M., HAGE-AHMED, K., BUTT, K. R., & EUTENEUER, P. (2025). Impact of tillage practices and soil texture on soil health and earthworms in the Pannonian region: A comparative study from Austria and Hungary. *Applied Soil Ecology*, 206, 105863. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.105863>

TORPPA, K. A., & TAYLOR, A. R. (2022). Alternative combinations of tillage practices and crop rotations can foster earthworm density and bioturbation. *Applied Soil Ecology*, 175, 104460. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104460>

Adressen der Autoren

¹BOKU University, Department für Agrarwissenschaften, Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Schloßhofer Straße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

²BOKU University, Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, Institut für Zoologie, Gregor-Mendel-Straße 33/I, A-1180 Wien

* Ansprechpartnerin: DI Laura STURM, laura.sturm@boku.ac.at

Ein Blick in den Boden: Feldbasierte Evaluierungsmethoden für aufbauen- des Bodenmanagement

Soil insights: On-site evaluation tools for nature-based soil management

Martin Franziska Weinrich^{1,2}, Christoph Rosinger²,
Gernot Bodner² und Katharina Keiblinger¹

Einleitung

Für die Umsetzung nachhaltiger landwirtschaftlicher Praktiken ist es zentral, Bodeneigenschaften und -funktionen zu verstehen und zu veranschaulichen. Schnelle und zuverlässige feldbasierte Methoden zur Bewertung der mikrobiellen Aktivität mittels Bodenatmung, des Gehaltes an labilem organischen Kohlenstoff (C) und des Gehaltes an stabilem C werden benötigt, um Laboranalysen zu ergänzen und vor Ort Einblicke in den Boden zu ermöglichen. Diese Studie erforscht die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von drei verschiedenen kolorimetrischen Feldtests (mikrobielle Aktivität, labiler und stabiler organischer C) sowie deren Validierung mit Laboranalysen. Außerdem wird die Unterscheidung zwischen verschiedenen Landnutzungs- und Bodenbewirtschaftungssystemen untersucht.

Material und Methoden

Standorte: Es wurden 10 Standorte im Burgenland untersucht, die die pedoklimatischen Bedingungen für diese Region gut repräsentieren. An jedem Standort wurde eine Ackerfläche mit einer natürlichen Referenz (z.B. Ackerrand) verglichen. Diese Standorte wurden im April, Mai und Juni 2024 bis zu einer Tiefe von 10 cm beprobt. Zusätzlich wurden zwei Exaktversuche mit randomisiertem Blockdesign (Faktoren Bodenbearbeitung und Pflanzenbewuchs) in Pyhra und Hollabrunn im September 2024 beprobt. Die Bodenproben wurden auf 2 mm gesiebt und anschließend gekühlt bei 4°C gelagert.

Laboranalysen: Im Labor wurde die basale Respiration mit GC-FID gemessen. NaOH-Extrakte für stabilen organischen C und POxC für labilen organischen C wurden photometrisch bei 400 und 600 nm bzw. bei 550 nm gemessen.

Feldmethoden: Die mikrobielle Aktivität wurde anhand von Indikatorröhrchen gemessen, die einen pH-Indikator in einem Agarmedium enthalten. Das während der Bodenatmung freigesetzte CO₂ führt zu einer Farbänderung des Indikators von dunkelblau über grün zu gelb. Labiler organischer C wurde nach einem vereinfachten Protokoll von Weil et al. (2003) gemessen. Je mehr sich die dunkelviolette KMnO₄-Lösung entfärbt, desto mehr labiler organischer C ist im Boden enthalten. 0,5 M NaOH-Extrakte wurden in einem Verhältnis von 1:20 nach Tatzber et al. (2007) hergestellt. Je dunkler der Extrakt, desto mehr stabiler organischer C ist im Boden enthalten.

Auswertung: Die Auswertung der Farbreaktionen erfolgte mithilfe von digitalen Bildern, von denen aus dem zugehörigen Bildausschnitt RGB-Daten extrahiert und mit den Labormessungen korreliert wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Validierung der Feldtests: Die untersuchten Feldtests zur Bestimmung der mikrobiellen Aktivität (Bodenatmung), des leicht verfügbaren organischen Kohlenstoffs (POxC) sowie des stabilen organischen Kohlenstoffs (NaOH-Extrakte) zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Laboranalysen (Abbildung 1). Die Regressionsanalysen mit Bilddaten der beiden Probensets belegten, dass die Farbveränderungen mittelmäßig bis gut mit den entsprechenden Laborwerten korrelieren ($r^2 = 0,26$ bzw. $0,53$ für Respiration; $r^2 = 0,74$ bzw. $0,41$ für POxC und $r^2 = 0,52$ bzw. $0,55$ für NaOH-Extrakte). Die höchste Übereinstimmung wurde für POxC erzielt, gefolgt von NaOH-Extrakten und der Bodenatmung. Dies zeigt, dass Bilddaten aus einfachen Fotografien ein praktikables Mittel zur Auswertung der Tests darstellen können.

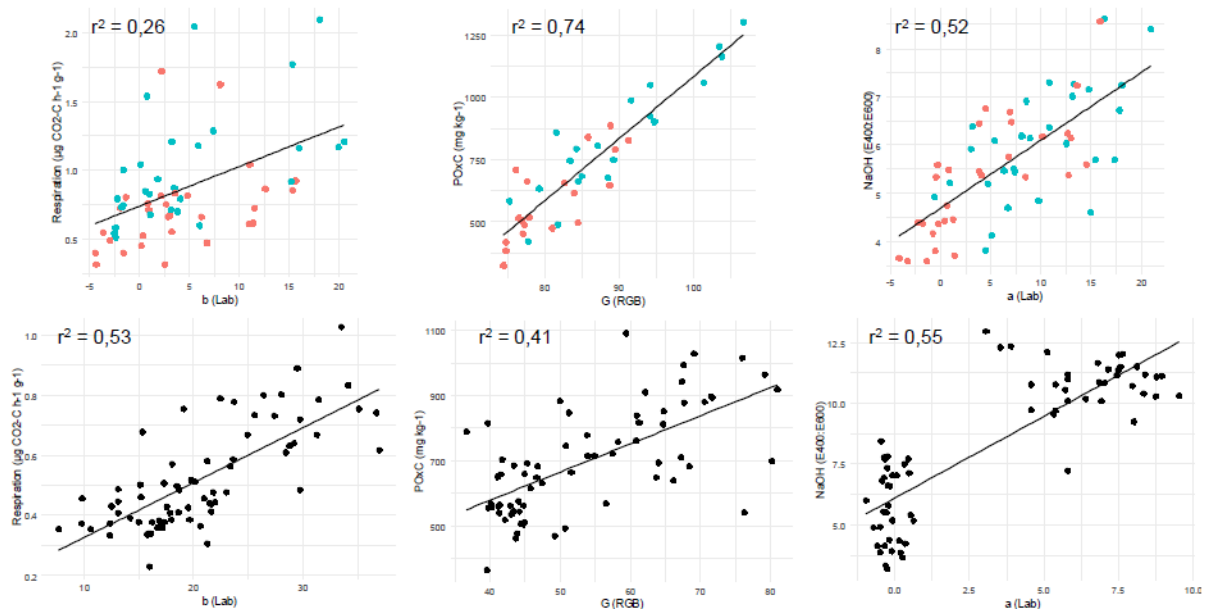


Abbildung 1: Lineare Regressionen von Bilddaten (RGB) mit Laboranalysen zur Validierung der Feldtests. Oben: Mikrobielle Aktivität, POxC und NaOH Extrakte für die Acker- und Referenzflächen im Burgenland. Unten: Mikrobielle Aktivität, POxC und NaOH-Extrakte für die Exaktversuche in Pyhra und Holabrunn.

Unterscheidung von Landnutzung und Management: Die Untersuchung von 10 Standorten im Burgenland (Ackerflächen vs. Referenzstreifen) verdeutlicht signifikante Unterschiede in allen drei Parametern (Abbildung 2, oben). Die Referenzflächen wiesen durchgehend höhere Werte für Respiration, POxC und NaOH-Extrakte auf, was auf eine höhere biologische Aktivität und einen größeren Anteil organischer Substanz hinweist. Der Zeitpunkt der Probenahme (April bis Juni) hatte dabei keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse, was auf eine gewisse Robustheit der Methoden hinweist.

Im Gegensatz zur klaren Trennbarkeit verschiedener Landnutzungen konnten zwischen den untersuchten Bodenbearbeitungssystemen (konventionell, Direktsaat, Minimal- und reduzierte Bodenbearbeitung) keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden – weder mit Feldtests noch mit Laboranalysen (Abbildung 2, unten). Möglicherweise überlagern andere Standortfaktoren wie Bodentyp, Textur oder klimatische Bedingungen die Effekte der Bewirtschaftung. Die Ergebnisse legen nahe, dass die untersuchten Parameter für die Unterscheidung grober Landnutzungsunterschiede geeignet sind, jedoch eine feinere Differenzierung im Bereich des Managements in dieser Form nicht zulassen.

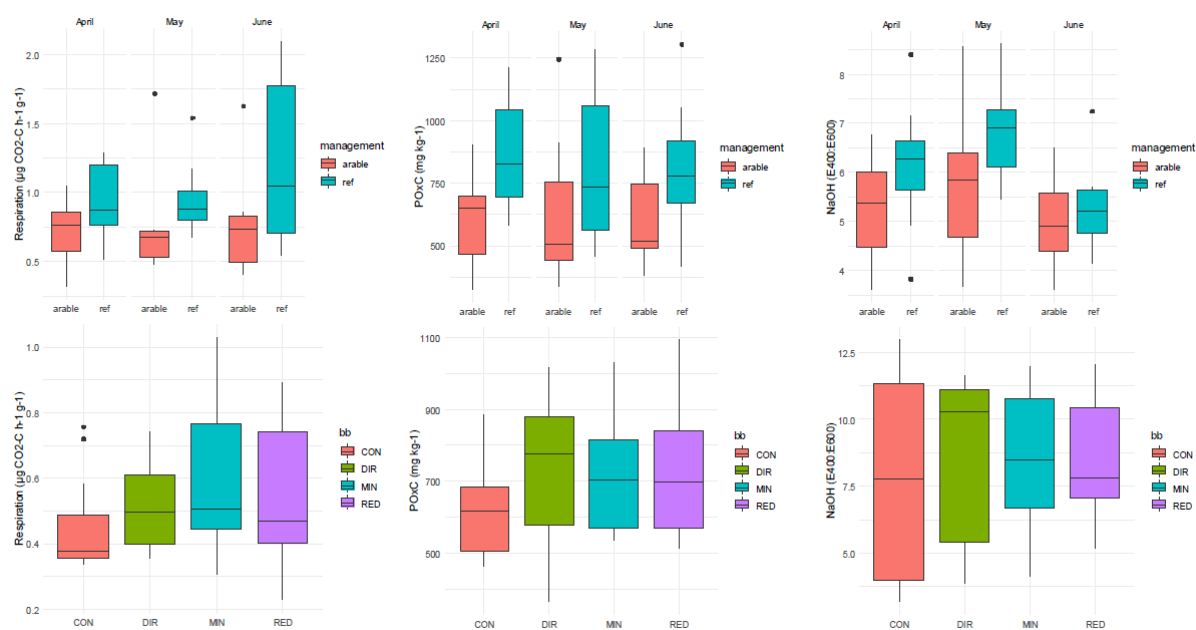


Abbildung 2: Boxplots für mikrobielle Aktivität, POxC und NaOH-Extrakte für beide Datensätze. Oben: Acker- und Referenzflächen im Burgenland, beprobt im April, Mai und Juni. Unten: Ergebnisse der Feldversuche in Pyhra und Hollabrunn zu den verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen konventionell (CON), Direktsaat (DIR), minimale Bodenbearbeitung (MIN) und reduzierte Bodenbearbeitung (RED).

Praktische Relevanz: Die untersuchten Feldtests bieten einen vereinfachten Zugang zur Bewertung von Bodengesundheit direkt vor Ort. Farbänderungen durch Bodenatmung, Oxidationsreaktionen und alkalische Extraktion lassen sich einfach visuell beurteilen oder mit Hilfe von Bildanalysen auswerten. Damit eignen sich die Methoden besonders für die Anwendung durch Landwirte, Berater oder Bildungseinrichtungen als Schulungs- und Beratungstool sowie zur Bewusstseinsbildung. Dennoch bleibt festzuhalten, dass die Genauigkeit und Sensitivität der Tests nicht mit Laboranalysen zu vergleichen ist – sie sollten daher als ergänzendes Werkzeug verwendet werden.

Zusammenfassung

In dieser Studie werden verschiedene praxisorientierte Methoden zur Beurteilung der Bodengesundheit anhand unterschiedlicher Bodenparameter mittels einfacher, farbgestützter Feldtests präsentiert. Untersucht wurden zehn landwirtschaftliche Standorte im Burgenland (Vergleich Acker und Referenz) sowie zwei Versuchsflächen in Niederösterreich mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen und unterschiedlichem Pflanzenbewuchs. Drei Parameter standen im Fokus: mikrobielle Aktivität (Bodenatmung), leicht verfügbarer organischer C (POxC) und stabiler organischer C (NaOH-Extrakte). Die Feldtests wurden mit Laboranalysen validiert und zeigten eine mittlere bis gute Korrelation mit den Laborwerten. Besonders deutlich konnten Unterschiede zwischen Ackerflächen und nicht bewirtschafteten Referenzstreifen aufgezeigt werden. Unterschiede zwischen verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen ließen sich hingegen nicht signifikant nachweisen. Die vorgestellten Methoden ermöglichen eine schnelle, kostengünstige Einschätzung der Bodengesundheit direkt im Feld und eignen sich besonders für die Beratung, Praxisanwendung und Bildungsarbeit.

Abstract

This study presents various on-site field tests for assessing soil health based on different soil parameters using simple, colorimetric field methods. 10 agricultural sites in Burgenland (arable and reference sites) and two field trials in Lower Austria with different tillage systems and plant cover were analysed. Three parameters were focussed on: microbial activity (soil respiration), labile organic C (POxC) and stable organic C (NaOH extracts). The field tests were validated with laboratory analyses and showed a me-

dium to good correlation with the laboratory measurements. We observed significant differences between arable land and uncultivated reference strips. Whereas differences between tillage systems could not be detected significantly. The methods presented enable a quick, cost-effective assessment of soil health directly in the field and are particularly suitable for agricultural extension services, practical application and educational work to raise awareness and curiosity about soil health.

Literatur

Tatzber, M., Stemmer, M., Spiegel, H., Katzlberger, C., Haberhauer, G., Mentler, A., & Gerzabek, M. H. (2007). FTIR-spectroscopic characterization of humic acids and humin fractions obtained by advanced NaOH, Na₄P₂O₇, and Na₂CO₃ extraction procedures. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(4), 522-529.

Weil, R. R., Islam, K. R., Stine, M. A., Gruver, J. B., & Samson-Liebig, S. E. (2003). Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(1), 3-17.

Adressen der Autoren

¹ Institut für Bodenforschung, Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien, Österreich

² Institut für Pflanzenbau, Department für Agrarwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien, Österreich

* Ansprechpartner: Franziska Weinrich, franziska.weinrich@boku.ac.at

GIS-gestützte Identifikation potenzieller Entwässerungsflächen in NÖ

GIS-Based Identification of Potential Drainage Areas in Lower Austria

Katharina Fischer*, Irene Schwaighofer, Thomas Brunner, Abobakr Hussin, Peter Strauss und
Thomas Weninger

Einleitung

Der Wasserkreislauf in unseren Landschaften wurde in den letzten Jahrzehnten und Jahrhunderten durch technische Maßnahmen maßgeblich verändert. In Niederösterreich waren in staatstragenden Planungen nach dem Zweiten Weltkrieg 110 000 ha zur künstlichen Entwässerung vorgesehen, um die agrarische Produktionsfläche zu erhöhen, sich von Importen zu emanzipieren und Ernährungssicherheit in Österreich zu gewährleisten (RAMSAUER 1948). Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurden große Flächen entwässert, vorwiegend Moore und Feuchtwiesen (WIESBAUER & DENNER 2013; ZEILERBAUER 1979).

Klimawandel-bedingte Wasserknappheit, erhöhte Niederschlagsintensitäten (LAIMIGHOFER & FORMAYER 2024) und veränderte gesellschaftliche Ansprüche an die Ressourcen Wasser und Boden verlangen neue Ideen für das Management von Entwässerungssystemen in unseren Landschaften.

Diese führen überschüssiges Wasser rasch ab, wodurch es nicht in der Bodenmatrix gespeichert werden kann (DE WIT et al. 2024), für die Versorgung von landwirtschaftlichen Kulturen in Trockenphasen fehlt und außerdem zu ausgeprägteren Hochwasserwellen mit Erosionserscheinungen führen kann (MILLER et al. 2022).

Ein Hindernis für die quantitative Abschätzung der dadurch beschleunigten Wasserflüsse und in der Folge ein gezieltes Wassermanagement ist jedoch die - je nach Bundesland - fragmentierte Datenverfügbarkeit über Lage und Ausmaß landwirtschaftlicher Entwässerungssysteme in Österreich.

Ziel dieser Untersuchung ist es daher, potenziell drainierte Flächen in Niederösterreich mithilfe geostatistischer Verfahren zu identifizieren und erste Rückschlüsse auf die dort vorhandenen Bodenwasserspeicher zu ziehen. Dazu werden verfügbare digitalisierte räumliche und bodenkundliche Informationen zusammengeführt. Langfristig soll dies die Grundlage für weiterführende Ableitungen von Wasserbilanzen bilden – insbesondere im Hinblick auf das Ziel, landwirtschaftliche Wasserrückhaltepotenziale besser zu nutzen und vorhandene Ressourcen sichtbar zu machen.

Material und Methoden

Die Arbeit basiert auf einem GIS-gestützten, rasterbasierten Ansatz mit einer räumlichen Auflösung von 10 x 10 m². Über ein einfaches Gewichtungsmo-
dell werden leicht verfügbare Datensätze miteinander verknüpft, um so Flächen auszuweisen, die eine hohe Wahrscheinlichkeit aufweisen, durch artifizielle Drainagen entwässert zu werden. Als Referenz für die errechneten Ergebnisse dienen digitalisierte Karten vom Amt der niederösterreichischen Landesregierung, in denen Vorteilsflächen sämtlicher geförderter Genossenschaftsprojekte seit den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts in Niederösterreich eingepflegt sind (Land NÖ, verfügbar über geoshop.noel.gv.at). Als Indikatoren für das Vorhandensein technischer Entwässerungssysteme wurden drei Datensätze herangezogen:

1. der Topographic Wetness Index (TWI),
2. der Bodentyp (laut der digitalen landwirtschaftlichen Bodenkarte eBOD) und
3. die landwirtschaftliche Nutzungsintensität (klassifiziert basierend auf INVEKOS Schlagnutzungsarten).

Der TWI wurde unter Verwendung des ArcHydro Wetland Identification Model von esri berechnet. Diesem Modell liegt ein geglättetes Digitales Geländemodell zugrunde, aus dem folgend das Verhältnis von spezifischer Einzugsfläche und lokaler Hangneigung berechnet wurde (ESRI 2024). Der TWI dient so als Maß für die potenzielle Bodenfeuchte bzw. Staunässeanfälligkeit einer Fläche. Hohe TWI-Werte deuten auf geringe Neigung und hohe Wasserzufuhr hin (BEVEN & KIRKBY 1979; SØRENSEN et al. 2006). Bodentypen können ebenfalls auf standortbedingte Wasserüberschüsse hinweisen, insbesondere

wenn es sich um hydromorphe oder staunasse Böden handelt. Die landwirtschaftliche Nutzungsintensität wurde als dritter Faktor einbezogen und angenommen, dass in intensiv bewirtschafteten Systemen Drainagen häufiger zum Einsatz kommen, um Flächen befahrbar und ertragssicher zu halten.

Jeder Datensatz wurde anschließend gewichtet und konnte einen Wert zwischen 0 für nicht entwässert und 1 für wahrscheinlich entwässert erreichen. Für TWI wurde eine Gewichtung anhand der kumulativen Häufigkeit in bekannten Vorteilsflächen vorgenommen. Je häufiger ein Bodentyp in den Vorteilsflächen relativ zum restlichen Niederösterreich vorkommt, desto höher wurde er gewichtet. Die Nutzungsintensität wurde basierend auf den INVEKOS-Schlagnutzungen (Stand 2024) klassifiziert: Ackerland sowie zwei- und dreischnittiges Grünland wurden mit 1 (intensiv), alle übrigen Nutzungen mit 0 (extensiv) bewertet. Die jeweiligen Einzelwerte der drei Datensätze wurden pro Rasterzelle addiert. Zellen mit einem Score von ≥ 2 wurden als potenziell drainiert klassifiziert. Diese Rasterzellen wurden mit den Vorteilsflächen der Entwässerungsgenossenschaften zusammengeführt (Abb. 2a) und die Fläche nach Pixelcount berechnet.

Zur ersten groben Quantifizierung des durch Drainagen abgeleiteten Bodenwassers wurde die Luftkapazität (LK) als bodenhydrologischer Kennwert herangezogen (EDER et al. 2012). Sie beschreibt das Porenvolumen, das bei Wassersättigung über die Feldkapazität hinausgehend Wasser führt (AMELUNG et al. 2018), das somit relativ rasch über Drainagen abfließen kann. In der Folge wird dieser Kennwert als dränbares Bodenwasser (DBW) bezeichnet. Diese Werte bilden die Grundlage für die im weiteren Verlauf des Projekts geplante Berechnung der monatlichen Wasserbilanz über den Jahresverlauf.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 2a zeigt die räumliche Verteilung potenziell drainierter Fläche. Bei näherer Betrachtung (Abb. 2b) überlappen diese teilweise mit den Flächen der Entwässerungsgenossenschaften (Abb. 2, blaue Pixel). Die durch den Score berechneten Pixel (Abb. 2 a und b, rötliche Pixel) markieren nicht ganze Vorteilsflächen, wie sie der Layer der Entwässerungsgenossenschaft darstellt, sondern gezielt jene Teilbereiche innerhalb von Schlägen, in denen aufgrund der einbezogenen Merkmale und Nutzung eine Entwässerung besonders wahrscheinlich ist.

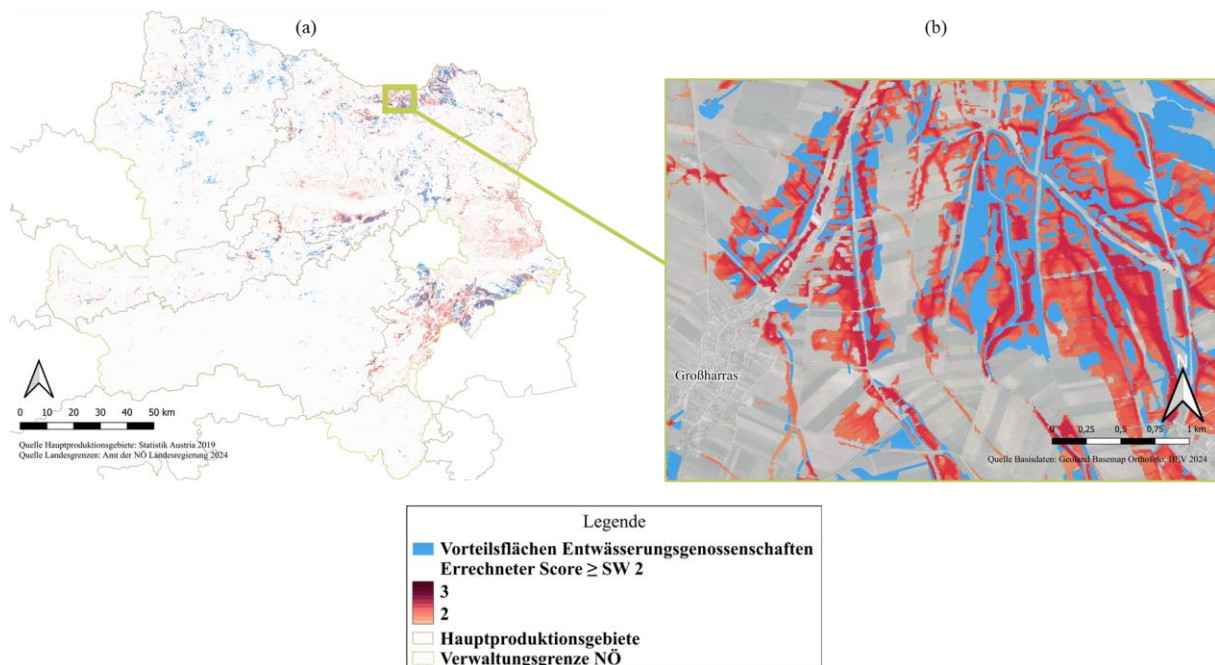


Abbildung 2: (a) Verwaltungsgrenzen Niederösterreichs mit den Grenzen der Hauptproduktionsgebiete, die durch NÖ verlaufen. Rötliche Pixel zeigen die berechneten Entwässerungsflächen an, blaue die bekannten Vorteilsflächen aus den digitalisierten Karten der Entwässerungsgenossenschaften. (b) Vergrößerter Kartenausschnitt aus dem Raum Großharras im nördlichen Weinviertel mit Vorteilsflächen (blau hinterlegt) und allen berechneten Pixel mit einem Schwellenwert >2 .

Tabelle 1: Fläche (A) und dränbares Bodenwasser (DBW) der (potentiell) entwässerten Flächen in Niederösterreich, aufgeteilt nach Hauptproduktionsgebiet (HPG); Anteil dieser Flächen an allen landwirtschaftlich genutzten Flächen im jeweiligen HPG. Entwässertes Gebiet meint die bekannten Vorteilsflächen plus berechneter Entwässerungsflächen.

(Nr.) Hauptproduktionsgebiet	A entwäss. Gebiete (km ²)	DBW entwäss. Gebiete (m ³)	Anteil an landw. Flächen
(2) Voralpen	19.6	1 192 220	0.38%
(3) Alpenostrand	3.8	194 845	0.16%
(4) Wald- und Mühlviertel	173.6	11 174 358	3.12%
(6) Alpenvorland	67.9	3 795 496	2.97%
(8) Nordöstliches Flach- und Hügelland	742.2	41 661 210	7.36%
Insgesamt	1007.1	58 018 129	3.63%

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der bereits bekannten und der errechneten Entwässerungsflächen. Insgesamt ergibt sich dadurch eine Fläche von 1 007 km², entsprechend einem Anteil von rund 3.6% an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche. Das theoretisch vorhandene dränbare Bodenwasser beläuft sich auf insgesamt $5,8 \times 10^7$ m³, wobei der größte Anteil auf das Nordöstliche Flach- und Hügelland fällt. Dieser Wert kann jedoch nicht mit dem Wasservolumen gleichgesetzt werden, das in einem bestimmten Zeitraum durch die Entwässerung beschleunigt abgeführt wird. Um dieses zu quantifizieren, sind tiefergehende Betrachtungen nötig, die die zeitlich veränderliche Wasserbilanz der Böden unter Einbeziehung der Infiltrationskapazität und des Niederschlagsverlaufes abschätzen. Außerdem ist davon auszugehen, dass der Großteil der planmäßig erfassten Bewässerungsanlagen in Form von unterirdischen Drainagesystemen ausgeführt ist. Oberirdische Ableitungsgräben oder Gewässerbegradigungen sind oft viel älter und nicht dezidiert als Entwässerungsanlagen ausgewiesen, haben aber ebenso wesentliche Beschleunigungseffekt auf den Wasserfluss in der Landschaft.

Die Ergebnisse erscheinen plausibel, zeigen jedoch regionale Unsicherheiten. Im Bereich des Marchfelds beispielsweise werden vereinzelt auch ehemalige Flussläufe der Donau als potenziell entwässert dargestellt (Abb. 2a). Dies ist bedingt durch hohe TWI-Werte infolge geringer Hangneigung und großem Einzugsgebiet. Diese Verzerrung betrifft vor allem tiefliegende Bereiche, die nicht zwangsläufig drainiert sind. Hier zeigt sich der Bedarf nach regionaler Verfeinerung und Validierung.

Ein Vergleich mit derzeit nur analog vorliegenden Detailplänen zu Entwässerungsprojekten aus der Mitte des 20. Jahrhunderts aus dem Archiv des Instituts für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt am Bundesamt für Wasserwirtschaft in Petzenkirchen ist im nächsten Schritt vorgesehen, um das Modell weiter abzustimmen und zu validieren. Ziel ist es, den Score an regionale Gegebenheiten anzupassen und durch empirische Referenzen zu schärfen. Trotz bestehender Unsicherheiten bietet das derzeitige Zwischenergebnis einen wichtigen ersten Überblick, wo Entwässerungssysteme wahrscheinlich vorhanden sind und in welchen Größenordnungen sich die drainierten Wasserflüsse bewegen könnten.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde ein GIS-gestützter Ansatz genutzt, um potenziell drainierte landwirtschaftliche Flächen in Niederösterreich in ihrem Flächenausmaß zu identifizieren. Als Indikatoren wurden der Topographic Wetness Index (TWI), der Bodentyp und die landwirtschaftliche Nutzungsintensität herangezogen, gewichtet und zu einem Scoring-Wert zusammengeführt. Flächen mit einem Score ≥ 2 wurden als wahrscheinlich entwässert angenommen. Ergänzend wurde auf Basis von Datensätzen zu hydrologischen Bodenkennwerten Luftkapazität (LK) bis 80 cm Tiefe berechnet.

Erste Ergebnisse zeigen, dass rund 3,6 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen potenziell entwässert sind. Das theoretisch drainierbare Bodenwasser beträgt insgesamt rund $5,8 \times 10^7$ m³. Die Ergebnisse erscheinen plausibel, weisen jedoch gebietsweise Überzeichnungen auf, wie etwa im Marchfeld. Eine Validierung anhand historischer Entwässerungskarten ist vorgesehen. Die Methode liefert einen ersten

Überblick über die potenzielle Verbreitung von Drainagen und dient als Grundlage für weiterführende Analysen zum Wasserrückhalt in der Landwirtschaft.

Abstract

In this study, a GIS-based approach was used to identify potentially drained agricultural areas in Lower Austria. The Topographic Wetness Index (TWI), soil type, and agricultural land use intensity were selected as indicators, weighted, and combined into a scoring value. Areas with a score ≥ 2 were classified as likely drained. In addition, the air capacity was calculated down to a depth of 80 cm based on pedo-hydrological raster data.

Preliminary results indicate that approximately 3.6 % of agriculturally used areas are potentially drained. The theoretically drainable water volume in these areas amounts to approximately $5,8 \times 10^7 \text{ m}^3$. The results appear plausible overall but show regional overestimations, for example in the Marchfeld region. Validation using historical drainage maps is planned. The method provides an initial overview of the potential distribution of drainage systems and serves as a basis for further analyses on water retention in agriculture.

Literatur

- BEVEN K. J., KIRKBY M. J. (1979): A physically based, variable contributing area model of basin hydrology / Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(1), 43–69. <https://doi.org/10.1080/02626667909491834>
- de WIT J. A., van DAM J. C., van den EERTWEGH G. A. P. H., van HUIJGEVOORT M. H. J., RITSEMA C. J., BARTHOLOMEUS R. P. (2024): Controlled drainage with subirrigation systems: Reduce water supply by automatic control. *Agricultural Water Management*, 303, 109022. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109022>
- EDER A., Sotier B., KLEBINDER K., STURMLECHNER R., DORNER J., MARKART G., SCHMID G., STRAUSS P. (2012): Hydrologische Bodenkenndaten der Böden Niederösterreichs (HydroBodNÖ). End-Bericht. BAW/BFW, Eigenverlag, Petzenkirchen/Innsbruck.
- ESRI (2024): ARC HYDRO – WETLAND IDENTIFICATION MODEL. UNIVERSITY OF VIRGINIA & ESRI. 58.
- LAIMIGHOFER J., FORMAYER H. (2024): Climate change contribution to the 2023 autumn temperature records in Vienna. *Sci Rep* 14, 4213. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54822-2>
- MILLER S.A., WITTER J. D., LYON S. W. (2022): The impact of automated drainage water management on groundwater, soil moisture, and tile outlet discharge following storm events. *Agricultural Water Management* 272, 107828.
- RAMSAUER B. (1948): Die österreichische Nährflächenreserve - das zehnte Bundesland. Springer.
- SCHEFFER F., SCHACHTSCHABEL P., AMELUNG W. (2018): Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde (17., überarbeitete und ergänzte Auflage). Springer Spektrum.
- SØRENSEN R., ZINKO U., SEIBERT J. (2006): On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 10(1), 101–112.
- WIESBAUER H., DENNER M. (2013): Feuchtgebiete. Natur- und Kulturgeschichte der Weinviertler Gewässer. Amt der NÖ Landesregierung und BMLFUW. Eigenverlag.
- ZEILERBAUER L. (1979): Der landwirtschaftliche Wasserbau in Niederösterreich. Amt der NÖ Landesregierung, Unveröffentlicht, 164.

Adresse der Autor:innen

Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, A-3252 Petzenkirchen

* Ansprechpartnerin: Katharina Fischer, BA MSc, katharina.fischer@baw.at

Pflanzliche Kohlenstoffeinträge: die dunkle Seite der Kohlenstoffmodellierung

Carbon inputs: the dark side of carbon modelling

Luca Giuliano Bernardini^{1*}, Christoph Rosinger¹,
Pia Euteneuer² und Reinhard Neugschwandner¹

Einleitung

Eine präzise Quantifizierung von Ernterückständen ist entscheidend für die Modellierung der Dynamik organischer Bodenkohlenstoffvorräte. Direkte Messungen sind jedoch selten verfügbar. Daher werden in C_{org} -Modellen häufig allometrische Funktionen verwendet – empirische Beziehungen, die aus dem Korntrag auf die Biomasse von Stroh und Wurzeln schließen (KEEL et al., 2017). Viele dieser Funktionen wurden jedoch für spezifische Kulturen oder Standorte entwickelt und bislang kaum mit unabhängigen Datensätzen validiert. Dies schränkt ihre Anwendbarkeit insbesondere außerhalb ihres Ursprungsbereichs ein.

Die Menge und Zusammensetzung der Kohlenstoffeinträge beeinflussen maßgeblich die Entwicklung, den Umsatz und die Stabilität des organischen Bodenkohlenstoffs im Boden (C_{org}). Unsicherheiten bei der Abschätzung dieser Einträge wirken sich daher unmittelbar auf Modellprognosen und die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen aus. Ernterückstände stellen eine regelmäßige und bedeutende Quelle für Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) im Boden dar. In Österreich, wo der Großteil der Rückstände bereits eingearbeitet wird (BAJRAKTAREVIC, 2025), ist eine möglichst genaue Einschätzung der Einträge entscheidend, um das Potenzial zusätzlicher C_{org} -Speicherung über Ernterückstandseinarbeitung nicht zu überschätzen.

Material und Methoden

In dieser Studie haben wir sechs publizierte allometrische Funktionen bewertet (CCB, IPCC, Bolinder, Bolinder-Wiesmeier, ICBM und CTOOL), die in C_{org} -Modellen verbreitet genutzt werden. Die Funktionen wurden in der Programmiersprache R implementiert und auf Feldversuchsdaten aus Österreich angewendet. Die Datensätze umfassten die Kulturen Weizen, Mais und Soja – zentrale Ackerkulturen in Österreich (Tabelle 1). Die Vorhersagen der Funktionen wurden anhand von beobachteten Stroherträgen und daraus abgeleiteten C-Gehalten mittels RMSE, relativem RMSE (RRMSE), und Bias bewertet. Zusätzlich wurde ein ungewichtetes Ensemble aller sechs Funktionen gebildet, um zu prüfen, ob sich individuelle Verzerrungen dadurch kompensieren lassen.

Kultur	N	C (%)	N (%)	Ertrag ($t\ ha^{-1}$)	Stroh ($t\ ha^{-1}$)	K:S
Winterweizen	344	46.7±0.8	0.56±0.19	4.2±1.4	5.5±2.0	0.84±0.37
Sojabohne	48	46.6±0.9	0.614±0.11	2.7±0.5	2.6±0.5	1.03±0.16
Körnermais	44	46.8±0.4	0.995±0.13	10.5±2.1	5.5±2.3	2.17±0.74

Tabelle 1: Kultur, Anzahl an Proben, durchschnittlicher C- und N-Gehalt(±Standardabweichung), durchschnittlicher Korn- und Strohertrag(±Standardabweichung), und durchschnittliches Korn-zu-Stroh-Verhältnis (±Standardabweichung).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass keine der getesteten Funktionen durchgehend gute Vorhersagen für alle Kulturen liefert (KEEL et al., 2017). Das Ensemble schnitt insgesamt besser ab als einzelne Funktionen. Dies spricht dafür, in der Praxis auf Ensemble-Schätzungen zurückzugreifen, insbesondere da nicht *a priori* bekannt ist, welche Funktion für eine bestimmte Kultur am besten geeignet ist. Die modellübergreifende Analyse zeigte jedoch deutliche kulturartspezifische Unterschiede in der Vorhersagegenauigkeit. Für Weizen und Soja konnten C-Einträge über Stroh relativ gut geschätzt werden – mit einem RRMSE von rund 40 %. Dies entsprach durchschnittlichen Fehlern von $1,0\ t\ C\ ha^{-1}$ für Weizen und $0,5$

t C ha⁻¹ für Soja. Die meisten Funktionen unterschätzten den Weizenstrohertrag leicht (um ca. 0,37 t TM ha⁻¹), während der Sojastrohertrag im Schnitt um fast 1,0 t TM ha⁻¹ überschätzt wurde. Diese systematischen Abweichungen dürften darauf zurückzuführen sein, dass viele Funktionen ursprünglich auf andere Gegebenheiten kalibriert wurden: z.B. kommen die Daten für die Bolinder-Gleichung aus Kanada (anderen Klimazone) oder wurden vor vielen Jahren generiert (IPCC, bis zu hundert Jahre alt). Für Mais war die Vorhersagequalität deutlich schlechter. Der relative Fehler (RRMSE) lag bei rund 90 %, mit einem durchschnittlichen absoluten Fehler von 2,5 t C ha⁻¹. Keine der getesteten Funktionen konnte Maisrückstände zuverlässig abschätzen. Ein möglicher Grund dafür ist das im Vergleich zu Referenzwerten ungewöhnlich hohe Korn-Stroh-Verhältnis in den Validierungsdaten (2,17), während der Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland (KNÖFERL et al., 2022) ein Verhältnis von etwa 1,0 annimmt. Solche Abweichungen deuten auf eine verstärkte Allokation der Biomasse in das Korn und entsprechend geringere Strohmenngen hin – ein Muster, das von den bestehenden allometrischen Funktionen nicht adäquat abgebildet wird.

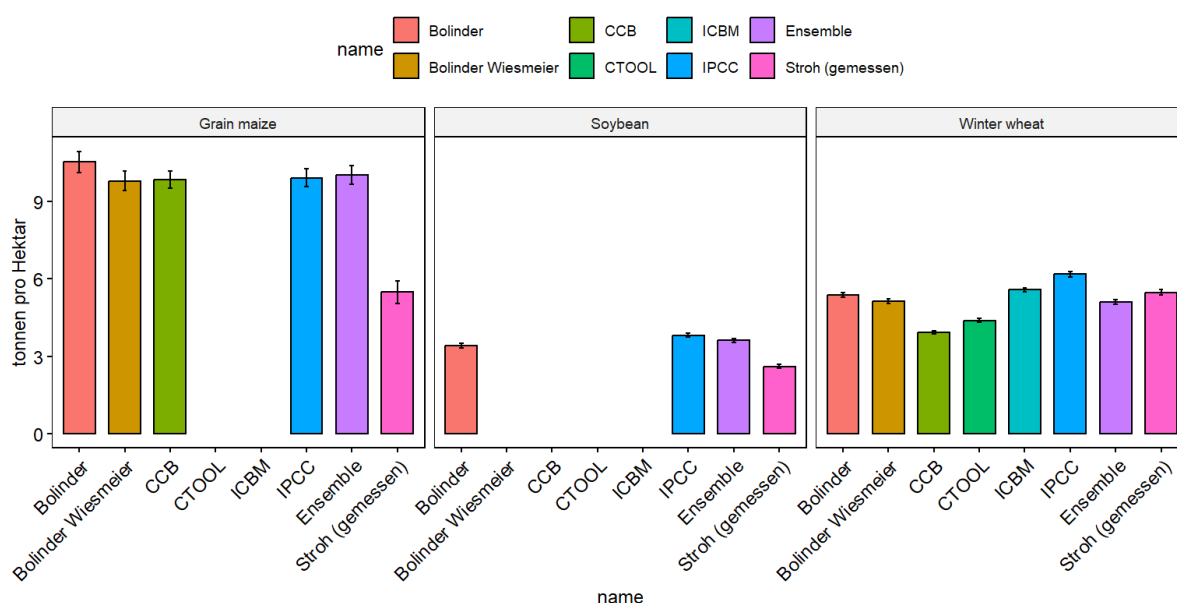


Abbildung 2: Geschätzte und gemessene Stroherträge (t ha⁻¹) pro Kultur und allometrischer Funktion. Die fehlenden Balken weisen darauf hin, dass bei der allometrischen Funktion die entsprechenden Koeffizienten für die Kultur fehlen und keine Schätzung durchgeführt werden konnte.

Diese Diskrepanz macht deutlich, dass die Treiber solcher Unterschiede systematisch untersucht werden müssen, um zuverlässigere Vorhersagen zu ermöglichen. Mögliche Einflussfaktoren sind etwa Sortenwahl, Anbausysteme, Standortbedingungen, Stickstoffdüngung oder Erntezeitpunkt. Ohne ein besseres Verständnis dieser Einflussgrößen bleibt die Übertragbarkeit bestehender Modelle eingeschränkt und das Risiko systematischer Überschätzungen – insbesondere bei der Bilanzierung von Kohlenstoffeinträgen und Treibhausgaswirkungen – bestehen.

Neben der Ertragsabschätzung wurde auch die Variabilität des C- und N-Gehalts im Stroh untersucht. Der Kohlenstoffanteil der Trockensubstanz zeigte eine sehr geringe Variabilität – mit Variationskoeffizienten (CV) von unter 2 % über alle Kulturen hinweg. Dies spricht dafür, in Modellanwendungen mit einem fixen C-Gehalt von ca. 45 % der Trockenmasse zu arbeiten. Im Gegensatz dazu war der Stickstoffgehalt deutlich variabler: Der CV lag bei Weizen bei 34 %, bei Soja bei 17 % und bei Mais bei 13 %. Während also C-Einträge zuverlässig über eine konstante Umrechnungsgröße geschätzt werden können, ist für N-Einträge ein differenzierter Ansatz erforderlich, der kultur- und standortspezifische Faktoren berücksichtigt. Diese Variabilität hat direkte Auswirkungen auf Modelle zur Stickstoffdynamik, etwa in Bezug auf Mineralisierung, N-Verluste oder Düngeneffizienz.

Die Ergebnisse haben weitreichende Implikationen für die Modellierung von C_{org} und die Bewertung nachhaltiger Bewirtschaftung. Da in Österreich bereits ein hoher Anteil an Ernterückständen eingearbeitet wird, ist das Potenzial zusätzlicher C_{org} -Zunahmen durch vermehrte Rückführung begrenzt. Umso wichtiger ist eine präzise Abschätzung der tatsächlichen C- und N-Einträge. Eine Überschätzung – insbesondere bei Soja und Mais – könnte zu unrealistischen Modellprognosen und ineffektiven politischen Maßnahmen führen.

Für zukünftige Forschung ergibt sich daraus die Notwendigkeit, mehr kulturspezifische Daten zu erheben – insbesondere für bislang unterrepräsentierte Kulturen wie Leguminosen und Körnermais. Zudem sollte verstärkt untersucht werden, welche Faktoren die N-Gehalte in Ernterückständen bestimmen – etwa Sortenwahl, Düngung, Erntezeitpunkt oder Ernteindex. Ziel ist es, entweder verbesserte allometrische Modelle oder praxistaugliche Korrekturfaktoren zu entwickeln.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass allometrische Funktionen nach wie vor ein praktisches und notwendiges Werkzeug zur Abschätzung von Ernterückständen darstellen – allerdings mit Einschränkungen. Ensembles bieten eine robustere Alternative zu Einzelfunktionen. Während der Kohlenstoffgehalt zuverlässig als fixer Anteil angesetzt werden kann, ist für die Modellierung von Stickstoffdynamiken ein datengetriebener, differenzierter Ansatz erforderlich. Fortschritte in der Datengrundlage und ein besseres Verständnis der Biomasseverteilung und Nährstoffallokation sind unerlässlich, um realistische und standortspezifische Klimastrategien im Ackerbau zu entwickeln.

Zusammenfassung

Allometrische Funktionen sind ein gängiges Werkzeug zur Abschätzung pflanzlicher Kohlenstoffeinträge aus Erträgen, werden jedoch selten unabhängig validiert. In dieser Studie wurden sechs verbreitete Funktionen mit österreichischen Langzeitfelddaten (Weizen, Mais, Soja) geprüft. Die Analyse zeigt, dass keine einzelne Funktion konsistent genaue Vorhersagen für alle Kulturen liefert. Ensemble-Schätzungen erwiesen sich als robuster Ansatz, da die beste Funktion im Voraus nicht bestimmbar ist. Für Weizen und Soja lagen die relativen Fehler bei rund 40 %, mit mittleren Abweichungen von 1,0 bzw. 0,5 t C ha⁻¹. Bei Mais war die Vorhersagequalität deutlich schlechter (RRMSE ~90 %, Fehler ~2,5 t C ha⁻¹), was auf ein ungewöhnlich hohes Korn-Stroh-Verhältnis in den Validierungsdaten zurückzuführen ist. Die zugrunde liegenden Ursachen solcher Allokationsmuster – etwa Sortenwahl oder Anbaubedingungen – sollten künftig gezielt untersucht werden. Während der C-Gehalt der Rückstände gering schwankt (CV <2 %) und als fixer Anteil angesetzt werden kann, ist der N-Gehalt deutlich variabler (CV bis 34 %). Dies erfordert differenziertere Ansätze in der Modellierung der Stickstoffdynamik. Insgesamt unterstreicht die Studie die Notwendigkeit unabhängiger Validierung und datenbasierter Weiterentwicklung allometrischer Modelle.

Abstract

Allometric functions are commonly used to estimate crop-derived carbon inputs from yields, but they are rarely independently validated. This study assessed six widely used functions against long-term Austrian field data for wheat, maize, and soybean. Results show that no single function performs consistently well across all crops. Ensemble predictions proved more robust, as the best-performing function cannot be identified in advance. For wheat and soybean, relative errors were around 40%, with average deviations of 1.0 and 0.5 t C ha⁻¹, respectively. In contrast, maize estimates were highly inaccurate (RRMSE ~90%, error ~2.5 t C ha⁻¹), largely due to unusually high grain-to-straw ratios in the validation data. Future research should focus on identifying the drivers of such allocation patterns—such as cultivar choice or management practices.

While carbon concentration in residues varied little (CV <2%) and can be modeled as a fixed proportion of dry matter, nitrogen content was much more variable (CV up to 34%). This necessitates more refined approaches for modeling nitrogen dynamics. Overall, the study highlights the importance of independent validation and data-driven refinement of allometric models for reliable SOC assessment.

Literatur

BAJRAKTAREVIC A (2025) Welchen Anteil hat die Einarbeitung von Ernterückständen in österreichischen Ackerböden?

KEEL S G, LEIFELD J, MAYER J, TAGHIZADEH-TOOSI A, OLESEN J E (2017). Large uncertainty in soil carbon modelling related to method of calculation of plant carbon input in agricultural systems. *European Journal of Soil Science*, 68(6), 953-963.

KNÖFERL R, DIEPOLDER M, OFFENBERGER K, RASCHBACHER S, BRANDL M, KAVKA A, HIPPICH L, SCHMÜCKER R, SPERGER C, KALMBACH S (2022). Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Adressen der Autoren

¹ Universität für Bodenkultur Wien. Department für Agrarwissenschaften. Institut für Pflanzenbau, Konrad-Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln an der Donau

² Universität für Bodenkultur Wien. Department für Agrarwissenschaften. Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Schloßhofer Straße 31, 2301 Groß-Enzersdorf

* Ansprechpartner: Luca Giuliano Bernardini, MSc., luca.bernardini@boku.ac.at

Life VineAdapt: Anlage und Pflege von Blühstreifen im Wein- und Obstbau zur Förderung der Artenvielfalt und zur Klimawandelanpassung (LIFE19 CCA/DE/001224)

Project Life VineAdapt: Seeding and maintaining permanent flower strips in vineyards and orchards to increase biodiversity and build resilience against climate change (LIFE19 CCA/DE/001224)

Katharina Gassner-Speckmoser*, Wilhelm Graiss, Bernhard Krautzer und Lukas Gaier

Einleitung

Blühflächen erfüllen in der Kulturlandschaft wichtige Ökosystemfunktionen und bieten Lebensraum für viele Arten, die auch für uns Menschen wichtige Funktionen ausüben, sei es als Blütenbestäuber, sei es als räuberischer Prädator, der kulturschädigende Insekten wie Blattläuse zu reduziert. Weinberge dienen als Lebensraum und Sprungbrett für Arten, die aufgrund der Intensivierung der Landnutzung und des Klimawandels vom Rückgang bedroht sind: Wildbienen, Schwebfliegen, Marienkäfer, Spinnen und räuberische Wespen werden als Indikatorarten für einen biodiversitätsfördernden Weinbau betrachtet.

Im EU-Life-Projekt VineAdapt erarbeiteten Projektpartner aus Österreich, Deutschland, Ungarn und Frankreich, angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen wie artenreiche Dauerbegrünungen, alternative Unterstockbehandlungen, angepasste Düngung und Auswirkungen ressourcenschonender Bewässerungsmethoden. Die Themenbereiche in Österreich setzten sich hauptsächlich mit der Förderung der Artenvielfalt in den Weingärten sowie alternativer Unterstockpflege auseinander. Die Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein hat mit dem Steirischen Landweingut Silberberg einen langjährigen Forschungspartner, der für einen direkten Transfer in die Ausbildung der künftigen BetriebsleiterInnen von Wein- und Obstbaubetrieben sorgt. Engagierte Betriebe in den Weinbauregionen Südsteiermark und Wagram stellten ebenfalls Weingärten für die Blühstreifen-Ansaat zur Verfügung.

Material und Methoden

Ansaat in Weingarten-Fahrgassen

Ab Mai 2021 wurden die Projektweingärten begrünt. Bei der Anlage der artenreichen Kräuter-Leguminosen-Mischung muss auf optimale Saatbettbereitung und eine oberflächliche Saatgutablage mit anschließendem Anwalzen geachtet werden. Die verwendete Technik besteht aus einer Rotor-Umkehregge mit 80 cm Arbeitsbreite und einem Grünland-Nachsaatgerät mit geteiltem Säkasten, um die artenreiche Mischung (31 Arten aus zertifizierter österreichischer Herkunft) nur im Mittelstreifen der Weingärten zwischen den Traktorreifen anzulegen.

Die Mischungszusammensetzung der artenreichen Mischung ist Tabelle 1 ersichtlich. Die langjährigen Erfahrungen der Abteilung Vegetationsmanagement und Biodiversitätsforschung der HBLFA belegen, dass der Belastung in der Fahrspur viele Kräuterarten nicht standhalten, darum erfolgte dort die Saat einer Mischung aus Rasengräsern (*Lolium perenne*, *Festuca nigricans*, *Poa pratensis*). Die züchterischen Zielsetzungen bei Sorten für Rasenflächen oder Landschaftsbau liegen in Persistenz gegenüber Befahrung und guter Rasenbildung, sowie einer geringeren Biomasseproduktion im Vergleich zu landwirtschaftlichen Gräserarten.

Sowohl Frühjahrs- als auch Spätsommeranlagen von artenreichen Weingartenbegrünungen sind möglich. Wichtig ist, eine zu frühe Anlage zu Jahresbeginn bzw. eine zu späte im Herbst zu vermeiden (Frostgefahr). Bei der Frühjahrsanlage besteht die Gefahr einer geringen Wasserversorgung und starker Konkurrenz sommerannueller Unkräuter. Spätsommeransaat, zwischen dem letzten Augustdrittel und dem ersten Septembert Drittel ausgeführt, funktionieren im Regelfall sehr gut. Die Witterungsbedingungen werden im Herbst zunehmend feuchter, im Spätsommer laufen deutlich weniger Unkräuter auf, die Nächte werden taufeucht und die Keimlinge können sich bis in den Spätherbst hinein gut entwickeln.

Standorte

Die begrünter Projektweingärten liegen im Bezirk Leibnitz im Weinbaugebiet Südsteiermark in den Gemeinden Kaindorf, Gamlitz, Kitzack und Leutschach. Es wurde sowohl in bestehende Weingärten als auch in neu gepflanzte Junganlagen eingesät. Die Insekten-Erhebungen wurden im bestehenden

Weingarten Kogelberg (Sorte Muskateller) am Gelände des Bildungszentrums für Obst- und Weinbau Silberberg durchgeführt. Der Standort liegt auf einer Seehöhe von 455 m und hat eine westseitige Exposition mit einer durchschnittlichen Neigung von über 30 %.

Versuchsanlage und Pflege

Die Fahrgassen mit und ohne Blühstreifen-Einsaat sind im Blockdesign konzipiert. In den ungesäten Kontrollparzellen besteht eine Gräser-dominierte Fahrgassenbegrünung. Die im Jahr 2022 artenreich begrünten Fahrgassen weisen einen ca. 70 cm breiten Blühstreifen der Begrünungsmischung aus 31 regionalen zertifizierten Wildpflanzen auf (Tabelle 1). Der räumliche Abstand zwischen Kontroll- und Biodiversitätsparzellen sowie vom Wald rund um den Weingarten beträgt jeweils rund 18 m. Die Erhebungsfläche der Vegetation und Insekten beträgt 4 m², vierfach wiederholt. Um die Samenausreifung der gesäten Kräuter und Leguminosen zu ermöglichen, wird bei den jeweiligen Mulchüberfahrten im Frühjahr der Mittelstreifen stehen gelassen, der erste vollflächige Mulchgang findet nicht vor 1. August statt. Ein auf Biodiversitätsförderung angelegter Weingarten hat ein anderes Erscheinungsbild als eine regelmäßig ganzflächig gemulchte Anlage (Abbildung 4).

Erhebungen

Die Erhebung der Insektengruppen (Wild)bienen, Schwebfliegen, Spinnen, Marienkäfer und Wespen erfolgte 2023 und 2024 im Mai, im Juni und im Juli, kurz bevor der erste vollflächige Mulchgang durchgeführt wurde. Die optimalen Bedingungen für Erhebungen dieser Arten sind sonniges, warmes Wetter mit Windstärken unter 12 km/h. Am Standort angekommen, jeweils auf Höhe des 6. bis 8. Quartiers (Metallsäulen für Befestigungsdraht im Weingarten) erfolgte eine dreiminütige optische Beobachtung des Transekts und Erhebung der vier Insektengruppen mittels Vorlage der Hochschule Anhalt, die ihre Expertise im Bereich der Entomologie an die Partner in den anderen Projektländern weitergaben.

Die Wildbienenenerfassung fand entsprechend der Methodenstandards des LIFE VineAdapt-Projektes für "Predators transects for pest control and wild bees surveys" in den Saisonen 2023 und 2024 statt. Dabei wurden die Wildbienen mittels Kescherfang (Kescherdurchmesser 40 cm, Abbildung 1) in Biodiversitäts- und Kontrolltransekten erfasst. Pro Variante wurden jeweils 16 m² untersucht. Vier zusätzliche Kescherschläge auf Höhe der Vegetation, vor allem um Larven und Spinne zu erfassen, wurden nach der Beobachtung durchgeführt. Die Insekten wurden im Kescher auf Art-Ebene bestimmt, in Erhebungsblättern vermerkt und wieder freigelassen. Eine Sammlung der Insekten in Gläsern und Artbestimmung durch Experten war nicht notwendig. Weiters führte im Jahr 2024 Janik Schäfer Wildbienenenerhebungen in größeren Transekten in zwei Projekt-Weingärten durch und bestimmte diese nach der Nomenklatur von SCHEUCHL et al. (2018).



Abbildung 35: Schwebfliege und Spinne im Ke-



Abbildung 36: Spinne auf artenreicher Begrünung

Tabelle 10: Bewertung der Blühpflanzenarten der „VineAdapt Biodiversitätsmischung für Blühstreifen“ als Nahrungsgrundlage für Insekten, fett 2024 erhobene Arten

Botanischer Name	Deutscher Name	Bedeutung der Art für Insekten (nach Fröhlich und Krautler, 2015)		
		Honigbienen	Wildbienen	Schweb-fliegen
<i>Achillea millefolium</i>	Echte Schafgarbe	+	+	++
<i>Agrostemma githago</i>	Kornrade	-	-	-
<i>Anthemis tinctoria</i>	Färber-Hundskamille	++	+++	+++
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Echter Wundklee	++	+++	-
<i>Betonica officinalis</i>	Echte Betonie	+++	+++	++
<i>Centaurea cyanus</i>	Kornblume	+++	+++	+++
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume	++	++	++
<i>Centaurea scabiosa</i>	Skabiosen-Flockenblume	+++	++	++
<i>Cichorium intybus</i>	Gewöhnliche Wegwarte	+++	++	++
<i>Daucus carota</i>	Wilde Möhre	+	+	++
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Karthäuser-Nelke	+	-	-
<i>Galium verum</i>	Gelb-Labkraut	++	-	-
<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut	+	-	-
<i>Knautia arvensis</i>	Wiesen-Witwenblume	+	++	++
<i>Leontodon hispidus</i>	Wiesen-Löwenzahn	++	++	++
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Magerwiesen-Margerite	++	+	++
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornklee	+++	-	-
<i>Malva moschata</i>	Moschus-Malve	+++	+++	+
<i>Medicago lupulina</i>	Gelbklee	++	+++	-
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Gewöhnliche Esparsette	+++	+++	-
<i>Origanum vulgare</i>	Dost	+++	+++	+++
<i>Papaver rhoeas</i>	Klatschmohn	+++	+++	++
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitzwegerich	+++	-	+
<i>Prunella grandiflora</i>	Großblütige Braunelle	+++	+++	-
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesen-Salbei	+	+++	-
<i>Sanguisorba minor</i>	Kleiner Wiesenknopf	++	++	-
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	Gelbe Skabiose	+	++	++
<i>Securigera varia</i>	Buntkronwicke	+++	+++	++
<i>Silene nutans</i>	Nickendes Leimkraut	+	+	-
<i>Silene vulgaris</i>	Aufgeblasenes Leimkraut	+	+	-
<i>Verbascum nigrum</i>	Dunkle Königskerze	+++	++	++

Ergebnisse

Die im Jahr 2022 artenreich begrünten Fahrgassen weisen einen ca. 70 cm breiten Blühstreifen auf. In den Insekten-Transekten am Kogelberg fanden sich in beiden Versuchsjahren rund 20 Arten aus der Mischung, die nach Tabelle 1 (FRÖHLICH und KRAUTLER, 2015) eine Bedeutung als Nahrungsquelle für Insektengruppen haben und 26 weitere standortbürtige Arten. Im Vergleich dazu besteht die Vegetation der Kontrolltransekte aus gräserreicher Begrünung (66 % der Vegetationsdeckung) mit einem geringen Anteil an ortsüblichen Beikräutern (e.g. *Convolvulus arvensis*, *Gallium mollugo*, *Ranunculus repens*, *Rumex obtusifolius*, *Valnerianella locusta*).

In den Blühstreifen wurden zehn Wildbienen, ein Marienkäfer, zwölf Schwebfliegen, neun Spinnen und drei Wespen erhoben, während in den Kontrolltransekten mit gräserreicher Begrünung niedrigere Abundanz von drei Prädatorengruppen sowie sechs Wildbienen auftraten (Abbildung 3).

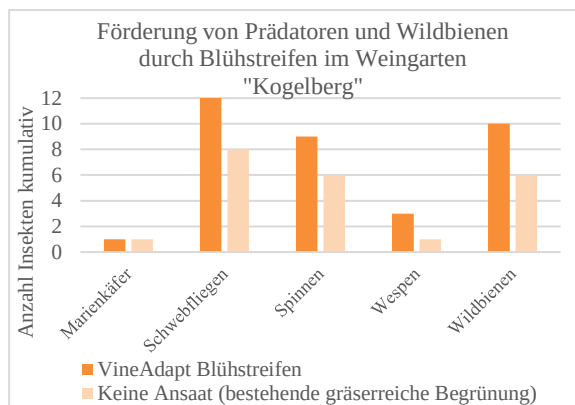


Abbildung 3: **Ergebnis der Prädatoren- und Wildbienen-**



Abbildung 4: **Artenreiche Begrünung in Form eines Blühstreifen im Vergleich zu Gräser-dominiertem Be-**

Wildbienenenerhebungen in größeren Transekten von Janik Schäfer, MSc. fanden in weiteren steirischen Biodiversitäts-Weingärten mit ergänzenden Beprobungen von wildbienenrelevanten Strukturen rund um die Weingärten im Jahr 2024 statt. Es konnten insgesamt 53 Wildbienenarten mit einer Abundanz von 105 Individuen an drei Erhebungszeitpunkten nachgewiesen werden und somit ist festzustellen, dass das Ökosystem Weinberg für Wildbienen einen wichtigen Lebensraum darstellen kann. Die artenreich begrünten Projektweingärten bilden mit ihren Wildpflanzenblühstreifen eine wichtige Nahrungsressource für Wildbienen und weitere Insektenarten (SCHÄFER 2024). Die Ergebnisse zeigen, dass Blühstreifen aus zertifizierten heimischen Blühpflanzen einen positiven Einfluss auf die Anzahl an Wildbienen sowie Prädatoren (Schwebfliegen, Spinnen, (parasitische) Wespen, Spinnen) haben. Dafür ist ein angepasstes Mulchmanagement mit einem, wie in *Versuchsanlage und Pflege* angeführten, späten ersten Schnitt der angelegten Blühstreifen von großer Bedeutung, um den Lebensraum und Nahrungsgrundlage auch nach den Massentrachten des Frühjahrs (e. g. Obstbäume, Raps) zur Verfügung zu stellen und ein Versamen der Blühpflanzen zu ermöglichen.

Zusammenfassung

Die artenreich begrünten Weinberge mit ihren Wildpflanzenblühstreifen sind eine wichtige Nahrungsquelle für Wildbienen und andere Insektenarten. Die Ergebnisse zeigen, dass Blühstreifen aus zertifizierten heimischen Blütenpflanzen einen positiven Einfluss auf die Zahl der Wildbienen und Raubinsekten (Schwebfliegen, Spinnen, (parasitische) Wespen, Spinnen) haben. Ein angepasstes Mulchmanagement mit einem späten ersten Schnitt der angelegten Blühstreifen, wie im Abschnitt Ansaat und Pflege von Blühstreifen erwähnt, ist von großer Bedeutung, um die Lebensraum- und Nahrungsgrundlage auch nach den Massentrachten des Frühjahrs (z.B. Obstbäume, Raps) zu sichern und den Blühpflanzen die Aussaat zu ermöglichen. Blühstreifen können als Rückzugsorte für bedrohte Arten dienen und sie bieten auch ästhetischen und kulturellen Mehrwert. Die ReNatura® „Gumpensteiner Blühstreifenmischung für Wein- und Obstbau W2“, bestehend aus 19 heimischen Blühpflanzen, ist seit Jänner 2025 bei der Kärntner Saatbau e.Gen erhältlich.

Es ist empfehlenswert bei der Flächenauswahl zur Anlage von Blühstreifen großes Augenmerk auf die bestehende Vegetation zu legen. Treten Arten wie Quecke oder Giersch (ausläufertreibend) sowie Hirse-Arten oder Neophyten auf, ist von der fräsenden Bodenbearbeitung abzuraten.

Abstract

The species-rich greened project vineyards with their wild plant flower strips are an important food resource for wild bees and other insect species. The results show that flower strips of certified native flowering plants tend to have a positive influence on the number of wild bees and predators (hoverflies, spiders, (parasitic) wasps, spiders). Adapted mulch management with a late first cut of the established flower strips, as mentioned in the section seeding and care of flower strips, is of great importance in

order to provide the habitat and food base even after the mass harvests of spring (e.g. fruit trees, canola) and to allow the flowering plants to seed. The ReNatura® “Gumpensteiner Blühstreifenmischung für Wein- und Obstbau W2” consisting of 19 native flowering plants has been available from Kärntner Saatbau e.Gen since January 2025. It is advisable to pay close attention to the existing vegetation when selecting the area for flower strips. If species such as couch grass or goutweed as well as millet species or neophytes occur, tilling the soil is not advisable.

Literatur

FRÜHWIRTH P, KRAUTZER B (2015): Symbiose. Imkerei und Landbewirtschaftung - Eine spannende Partnerschaft. LFI Österreich, Wien, 100 S.

GAIER L, KRAUTZER B, GRAISS W, WEBER J (2021): Förderung der pflanzlichen Biodiversität im artenarmen Grünland, 75. ALVA-Tagung, Wieselburg, S. 304 - 306.

GASSNER-SPECKMOSER K, GRAISS W, GAIER L, MENHART K, DREISIEBNER-LANZ S, KRAUTZER B (2025): Artenreiche Blühstreifen als Dauerbegrünung im Weingarten – Tipps für Anlage und Pflege. Broschüre als Teil des Projekts LIFE VineAdapt. 42 S. [<https://rauberg-gumpenstein.at/forschung/aktuelles/projekt-life-vineadapt-foerderung-der-artenvielfalt-durch-anlage-von-bluehstreifen-im-weinbau.html>].

KRAUTZER B, GRAISS W (2015): Regionale Wildblumen als Nahrungsgrundlage für Honig- und Wildbienen; in: SYMBIOSE – Imkerei und Landbewirtschaftung – eine spannende Partnerschaft. 2.Auflage. Hrsg.: Landwirtschaftskammer Österreich, Wien, 96 S.

KRAUTZER B, GRAISS W, BLASCHKA A (2021): Prüfrichtlinie für die Zertifizierung und den Vertrieb von regionalen Wildgräsern und Wildkräutern nach „Gumpensteiner Herkunftszertifikat“ (G-Zert), Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 18 S.

KRAUTZER B, GRAISS W (2014): Anlagetechnik und Saatgutmischungen für die Begrünung von Weingärten. In: Tagungsband – Neue Strategien für die Weingartenbegrünung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 04.06.2014, Leibnitz, 7-17.

Landgesellschaft Sachsen-Anhalt (2019): Anleitung zur naturnahen und klimaangepassten Rebzeilenbegrünung, Projekt Life VinEcos, 23 S.

REDL C, FABER F (2025): Klimafitte mehrjährige Begrünung im Weingarten – Innovativer Anbau mit geteiltem Säkasten und bearbeitungsangepasster Mischung. Der Winzer, 5/2025, 16-18.

SCHÄFER J (2024): Abschlussbericht der Wildbienenenerfassung 2024 für Life VineAdapt in Österreich. Eigenverlag, 9 S.

SCHEUCHL E, SCHWENNINGER H R, KUHLMANN M (2018): Aktualisierung der Checkliste der Bienen Deutschlands. – Kommission zur Taxonomie Wildbienen des Arbeitskreises Wildbienen-Kataster.[<http://www.wildbienen-kataster.de/login/downloads/checkliste>].

Saatgut-Bezug des Projekts von der Kärntner Saatbau e. Gen: [<https://www.saatbau.at/>].

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich

* Ansprechpartnerin: Katharina Gassner-Speckmoser, BSc; katharina.gassner@rauberg-gumpenstein.at

Projekt-Homepage

www.life-vineadapt.eu



Fortschritte in der nachhaltigen Landwirtschaft: Der Einsatz von stationären Applikationssystemen im Obst- und Weinbau

Advances in Sustainable Agriculture: The Use of Stationary Application Systems in Fruit and Wine Growing

M. Baraldo, U. Spitaler

Einleitung:

Die stationäre Anlage bietet eine neue Möglichkeit, Pflanzenschutzmittel auszubringen. Dabei werden fest installierte Düsen entlang der Kulturreihen angebracht. Im Unterschied zu mobilen Sprühgeräten erlaubt dieses System eine schnelle und automatisierte Anwendung. Das steigert die Effizienz und verringert gleichzeitig die Umweltbelastung. Auch die Betriebssicherheit wird erhöht, da der Einsatz von Maschinen in schwierigem Gelände entfällt und das Unfallrisiko sinkt. Durch die Automatisierung werden zudem die körperliche Belastung und der Arbeitsaufwand reduziert. So lassen sich Arbeitsprozesse vereinfachen und wertvolle Zeit einsparen.

Material und Methoden:

Jahre, Pflanzenarten: Die Versuchsreihe startete im Jahr 2024 und untersuchte den Einsatz des stationären Applikationssystems im Apfelanbau unter kontrollierten Feldbedingungen. Die Versuche wurden auf einer 0,65 ha großen Apfelanlage durchgeführt, auf der Äpfel der Sorte Rosy Glow im Guyot-Multiachs-System gepflanzt sind.

Versuche: Im Rahmen der Untersuchungen wurden drei Fragestellungen bearbeitet. Zum einen wurde die Bekämpfung von *Eriosoma lanigerum* (Blutlaus) mit dem Präparat Naturalis getestet, wobei eine unbehandelte Kontrolle sowie eine 5-fache und eine 20-fache Applikation miteinander verglichen wurden. Zum anderen wurde die Verstopfungsanfälligkeit des Systems bei der Anwendung von Schwefelkalk untersucht; dabei kamen eine unbehandelte Kontrolle, Schwefelkalk allein sowie Schwefelkalk in Kombination mit Sojalecithin zum Einsatz. Zusätzlich erfolgte eine Analyse der Blattabdeckung mithilfe wassersensitiver Papiere im Format 26 x 76 Millimeter. Die Anwendung erfolgte mit Wasser, und zur Auswertung wurden an jedem der 16 Bäume jeweils 15 dieser Papiere angebracht und anschließend ausgewertet.

Standorte: Sämtliche Versuche fanden auf den Versuchsflächen des Forschungszentrums Laimburg (Pfatten/Vadena, Südtirol, Italien) statt. Die Parzellen lagen innerhalb des „Laimburg Integrated Digital Orchard“ (LIDO).

System: Die Applikationen erfolgten über stationäre Düsen (System S.O.P.H.I.A.TM, StripNetTM, Netafim), die oberhalb der Baumkronen fixiert sind. Für die Behandlungen wurden in definierten Zeitabständen wiederholte Applikationen durchgeführt. Die Versuchseinheiten bestanden aus klar abgegrenzten Behandlungsgruppen mit Wiederholungen, insbesondere bei der Schädlingskontrolle.

Ergebnisse und Diskussion

Blutlauskolonien: Erste Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Unterschied in der Anzahl der Kolonien zwischen den Behandlungen. Allerdings war bei wiederholter Anwendung von Naturalis ein leichter Rückgang von *Eriosoma lanigerum* zu beobachten, insbesondere bei der 20-fachen Behandlung. Die Wirkung war bei dieser höheren Anwendungsfrequenz deutlicher ausgeprägt als bei der 5-fachen Applikation, was auf einen möglichen positiven Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der

Anwendung und der Behandlungseffizienz hinweist.

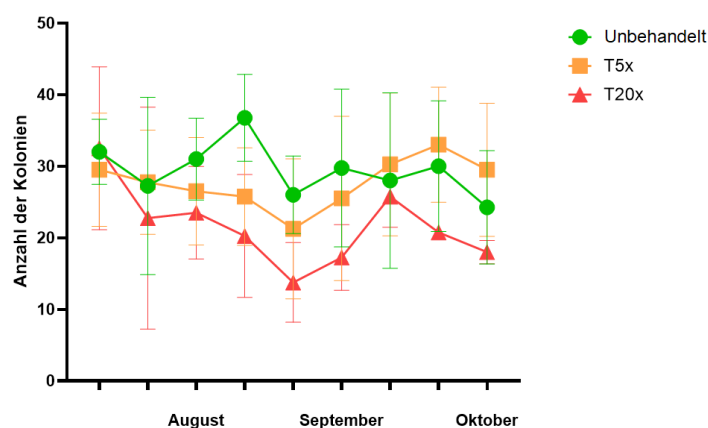


Abbildung 1: Anzahl der Blutauskulturen: unbehandelte Kontrolle, 5-fache Behandlung (T5x) und 20-fache Behandlung (T20x). Es konnte kein signifikanter Rückgang in den behandelten Gruppen im Vergleich zur Kontrolle festgestellt werden.

Düsenverstopfungen durch Schwefelkalk: Im Rahmen der Schwefelkalk-Versuche konnte bislang keine relevante Verstopfung der Düsen festgestellt werden. Auch nach mehreren Applikationsdurchgängen zeigten sich die eingesetzten Düsen (System S.O.P.H.I.A.™, StripNet™) funktionstüchtig. Dies spricht für eine hohe Betriebssicherheit des Systems bei der Ausbringung von Produkten mit potenziell verstopfungsanfälligen Wirkstoffen. Die Langzeitbewertung über weitere Applikationszyklen bleibt jedoch abzuwarten.

Blattbedeckung: Die Analyse der Blattbedeckung mit wassersensitivem Papier zeigte eine deutlich stärkere Benetzung der Blattoberseite im Vergleich zur Blattunterseite. Im Durchschnitt lag die Bedeckung der Oberseite bei 61,27 %, während auf der Unterseite lediglich 8,45 % erreicht wurden. Auch innerhalb des Baumes wurden Unterschiede festgestellt: Die Blätter im Baumwipfel wiesen mit 88,62 % eine deutlich höhere Bedeckung auf als der untere Bereich des Baumes mit 48,92 %, was einem um 44,80 % geringeren Bedeckungsgrad im unteren Bereich entspricht. Die ungleichmäßige Benetzung könnte auf die Positionierung der Düsen sowie den Einfluss von Wind oder die Anordnung der Blätter zurückzuführen sein.

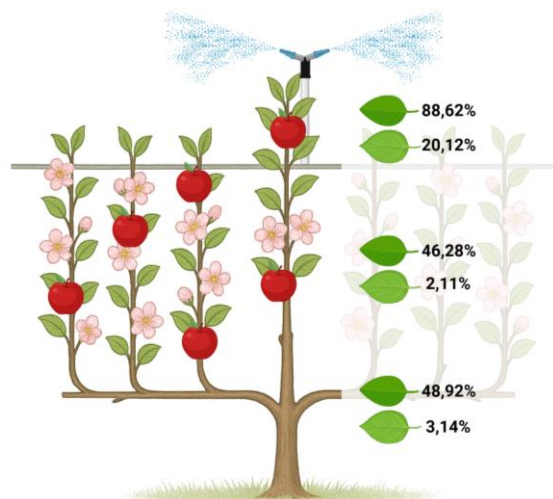


Abbildung 2: Blattbedeckung im Baumprofil. Höhere Abdeckung an der Blattoberseite und in den oberen Baumregionen durch stationäre Applikation.

Zusammenfassung

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass eine höhere Behandlungsfrequenz die Wirksamkeit im Pflanzenschutz verbessern könnte. Das stationäre Applikationssystem hat sich dabei als zuverlässiges und praxistaugliches Werkzeug erwiesen, insbesondere für den gezielten Einsatz im Apfelanbau. Nach den ersten Anwendungen wurden keine Düsenverstopfungen festgestellt, was die technische Zuverlässigkeit des Systems unterstreicht. Gleichzeitig wurde eine asymmetrische Blattbedeckung festgestellt, mit einer

deutlich besseren Benetzung der Blattoberseite im Vergleich zur Unterseite. Das stationäre System bietet großes Potenzial für eine präzise, automatisierbare und ressourcenschonende Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln. Neben der Reduktion von Drift und Bodenverdichtung zählen auch die erhöhte Anwendersicherheit und die Möglichkeit, schnell auf Infektionsereignisse zu reagieren, zu den wesentlichen Vorteilen. Dennoch bestehen weiterhin Herausforderungen, insbesondere in Bezug auf die ungleichmäßige Wirkstoffverteilung, die geringere Benetzung der Blattunterseiten, den Wartungsaufwand sowie die Investitionskosten.

Abstract

The stationary application system offers a novel approach for the targeted application of plant protection products. Unlike conventional mobile sprayers, this system utilizes fixed nozzles installed along crop rows, enabling fast and automated treatments. This technology increases operational efficiency, reduces environmental impacts, and enhances work safety by eliminating the need for machinery in difficult terrain. In 2024, field trials were conducted under controlled conditions to evaluate the performance of this system in apple orchards, specifically on a 0.65-hectare plot planted with Rosy Glow apples using the Guyot multi-axis training system. The trials addressed three main topics: the control of *Eriosoma lanigerum* (woolly apple aphid) using the biocontrol agent *Naturalis* at different application frequencies (untreated control, 5 and 20 applications); the potential for nozzle clogging when applying lime-sulfur mixtures; and the analysis of leaf coverage using water-sensitive papers. Applications were performed using the S.O.P.H.I.A.TM, StripNetTM, and Netafim systems installed above the tree canopy. Initial results showed no significant reduction in *E. lanigerum* colonies between treatments, although repeated applications of *Naturalis*, particularly at the 20-application frequency, indicated a slight reduction in infestation levels. No relevant nozzle clogging was observed during lime-sulfur applications, suggesting high operational reliability of the system even with potentially clogging substances. Leaf coverage analysis revealed a pronounced difference between the upper and lower leaf surfaces, with an average coverage of 61.27% on the upper side and only 8.45% on the underside. Coverage was also higher in the upper canopy (88.62%) compared to the lower parts of the trees (48.92%), representing a 44.80% lower coverage in the lower canopy. These patterns likely result from nozzle positioning, wind influence, and leaf arrangement. Overall, the stationary system demonstrated promising potential for precise, automated, and resource-efficient application of plant protection products in fruit production.

Literatur

Triloff, P. (Ed.), 2015. SuproFruit 2015 - 13th Workshop on Spray Application in Fruit Growing : 15. - 18. July 2015 ; Lindau / Lake Constance, Germany -Proceedings-, Julius-Kühn-Archiv. Presented at the 13th Workshop on Spray Application in Fruit Growing 2015.07.15-18, Julius Kühn-Inst., Quedlinburg. <https://doi.org/10.5073/jka.2015.448.000>

Stefan Otto, Donato Loddo, Arno Schmid, Christian Roschatt, Maria Venturelli, Gerd Innerebner, Drop-lets deposition pattern from a prototype of a fixed spraying system in a sloping vineyard, Science of The Total Environment, Volume 639, 2018, Pages 92-99, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.167>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718318151>)

Gerd Innerebner, Christian Roschatt, Arno Schmid; Stationäre Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau; Obstbau Weinbau - Fachmagazin des Südtiroler Beratungsrings, Vol.58(5), pp.5-9; 2240-015X; 991006484881001241; Institute for Fruit Growing and Viticulture, Institute for Plant Health

Adresse der Autoren

Abteilung Pflanzenschutz, Versuchszentrum Laimburg, 39040 Auer/Ora, BZ, Italien

* Ansprechpartner: Mattia.Baraldo@laimburg.it

Kennzahlengestütztes Betriebsmanagement zur Förderung nachhaltiger Landwirtschaft

Farm management tools to support ecological adaptation

Eva-Maria Peter* und Christian Fritz

Einleitung

Die Landwirtschaft ist zunehmend mit der Forderung nach Nachhaltigkeit und Emissionsreduktion konfrontiert. Landwirt:innen rücken stärker ins Zentrum der Aufmerksamkeit, da diese sowohl die erforderlichen Informationen zur Bewertung von Nachhaltigkeit auf Betriebsebene bereit stellen als auch Verbesserungen diesbezüglich am Betrieb umsetzen können. Der landwirtschaftliche Betrieb ist somit Informationsquelle im Sinne der Nachhaltigkeitsdokumentation sowie Entscheidungsträger. Voraussetzung für die Umsetzung von Praktiken zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und Förderung von Nachhaltigkeit am Betrieb ist entsprechende Information. Das Implementieren von Verbesserungen setzt Wissen über geeignete Handlungsmöglichkeiten voraus. Die Herausforderung besteht darin, eine Synergie von betrieblicher Dokumentation und Informationsbereitstellung zu schaffen, um die Thematik für den Einzelbetrieb zugänglich, übersichtlich und praktikabel zu machen. Betriebsleiter:innen benötigen Instrumente, welche sowohl Informationen zu Umweltwirkungen als auch über Handlungsoptionen im Hinblick auf Umwelt und Nachhaltigkeit bereitstellen. Diese sollten möglichst flächendeckend anwendbar und systematisch ausgerichtet sein.

Der vorliegende Tagungsbeitrag beschreibt die Umsetzung von einzelbetrieblichen und systematischen Empfehlungen zur Unterstützung von umweltgerechten Adaptierungen auf Milchviehbetrieben. Ziel ist ein System, das relevante Umweltwirkungen im Kontext der betrieblichen Produktion abbildet, die Entscheidungsfindung mit entsprechenden Daten und Kennzahlen unterstützt und spezifische Handlungsempfehlungen liefert. Damit wird versucht, die Lücke zwischen Wissen und Anwendung (SIEBRECHT 2020) und damit Hindernisse in der Umsetzung zu minimieren.

Nachhaltigkeit umfasst die Dimensionen Wirtschaft, Ökologie und Sozial. Mit dem vorliegenden Ansatz werden wichtige Aspekte aus den ersten beiden Bereichen abgedeckt. Um Fortschritte oder Defizite in Bezug auf Nachhaltigkeitsziele sichtbar zu machen, sind messbare Indikatoren und Kennzahlen erforderlich. Voraussetzung dafür ist eine systematische, betriebsindividuelle Datenerfassung und -analyse. Aufgabe einer umfassenden Nachhaltigkeitsanalyse ist die Erfassung einer Reihe von Produktionsparametern, ökonomischen Parametern wie Leistungs- und Kostengrößen und Effizienzkennzahlen, sowie auch wichtiger ökologischer Parameter (CLARK/TILMAN 2017; SIEBRECHT 2020). Die darauf basierenden Analysen und Auswertungen können Kennzahlen in den Dimensionen der Ökologie und Ökonomie bereitstellen.

Material und Methoden

Die Umsetzung von kennzahlengestützten Empfehlungen für Milchviehbetriebe in Österreich basiert zum einen auf dem Instrument zur Erstellung von Kennzahlen und zum anderen auf der Entwicklung der Empfehlungen zur Treibhausgasemissionsreduktion und Nachhaltigkeit. Die Methodik dieser beiden Bereiche wird im Folgenden dargestellt.

Für die Empfehlungen wurde eine Datensammlung für effiziente und ökologische Handlungsoptionen am Milchviehbetrieb auf Basis von Literatur und Expertenwissen erarbeitet. Die Optionen wurden systematisch auf ihre potenziellen Auswirkungen in Hinblick auf die definierten ökologischen und ökonomischen Zielkategorien geprüft. Auswahlkriterien waren wissenschaftliche Fundierung, Praktikabilität, Wirtschaftlichkeit und ökologische Vorteilhaftigkeit. Die Handlungsoptionen müssen in unterschiedlichen Anwendungskontexten robust sein, ökologische Zielkonflikte vermeiden, technisch umsetzbar, praxiserprobt und wirtschaftlich umsetzbar sein. Hierfür erfolgte die Einbindung von facheinschlägigen Berater:innen und Wissenschaftler:innen um die Verlässlichkeit und Praxistauglichkeit der Empfehlungen zu sichern.

Die Berechnung der ökologischen Kennzahlen folgt den wissenschaftlich fundierten Prinzipien der Ökobilanzierung (NEMECEK ET AL. 2024) sowie internationalen Standards (ISO-Normenreihe 14000). Diese methodische Grundlage gewährleistet Konsistenz, Reproduzierbarkeit und internationale Vergleichbarkeit. So kann die Akzeptanz in der wissenschaftlichen und praktischen Diskussion gestärkt und ein Fundament für solide Ergebnisse gebildet werden.

Die Erstellung von relevanten Kennzahlen erfolgte anhand des digitalen Betriebsmanagementsystems NEU.rind. Dieses wurde durch nationale Forschungspartner entwickelt und wird vom Verband Rinderzucht Austria betrieben. Das System ermöglicht eine einfache Datenerhebung durch die Anbindung an ein bestehendes Herdenmanagement System. Dadurch ist die Einstiegshürde zur Anwendung gering und der Eingabeaufwand wird minimiert.

Nach Dateneingabe und automatisierter, wissenschaftlich fundierter Modellierung und Auswertung, erhalten die teilnehmenden Betriebe Informationen über ihre Umweltwirkungen. Das System stellt Auswertungen zu Treibhausgasemissionen, Ammoniak und Versauerung, fossilem Energieverbrauch, Lebensmittelbereitstellung, ökologisch wertvollen Flächen, Tiergesundheit und Wirtschaftlichkeit bereit. Die Ergebnisse werden in grafischer Form aufbereitet, um die eigenständige Interpretation durch die Betriebsleiter:innen zu ermöglichen. Mit der Umsetzung eines Benchmarks nach einem Rankingkonzept kann der Eigenbetrieb mit anderen Betrieben verglichen werden (TUMMERS ET AL. 2019). Über vielfältige Filterfunktionen (z.B. Wirtschaftsweise, Produktionsgebiet, Erschwernispunktklasse) können sich Betriebe ein detailliertes Bild über ihre momentane Position verschaffen.

Ergebnisse und Diskussion

Die betriebliche Praxis in der Landwirtschaft stellt die zentrale Ebene dar, auf der Verfahren, Prozesse und Intensitäten angepasst sowie Entscheidungen getroffen werden, um eine nachhaltige Entwicklung zu ermöglichen. Der vorgestellte Ansatz setzt systematisch an den Faktoren an, die die Entscheidungsfindung beeinflussen. Dabei spielen Wissen und Information eine Schlüsselrolle (SIEBRECHT 2020; LIU ET AL. 2018). Ausgehend davon wurden 30 konkrete Handlungsoptionen erstellt, die als Grundlage für die betriebsindividuelle Informationsbereitstellung dienen. Diese decken die betrieblichen Managementbereiche Futterbau, Tierhaltung, Wirtschaftsdüngermanagement sowie Energie- und Betriebsmanagement ab. Die Optionen wurden im Hinblick auf Benutzerfreundlichkeit auf Informationsblättern ausgearbeitet, die jeweils nur eine Seite umfassen. Alle Möglichkeiten wurden sowohl ökologisch als auch produktionstechnisch fachlich fundiert, praxisorientiert und benutzerfreundlich gestaltet, um die betriebliche Umsetzung zu fördern. Die Recherche von relevanten Informationen würde sich für den Betrieb als schwierige und zeitintensive Herausforderung gestalten. Die kompakte Darstellung und eine klare Struktur bilden einen erheblichen Vorteil für die Betriebe.

Die Umsetzung des kennzahlengestützten Empfehlungssystems erfolgte im Betriebsmanagementsystem NEU.rind. Dieses bietet die Möglichkeit, anhand der bereits etablierten Analyse über die produktionstechnische Betriebssituation hinaus, zusätzliche Informationen zu wichtigen Nachhaltigkeitsaspekten zur Verfügung zu stellen. Die Grundlage für betriebsindividuelle Empfehlungen ist die Selektion auf Basis von Kennzahlen und Benchmarks. Die Umwelt- und Wirtschaftlichkeitskennzahlen werden grafisch aufbereitet, sodass die Betriebsleitung auf einen Blick erkennen kann, ob der eigene Betrieb im Vergleich zu seinem Betriebsnetz im niedrigen, mittleren oder hohen Wertebereich liegt. Je Nachhaltigkeitsbereich wird eine separate Darstellung gezeigt und ergänzt durch den numerischen Punktwert des Landwirtschaftsbetriebs. Das Benchmarking erfolgt durch den Vergleich der Kennzahlen des betrachteten Betriebs mit denen von bisher 165 weiteren Betrieben, für die vollständig ausgewertete Datensätze vorliegen. Die Kennzahlen werden in eine Rangreihenfolge gebracht und auf einen normierten Wertebereich skaliert.

Die Besonderheit der Umsetzung des Empfehlungssystems besteht nun darin, Informationen über Handlungsoptionen nicht nur allgemeiner, sondern gezielt und betriebsindividuell anzubieten. Durch eine systematische Zuordnung der Handlungsoptionen auf spezifische Kennzahlen und definierte Resultate innerhalb eines Betriebsmanagement-Tools werden die Informationen zu konkreten Handlungsempfehlungen.

Die technische Verknüpfung der Kennzahlen aller Nachhaltigkeitsaspekte mit den entsprechenden Empfehlungen erfolgt über eine Zuordnungslogik im Hintergrund des Betriebsmanagement-Tools. Weist ein

Betrieb beispielsweise einen niedrigen Punktwert auf, werden gezielt Empfehlungen vorgeschlagen, welche sich potenziell auf eine Verbesserung der Kennzahl in diesen Bereich auswirken. Um Zielkonflikte zu vermeiden, erscheinen Empfehlungen nur dann, wenn Betriebe sowohl pro erzeugter Output-Einheit als auch pro bewirtschafteter Flächeneinheit eine hohe spezifische Umweltwirkung bzw. einen hohen Ressourcenverbrauch verursachen (BERTON ET AL. 2021). Für die Steuerung der angezeigten Empfehlungen enthalten Listen im Hintergrund eine Information über den Grad ihrer potenziellen Wirkung in den einzelnen Nachhaltigkeitsbereichen. Damit ist die Grundlage sowohl für die Zuordnung zu den Umweltwirkungs- und Managementbereichen sowie für die systematische Reihung der Empfehlungen für die Betriebe nach Wirkungsgrad geschaffen.

Zusammenfassung

Mit der Entwicklung des Empfehlungssystems im Rahmen von NEU.rind wurde ein wichtiger Schritt für eine nachhaltige Zukunft der Milchviehwirtschaft in Österreich gesetzt. Der entwickelte Ansatz vereint nicht nur ökonomische und ökologische einzelbetriebliche Kennzahlen, sondern auch betriebsindividuelle Information zur Umsetzung von nachhaltigen Praktiken am landwirtschaftlichen Betrieb. Durch die Integration von praxisnahen Handlungsempfehlungen auf Basis betriebsindividueller Kennzahlen können Praktiken zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und Förderung von Nachhaltigkeit auf landwirtschaftlichen Betrieben leichter und vermehrt zu Anwendung kommen. Dies kann sowohl nationale Nachhaltigkeitsziele als auch die Landwirt:innen in ihren Bemühungen um ein nachhaltiges Betriebsmanagement unterstützen.

Literatur

- BERTON M, BITTANTE G, ZENDRI F, RAMANZIN M, SCHIAVON S, STURARO E (2020): Environmental impact and efficiency of use of resources of different mountain dairy farming systems. *Agricultural Systems*, 181, 102806.
- CLARK M, TILMAN D (2017): Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters*, 12, 6, 064016.
- LIU T, BRUINS R, HEBERLING M (2018): Factors influencing farmers' adoption of best management practices: A review and synthesis. *Sustainability*. 10, 2, 432.
- NEMECEK T, ROASCH A, BYSTRICKY M, JEANNERET P, LANSCHKE J, STÜSSI M, GAILLARD G (2024): Swiss Agricultural Life Cycle Assessment: A method to assess the emissions and environmental impacts of agricultural systems and products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(3), 433-455.
- SIEBRECHT N (2020): Sustainable agriculture and its implementation gap - Overcoming obstacles to implementation. *Sustainability*, 12, 9, 3853.
- TUMMERS J, KASSAHUN A, TEKINERDOGAN B (2019): Obstacles and features of Farm Management Information Systems: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 189-204.

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Eva-Maria Peter, eva-maria.peter@raumberg-gumpenstein.at

Vorkommen kältetoleranter Clostridien, Verderbserreger von Fleisch, in Rinderbetrieben in Österreich

Occurrence of cold-tolerant Clostridia, spoilage organisms of meat, in cattle farms in Austria

Samart Dorn-In^{1*}, Vanessa Zand¹, Joachim Angerer¹, Kahraman Özbek², Cassandra Eibl³ und Karin Schwaiger¹

Einleitung

Mit einem Fleischkonsum von 86,6 kg pro Person und Jahr gehört Österreich in Europa und weltweit zu den Ländern mit dem höchsten pro Kopf-Verbrauch von Fleisch (STATISTIK AUSTRIA, 2025). Die Herstellung von Fleisch verbraucht enorme Ressourcen (WWF, 2025). Daher zieht jeder Fleischverlust, etwa aufgrund mikrobiellen Verderbs, neben einem hohen wirtschaftlichen Verlust auch negative Auswirkungen auf die Umwelt nach sich. Fleisch ist auf allen Stufen seiner Produktionskette einem Risiko durch Kontamination mit Mikroorganismen ausgesetzt, beginnend bei der Schlachtung über die Zerlegung, Verarbeitung, Verpackung, Lagerung, den Transport bis hin zum Verkauf an den Verbraucher. Der Verderbsprozess durch mesophile, aerobe Keime kann durch Vakuumverpackung und Kühlung verlangsamt werden. Unter diesen Bedingungen können sich jedoch strikt anaerobe, kältetolerante Clostridien etablieren - vor allem die Spezies *C. estertheticum*, *C. frigoriphilum*, *C. algidicarnis* und *C. gasigenes*. Kältetolerante Clostridien kommen in allen Böden der gemäßigten und subtropischen Klimazonen vor. Rinder können diese Bakterien über den Boden und die Umwelt beim Weidegang oder über das Futter aufnehmen. Als Kontaminationsquellen für Fleisch gelten daher Kot und Felle von geschlachteten Tieren. Der Verderb von vakuumverpacktem Fleisch durch kältetolerante Clostridien ist teilweise an der Aufblähung der Verpackung erkennbar, die sogenannte „Blown Pack Spoilage“ (BPS) - verursacht durch CO₂- und H₂-Bildung (siehe Abbildung 1). Außerdem hat das betroffene Fleisch einen käsigen Fehlgeruch, der auf die von diesen Bakterien produzierten Substanzen Butanol und Buttersäure zurückzuführen ist. Sporen von kältetoleranten Clostridien sind resistent gegen Hitze, verschiedene Umwelteinflüsse und eine Vielzahl von Desinfektionsmitteln. Entsprechende Fälle wurden bereits in vielen Ländern, insbesondere jenen mit hoher Fleischproduktion und/oder -konsum, dokumentiert, darunter Brasilien, Irland, Neuseeland, das Vereinigte Königreich und die Vereinigten Staaten. In Deutschland sind laut eigener Studien 34 – 53 % des vakuumverpackten Fleisches mit kältetoleranten Clostridien belastet (BONKE et al., 2016; MANG et al., 2021). In Österreich gibt es bisher keine Daten zum Vorkommen von kältetoleranten Clostridien in Tierbeständen sowie in Fleisch und in der Lebensmittelkette. Ziel des Projekts ist daher, die Prävalenz kältetoleranter Clostridien in Rinderbeständen in Österreich festzustellen. Die Ergebnisse können zur Entwicklung einer Strategie beitragen, um hygienische Maßnahmen für die geschlachteten Rinder zu gewährleisten, mit dem Ziel, die Kontamination von kältetoleranten Clostridien in Rindfleisch zu verhindern.



Abbildung 1: **A: Darstellung der Rinderhaltung in einer Alpenregion, B: Rindfleisch mit sichtbarer Aufblähung der Vakuumverpackung, verursacht durch *C. estertheticum***

Material und Methoden

Tierproben: Insgesamt wurden 520 Proben, davon 260 Kot- und 260 Hautwischproben, von 260 gesunden Milchkühen aus 26 Milchviehbetrieben in den Bundesländern Salzburg und Tirol gesammelt. Pro Betrieb wurden zehn erwachsene Tiere beprobt. Von ein und demselben Tier wurden eine Kotprobe und eine Hautwischprobe genommen. Die Kotproben wurden direkt aus dem Rektum oder - unter der Voraussetzung, dass die Kühe frischen Kot abgesetzt hatten und das Tier eindeutig identifiziert werden konnte - vom Boden entnommen. Zur Gewinnung der Hautwischproben wurde eine Fläche von einem Quadratmeter im kaudalen Bereich der Kuh mehrmals vertikal und horizontal mit einem angefeuchteten, sterilen Schwammtuch abgewischt.

Mikrobiologische Methode: Die Kot- und Hautwischproben wurden innerhalb von 24 Stunden nach der Probenahme in Anreicherungsmedium (PYGS: Pepton-Hefe-Glukose-Stärke) homogenisiert. Die Anreicherungsproben (14 ml) wurden in ein steriles Glasröhrchen gefüllt und anaerob bei 4 °C 5 Wochen lang bebrütet. Alle PYGS-Anreicherungen (n = 520) wurden der Kulturmethode unterzogen. Zur Erhöhung der Nachweisempfindlichkeit für die hitzestabilen Clostridiensporen wurden 0,5 ml der PYGS-Anreicherung in ein 1,5-ml-Reaktionsgefäß überführt und 5 Minuten lang bei 80 °C erhitzt, um die vegetativen Zellen der Begleitmikrobiota abzutöten. Anschließend wurden 50 µl der hitzebehandelten PYGS auf eine Blutagarplatte getropft und 4 Wochen bei 10 °C anaerob bebrütet. Alle Kolonien mit unterschiedlicher Morphologie wurden auf einer neuen Blutplatte subkultiviert und 3 Wochen bei 10 °C anaerob bebrütet. Aus den subkultivierten Kolonien wurde die DNA extrahiert und diese anschließend mittels qPCR analysiert.

Molekularbiologische Methode: Die bakterielle DNA in der Anreicherungsprobe (Kot- und Fellwischproben) wurde mit der Extraktionsmethode, einer Kombination von InhibitEX-Buffer (Qiagen) und DNA-Extraktionskit High Pure Template Preparation Kit (Roche), extrahiert. Primerpaare und Sonden sowie die qPCR-Methoden wurden aus eigenen früheren Studien übernommen (DORN-IN et al., 2018; MANG et al., 2021). Es wurden insgesamt 3 Multiplex-qPCR-Verfahren durchgeführt. Mit diesen konnten Bakterien der Gattung *Clostridium* allgemein sowie die Spezies *C. estertheticum*, *C. frigoriphilum*, *C. bowmanii*, *C. tagluense*-like, *C. algidicarnis*, *C. putrefaciens* und *C. gasigenes* nachgewiesen werden. Für den Fall, dass die extrahierte DNA ein positives PCR-Ergebnis für die Gattung *Clostridium*, aber ein negatives Ergebnis für die genannten Arten lieferte, wurde das entsprechende PCR-Produkt aufgereinigt und zur Sequenzierung an die Firma Microsynth GmbH (Wien) geschickt, um eine Identifikation auf Speziesebene zu ermöglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen die Prozentsätze der mittels qPCR und Kultivierung in Rinderbetrieben, Rinderkot und Hautwischproben detektierten Clostridien-Spezies. Es ist zu beachten, dass der Anteil der für die nachgewiesenen Spezies positiv getesteten Betriebe höher ist als jener der Tiere (s. Abbildung 2). Dies basiert auf der Berechnung, dass der Betrieb als positiv eingestuft wird, wenn mindestens eine Kot- oder Hautabstrichprobe aus dem Betrieb positiv auf die betreffende Clostridien-Spezies getestet wurde. Laut qPCR waren 22,3 % der Kotproben positiv für *C. estertheticum*, 33,8 % für *C. tagluense*-like, 32,7 % für *C. bowmanii*, 11,2 % für *C. frigoriphilum* und 14,2 % für *C. gasigenes*. Die strikt anaeroben kältetoleranten Clostridien sind schwer kultivierbar und wachsen extrem langsam. Trotz der Fähigkeit, Sporen zu bilden, ist es auch schwierig abzuschätzen, ob diese Bakterien einfach im Anreicherungsmedium auskeimen können, nachdem sie mit der Luft in Kontakt gekommen sind. Entsprechend reichten die Isolierungsraten der Spezies aus den PCR-positiven Proben von gering (4,7 %) bis mäßig hoch (59,5 %, s. Abbildung 2). Zusätzlich zu den genannten Spezies wurden weitere neun Clostridien-Spezies isoliert, wobei *C. subterminale*, *Lacrimispora algidixylanolytica* (syn. *C. algidixylanolytica*), *C. tagluense* und *C. botulinum* am häufigsten kultiviert wurden (s. Abbildung 3). Die Prävalenz von kältetoleranten Clostridien in den Kotproben von Rindern in Österreich, die mittels qPCR bestimmt wurde, ist deutlich höher als diejenige der Hautwischproben. Letztere könnte mit dem geringeren Kontaminationsgrad der Haut mit Kot oder Erde zusammenhängen.

Die Ergebnisse der Kotproben aus dieser Studie stimmen mit den Ergebnissen der Studien in Irland und der Schweiz überein. In Schlachthöfen in Irland stellten MOSCHONAS et al. (2009) fest, dass 17,9 %

und 25,4 % der Rinderkotproben PCR-positiv auf *C. estertheticum* bzw. *C. gasigenes* waren, während in der Schweiz eine *C. estertheticum*-ähnliche Gruppe in 39 % der Kotproben durch RT-PCR nachgewiesen wurde (WAMBUI et al., 2021). Bei Kotproben aus Rinderbetrieben in Irland waren 8,5 % und 45 % der Proben qPCR-positiv auf *C. estertheticum* bzw. *C. gasigenes*, während in Neuseeland die entsprechenden Spezies in 4 % und 18 % der Kotproben nachgewiesen wurden (ESTEVEES et al., 2020, 2021). Über die Kontamination von Rinderhäuten mit kältetoleranten Clostridien liegt bislang nur eine relevante Studie von MOSCHONAS et al. (2009) vor, die feststellten, dass 13,3 % und 18,8 % der Tierhäute PCR-positiv auf *C. estertheticum* bzw. *C. gasigenes* waren. Dieses Ergebnis unterscheidet sich erheblich von dem vorliegenden mit 0,8 % (ausschließlich *C. estertheticum*). Dies könnte auf Unterschiede in der Probenahmemethode und dem Grad der Kontamination der Haut mit Schmutz oder Kot zurückzuführen sein. Der Kontaminationsgrad von Tierhäuten mit Kot oder Erde wurde jedoch weder in dieser Studie noch in der Studie von MOSCHONAS et al. (2009) erfasst.

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass Weiderinder unter den gegebenen Haltungsbedingungen nur eine geringe Belastung der Haut mit Clostridien aufwiesen. Dies deutet darauf hin, dass gut geführte weidebasierte Haltungssysteme auch aus hygienischer Sicht vorteilhaft sein können. Im Gegensatz dazu kann beispielsweise bei sehr beengten Ställen, zu einem häufigeren Kontakt der Tiere mit Kot oder verschmutztem Boden kommen. Da das Enthäuten der Tiere zu den hygienisch kritischen Schritten im Schlachtprozess zählt, ist die Sauberkeit der Tiere bei Anlieferung neben der hygienischen Durchführung von Enthäutungs- und Ausweideprozessen entscheidend, um eine Kontamination des Rindfleisches mit kältetoleranten Clostridien zu vermeiden.

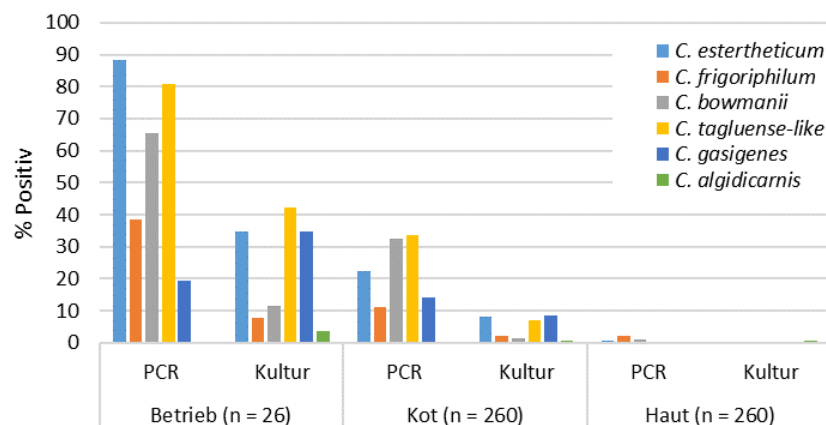


Abbildung 2: Mittels spezifischer qPCR und kultureller Methode detektierte Spezies

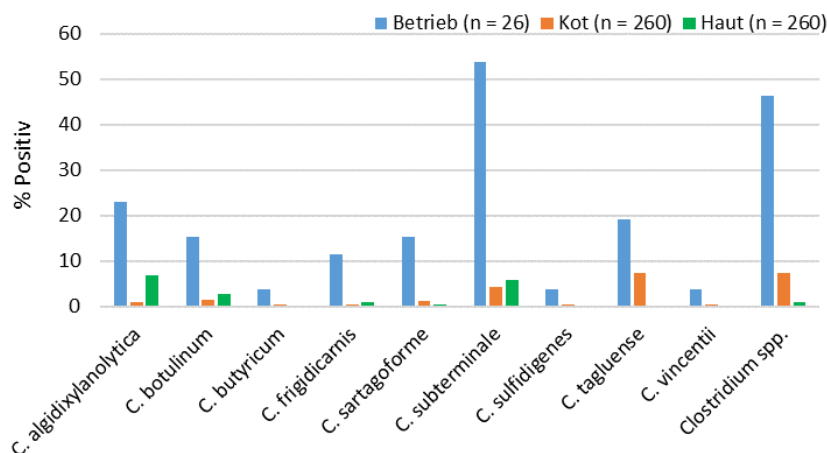


Abbildung 3: Mittels kultureller Methode nachgewiesene Spezies, bestätigt durch Sequenzierung des 16S rRNA-Gens

Zusammenfassung

Kältetolerante Clostridien sind für den Verderb von vakuumverpacktem Rindfleisch trotz kühler Lagerung und intakter Vakuumverpackung verantwortlich. Rinder können die Bakterien über den Boden und die Umwelt beim Weidegang oder über das Futter aufnehmen. Da die Rinderhaltung in Österreich oft als Weidehaltung betrieben wird, war es das Ziel dieser Studie, die Prävalenz von kältetoleranten Clostridien bei Rindern in diesem Land zu untersuchen und die nachgewiesenen Spezies zu identifizieren. Zu diesem Zweck wurden 260 Kot- und 260 Hautwischproben von 260 gesunden, erwachsenen Rindern aus 26 Betrieben in den Bundesländern Salzburg und Tirol entnommen. Die Proben wurden mit molekularbiologischen (PCR und Sequenzierung) und kulturellen Methoden untersucht. Mittels qPCR waren 22,3 % der Kotproben positiv für *C. estertheticum*, 33,8 % für *C. tagluense*-like, 32,7 % für *C. bowmanii*, 11,2 % für *C. frigoriphilum* und 14,2 % für *C. gasigenes*. Die Isolierungsraten der Spezies aus den PCR-positiven Proben reichten von 4,7 % bis 59,5 %. Zusätzlich zu den genannten Spezies wurden weitere neun Clostridien-Spezies kultiviert, wobei *C. subterminale*, *Lacrimispora algidixylanolytica* (syn. *C. algidixylanolytica*), *C. tagluense* und *C. botulinum* am häufigsten isoliert wurden. Die mittels qPCR ermittelte Prävalenz von kältetoleranten Clostridien in den Kotproben von Rindern in Österreich ist relativ hoch, während sie in den Hautwischproben sehr niedrig ist. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass Rinder aus weidebasierten Haltungssystemen unter den untersuchten Bedingungen eine vergleichsweise geringe Hautkontamination mit Kot oder Erde aufwiesen. Dies ist im Hinblick auf den hygienisch kritischen Enthäutungsschritt von Bedeutung und kann zur Minimierung einer Kontamination des Fleisches mit kältetoleranten Clostridien beitragen.

Abstract

Cold-tolerant clostridia are responsible for the spoilage of vacuum-packed beef despite cool storage and intact vacuum packaging. Cattle can ingest the bacteria via the soil and the environment when grazing or via the feed. As cattle farming in Austria is often pasture-based, the aim of this study was to investigate the prevalence of cold-tolerant clostridia in cattle in this country and to identify the species detected. For this purpose, 260 faecal and 260 hide wipe samples were taken from 260 healthy adult cattle from 26 farms in the provinces of Salzburg and Tyrol. The samples were analysed using molecular biological (PCR and sequencing) and cultural methods. Using qPCR, 22.3% of the faecal samples were positive for *C. estertheticum*, 33.8% for *C. tagluense*-like, 32.7% for *C. bowmanii*, 11.2% for *C. frigoriphilum* and 14.2% for *C. gasigenes*. The isolation rates of the species from the PCR-detected samples ranged from 4.7% to 59.5%. In addition, nine *Clostridium* species were isolated by culture, with *C. subterminale*, *Lacrimispora algidixylanolytica* (syn. *C. algidixylanolytica*), *C. tagluense*, and *C. botulinum* being the most frequently found. The prevalence of cold-tolerant clostridia in faecal samples from cattle in Austria, as determined by qPCR, is relatively high, while it is very low in the skin wipe samples. The results of this study indicate that cattle from pasture-based husbandry systems showed comparatively low levels of skin contamination with faeces or soil under the conditions investigated. This is important with regard to the hygienically critical skinning step and can contribute to minimising contamination of the meat with cold-tolerant clostridia.

Förderungen

Dieses Projekt wurde vom „BIOS Science Austria – Verein zur Förderung der Lebenswissenschaften“ gefördert.

Literatur

BONKE R, DREES N, GAREIS M (2016): Detection of psychrophilic and psychrotolerant *Clostridium* spp. in chilled fresh vacuum-packed meat using different PCR methods. *Fems Microbiol Lett* 363, 1-7.
DORN-IN S, SCHWAIGER K, SPRINGER C, BARTA L, ULRICH S, GAREIS M (2018): Development of a multiplex qPCR for the species identification of *Clostridium estertheticum*, *C. frigoriphilum*,

C. bowmanii and *C. tagluense*-like from blown pack spoilage (BPS) meats and from wild boars. Int J Food Microbiol 286, 162–169.

ESTEVE E, WHYTE P, GUPTA TB, BOLTON DJ (2020): An investigation into the ecological niches and seasonal nature of *Clostridium estertheticum* and *Clostridium gasigenes* in the Irish beef farm environment. Lett Appl Microbiol 71, 660-666.

ESTEVE E, GUPTA TB, WHYTE P, BRIGHTWELL G, BOLTON D (2021): An investigation of the environmental niches of blown pack spoilage causing *Clostridium estertheticum* and *Clostridium gasigenes* on New Zealand beef and sheep farms. Food Microbiol 98, 103769.

MANG S, SCHWAIGER K, LINDNER R, GAREIS M, DORN-IN S (2021): High incidence of cold-tolerant *Clostridium frigorophilum* and *C. algidicarnis* in vacuum-packed beef on retail sale in Germany. Int J Food Microbiol 340.

MOSCHONAS G., BOLTON DJ, SHERIDAN JJ, MCDOWELL DA (2009): Isolation and sources of blown pack spoilage clostridia in beef abattoirs. J Appl Microbiol 7, 616–624.

STATISTIK AUSTRIA (2024): Pro-Kopf-Verbrauch von Fleisch 2023 weiter rückläufig. Pressemitteilung: 13 411-177/24. <https://www.statistik.at/fileadmin/announcement/2024/08/20240902VersorgungsbilanzentierischeProdukte2023.pdf>. Abgerufen am 13.04.2025

WAMBUI, J., GHIELMETTI, G., MORACH, M., HOCHREUTENER, M., STEPHAN, R., 2021. Detection of psychrophilic *Clostridium* spp. in fecal samples from cattle of different ages sampled at the slaughterhouse level. J Food Prot 84, 58-62.

WWF: Weltweiter Fonds für die Natur (2025): Fleischkonsum - Unser großer Hunger. <https://www.wwf.at/nachhaltig-leben/fleisch/>. Abgerufen am 13.04.2025

Adressen der Autoren

¹ Unit Hygiene und Technologie von Lebensmitteln, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften und Öffentliches Veterinärwesen, Klinisches Department für Nutztiere und Sicherheit von Lebensmittelsystemen, Veterinärmedizinische Universität Wien.

² Fırat University, Elâzığ, Turkey

³ Klinisches Zentrum für Wiederkäuer- und Kamelidenmedizin, Klinisches Department für Nutztiere und Sicherheit von Lebensmittelsystemen, Veterinärmedizinische Universität Wien,

* Ansprechpartner: Samart Dorn-In, samart.dorn-in@vetmeduni.ac.at