

Was sind Nebennutzungen des Waldes?

Geitner C., Gröber M., Katzensteiner K., Kohl B., Markart G., Meißl G., Müller L., Scharr K., Schrott R., Simon A.

Wälder dienen aktuell vorwiegend der Produktion von Holz. Andere Arten der Waldnutzung werden als Nebennutzungen bezeichnet, wie zum Beispiel das Sammeln von Pilzen und Beeren. Früher gab es deutlich mehr dieser Nutzungen im Alpenraum, die heute zum Teil kaum mehr bekannt sind. Zu den wichtigsten Nebennutzungspraktiken in der Vergangenheit zählen die Gewinnung von Laub-, Boden- und Schneitelstreu sowie die Waldweide. Letztere prägten die Wälder über Jahrhunderte und haben ihre Spuren zum Teil bis heute hinterlassen.



„Ströbe-Tragen“, Tuxertal (Tirol), 1943. Auf diese Weise gelangten erhebliche Mengen an Bodenstreu aus dem Wald auf den Hof. © Erika Hubatschek

Waldstreugewinnung

Über lange Zeit wurde Material aus dem Wald entnommen, um dieses für die Bettung der Tiere im Stall zu verwenden. Nach der Nutzung als Einstreu kam das Material, vermischt mit den Ausscheidungen der Tiere, als Dünger zur Ausbringung auf der landwirtschaftlichen Flur. Diese Praxis war besonders in Gebieten verbreitet, wo es wenig Getreideanbau gab und das Stroh folglich knapp war. Das traf vor allem auf die Alpen zu.

Streurechen

Beim Streurechen trug man organisches Material von der Oberfläche der Waldböden ab. Die **Laubstreu** wurde oft mit Besen zusammengekehrt. **Bodenstreu** hingegen stammte vorrangig aus Nadelwäldern. Dabei mähte man den Oberboden mit kurzen, stabilen Sensen, um Bodenvegetation und Wurzeln abzutrennen. Anschließend folgte das Zusammenrechen mit Eisenrechen. Das auf diese Weise gewonnene Material bestand aus einer Mischung von Pflanzen, Nadelstreu und Bodenhumus.

Schneitelung

Die Schneitelung von Nadelbäumen diente ebenfalls der Gewinnung von Einstreumaterial. Dabei stieg man zum Teil mit Steigeisen auf lebende Bäume, um die Äste abzuhacken und sie danach am Boden weiter zu zerkleinern.

Waldweide

Über Jahrhunderte waren Wald und Weide nicht voneinander getrennt. In unterschiedlichem Ausmaß wurden Tiere zur Nahrungssuche auch in den Wald getrieben. Das führte nicht nur zu einer Auflichtung der Bestände, sondern beeinflusste auch erheblich die Artenzusammensetzung und die Verjüngung der Wälder.



„Schoatn“, Lungau (Salzburg), 1939. Das Abschlagen der Äste an einer Fichte reichte oft bis knapp unter den Wipfelbereich. © Erika Hubatschek



Waldweide, wohl aus den 1950er Jahren, mit typisch, stark aufgelockertem Waldbild und verbissenem Jungwuchs. © Ottokar Baschny, BFW

Gröber, M., Müller, L., Schrott, R., Scharr, K., Simon, A., Markart, G., Katzensteiner, K., Meißl, G., & Geitner, C. (2024). Vom Wald auf den Acker, aber nicht mehr zurück. Zur Rekonstruktion historischer Waldstreunutzung in Tirol um 1850. *Tiroler Heimat*, 88: 201-226.





Was sind die zentralen Fragen unseres Forschungsprojekts?

Geitner C., Gröber M., Katzensteiner K., Kohl B., Markart G., Meißl G., Müller L., Scharr K., Schrott R., Simon A.

Das von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) geförderte Forschungsprojekt **HILUC** steht für „Hydrological Impact of Historical Land Use and Climate“. Die Laufzeit des Projekts war von November 2023 bis März 2026. Im Zentrum standen dabei die folgenden beiden Fragestellungen:

1. Wie wirken sich die in der Vergangenheit gängigen Praktiken Streurechen und Schneitelung auf den **Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt** der Wälder aus?
2. Wie wirken sich Streunutzung, Schneitelung und Waldweide auf die Entstehung von **Oberflächenabfluss** und die daraus resultierenden **Hochwässer** aus?

Für die erfolgreiche Bearbeitung dieser Fragestellungen war die Kooperation verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen sowie Institutionen außerhalb der Universität von besonderer Bedeutung.



Film zu Konzept und Methodik:



Inter- und transdisziplinäre Kooperation

Seitens der **Wissenschaft** waren Expert:innen für Geschichte, Bodenkunde/Waldökologie und Hydrologie beteiligt:



An **außeruniversitären Institutionen** waren vertreten:

Landesforstdirektion

Standortauswahl, Kontakt zu Waldaufsehern, Waldexpertise, Feldarbeiten

Wildbach- und Lawinerverbauung

Auswahl der Einzugsgebiete, Datenbereitstellung und Diskussionsbeiträge

Chronist:innen und Heimatmuseum Fügen

Recherche historischer Dokumente zur Waldnutzung und zu Naturgefahren

BFW Forstliche Ausbildungsstätte Traunkirchen

Abschlussausstellung zum Projekt, Unterstützung der Kommunikation

Gemeinden (Söll, Ellmau, Matri am Brenner, Stumm und Stummerberg), Bürgermeister, Waldaufseher, Bürger:innen

Standortauswahl, Unterstützung bei der Streuentfernung, Öffentlichkeitsarbeit



Wildbach- und Lawinerverbauung Forsttechnischer Dienst



Gemeinden



Maier, A., Scharr, K., Geitner, C., Kohl, B., Markart, G. (2021): Historische Waldnutzung und Hochwasserentstehung. Was wissen wir über den Waldzustand und seine hydrologische Wirkung vor 200 Jahren? Transylvanian Review, Cluj Napoca, 30(1): 28-47.

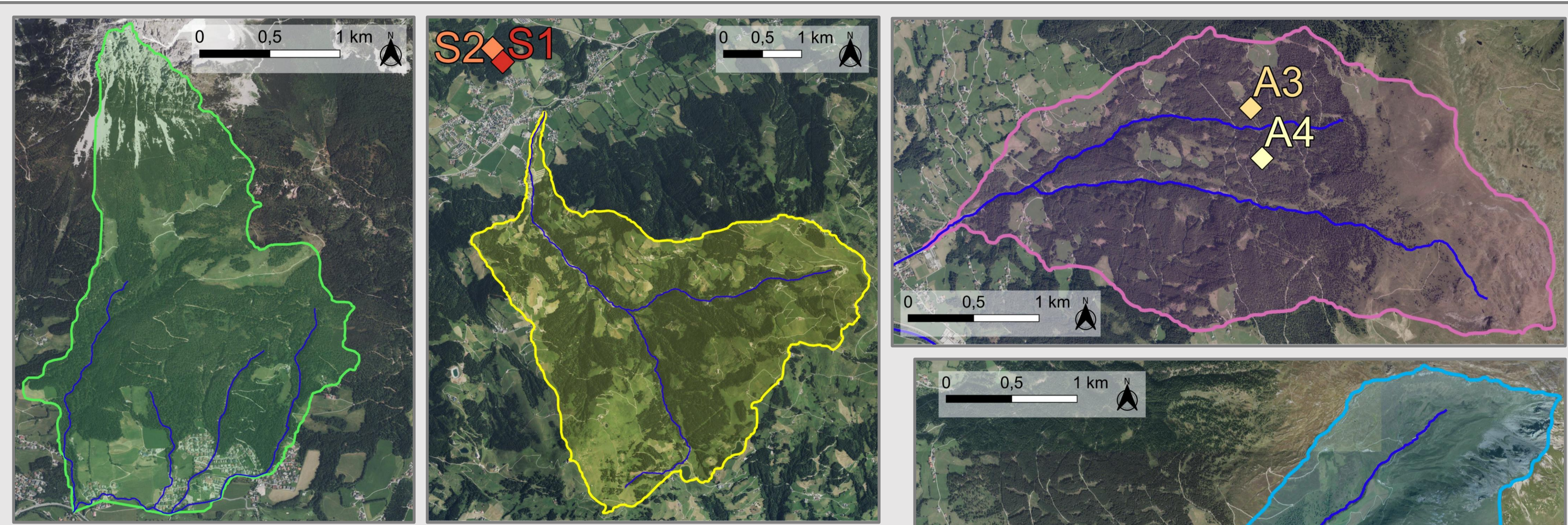




Wo und mit welchen Methoden wurde gearbeitet?

Geitner C., Gröber M., Katzensteiner K., Kohl B., Markart G., Meißl G., Müller L., Scharr K., Schrott R., Simon A.

Ökologische und hydrologische Wirkung historischer Waldnutzung



Untersuchte Einzugsgebiete

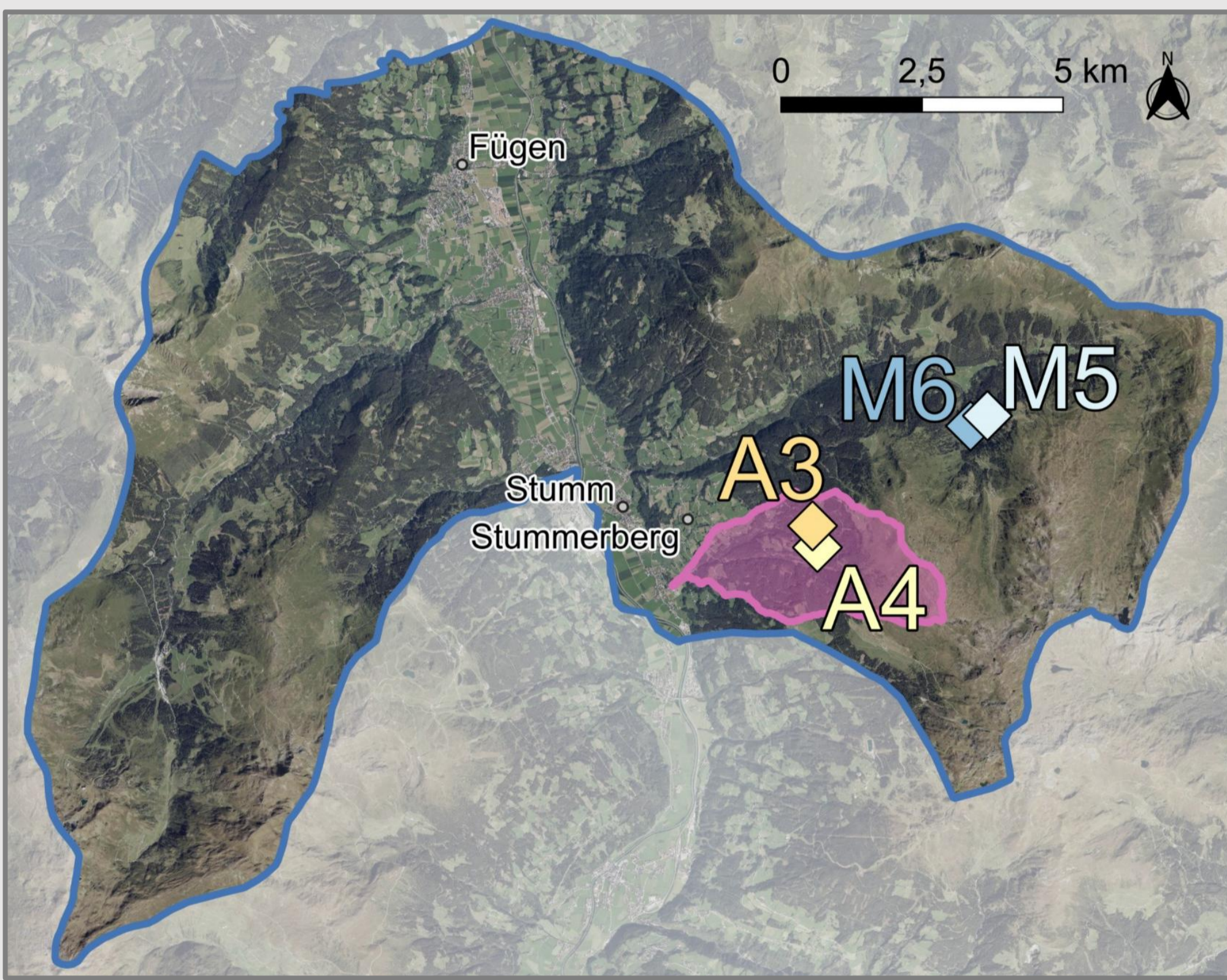
Nr.	Name Einzugsgebiet	Gemeinde	Fläche (km ²)	Waldanteil (%)
1	Pfoner Bach	Matrei a. Br.	5,1	40
2	Ahrnbach	Stumm & Stummerberg	7,0	56
3	Stampfangerbach	Söll	12,0	45
4	Aubach	Ellmau	4,5	69

Untersuchungsflächen

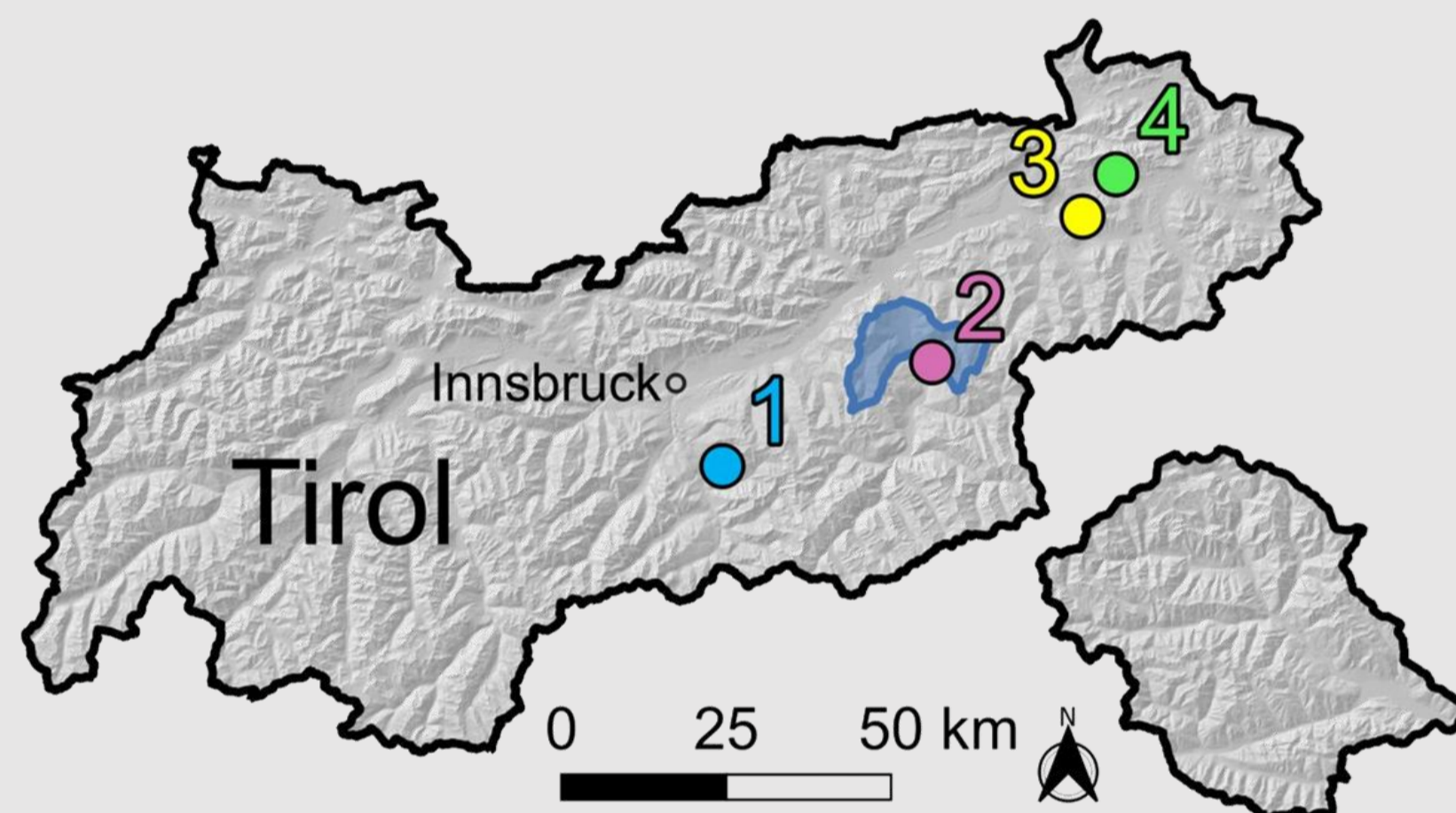
Streunutzungstestflächen: S1 (red diamond), S2 (orange diamond), A3 (yellow diamond), A4 (yellow diamond)

Waldweide Beregnung: M5 (white diamond), M6 (blue diamond)

Historische Untersuchungen: Gebiet des historischen Forstdistriktes Fügen (blue outline)



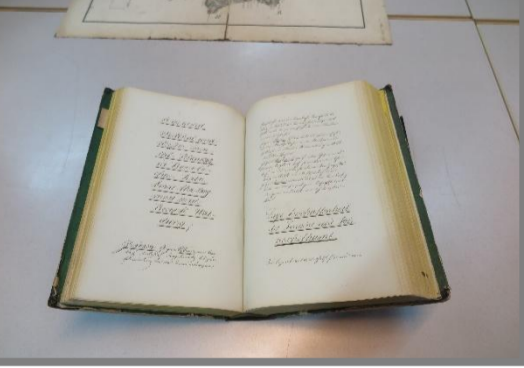
Aus ca. 50 möglichen Einzugsgebieten für die hydrologische Modellierung wurden die vier besten ausgewählt. Entscheidend waren die Kriterien der Gebietsgröße, der historischen Datenlage und des Waldanteils. Für ein vertieftes Studium vergangener Waldnebennutzungen erwies sich das Gebiet des historischen Forstdistriktes Fügen als sehr geeignet.



Methoden-Vielfalt



Analyse historischer Quellen



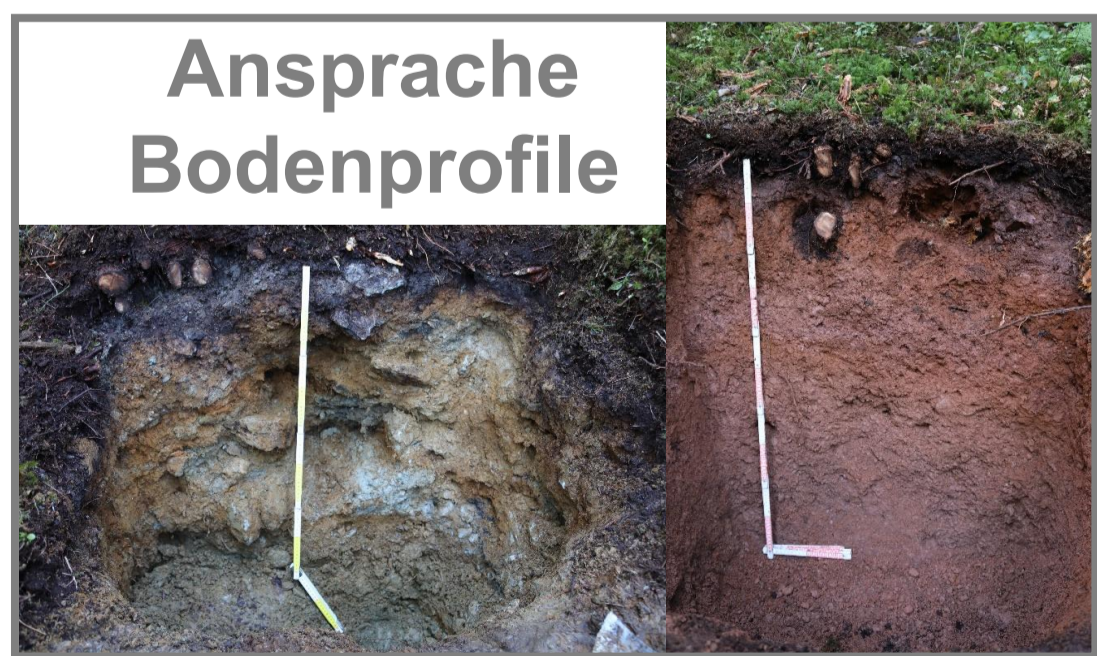
Interviews Zeitzeug:innen



Messung Bodenklima



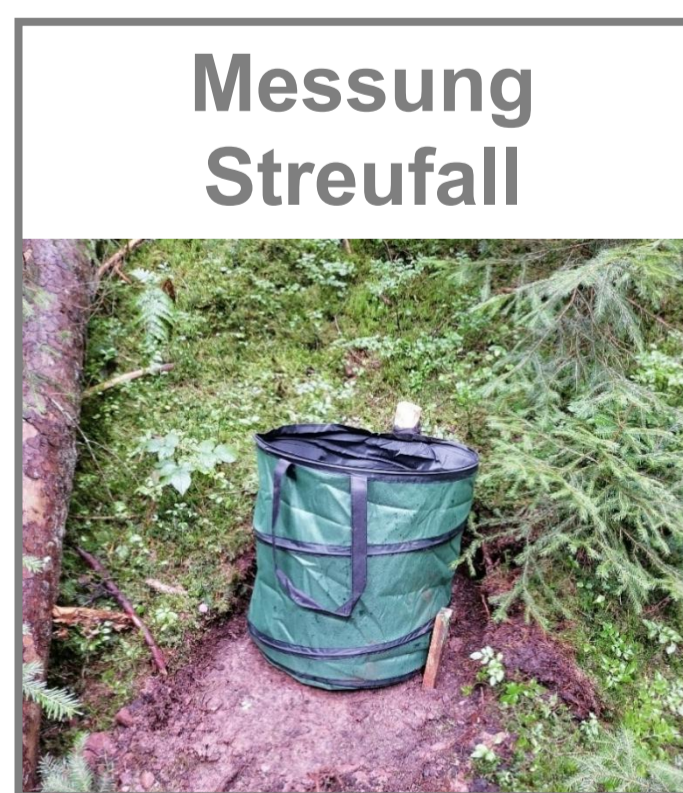
Beprobung Boden



Ansprache Bodenprofile

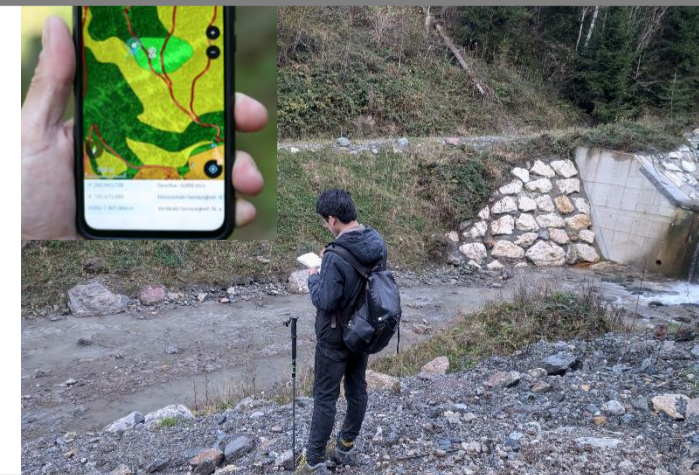


Streurechen

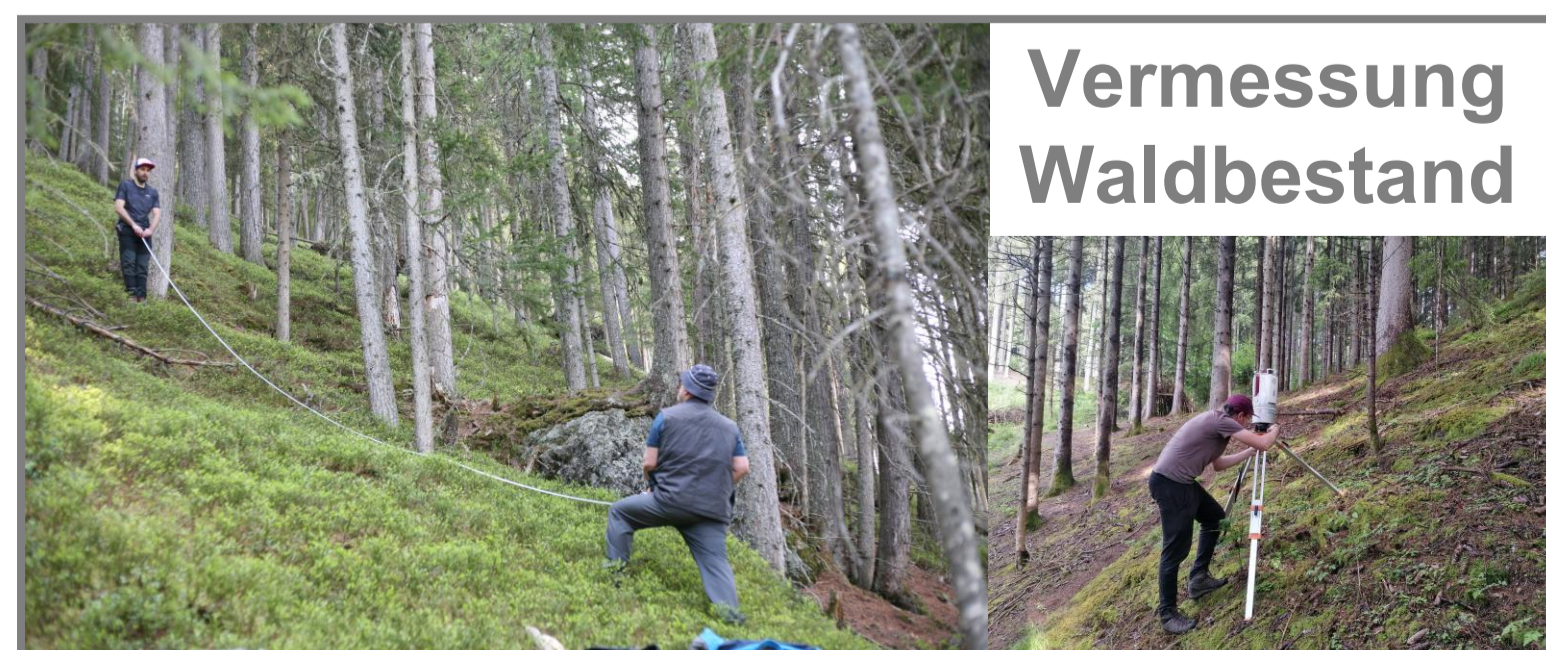


Messung Streufall

Kartierung & Abfluss-Modellierung



Beregnungsversuche



Vermessung Waldbestand



Analysen im Labor





Welche historischen Quellen zum Wald finden sich in den Archiven?

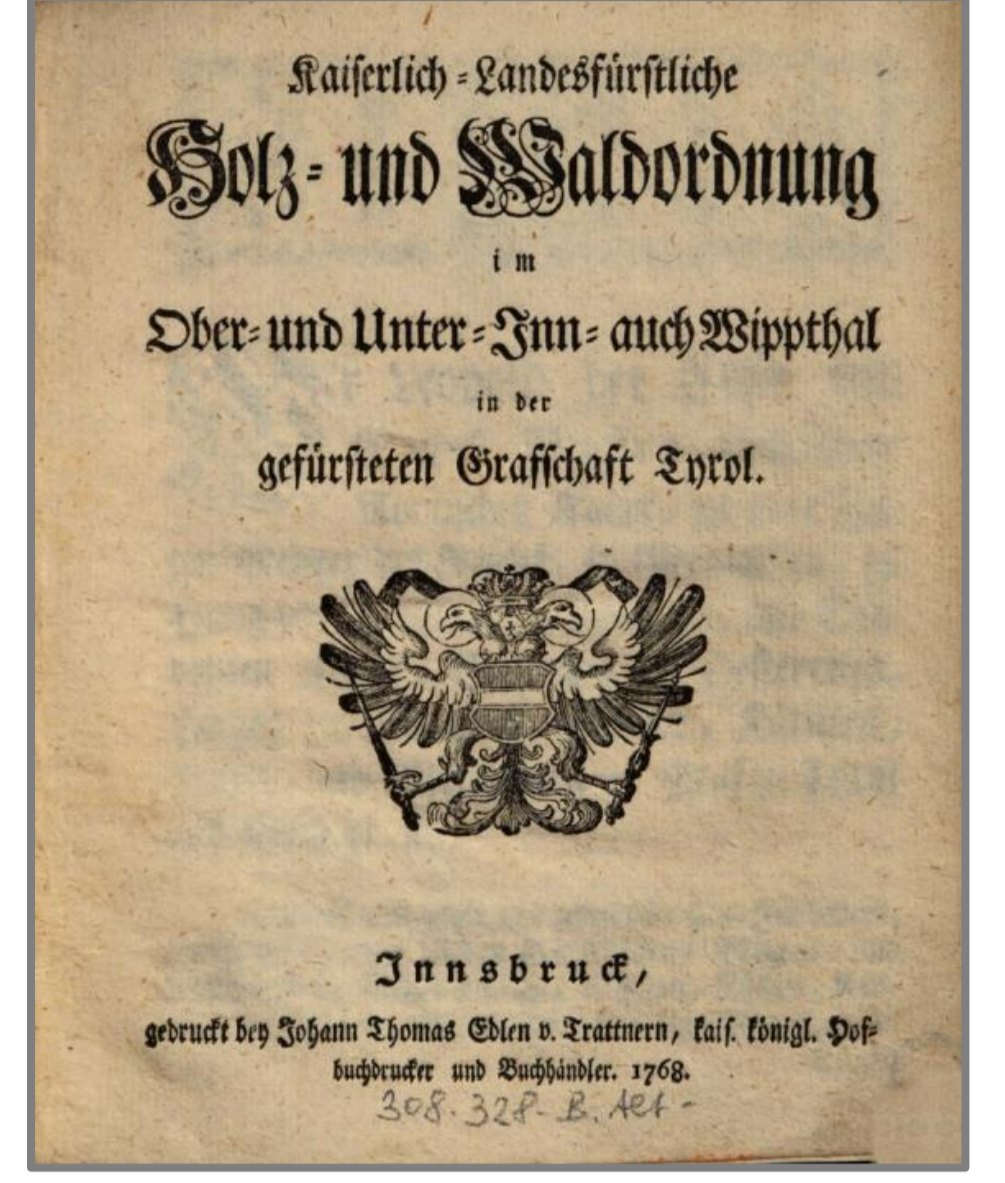
Gröber M., Scharr K.

Seit dem Spätmittelalter versuchten die Grundherren, die bäuerlichen Nutzungen der Wälder zu ordnen. Mit ihrem Anspruch nach zentraler Kontrolle entstand ein erhöhter Bedarf an Regulierung. Deshalb wurde der Waldzustand nicht nur durch Gesetzestexte normiert, sondern auch über genaue Beschreibungen und Karten erfasst. Aus diesen Quellen erfahren wir, wie die Wälder in den letzten Jahrhunderten aussahen und auf welche Weise sie genutzt wurden.

Waldordnungen schrieben die „Spielregeln“ nach dem Willen der Grundherren fest: So sollte durch Einschränkung bestimmter Nutzungen der Holzzuwachs optimiert oder ein als Jagdgebiet vorgesehener Wald geschont werden.

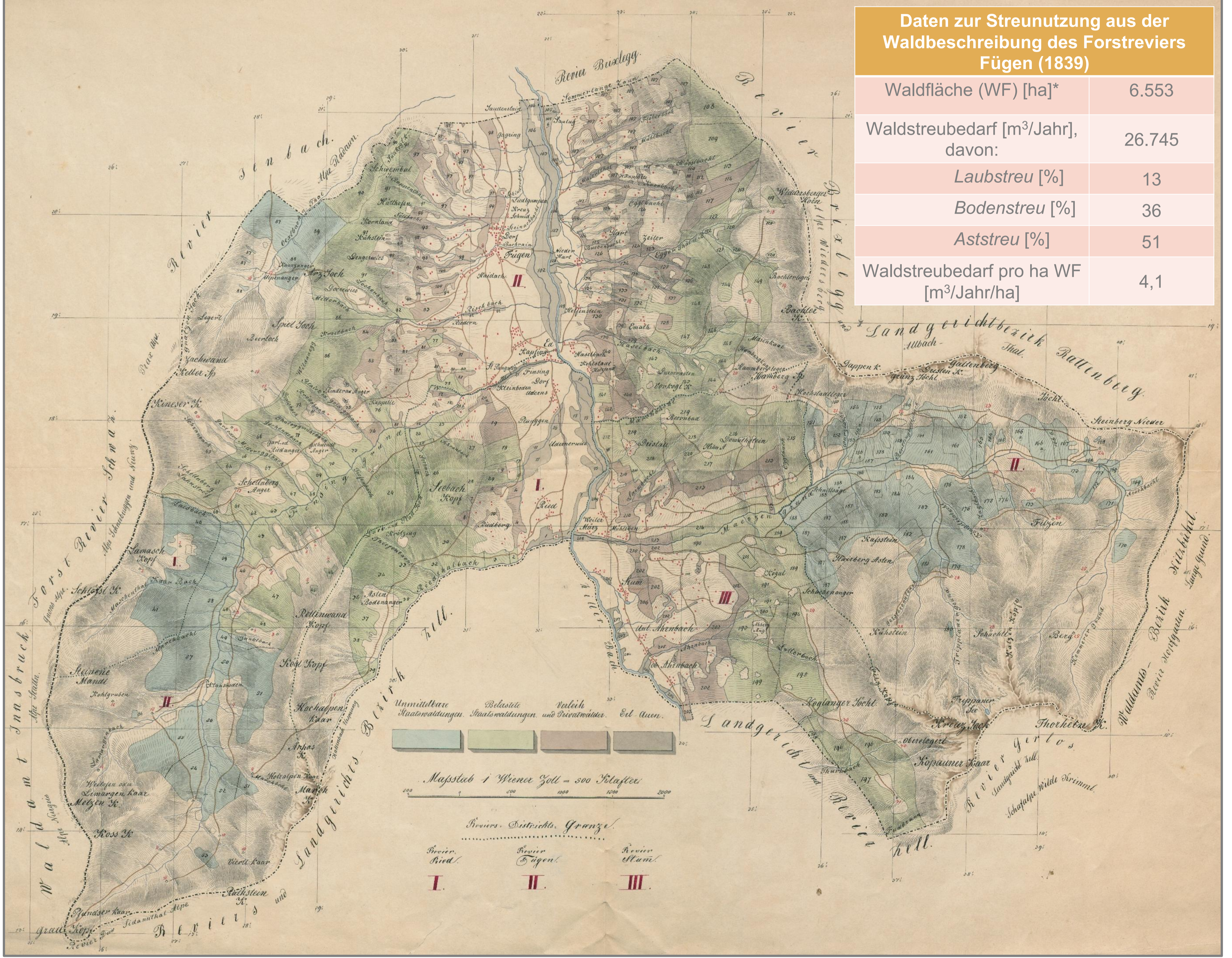
Waldbeschreibungen dokumentierten, ähnlich zu heutigen Wirtschaftsplänen, den forstlichen Zustand auf Parzellenebene (Standortbeschreibung, Flächengröße, Holzvorrat, jährlicher Holzzuwachs, Bestandesalter und Verteilung der Baumarten). Zudem enthalten sie ausführliche Daten zu früheren landwirtschaftlichen Waldnutzungen.

Forstkarten dienten dem herrschaftlichen Verwaltungsapparat dazu, die in den Beschreibungen enthaltenen Informationen räumlich zu verorten. Eine exakte Vermessung der Wälder setzte allerdings erst nach 1800 ein.



Tiroler Waldordnung 1768, Titelblatt, Österreichische Nationalbibliothek, Sammlung von Handschriften und alten Drucken, 308328-B ALT MAG.

*90% der gesamten Waldfläche (7.285 ha) werden beschrieben.



Karte des Forstreviers Fügen im Tiroler Zillertal aus dem Jahr 1839, Tiroler Landesarchiv/Behörden und Ämter/Mischbestände/Karten und Pläne 2868.

Über 80% der österreichischen Wälder befinden sich heute in privatem Besitz. Meist handelt es sich dabei um klein strukturierte Bauern- oder Familienwälder. Vor 200 Jahren stellte dies allerdings die Ausnahme dar. Stattdessen konnte die Bevölkerung in Tirol auf landesfürstliche „Staatwälder“ zugreifen, die mit sogenannten Servituten (Nutzungsrechten) belastet waren. Diese Rechte durften ebenso in Waldungen ausgeübt werden, die der Landesfürst mittels Urkunden an Gemeinden verliehen hatte.

Beimrohr, Wilfried, Wem gehörte der Wald? Zur Frage des Eigentums an den Wäldern am Beispiel Osttirols (2), in: *Osttiroler Heimatblätter* 82 (2014), Heft 1–2, S. 1–8.
 Bundesforschungszentrum für Wald (Hrsg.), *Wem gehört Österreichs Wald?*, Wien 2016.

Gröber, Maximilian/Müller, Lukas/Schrott, Roman/Scharr, Kurt/Simon, Alois/Markart, Gerhard/Katzensteiner, Klaus/Meißl, Gertraud/Geitner, Clemens, Vom Wald auf den Acker, aber nicht mehr zurück. Zur Rekonstruktion historischer Waldstreunutzung in Tirol um 1850, in: *Tiroler Heimat. Zeitschrift für Regional- und Kulturgeschichte Nord-, Ost- und Südtirols* 88 (2024), S. 201–226.

Sonnlechner, Christoph, Waldordnungen und ergänzende Quellen, in: Josef Pauser/Martin Scheutz/Thomas Winkelbauer (Hrsg.), *Quellenkunde der Habsburgermonarchie (16.–18. Jahrhundert)*. Ein exemplarisches Handbuch (Mitteilungen des Instituts für Österreichische Geschichtsforschung, Ergänzungsband 44), Wien-München 2004.





Wie wandelte sich die Bewirtschaftung des Waldes im Laufe der Zeit?

Gröber M., Scharr K.

Über Jahrhunderte zeichnete sich der Wald durch eine große Vielfalt an Nebennutzungen aus: Er diente nicht nur zur Gewinnung von gewerblichen und hauswirtschaftlichen Produkten wie Harz, Kräutern oder Beeren, sondern ergänzte auch die Landwirtschaft durch Waldweide, der Entnahme von Viehfutter und Streu oder den Waldfeldbau. In den meisten Wäldern hatten diese Nutzungsformen daher lange einen ähnlichen Stellenwert wie die Gewinnung von Holz.



Josef Preyer, Frau beim Pilze oder Beeren sammeln im Laubwald (1902), Tiroler Landesmuseen, Ältere kunstgeschichtliche Sammlung Inv.-Nr. Gem/2983.



Erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts verlagerte sich der Fokus zunehmend auf die Holzproduktion. Unter dem Eindruck eines ständig wachsenden Verbrauchs und lokal auftretendem Holzangelang wurde die Angst vor einer allgemeinen „Holznot“ um. Aus der Sicht der Herrschenden mussten daher Maßnahmen ergriffen werden, um eine wirtschaftlich nachhaltige Holzversorgung abzusichern.

Da viele der landwirtschaftlichen Nutzungsarten im Wald das Wachstum der Bäume verminderten, sollten sie zurückgedrängt werden. Dies verlief jedoch nicht immer reibungslos: Der ländlichen Bevölkerung stand die Deckung ihres häuslichen Eigenbedarfs an Holz und Streu seit jeher zu. Daher regte sich Widerstand gegen die Einschränkung dieser althergebrachten Nutzungsrechte. Verstöße gegen die herrschaftlichen Vorgaben wurden als „Waldfrevel“ betrachtet und standen unter Strafe. Nichtsdestotrotz blieb die Umsetzung der Regeln schwierig. Die Forstverwaltung war organisatorisch und personell zu schwach, um gesetzliche Bestimmungen flächendeckend durchzusetzen.

	landwirtschaftliche Interessen	forstwirtschaftliche Interessen
Nutzung des Waldes	als Ergänzungsraum	zur Holzproduktion
Bewirtschaftungsziel	Deckung des Eigenbedarfs	Ertragsmaximierung – „Nachhaltigkeit“
(Re-)Aktion	„Waldfrevel“	Kontroll- und Regulierungsmaßnahmen

Was war im Wald verboten?

Auszüge aus den Forst-Direktiven für Tirol und Vorarlberg (1822)

§. 74.

Das Abwipfeln und Verstümmeln, Abschälen oder Abbinden, das Anbohren und Ankosten der stehenden Bäume, sind wahre Beschädigungen, und daher Waldfrevel.

§. 76.

Die Waldfrevel werden bestraft mit Polizey-Arrest, körperlicher Züchtigung, Forstarbeit, und Geld; der Arrest kann durch körperliche Züchtigung, und Fasten verschärft werden.

§ 74

Das Abwipfeln und Verstümmeln, Abschälen oder Abbinden, das Anbohren und Ankosten der stehenden Bäume, sind wahre Beschädigungen, und daher Waldfrevel.

§ 76

Die Waldfrevel werden bestraft mit Polizey-Arrest, körperlicher Züchtigung, Forstarbeit, und Geld; der Arrest kann durch körperliche Züchtigung und Fasten verschärft werden.

Gröber, Maximilian/Müller, Lukas/Schrott, Roman/Scharr, Kurt/Simon, Alois/Markart, Gerhard/Katzensteiner, Klaus/Meißl, Gertraud/Geitner, Clemens. Vom Wald auf den Acker, aber nicht mehr zurück. Zur Rekonstruktion historischer Waldstreuennutzung in Tirol um 1850, in: *Tiroler Heimat. Zeitschrift für Regional- und Kulturgeschichte Nord-, Ost- und Südtirols* 88 (2024), S. 201–226.

Stuber, Martin/Bürgi, Matthias, Hüterbueb und Heitstrahl. Traditionelle Formen der Waldnutzung in der Schweiz 1800 bis 2000, 2. Aufl., Bern 2012.

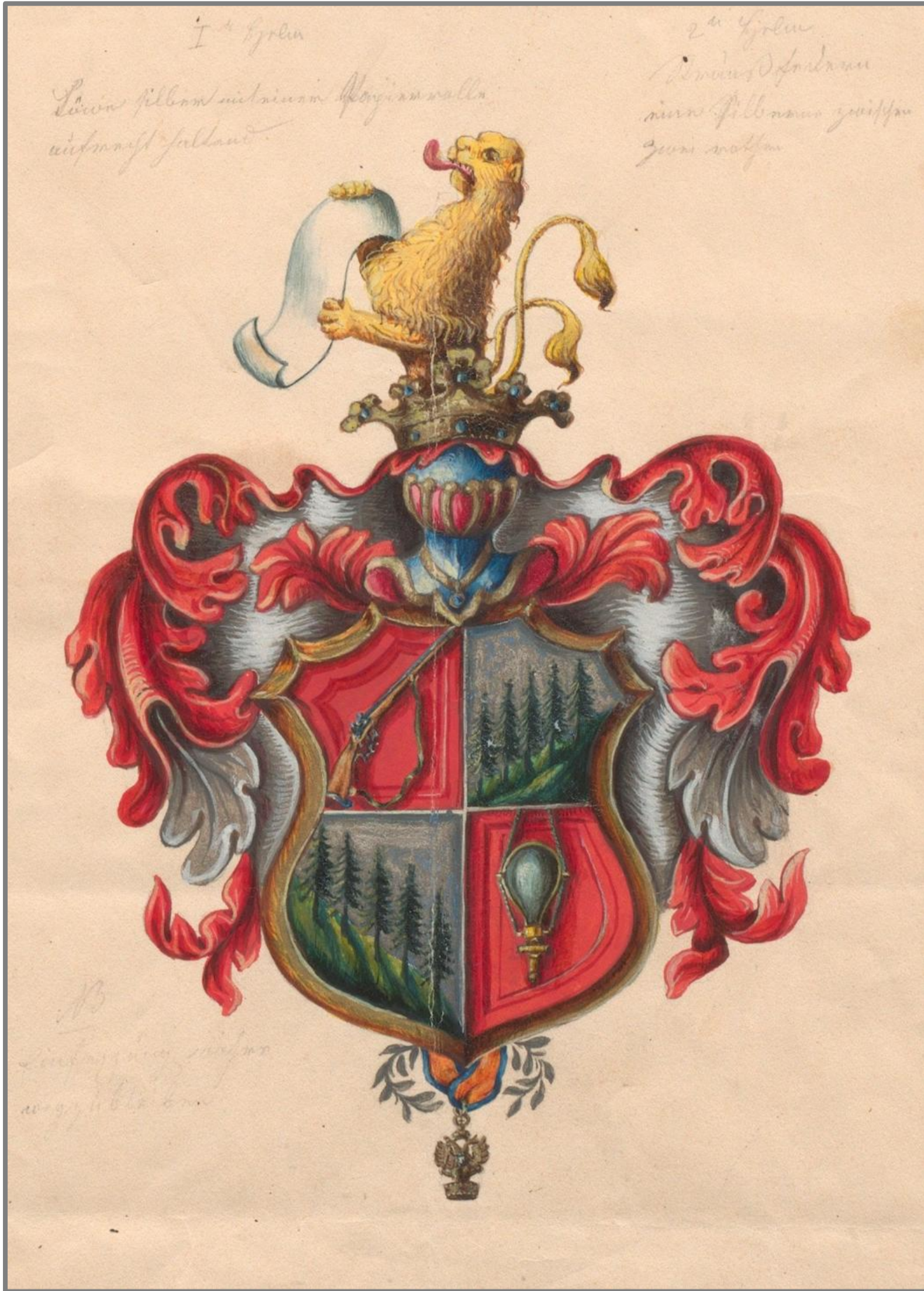




Wie wurden die Waldnutzungen zeitgenössisch bewertet?

Gröber M., Scharr K.

Die „rationelle“ Forstwirtschaft definierte den Wald als Raum, der so weit wie möglich der Holzproduktion dienen sollte. Alles, was darüber hinaus ging, wurde im Laufe des 19. Jahrhunderts von der Obrigkeit – dem Staat – zunehmend als (unerwünschte) Nebennutzung eingestuft. Zugleich stritten die Fachleute dieser Zeit darüber, welche Formen der nicht-forstlichen Nutzung im Wald vertretbar waren. Die Entnahme von Waldstreu stand dabei im Zentrum der Debatte: Sie war einerseits als schädlich bekannt, andererseits auch ein unverzichtbarer Bestandteil der damaligen Landwirtschaft.



Eine Störung des Gleichgewichts?

1831 verfasste der aus Kitzbühel stammende Forstmeister Gottlieb Zötl (1800–1852) ein Handbuch der Forstwirtschaft. Darin warnt er: Wenn man die bäuerliche Nutzung des Waldes verdrängt, entstehen Konflikte!

„Und so treten die Interessen der Landwirthschaft [...] mit jenen des isolirten Forstschutzes, den man im Gebirge fast durchgehends an die Stelle der Forstwirthschaft setzt, in Kampf und Widerspruch; das Gleichgewicht, nach dem die Bedürfnisse ringen, und die das Holz allein nicht zu stillen vermag, ist gestört; es wird das auf dem Wege des Frevels und der Unordnung gesucht [...]“

Der in vielen historischen Quellen angesprochene „Waldfrevel“ war ein Zeichen dafür, dass die Bevölkerung trotz Verboten an ihren Praktiken festhielt. Unmittelbare Meinungsäußerungen der Bauern tauchen zwar kaum in den Texten auf, doch ihr anhaltender Widerstand macht die Kluft zwischen Gesetz und Lebenswirklichkeit deutlich.

Wappen Gottliebs von Zötl ab 1850, Österreichisches Staatsarchiv/AVA Adel HAA AR 1124.34.

Ungehörte Stimmen

Wie die Bevölkerung auf die eingeführten Vorgaben reagierte, ist oft nur indirekt überliefert. Zum Beispiel, wenn ein Förster bei der Dokumentation der Waldnutzung keine Auskunft von einer Gemeinde erhielt. Hierzu ist Folgendes in einer Waldbeschreibung aus dem Tiroler Inntal vermerkt:

„Diese Gemeinde hat jeher sehr unverlässliche oder gar keine Holzbedarfsausweise eingestellt, und konnte selbst durch Dazwischenkunft und Verwendung der Gerichts-obrigkeit in neuester Zeit zu keiner verlässlichen Einstellung bewegt werden.“

Wer war Schuld am Hochwasser?

Nicht nur das Holzzuwachs, sondern auch der Schutz vor Naturgefahren wie Hochwässer sei durch bäuerliche Waldnutzungen gefährdet. So argumentierte beispielsweise der durch Tirol ziehende landwirtschaftliche Wanderlehrer Adolf Trientl (1817–1897).

„Aus einem Walde, dem die Bodenstreu genommen wurde, fließt bald nach einem stärkeren Regen viel Wasser ab, aber aus einem geschonten Walde selbst nach längeren Regengüssen nur wenig. Dieß hat für ganze Länder, in denen die Waldstreu rücksichtslos gerecht wird, die traurige Folge, daß die Flüsse bei Ungewitter viel verheerender anschwellen.“



Zeitgenössisches Bildnis Adolf Trientls, Wiener Landwirtschaftliche Zeitung vom 4. 11. 1882.

Garstenauser, Rita, Wald – Wissen – Staat. Die Formierung des Forstfachs, in: Oliver Kühschelm/Elisabeth Loinig/Stefan Eminger/Willibald Rosner (Hrsg.), Niederösterreich im 19. Jahrhundert, Bd. 1: Herrschaft und Wirtschaft. Eine Regionalgeschichte sozialer Macht, St. Pölten 2021, S. 645–671.

Gröber, Maximilian/Müller, Lukas/Schrott, Roman/Scharr, Kurt/Simon, Alois/Markart, Gerhard/Katzensteiner, Klaus/Meißl, Gertraud/Geitner, Clemens, Vom Wald auf den Acker, aber nicht mehr zurück. Zur Rekonstruktion historischer Waldstreunutzung in Tirol um 1850, in: *Tiroler Heimat. Zeitschrift für Regional- und Kulturgeschichte Nord-, Ost- und Südtirols* 88 (2024), S. 201–226.

Thommes, Celina, „auf Kosten [...] des Waldbodens“? Über die Wahrnehmung der Auswirkungen übermäßiger Waldstreunutzung in Tirol zur Mitte des 19. Jahrhunderts, MA-Arbeit Innsbruck 2025. Trientl, Adolf, Die Waldstreu, Innsbruck 1873.

Zötl, Gottlieb, Handbuch der Forstwirtschaft im Hochgebirge, für alle jene, welche das Forstwesen betreiben, oder mit demselben in Berührung stehen, als: Forst-, Berg- und Hütten-, Wasser- und Straßenbau- und politische Beamte, Gemeindevorstände, Waldbesitzer ec., Wien 1831.





Was können uns Zeitzeug:innen über historische Waldnutzungen erzählen?

Kopp E., Gröber M., Meißl G., Scharr K.

Die seit dem 19. Jahrhundert vorherrschende Diskussion über die Schädlichkeit von Waldnebennutzungen setzte sich bis in die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg weitgehend ungebrochen fort. Obwohl diese Praktiken seither aus dem Alltag der Menschen verschwanden, bleibt uns bis heute die Möglichkeit, ältere Generationen danach zu befragen. Sie helfen uns, die historischen Arbeitsabläufe nachzuvollziehen und liefern Antworten auf die Frage, warum diese Wirtschaftsformen aufgegeben wurden.

Als Grundlage für die Interviews auf verschiedenen Zillertaler Höfen diente uns ein zuvor ausgearbeiteter Leitfaden. Bodenproben zum Anfassen und Karten zur Verortung halfen, die Zusammensetzung des damals entnommenen Streumaterials und die genauen Orte der Streuentnahme im Gespräch zu bestimmen. Zugleich galt es dabei, die jeweiligen Erinnerungsgrenzen wie auch die Subjektivität mündlicher Überlieferungen zu berücksichtigen. Aber hören wir selbst, was die Zeitzeug:innen auf unsere Fragen geantwortet haben:

Welche Geräte verwendete man zur Streunutzung?

Bauer 1 (*1938) war bis 2007 auf seinem Hof tätig und versorgte dort insgesamt 10 bis 12 Stück Vieh. Zum Hof gehörten ein direkt angrenzender Obstgarten sowie ein nahe gelegener Wald. Die gesamte Wirtschaftsfläche des Hofes betrug etwa 7 Hektar.



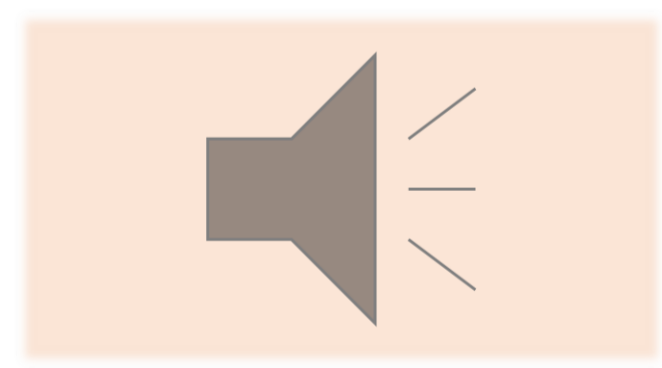
Durch die Verwendung von kurzstieligen Sensen („Strebsas“) und eisernen Rechen wurde die Streu gemäht und „gekrallet“.



Was geschah mit der Streu nach dem Rechen?

Nach dem Zusammenrechen verblieben die Streuhaufen zunächst im Wald. Nach dem ersten Schneefall kam zu ihrem Transport oft der „Ferggl“ oder „Ziachbock“ zum Einsatz: ein etwa zwei Meter langer Holzrahmen, mit dem die Streu wie mit einem Schlitten ins Tal gezogen werden konnte.

Bäuerin 1 (*1943) spricht im Interview fast ausschließlich von ihrer Heimat am Gerlosberg im hinteren Zillertal. Der dort bewirtschaftete Hof umfasste insgesamt 27 Hektar. Der Anteil an Wiesen- und Waldflächen war annähernd gleich groß. Außerdem gehörte zum Heimathof der Bäuerin noch eine Alm im Gerlostal.



Warum habt ihr Streu aus dem Wald geholt?



„Weil man nichts anderes hatte.“

Bauer 2 (*1942) ist auf einem Hof aufgewachsen, übernahm diesen allerdings nicht. Er verdiente sich außerhalb des Zillertals als Holzarbeiter. Die Wirtschaftsfläche des elterlichen Hofes betrug etwa 10 Hektar.

Warum endete die Streunutzung?

Durch die Möglichkeit, Stroh kostengünstig als Streumaterial anzukaufen, gab es ab den 1950er Jahren eine Alternative zur anstrengenden Arbeit.



Haumesser oder „Brax“ zum Zerkleinern der Fichtenäste. © HILUC

„Da war dann Personalmangel.“



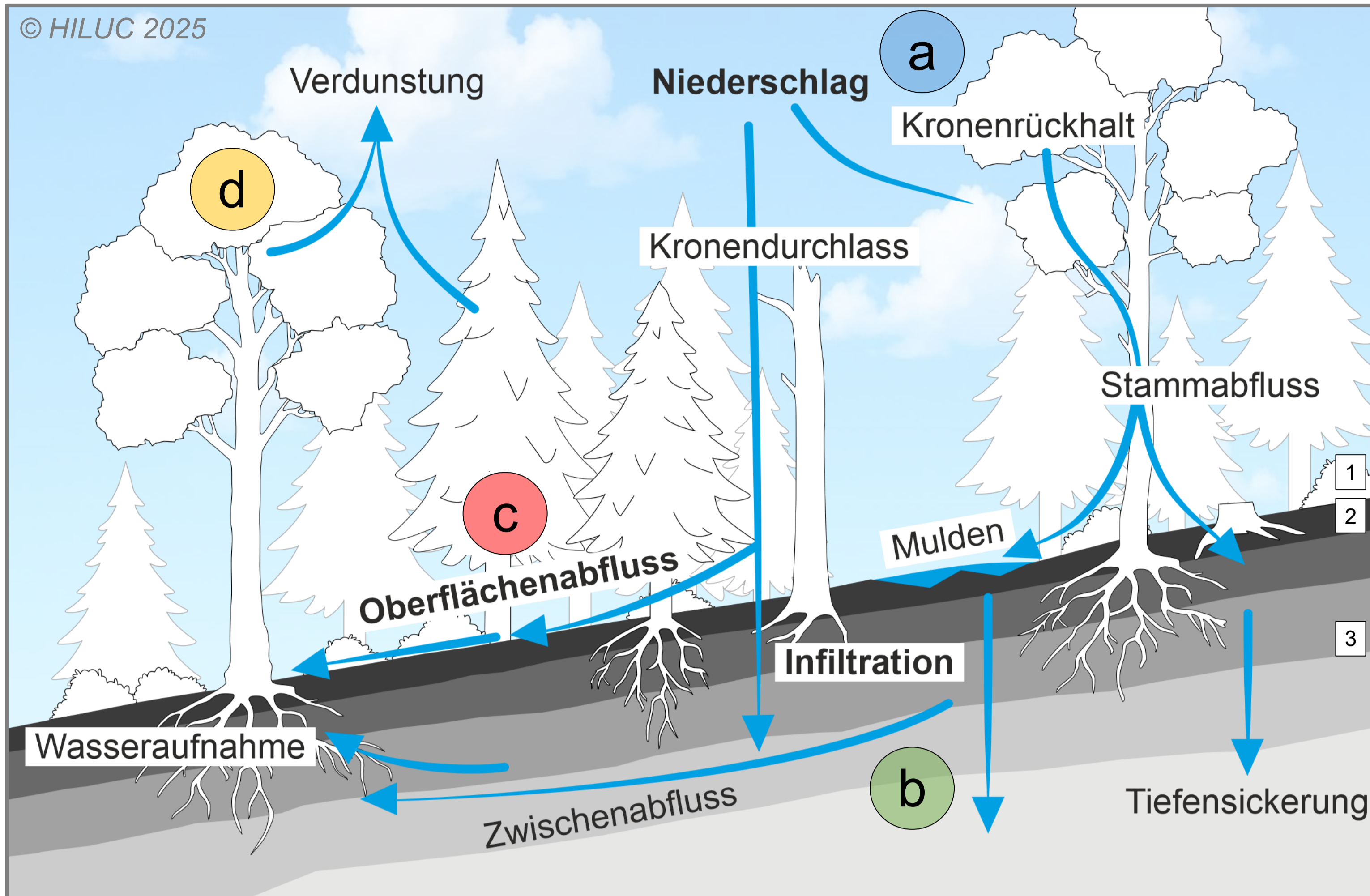
Kopp, Emma, Historische Nutzung des Waldes im mittleren Zillertal am Beispiel der Streunutzung und Waldweide, BA-Arbeit, Universität Innsbruck 2024.





Welche Rolle spielen die Wälder im Wasserhaushalt?

Müller L., Meißl G., Kohl B., Markart G., Geitner C.



Wälder spielen im **Wasserkreislauf** von Gebirgslandschaften eine wichtige Rolle, insbesondere im Hinblick auf Aufnahme, Speicherung und Verdunstung von Wasser. Daher haben Struktur und Nutzung der Wälder sowie deren Veränderungen eine wichtige Bedeutung. Durch die hohe Rauigkeit und die starke Infiltration in Wäldern tragen diese zur Verzögerung und Reduktion des Oberflächenabflusses und damit zur Abminderung von Abflussspitzen sowie der Hochwassergefahr in Gebirgsregionen bei.

Wasserkreislauf im Wald.

- a** Ein Teil des Niederschlags in Wäldern wird durch die Baumkronen aufgefangen (**Kronenrückhalt**). Sobald die Kronen kein Wasser mehr aufnehmen können, gelangt es verzögert und mit reduzierter Bewegungsenergie als **Kronendurchlass** oder **Stammabfluss** zum Boden. Der Teil des Wassers, der in der Krone gehalten werden kann, verdunstet.
- b** Wasser, das am Boden ankommt, kann in **Mulden** und im Auflagehumus zurückgehalten werden oder in den Mineralboden eindringen und weiter nach unten sickern. Waldböden besitzen meist gute Infiltrationseigenschaften und eine hohe Wasserspeicherkapazität. Das versickerte Wasser gelangt entweder über den **Zwischenabfluss** verzögert in die Bäche oder trägt durch **Tiefensickerung** zur Grundwasserneubildung bei.
- c** **Oberflächenabfluss** entsteht, wenn auf geneigten Flächen die Niederschlagsmenge die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens übersteigt. Das kann passieren, wenn die Bodenoberfläche versickerungshemmende Eigenschaften aufweist oder wenn die Poren des Oberbodens schon weitgehend wassergefüllt sind. Oberflächenabfluss fördert als schneller Prozess die Hochwasserbildung.
- d** Bäume nehmen Wasser aus dem Boden auf und geben es durch **Verdunstung** wieder an die Atmosphäre ab. Hier schließt sich der Wasserkreislauf.



Welche hydrologischen Eigenschaften haben Waldböden?

Waldböden wirken wie ein großer **Schwamm**:

Hohe Infiltrationsrate

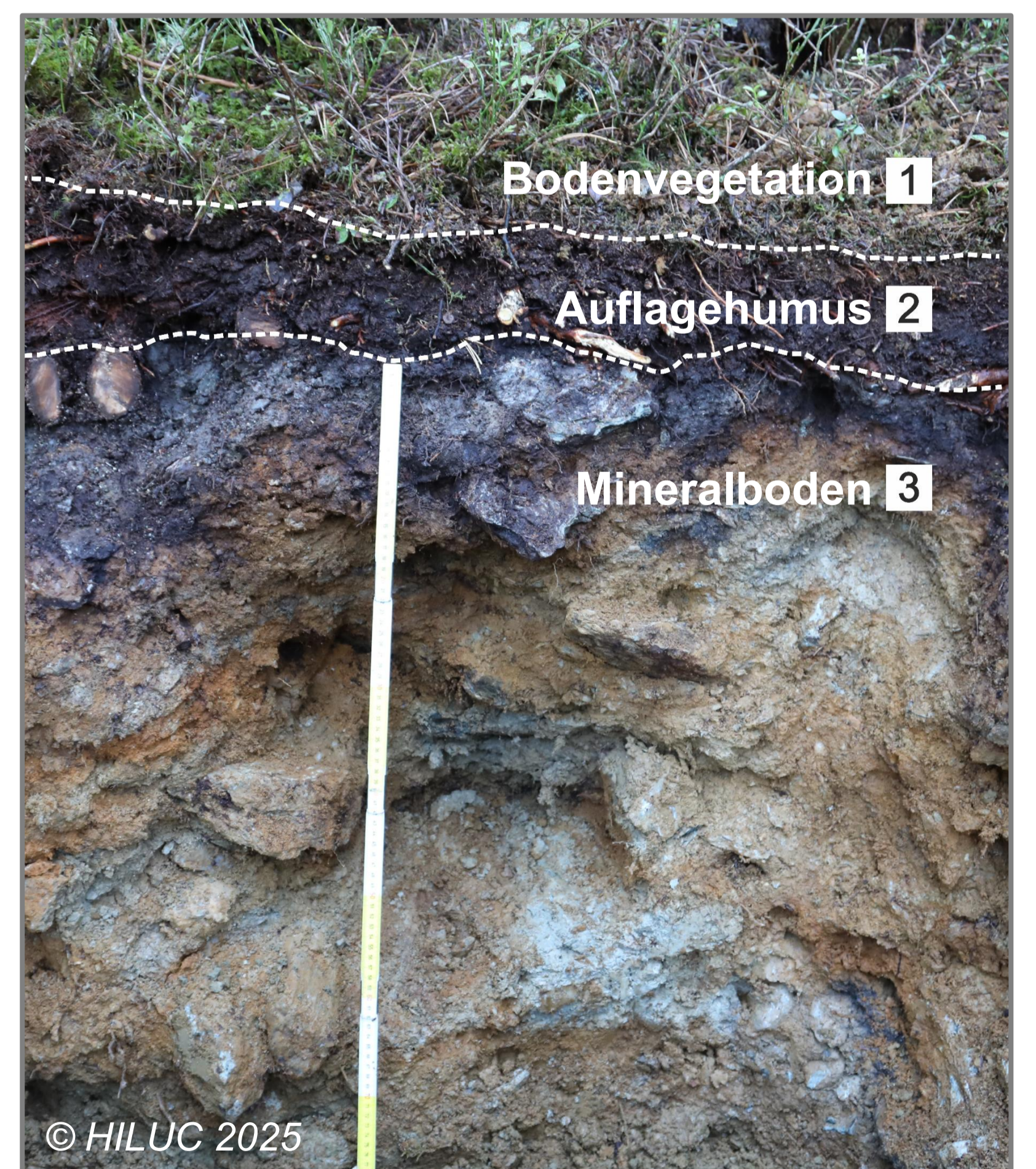
Waldböden gewährleisten eine dosierte Versickerung von Niederschlag und reduzieren damit den Oberflächenabfluss.

Große Wasserspeicherkapazität

Humus- und Oberbodenhorizonte können mit ihrer günstigen Porenstruktur beträchtliche Wassermengen speichern.

Große Heterogenität durch Porenanzahl und -größe

Hydrologische Eigenschaften variieren stark je nach Bodeneigenschaften (durchlässig / stauend).



Typisches Profil eines Waldbodens (Bodentyp Podsol in Stumm Plot A3, Zillertal) mit aufnahmefähigem Humus, vielen Steinen und Hohlräumen.

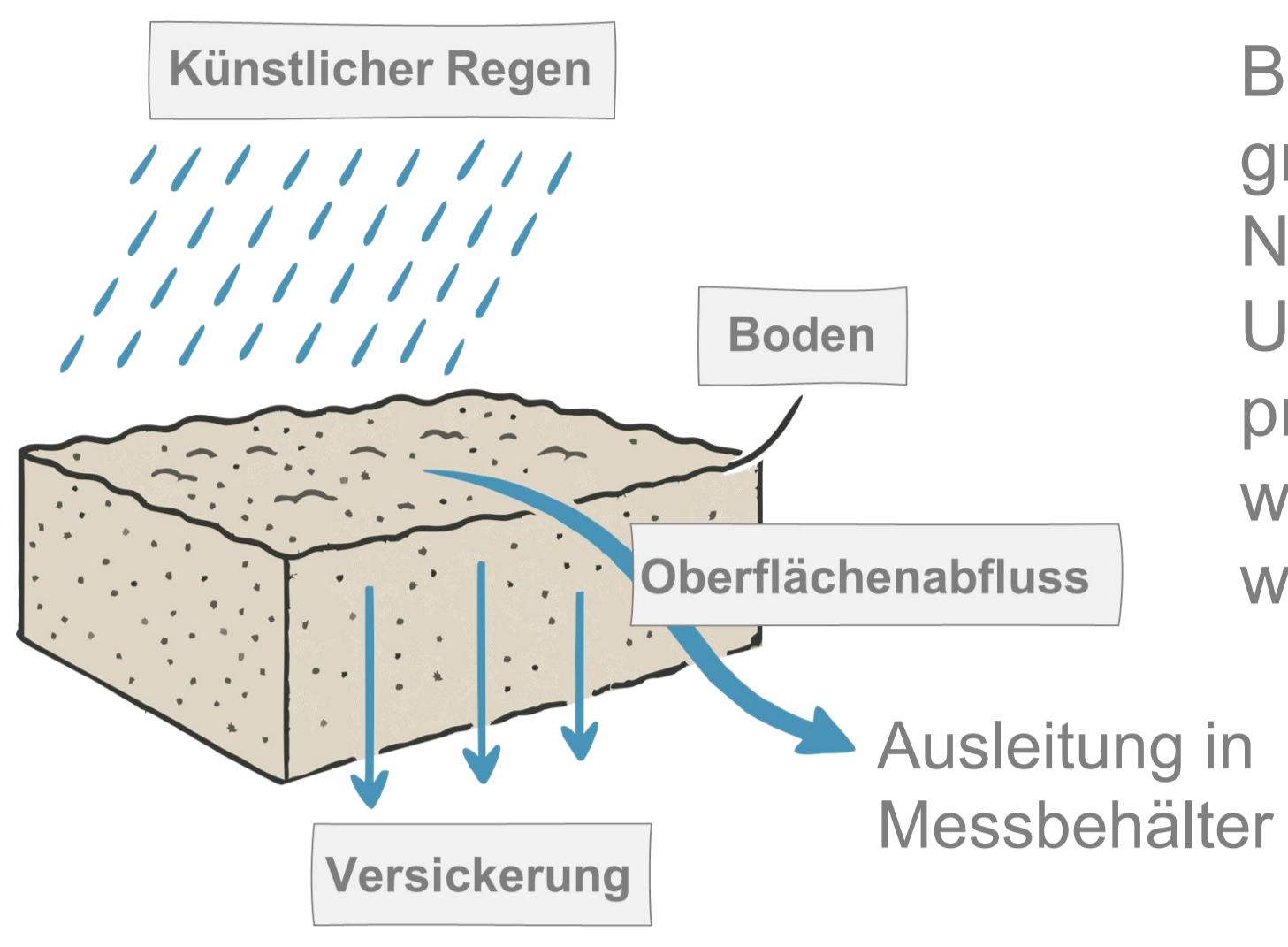
Markart, G., Sotier, B., Stepanek, L., Lechner, V., & Kohl, B. (2017). Waldwirkung auf die Abflussbildung bei unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben. Wildbach- und Lawinenverbau, Heft Nr. 180, 100-115.





Wohin fließt das Regenwasser auf unseren Testflächen?

Müller L., Meißl G., Kohl B., Markart G., Meier R., Geitner C.



Der **Oberflächenabfluss** ist der Prozentanteil des Regens, der nicht versickert, sondern oberflächlich abfließt.

Bei einem **Beregnungsversuch** wird eine definierte Testfläche mit einer gleich großen Niederschlagsmenge beregnet. Die Regenintensität ist dabei die Menge an Niederschlag, die in einer definierten Zeitspanne auf eine bestimmte Fläche fällt. Um einen Starkregen zu simulieren, wird häufig eine Regenintensität von 100 l/m² pro Stunde aufgebracht. Das sind Regenmengen, wie sie auch bei Gewittern immer wieder vorkommen. Der oberflächlich abfließende Anteil (**Oberflächenabfluss**) wird in einer Rinne aufgefangen und gemessen.

Wir entfernten auf insgesamt vier Flächen in Söll und am Stummerberg die Streu und Teile des Auflagehumus, wie es in historischen Quellen und mündlichen Überlieferungen beschrieben ist.

Beregnungsversuche wurden vor diesem Eingriff sowie etwa einen Monat und ungefähr ein Jahr danach durchgeführt.

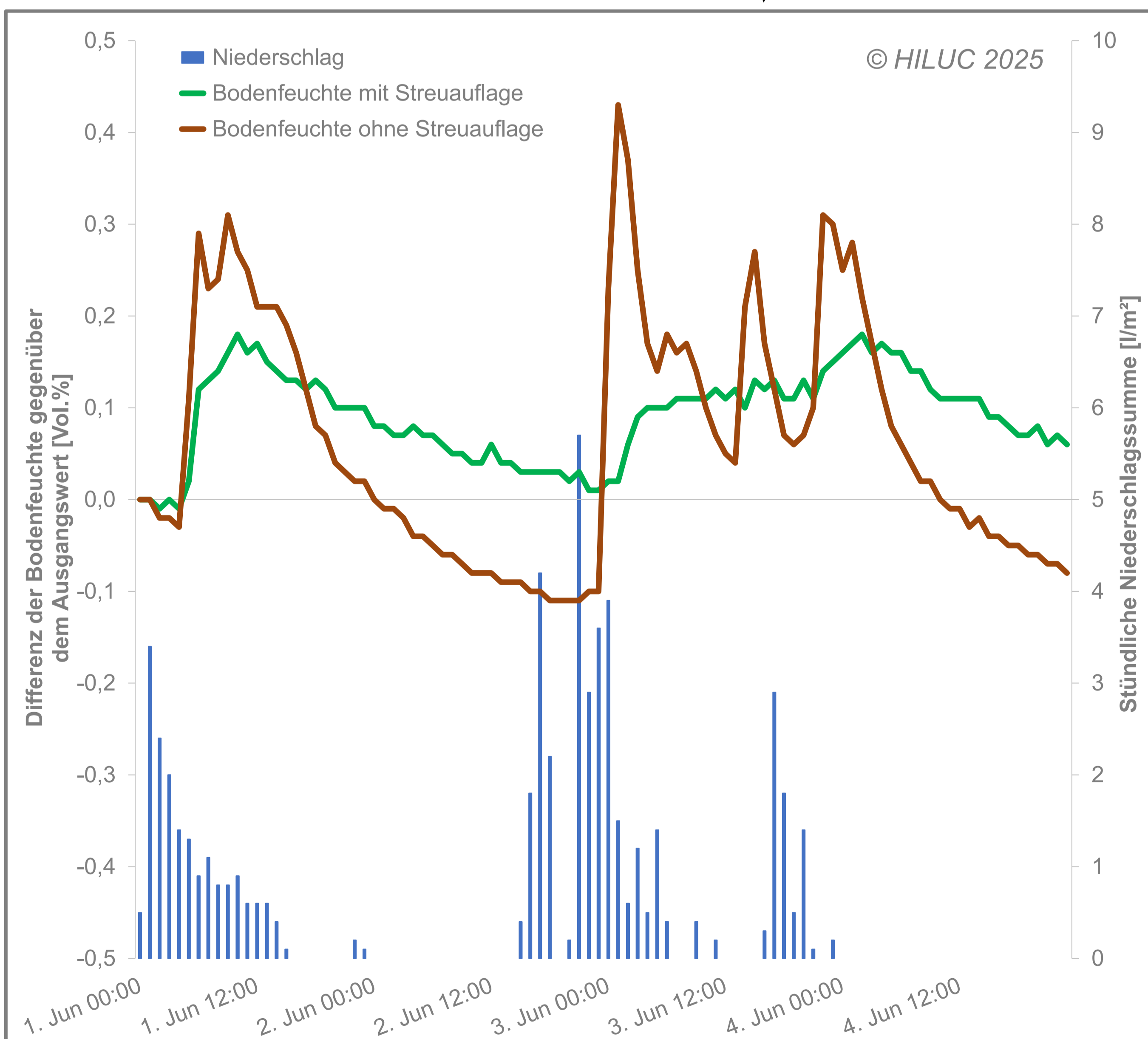
Ergebnisse

In unserer Studie zeigten nur zwei von vier Versuchsflächen etwa einen Monat nach der Streunutzung erhöhten Oberflächenabfluss, erreichten jedoch ein Jahr später wieder nahezu dieselben Werte wie vor der Streunutzung.



S1	0%	0%	0%
S2	0%	16%	0%
A3	0%	0%	0%
A4	49%	63%	53%
	Vor Streunutzung	Nach Streunutzung	Ein Jahr nach Streunutzung

Ergebnisse der HILUC-Beregnungsversuche mit gemessenem Anteil des Oberflächenabflusses in Prozent.



Dort, wo sich die Streunutzung aufgrund der Bodeneigenschaften nicht auf den Oberflächenabfluss auswirkte, kann nach Entfernen der Streu das Regenwasser schneller und tiefer in den Boden eindringen. Die **Bodenfeuchte** steigt somit bei Niederschlag rascher an, im Anschluss trocknet der Boden aber auch wieder schneller aus. Höhere Ausschläge der braunen Kurve (Bodenfeuchte auf streugener Fläche) im Vergleich zur grünen (Bodenfeuchte auf ungenutzter Fläche) zeigen diesen Zusammenhang.

Differenz der Bodenfeuchte (Vol.%) gegenüber dem Ausgangswert und stündliche Niederschlagssummen für Testfläche A4 (1.–4. Juni 2024) in 10 cm Tiefe; Differenz relativ zum ersten stündlichen Wert am 1. Juni, 00:00 Uhr (Datenquelle der Niederschlagswerte: Messstation 102970 Ried im Zillertal, Hydrographischer Dienst Tirol, 2024; Bodenfeuchte: eigene Messungen).

Müller, L., Geitner, C., Schrott, R., Markart, G., Kohl, B., Gröber M., Meier, R., & Meißl, G. (in Begutachtung): How does forest litter extraction commonly used in the past affect the runoff reaction to heavy rainfalls?

Meier, Raphael. Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Streuentnahme im Wald: Analyse der Bodenfeuchte und Bodentemperatur von vier Flächen im Rahmen eines Streuentnahmeexperimentes in Tirol von Juli bis November 2023, BA-Arbeit, Universität Innsbruck 2023.

Ökologische und hydrologische Wirkung historischer Waldnutzung





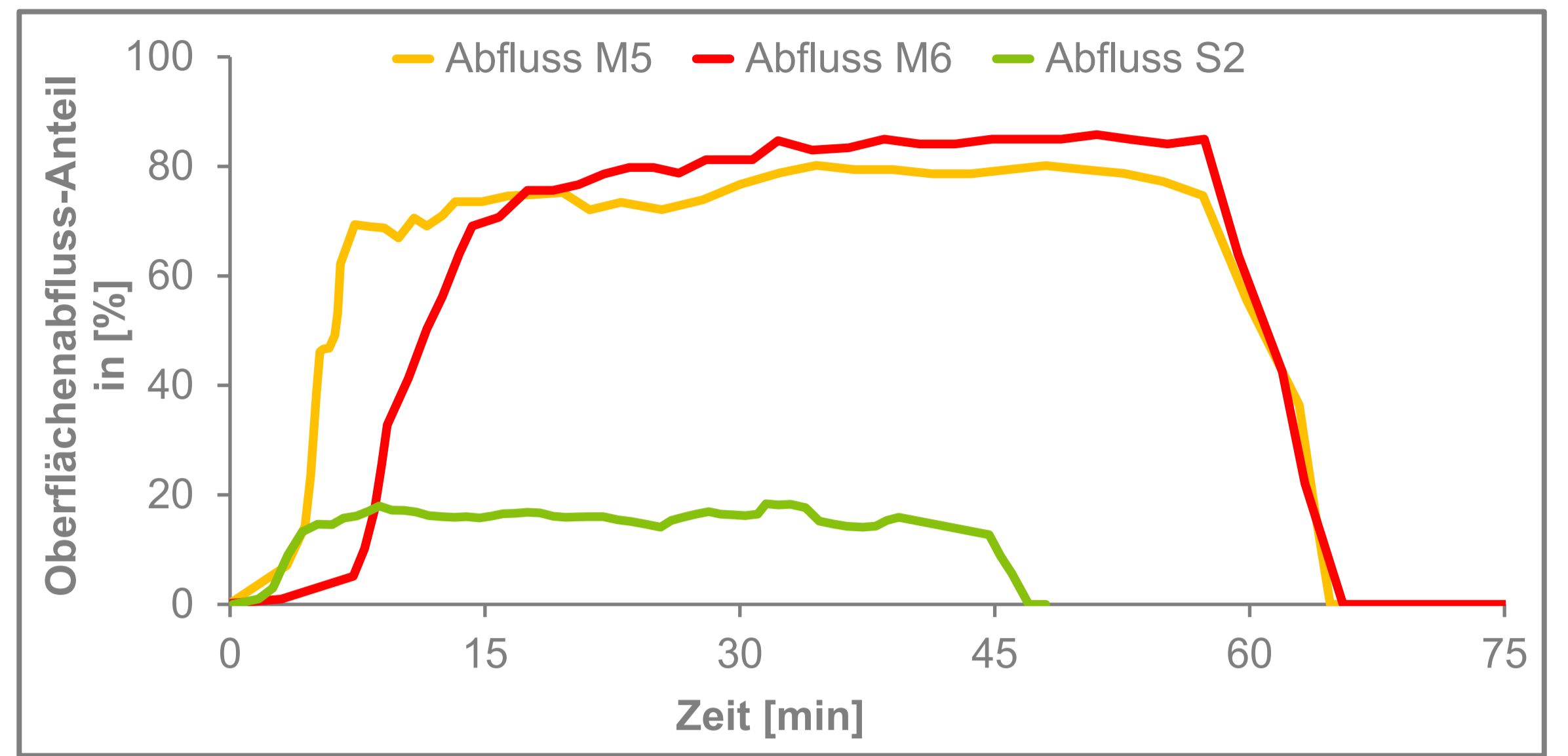
Wie beeinflusst Waldweide die Entstehung von Oberflächenabfluss?

Müller L., Meißl G., Kohl B., Markart G., Geitner C.

Die **Waldweide** war früher eine verbreitete Form der **Waldnutzung**. In Tirol wird sie auch heute noch teilweise praktiziert. Wenn die Rinder den Waldboden begehen, wird der Oberboden verdichtet. Da dies auch im Hinblick auf die Entstehung von **Oberflächenabfluss** bedeutsam und in einem Projekt-Testgebiet die Waldweide weiterhin üblich ist, wurden zusätzliche Beregnungsversuche speziell dazu durchgeführt.



Waldweide ist eine Form der Waldbewirtschaftung, bei der das Vieh unter einem aufgelichteten Kronendach weidet.



Ergebnisse der HILUC-Waldweide-Beregnungsversuche (M5 & M6) und Streunutzung (S2): Gemessener Oberflächenabfluss-Anteil in %.

Versuchsfläche	Oberflächenabfluss-Anteil in [%]	Abfluss-Klasse
Abfluss M5	80%	5
Abfluss M6	86%	5
Abfluss S2	16%	2

Ergebnisse der Waldweide-Beregnung

Beregnungsversuche zur **Streunutzung**. Als Vergleich Testfläche S2 nach Streunutzungseingriff.

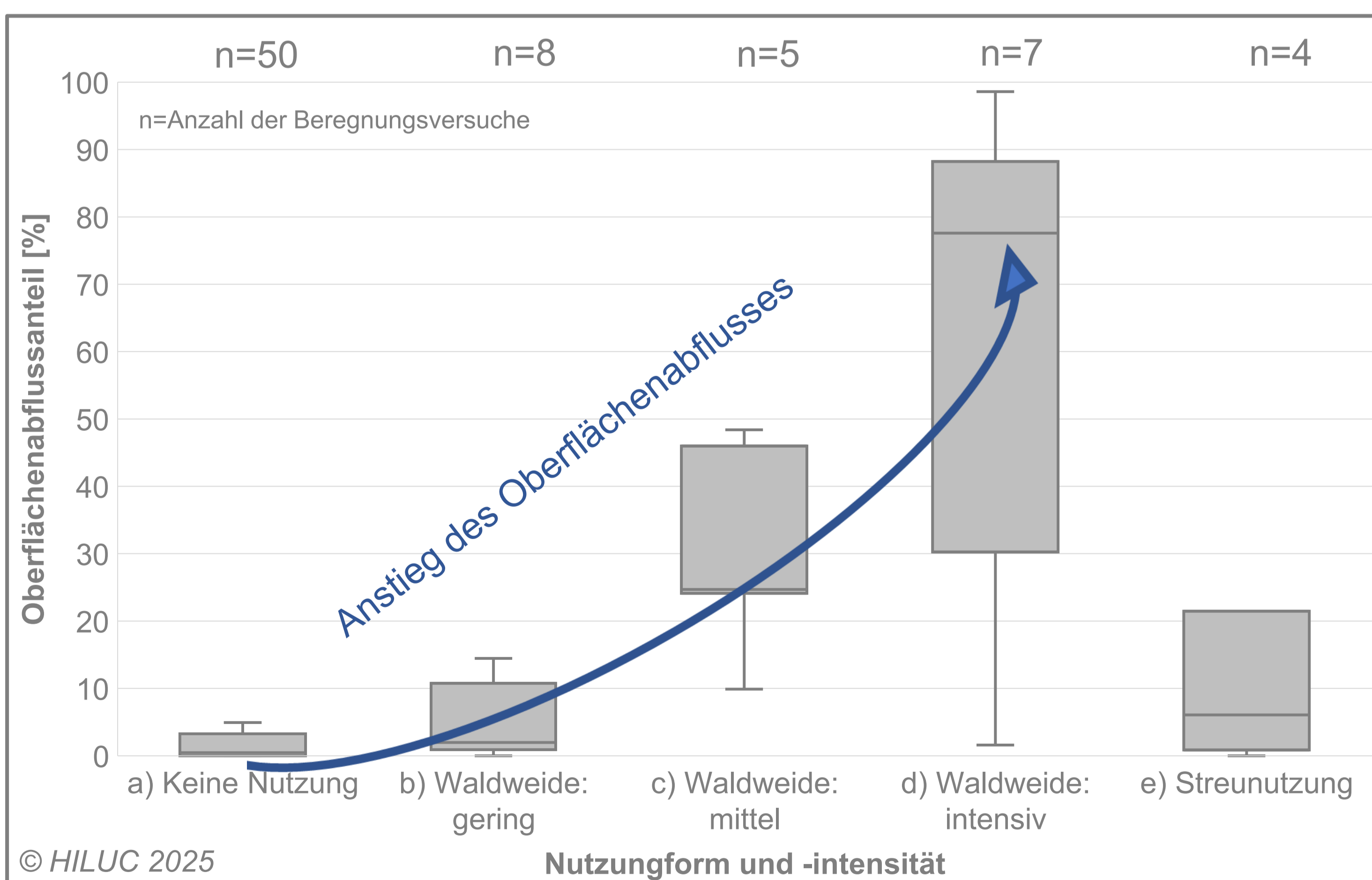
Beregnungsversuche zur **Waldweide**. Jeweils zwei Testflächen mit ähnlich hohem Oberflächenabfluss.

Abflussklasse	Oberflächenabfluss in % vom Niederschlag
0	0
1	> 0 – 10
2	> 10 – 30
3	> 30 – 50
4	> 50 – 75
5	> 75 – < 100
6	100

Oberflächenabfluss-Klassen, modifiziert nach Markart et al. (2011).

Mit den **Abflussklassen** kann man nach der Methode von Markart et al. (2004, 2011) abschätzen, wie viel Wasser bei Starkregen über bestimmten Böden mit ihrer Vegetation oberflächlich abfließt. So lassen sich die Flächen in Klassen einteilen und Karten des Oberflächenabflusses erstellen.

Die Einteilung folgt dem **Ampelsystem**, wobei Grün für günstige Versickerungseigenschaften und Rot für weniger günstige Eigenschaften mit einer größeren Neigung zum Oberflächenabfluss steht.



© HILUC 2025

Auswertung von 74 Beregnungsversuchen des BFW und sechs aus dem HILUC Projekt; Datenquelle: Unveröffentlichter Datensatz von Markart und Kohl (2025).

Beregnungsversuche des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) zeigen, dass die Nutzungsintensität einen entscheidenden Einfluss auf den Oberflächenabfluss hat. Die Auswirkung der Streunutzung liegt zwischen jener geringer und mittlerer Waldweideintensität. Obwohl die gemessenen Oberflächenabfluss-Anteile eine hohe Variabilität aufweisen, ist eine klare Tendenz erkennbar: Mit zunehmender Nutzungsintensität steigt der Oberflächenabfluss. Hauptursache hierfür ist die durch die Nutzung bedingte Bodenverdichtung, wobei zwischen kurzfristigen Eingriffen und langjähriger Beeinflussung unterschieden werden muss.

Markart, G., Kohl, B., Sotier, B., Schauer, T., Bunza, G., & Stern, R. (2004). Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). Bundesamt und Forschungszentrum für Wald.

Markart, G., Kohl, B., Sotier, B., Klebinder, K., Schauer, T., Bunza, G., . . . Stern, R. (2011). A simple code of practice for the assessment of surface runoff coefficients for alpine soil-/vegetation units in torrential rain (version 2.0). Natural Hazards and Landscaper (BFW), Innsbruck.

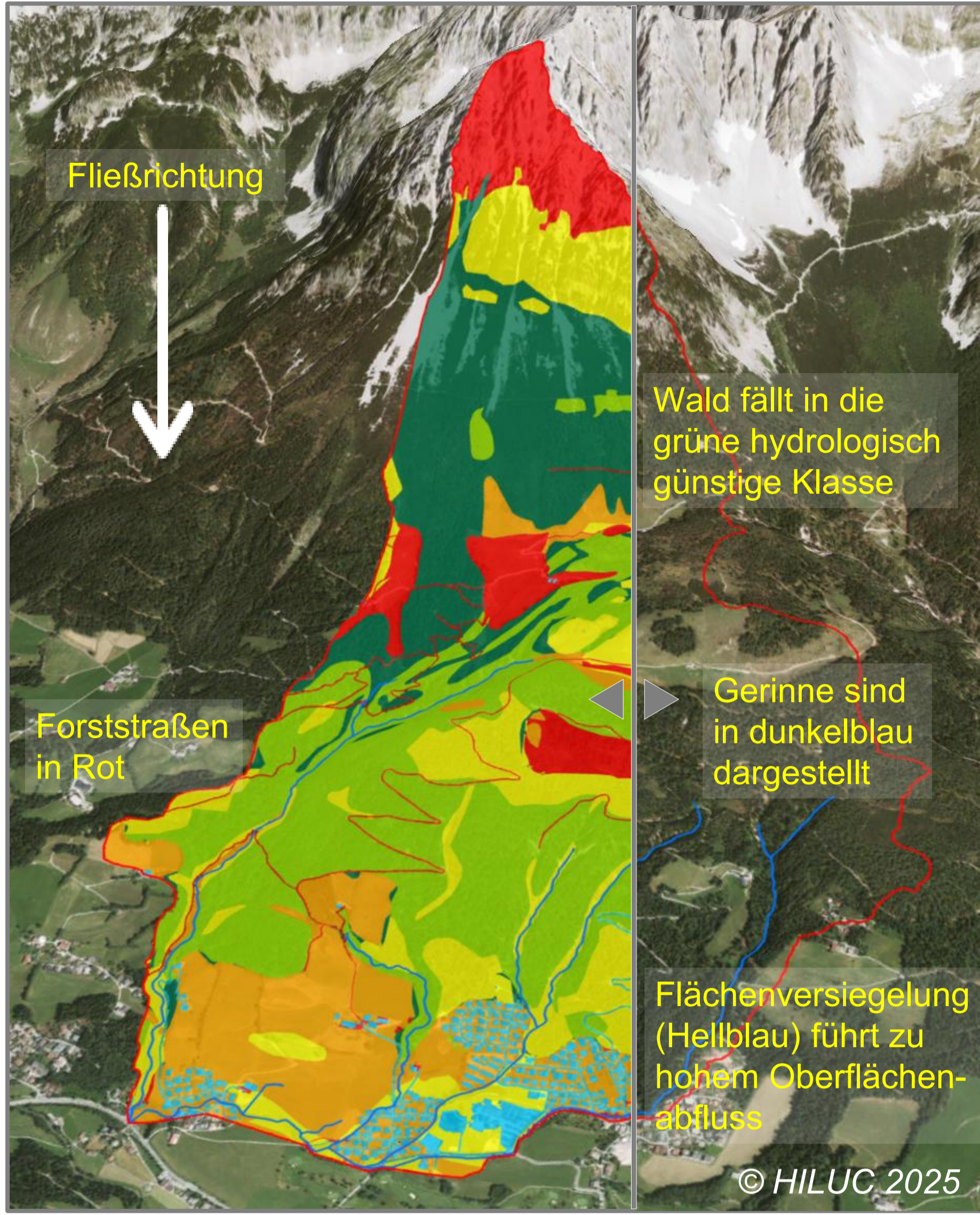




Wie modellieren wir Hochwasserabflüsse?

Müller L., Meißl G., Kohl B., Markart G., Geitner C.

ZEMOKOST (Kohl 2011) ist ein **Niederschlags-Abflussmodell** für Wildbacheinzugsgebiete, das auch ohne Messungen des Abflusses (Pegeldaten) auskommt. Als Inputdaten werden benötigt: Karten der **Oberflächenabflüsse** (geben an, welcher Anteil des Niederschlags auf der jeweiligen Fläche oberflächlich abfließt), der **Oberflächenrauigkeit** (steuert die Oberflächenabfluss-Geschwindigkeit) sowie der Zwischenabfluss-Anteile und Zwischenabfluss-Geschwindigkeiten. Anhand von Niederschlagsdaten errechnet das Modell, wann wieviel Wasser abfließt (**Abflussganglinie und Spitzenabfluss**).



Oberflächenabfluss-Karten wurden im Auftrag der Wildbach- und Lawinenverbauung im Rahmen des Projekts **PSINOT** nordtirolweit erstellt (Kohl et al. 2021) und standen dem Projekt HILUC zur Verfügung. Diese Daten wurden in den vier Einzugsgebieten im Gelände überprüft und im Bedarfsfall überarbeitet.

Abflussklasse	Oberflächenabfluss in % vom Niederschlag
0	0
1	> 0 – 10
2	> 10 – 30
3	> 30 – 50
4	> 50 – 75
5	> 75 – < 100
6	100

Oberflächenabfluss-Klassen, modifiziert nach Markart et al. (2011).

Wie lassen sich die Oberflächenabfluss-Klassen für die Vergangenheit bestimmen?

Mit Hilfe eines im Projekt entwickelten **Expertensystems** werden die Versickerungsbedingungen und Oberflächenabfluss-Karten für verschiedene Zeiträume erstellt (um 1850, 1960 und 2020).

Waldbeschreibungen mit Karten überliefern die historischen Gebietsbedingungen sowie Landnutzungsinformationen für die Zeitscheibe **1850**.

Historische Karte mit Beschreibung aus dem Tiroler Landesarchiv.

Datenquelle: AT-Tiroler Landesarchiv/Bestände von Behörden und Ämtern/Mischbestände/Karten und Pläne 2672 Forstbezirk Ellmau 1841.

Luftbild aus dem Jahr 1967 mit Markierungen zur Georeferenzierung und weiteren Informationen wie Flughöhe und Brennweite.
Quelle: Modifiziert nach BEV (1967).

Die ersten verfügbaren **Luftbilder** (1963–1969) dienen dazu, den Zeitraum der **1960er** Jahre für die Gebiete zu rekonstruieren.

Für den aktuellsten Zeitpunkt **2020** lagen die genauesten Informationen zur Bodenbedeckung und Landnutzung vor, die in das Expertensystem unter anderem durch **PSINOT** und die **Gebietskartierung** (2023–2024) integriert werden konnten.

Digitale Kartierung

PSINOT-Karte mit angepassten Abflüssen nach ergänzender Kartierung.

Markart, G., Kohl, B., Sotier, B., Klebinder, K., Schauer, T., Bunza, G., ... Stern, R. (2011). A simple code of practice for the assessment of surface runoff coefficients for alpine soil-/vegetation units in torrential rain (version 2.0). Natural Hazards and Landscaper (BFW), Innsbruck.



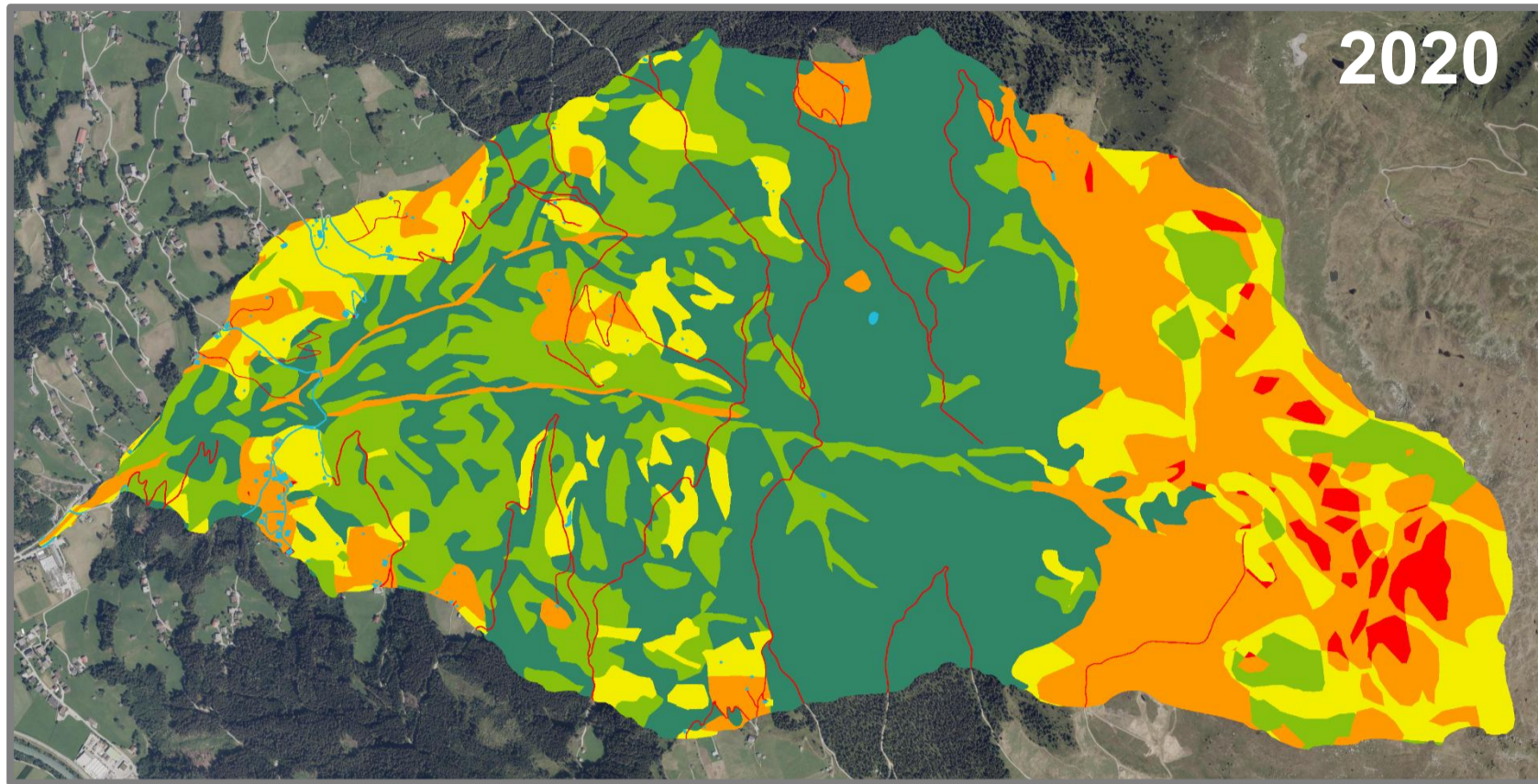
Wie beeinflussen die historischen Landnutzungen den Abfluss?

Müller L., Meißl G., Kohl B., Markart G., Geitner C.

Ziel dieses Projektteils: Die Rekonstruktion der Abflussbedingungen um 1850, 1960 und 2020 unter Berücksichtigung der historischen Waldnutzung in kleinen alpinen Einzugsgebieten.

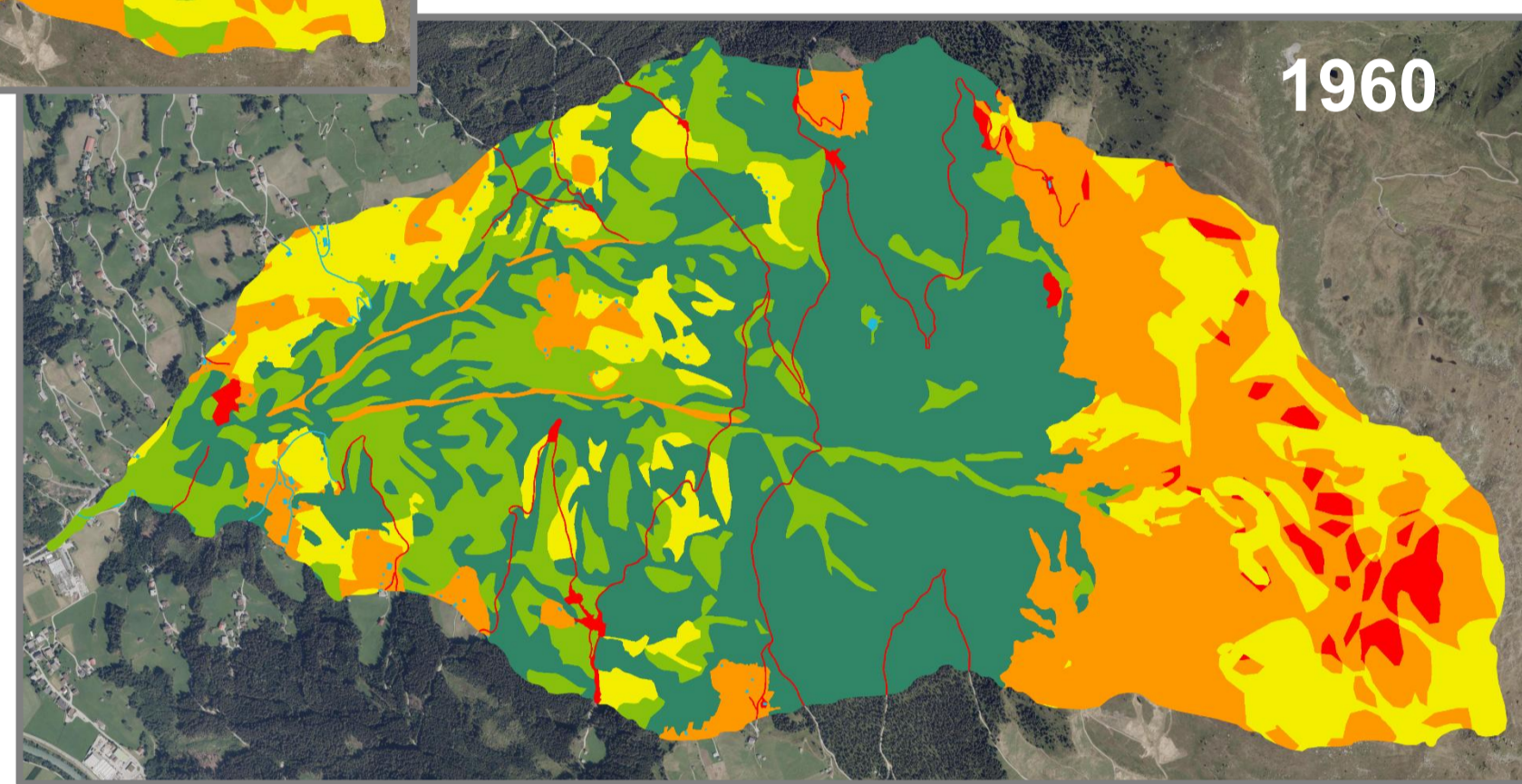
Was wir bereits wissen: Kleine alpine Einzugsgebiete sind besonders gefährdet: begrenzte Überwachung (keine Abflussmessungen), kurze Vorwarnzeiten, lokale Starkniederschläge und begrenzte Pufferkapazität.

2020: Aktuelle Situation

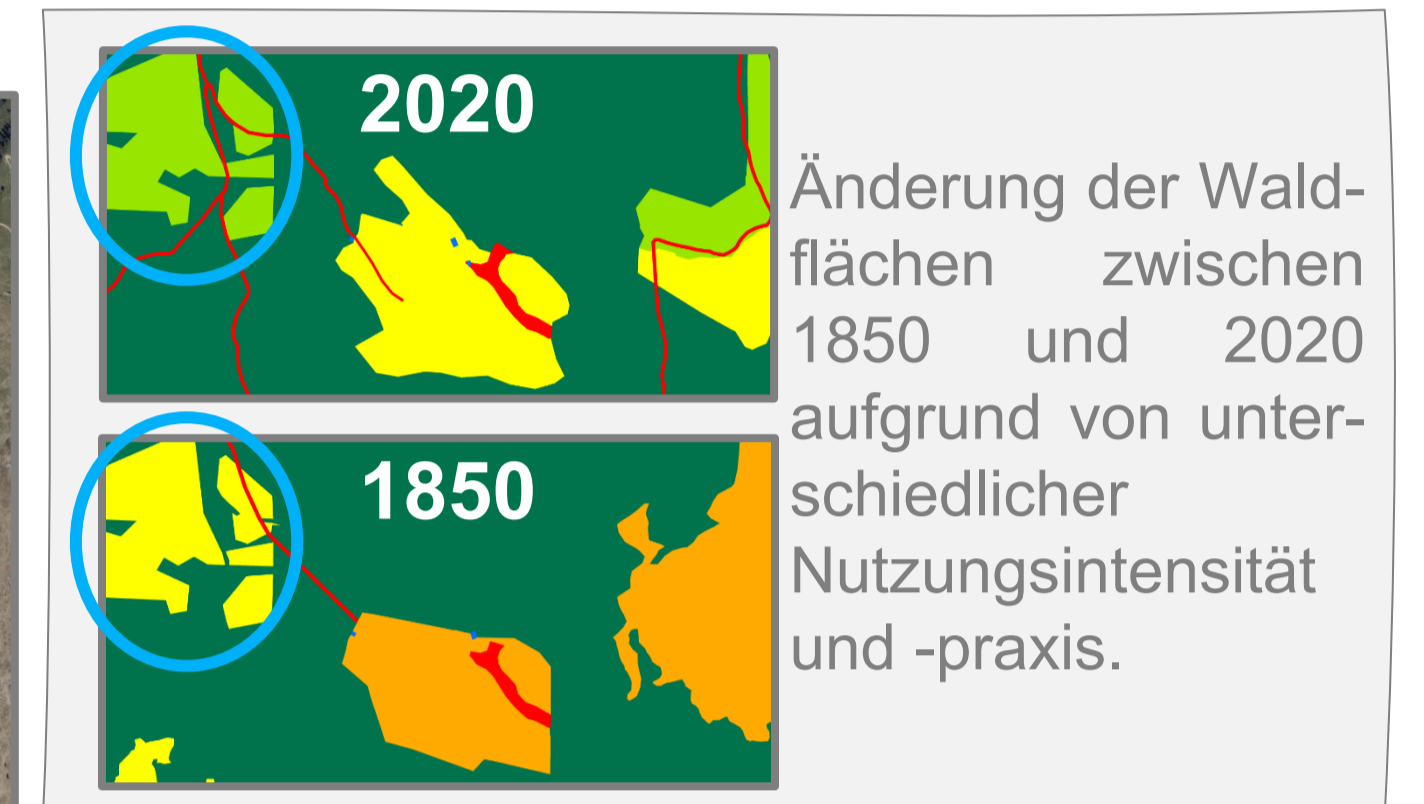


Almnahe Wälder weichen von den für Wald üblichen Abflussklassen (0–2) ab und erreichen teilweise Klassen 4–5, verursacht durch die damals intensive Waldweide.

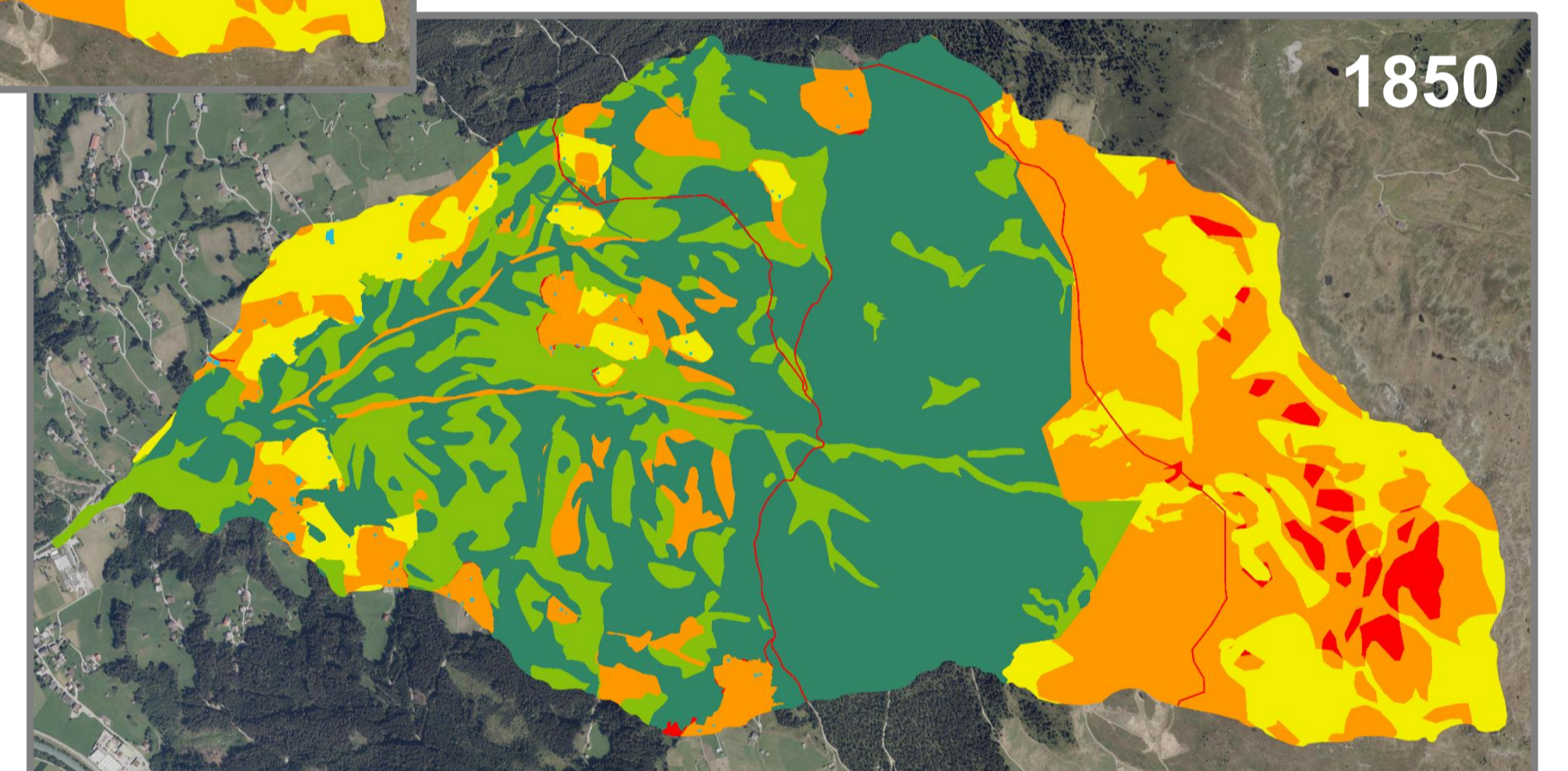
Modellierungen für 1850, 1960 und 2020 auf Basis aus dem Expertensystem abgeleiteter Oberflächenabfluss-Karten zeigen die Veränderungen der Nutzungsintensität. Die prägnantesten Änderungen zwischen 1850 und 2020 betreffen die Dichte des **Forststraßennetzes**, die **versiegelten** bzw. **bebauten Flächen** und die **Ausdehnung des Waldes**, hier zu sehen am Beispiel des Ahrnbach Einzugsgebiets.



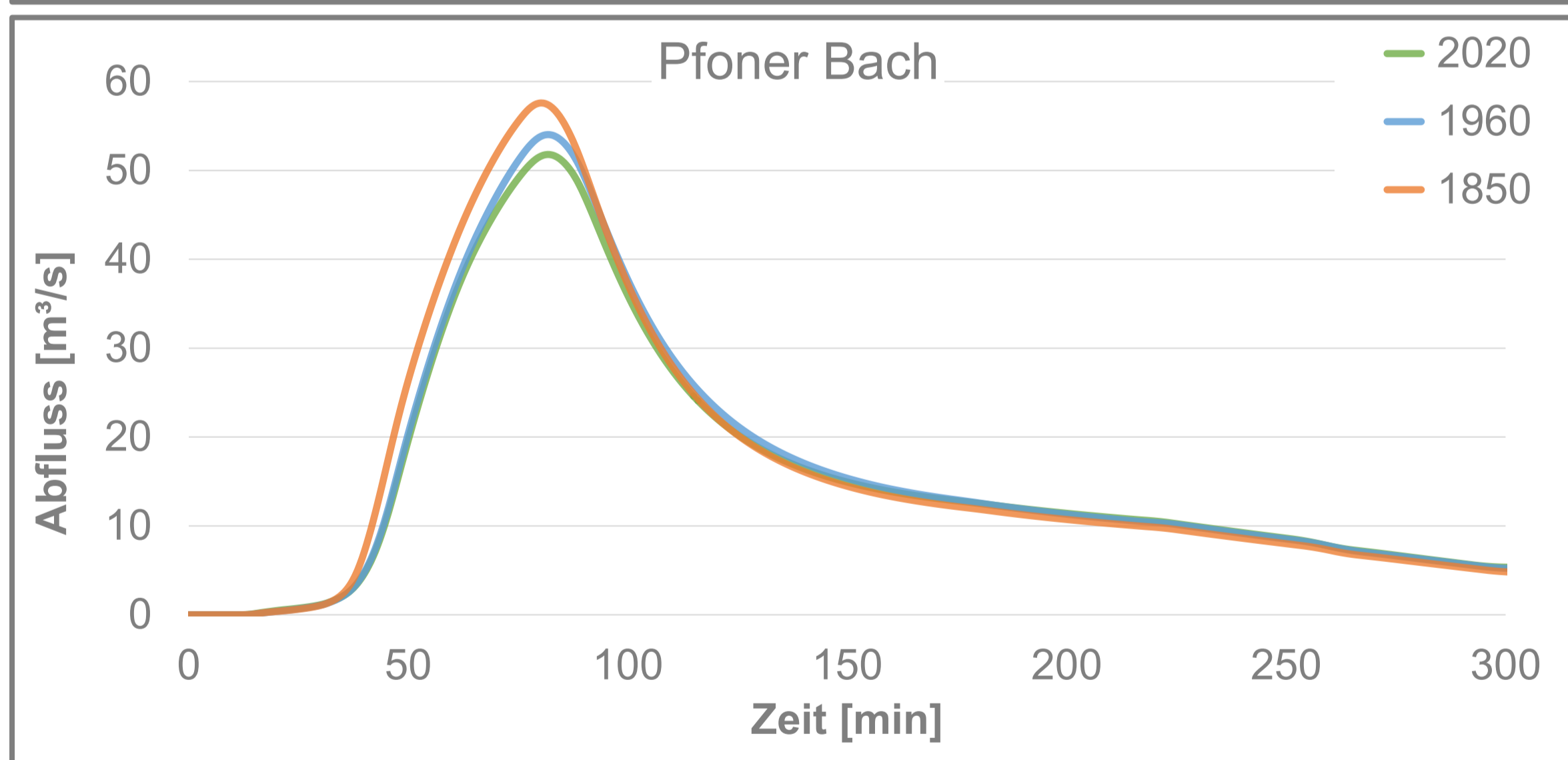
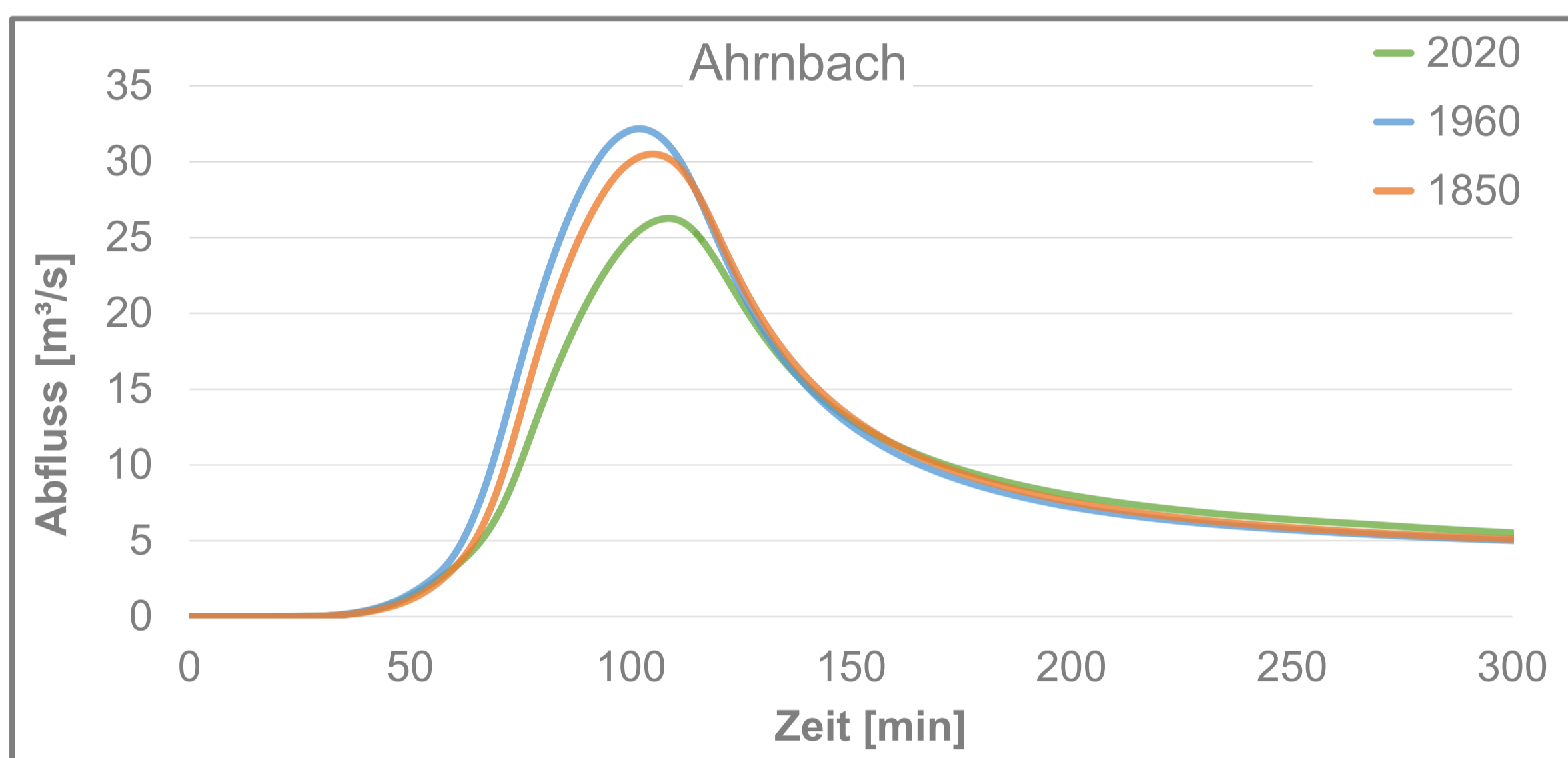
1960: Szenario mit Waldweide und Streunutzung



Änderung der Waldflächen zwischen 1850 und 2020 aufgrund von unterschiedlicher Nutzungsintensität und -praxis.



1850: Szenario mit Waldweide und Streunutzung



Die Simulationsergebnisse für den Ahrnbach und Pfoner Bach zeigen höhere Abflussspitzen für 1850 und 1960, als der Wald intensiver genutzt wurde als 2020. Je nach Gebietseigenschaften und Nutzung wird die höchste Abflussspitze im Einzugsgebiet des Pfoner Bachs für 1850, im Einzugsgebiet des Ahrnbachs hingegen für 1960 simuliert. Die kontinuierliche Waldweide im Einzugsgebiet des Pfoner Bachs führt in allen untersuchten Zeitscheiben zu vergleichbaren Abflussspitzen. Die zwei Modellierungsergebnisse verdeutlichen, dass auf Einzugsgebietsebene eine **individuelle Beurteilung** der Nutzungs- und Landbedeckungszustände nötig ist.

Modellierte Abflussganglinien mit ZEMOKOST mit Design-Regen auf das EZG verteilt mit 100 l/m² pro Stunde Regenintensität und 60 Minuten Regendauer für die Szenarien 1850, 1960 und 2020.

Wichtige Ergebnisse

Waldweide und teilweise auch Streunutzung verdichten die Böden. Dadurch sinkt lokal die Versickerung, während Oberflächenabfluss und Erosion zunehmen. Modelle mit szenariobasierten Oberflächenabfluss-Bewerten zeigen entsprechend, dass intensivere Nutzung die Abflussmuster und -spitzen verändert.

Unsicherheiten

Ohne historische Abflussmessungen sind Annahmen nötig, deren Plausibilität mit dem hydrologischen Modell geprüft wird.

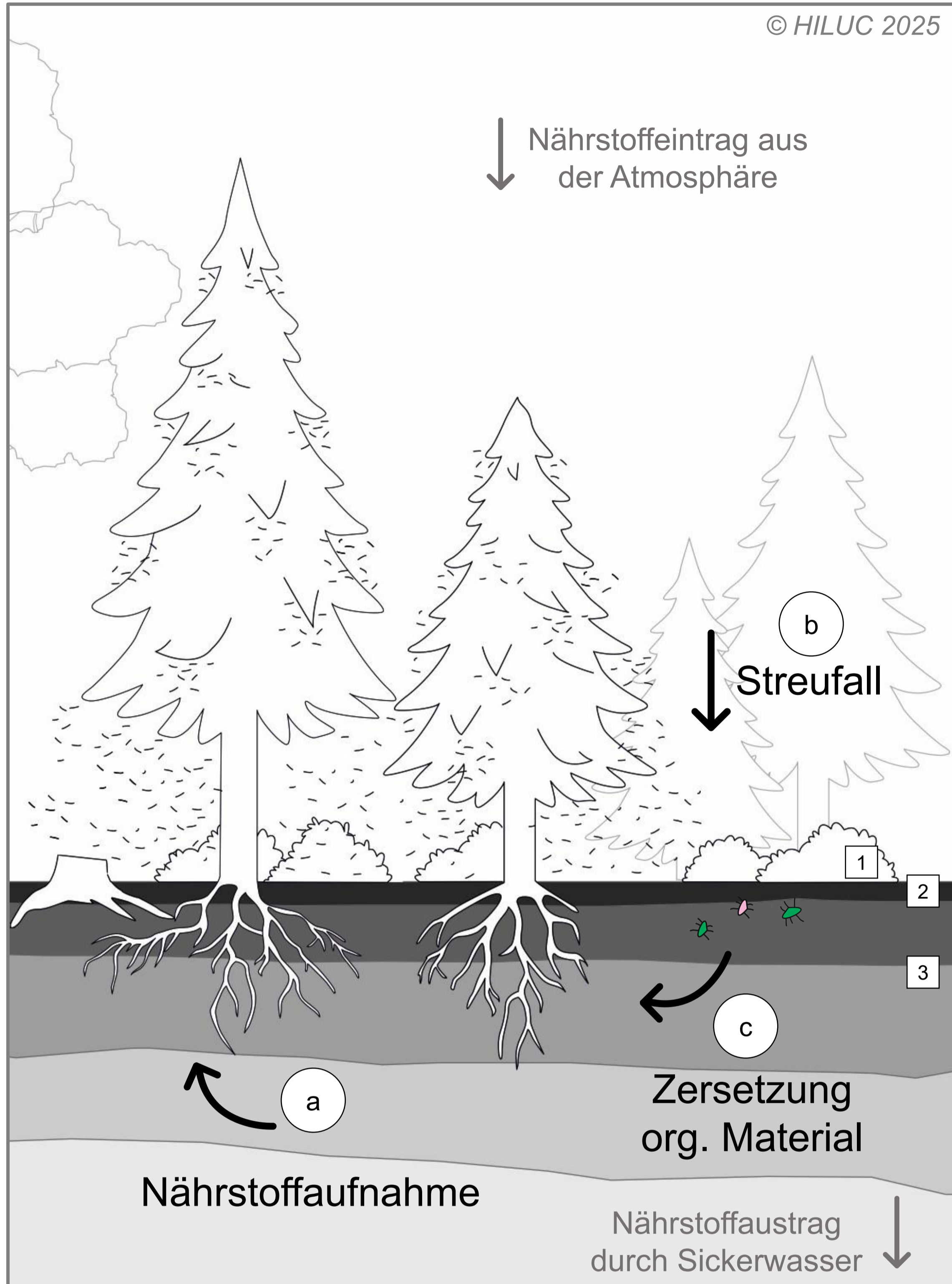
Schlussfolgerungen

Auswirkungen der Landnutzung lassen sich darstellen, historische Hochwässer jedoch nicht exakt rekonstruieren. Die Ergebnisse unterstützen die Bewertung künftiger Nutzungsänderungen und die Rolle des Waldes im Hochwasserschutz.



Wie griffen historische Nutzungspraktiken in den Nährstoffkreislauf des Waldes ein?

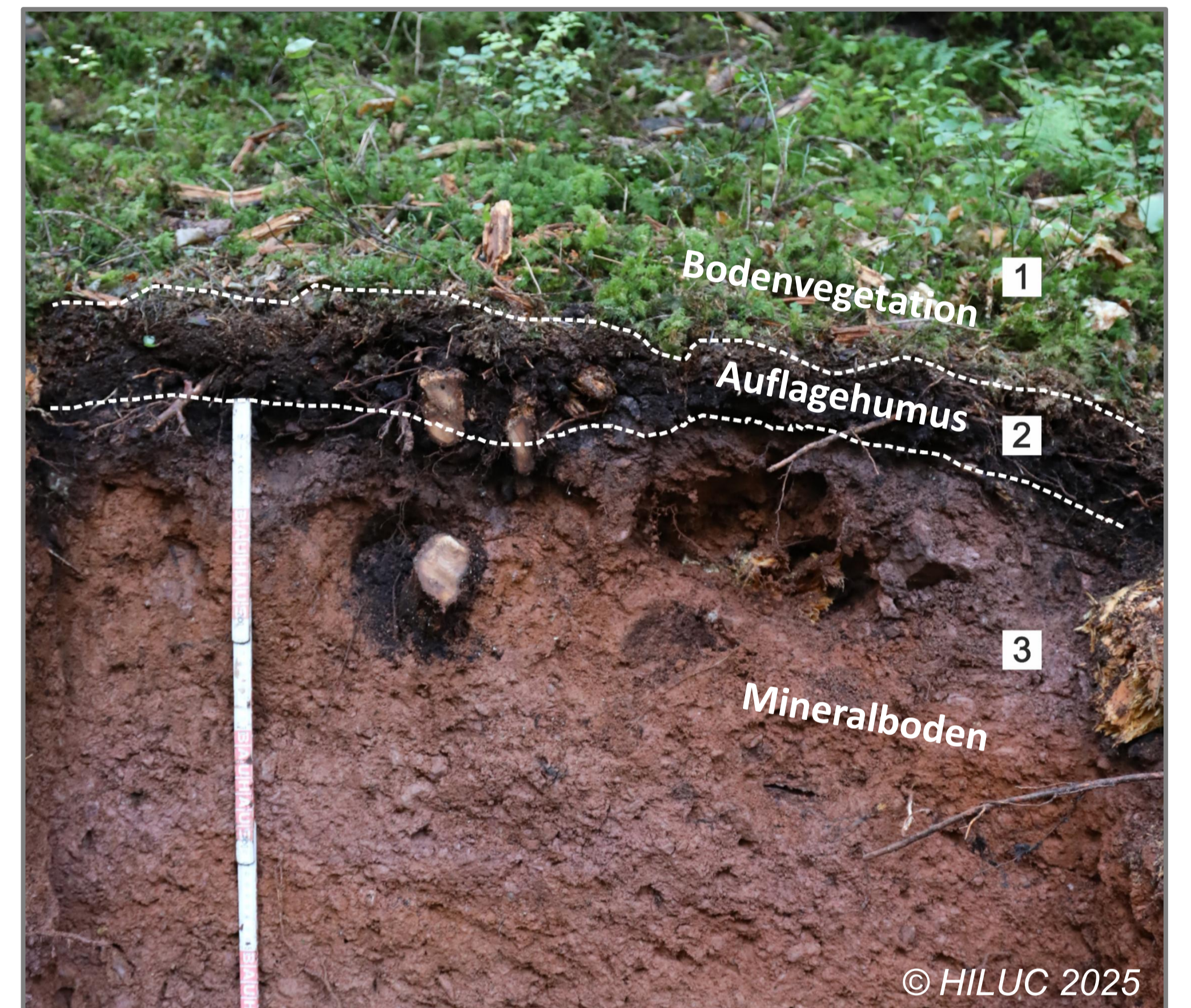
Schrott R., Simon A., Katzensteiner K., Geitner C.



Nährstoffkreislauf im Wald.

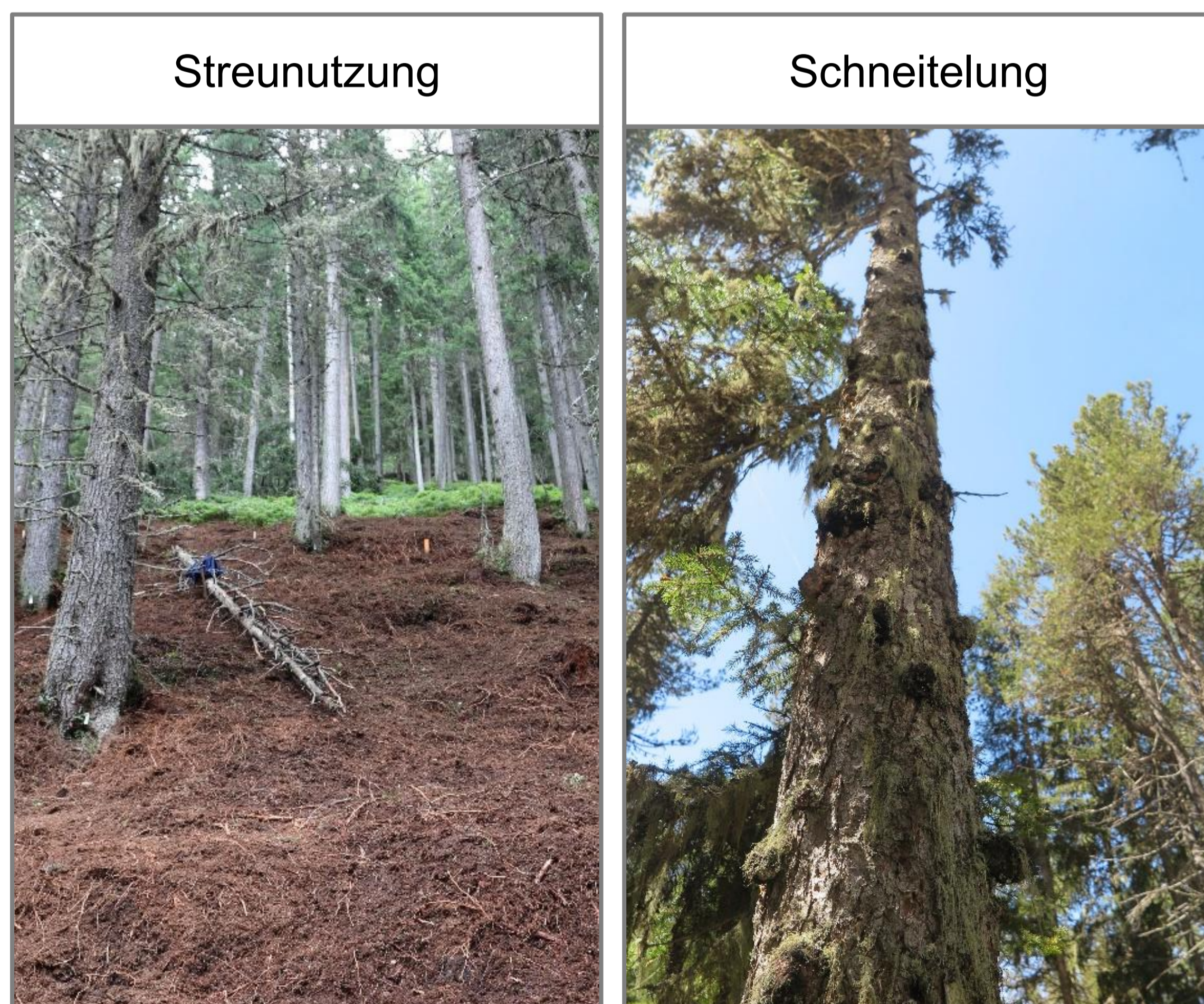
Wälder befinden sich ohne menschliche Nutzung in einem Gleichgewicht:

- a Nährstoffe werden durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen und in den Pflanzenteilen gespeichert.
- b Jedes Jahr fällt abgestorbenes Nadel- und Laubmaterial auf den Boden, es akkumuliert sich zum sogenannten Auflagehumus.
- c Durch die Zersetzung des Humus durch Bodenorganismen werden Nährstoffe wiederum an den Boden zurückgegeben. Somit schließt sich der Kreislauf.



Waldbodenprofil eines Farbsubstratbodens aus Buntsandstein bei Söll in Tirol.

Folgen historischer Nutzungspraktiken für den Wald



Eine im Zuge des HILUC-Projekts streugerechte Fläche (links) und ein vor langer Zeit geschneitelter Baum (rechts). Nach dem Abhacken der Äste versuchte der Baum die Wunde durch Überwallen zu schließen, dabei entstanden die Verdickungen am Baumstamm.

Historische Waldnutzungspraktiken griffen massiv in den Wald ein:

- Durch Streunutzung und Schneitelung wurde sehr nährstoffreiche Biomasse aus dem Wald entfernt. Dadurch wurde der **Nährstoffnachlieferung** in den Boden unterbrochen und die **Versauerung** des Bodens verstärkt.
- Diese Änderungen im Boden können sich auch negativ auf die **Mykorrhiza-Pilze** auswirken, welche Bäume im Austausch gegen Zucker mit Nährstoffen und Wasser versorgen.
- Häufig wurden die Bäume bei der Waldstreuegewinnung beschädigt, beim Streurechen vor allem die **Wurzeln**, beim Schneiteln der **Stamm**. Diese **Verletzungen** waren außerdem Eintrittspforten für holzzeretzende Pilze.

Insgesamt wirkten sich diese Praktiken daher negativ auf das **Baumwachstum** aus.

Schrott R., Gröber M., Müller L., Simon A., Katzensteiner K., Scharr K., Geitner C. (in Begutachtung). The effect of mid-19th century forest use practices on carbon stocks of mountain forests in the Alps.

Gröber M., Müller L., Schrott R., Scharr K., Simon A., Markart G., Katzensteiner K., Meissl G., Geitner C. (2024). Vom Wald auf den Acker, aber nicht mehr zurück. Zur Rekonstruktion historischer Waldstreunutzung in Tirol um 1850. *Tiroler Heimat* (88) 201–226.

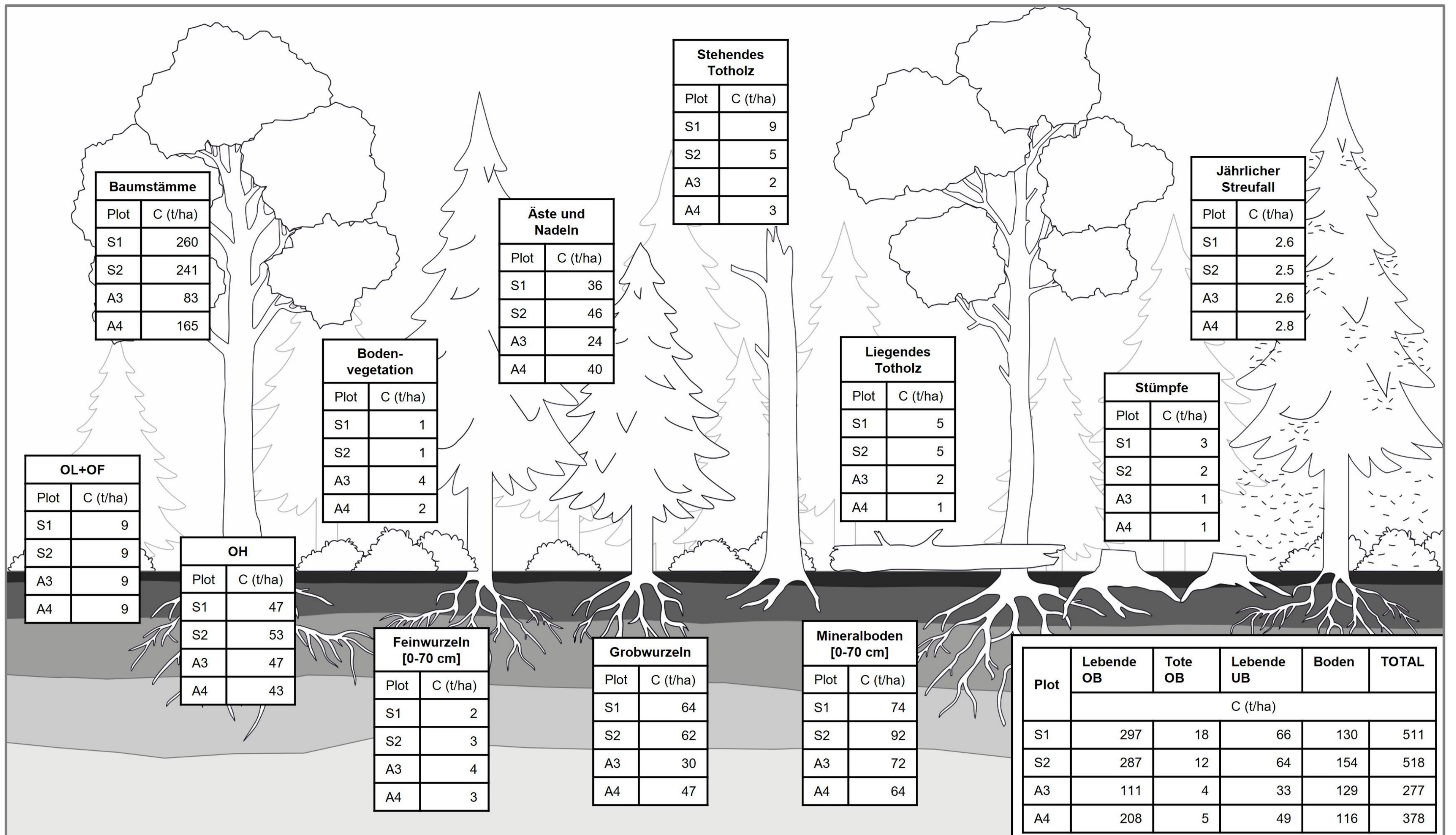




Wie viel Kohlenstoff und Nährstoffe wurden durch Streunutzung entnommen?

Schrott R., Simon A., Katzensteiner K., Geitner C.

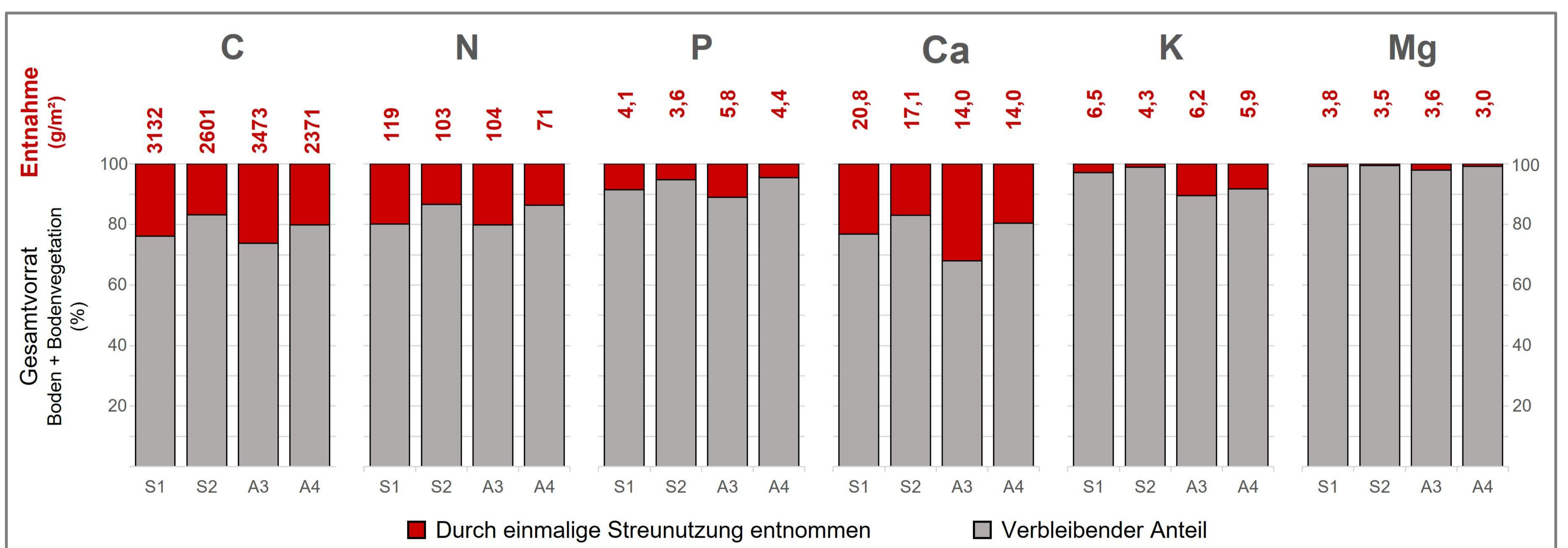
Ökologische und hydrologische Wirkung historischer Waldnutzung



Kohlenstoffspeicherung in vier verschiedenen Wäldern des HILUC-Projekts. Bei S1 und S2 handelt es sich um Fichten-Tannen-Wälder der Tieflagen in Söll und bei A3 und A4 um Fichtenwälder in den Hochlagen in Stummerberg.

Wälder speichern Kohlenstoff und Nährstoffe in ihrer Biomasse und im Boden:

- Die **lebende oberirdische Biomasse (OB)** besteht aus Stämmen, Ästen, Blättern und Nadeln der Bäume sowie der Bodenvegetation.
- Die Grobwurzeln mit einem Durchmesser von größer 2 mm und die Feinwurzeln mit einem geringeren Durchmesser bilden die **lebende unterirdische Biomasse (UB)**
- Die **tote oberirdische Biomasse** besteht aus den abgestorbenen Bäumen. Dabei kann zwischen stehendem und liegendem Totholz unterschieden werden. Außerdem werden Baumstümpfe, die nach der Ernte eines Baumes im Wald zurückbleiben, dazugezählt.
- Der **Boden** besteht aus dem Auflagehumus und dem darunterliegenden Mineralboden. Die organische Auflage kann aus drei Schichten bestehen, der OL (unzersetztes organisches Material), der OF (bereits zerkleinertes organisches Material) und der OH (stark zerkleinertes organisches Material).



Entnahme von Kohlenstoff (C) und Nährstoffen (Stickstoff N, Phosphor P, Calcium Ca, Kalium K, Magnesium Mg) durch einen einmaligen Streunutzungseingriff in vier verschiedenen Wäldern des HILUC-Projekts (S1, S2, A3, A4).

Der Boden und die Bodenvegetation waren hauptsächlich von der Streunutzung betroffen. Wie in der Abbildung erkennbar, wurden durch einen einzigen Eingriff **17–24% des Kohlenstoffs**, **13–20% des Stickstoffs** und **17–32% des Calciums** entnommen. Bedenkt man, dass diese Eingriffe gewöhnlich in Abständen von 5 bis 15 Jahren durchgeführt wurden, kann erahnt werden, welche **beträchtlichen Mengen** über die letzten Jahrhunderte aus dem Wald entfernt und in die Landwirtschaft überführt wurden.

Schrott R., Gröber M., Müller L., Simon A., Katzensteiner K., Scharr K., Geitner C. (in Begutachtung). The effect of mid-19th century forest use practices on carbon stocks of mountain forests in the Alps.

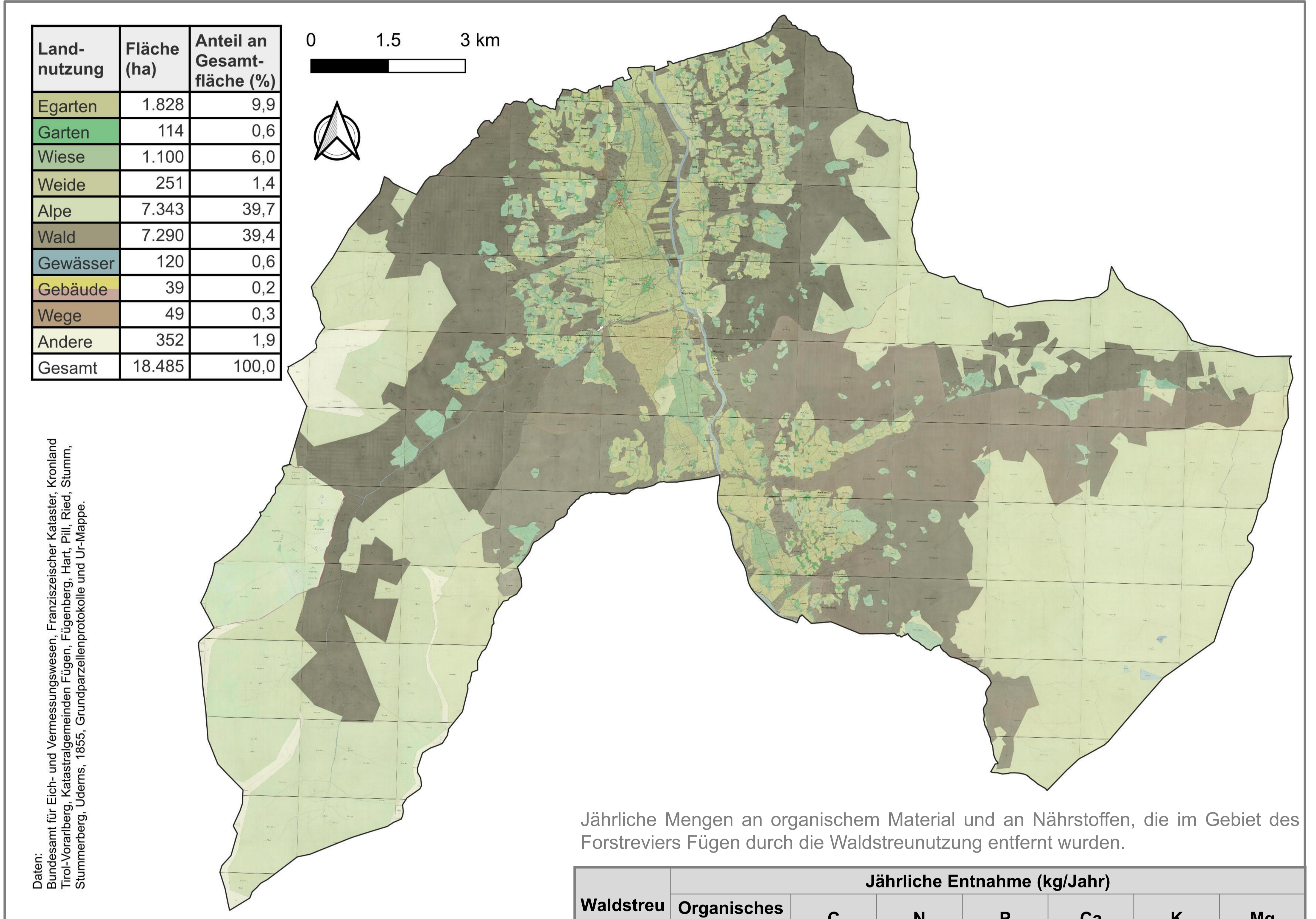




Wie können wir die vor 180 Jahren ausgeübte Landnutzung rekonstruieren?

Schrott R., Simon A., Katzensteiner K., Geitner C.

Detaillierte Informationen über die historische Landnutzung im Gebiet der ehemaligen Habsburgermonarchie kann uns der **Franziseische Kataster** liefern. Dieser wurde zwischen 1817 und 1860 im gesamten Gebiet der Monarchie erstellt. Der Kataster unterscheidet verschiedene Landnutzungstypen, darunter unter anderem Egärten, Wiesen, Weiden, Wälder und Almen. Egärten sind Ackerflächen, die immer wieder für einige Jahre brach lagen und als Wiese oder Weide dienten, ehe sie erneut als Acker verwendet wurden.



Ausschnitt aus dem Franziseischen Kataster für das Gebiet des historischen Forstreviers Fügen im Zillertal, 1855.

Die Waldbeschreibung liefert detaillierte Informationen über die jährlich genutzten Volumina an Waldstreu. Durch die Kombination dieser Mengen mit Werten der Dichte und Elementkonzentration können **Massen an organischem Material, Kohlenstoff und Nährstoffen** im Gebiet genau quantifiziert werden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle rechts oben abgebildet.

Damit wissen wir, welche Mengen an Material und Nährstoffen jährlich dem Wald entnommen wurden. Um herauszufinden, wie viele Nährstoffe aus dem Wald schlussendlich als Dünger auf die landwirtschaftlichen Flächen gelangten, müssen diese Informationen mit der damaligen **Landnutzung** kombiniert werden. Dabei gehen wir davon aus, dass sich die Düngung vorrangig auf Egärten und Gärten konzentrierte.

Dabei zeigt sich, dass die Waldstreu allein jährlich durchschnittlich 5 kg Stickstoff je Hektar landwirtschaftlicher Fläche bereitstellte. Durch die Mist-Düngung, also dem Ausbringen von Tierexkrementen vermischt mit Einstreumaterial, wurden im 19. Jahrhundert jährliche Stickstoffmengen von ca. 10–30 kg je Hektar Acker ausgebracht. Der Wald steuerte somit einen beträchtlichen Anteil am landwirtschaftlichen Dünger und zur Sicherung der damaligen Lebensmittelversorgung bei.

Jährliche Mengen an organischem Material und an Nährstoffen, die im Gebiet des Forstreviers Fügen durch die Waldstreuentsorgung entfernt wurden.

Waldstreu	Jährliche Entnahme (kg/Jahr)						
	Organisches Material	C	N	P	Ca	K	Mg
Laubstreu	39.208	19.604	392	55	690	98	86
Bodenstreu	574.103	321.498	5.741	517	1.837	689	402
Schneitelstreu	875.650	437.825	8.757	701	4.291	2.627	701
Gesamt	1.488.961	778.927	14.890	1.272	6.818	3.414	1.189

Mengen an organischem Material und Nährstoffen im Gebiet des Forstreviers Fügen, die jährlich durch Waldstreu auf landwirtschaftliche Flächen gelangten.

Transfer von Waldstreu auf gedüngte landwirtschaftliche Flächen	Szenario
	Gedüngt werden: Egärten und Gärten (kg/ha/Jahr)
Organisches Material*	537
C*	281
N*	5,4
P	0,7
Ca	3,5
K	1,8
Mg	0,6

*Es wurde ein Verlust von 30% durch Lagerung und Ausbringung angenommen.

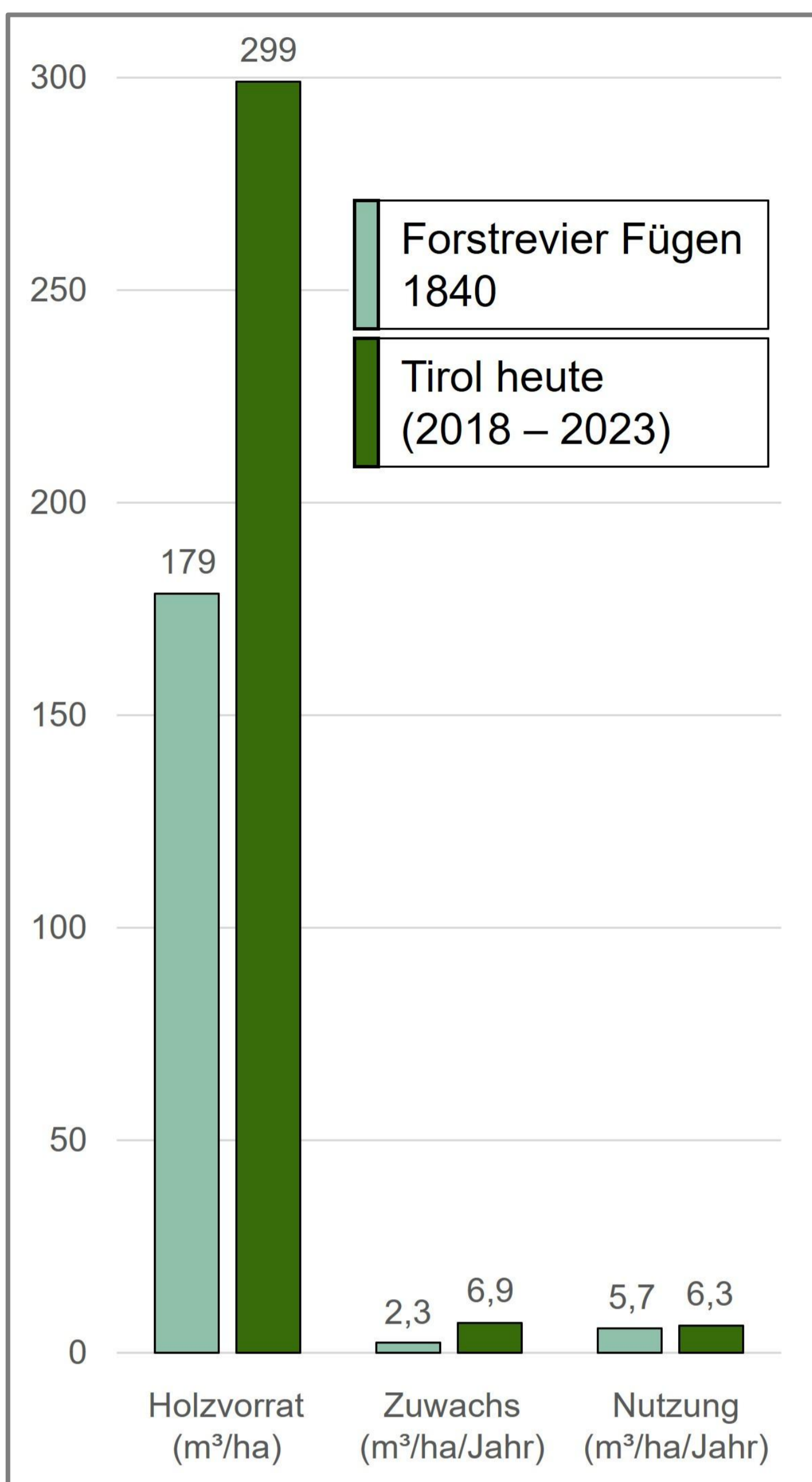




Wie war der Zustand des Waldes vor 180 Jahren?

Schrott R., Simon A., Katzensteiner K., Geitner C.

Ökologische und hydrologische Wirkung historischer Waldnutzung



Holzvorrat, Zuwachs und Nutzung im Forstrevier Fügen um 1840 im Vergleich zu den heutigen Werten in Tirol. Quelle: AT-Tiroler Landesarchiv (TLA)/ Bestände von Behörden und Ämtern (BBÄ)/ Mischbestände (MB)/Handschrift (Hs.) 4401; ÖWI 2018-2023

Holz war in der Vergangenheit einer der **bedeutendsten Rohstoffe**. Es wurde zum Heizen und Kochen verwendet, zum Bauen von Gebäuden, für die industrielle Produktion von Metallen, Salz und Glas und für zahlreiche Gebrauchsgegenstände.

Entsprechend intensiv wurde Holz aus den Wäldern genutzt. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass der **Holzvorrat** im Forstrevier Fügen um 1840 im Vergleich zu heute bedeutend geringer ausfiel. Gleiches gilt für den jährlichen **Zuwachs**. Dies lag einerseits an dem niedrigeren Holzvorrat, andererseits an den damaligen Waldnutzungspraktiken wie dem Streurechen, dem Schneiteln und der Wald-weide.

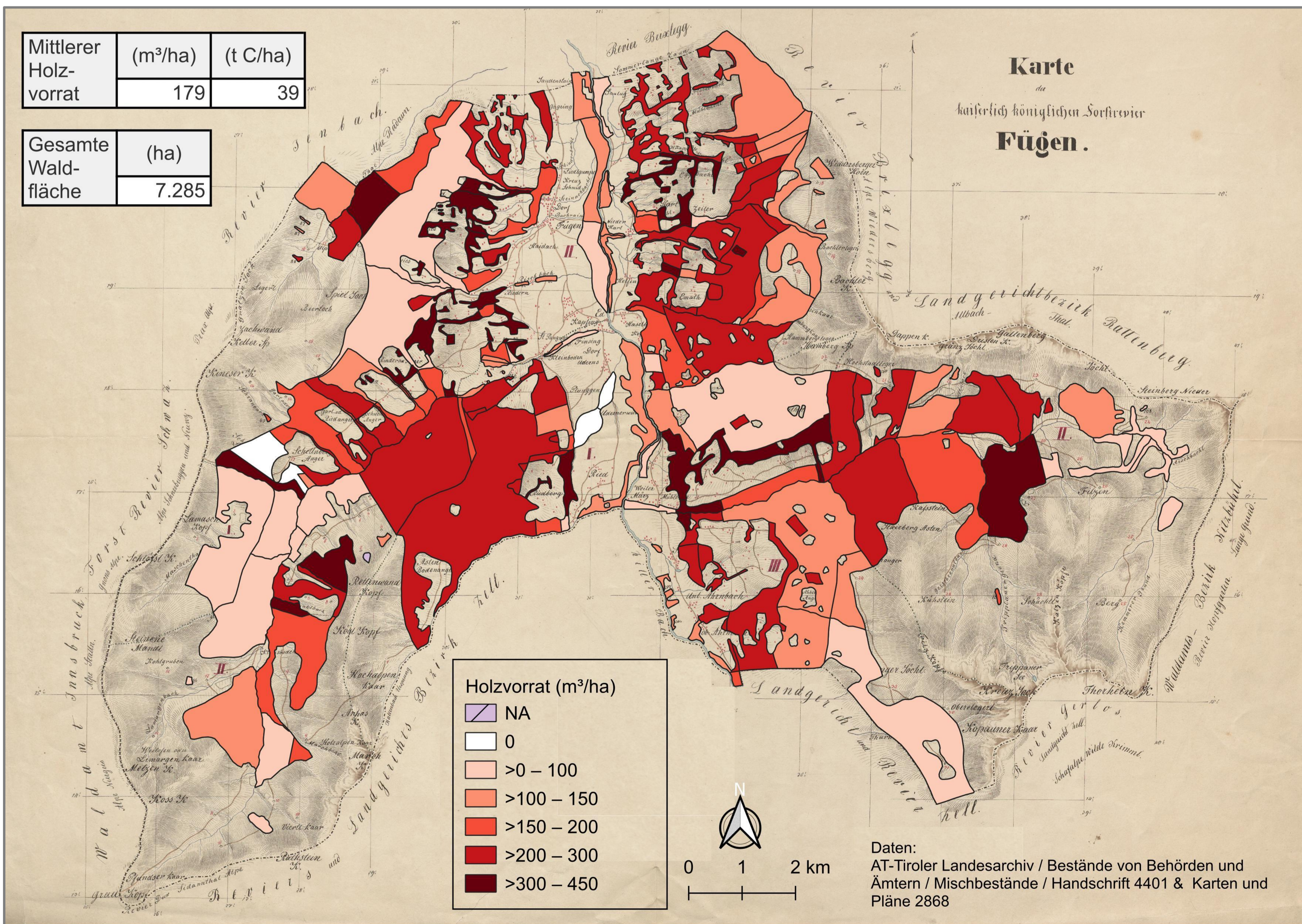
Die jährliche **Nutzung** war trotz des geringeren Zuwachses auf einem ähnlichen Niveau wie heute. Dies führte dazu, dass der Holzvorrat von Jahr zu Jahr geringer wurde. In den letzten Jahrzehnten nutzten wir etwas weniger als den jährlichen Zuwachs, dadurch stiegen unsere Holzvorräte.

Die Karte zeigt die **räumliche Verteilung der Holzvorräte** um 1840 im Forstrevier Fügen (Zillertal). Flächen mit einer dunkelroten Färbung weisen hohe Holzvorräte auf. Flächen mit einer helleren Färbung hingegen niedrigere.

Die **Entwicklungsstufen** der Hochwälder im Forstrevier Fügen werden in der nebenstehenden Tabelle dargestellt. 27% der Waldfläche waren Schlagflächen. Auf 32% standen Bäume, die jünger als 40 Jahre alt, auf 41%, die älter als 50 Jahre waren. Im Gegensatz zu heute war der damalige Wald somit viel stärker von jüngeren Bäumen und Freiflächen geprägt.

Entwicklungsstufen der Hochwälder um 1840 im Forstrevier Fügen. Quelle: TLA, BBÄ/MB/Hs. 4401

Entwicklungsstufe	Hochwald	
	Alter (Jahre)	Anteil Fläche (%)
Schläge und Blößen	0	27
Jungmaiss	<20	17
Stangenholz	20 – 40	15
Mittelholz	50 – 85	19
Altholz	110 – 175	22
Gesamt		100



Holzvorräte der Wälder im Forstrevier Fügen um 1840.





Was sind die zentralen Botschaften?

Geitner C., Gröber M., Katzensteiner K., Kohl B., Markart G., Meißl G., Müller L., Scharr K., Schrott R., Simon A.

Auswertungen zur historischen Waldnutzung

- Für die Zeit um 1850 liegen umfangreiche Daten über Zustand und Bewirtschaftung der Tiroler Wälder vor. Diese sind aber bisher kaum wissenschaftlich ausgewertet.
- Die Waldnutzung im 19. Jahrhundert stand im Spannungsfeld zwischen Land- und Forstwirtschaft.
- Die konkrete Bewirtschaftungspraxis wurde durch lokale gesellschaftliche Faktoren (z.B. Besitzverhältnisse) wesentlich mitbestimmt.



Stoffkreisläufe und Stofftransporte

- Die detaillierte Auswertung historischer Quellen ermöglicht die Rekonstruktion vergangener Nutzungen und damaliger Zustände der Waldökosysteme.
- Die Streuentnahme verminderte massiv die Kohlenstoffspeicherung in den Wäldern.
- Erhebliche Mengen an Kohlenstoff und Nährstoffen gelangten mit der Streu vom Wald auf landwirtschaftliche Flächen.
- Historische Waldnutzungspraktiken führten zu geringeren Wuchsleistungen und lichterern Strukturen.



Lokaler Wasserhaushalt

- Entgegen unserer Annahme erhöht eine einmalige Streuentnahme den Oberflächenabfluss kaum, da ein intakter, struktur- und porenreicher Waldboden auch ohne Humusaufgabe sehr durchlässig ist.
- Auf staunassen Böden beschleunigt und erhöht Streuentnahme den Oberflächenabfluss.
- Ohne die organische Auflage dringt Wasser schneller in den Mineralboden ein. Die Schwankungen der Feuchtigkeit im Boden nehmen zu und der Zwischenabfluss wird verstärkt.
- Die Waldweide erhöht durch die Verdichtung des Bodens den Oberflächenabfluss deutlich.



Hochwasserentstehung

- Modelle ermöglichen die Berechnung von historischen Hochwasserereignissen. Dafür müssen die Oberflächenabflussbeiwerte entsprechend der historischen Landnutzung angepasst werden.
- Dabei zeigt sich, dass eine intensivere Nutzung die Abflussspitzen erhöht.
- Eine Überprüfung der Modellergebnisse ist aufgrund fehlender Aufzeichnungen zu historischen Hochwässern nur schwer möglich.





Was bedeuten die Ergebnisse für eine zukünftige, nachhaltige Waldwirtschaft?

Geitner C., Gröber M., Katzensteiner K., Kohl B., Markart G., Meißl G., Müller L., Scharr K., Schrott R., Simon A.

Der Zustand der Wälder – damals und heute

- Bis heute sind Auswirkungen historischer Waldnebennutzungen festzustellen.
- Insbesondere auf „armen Standorten“ sind vergangene Störungen aktuell noch relevant und können die Produktivität negativ beeinflussen.
- Die Erstellung eines flächendeckenden Datensatzes der historischen Waldnebennutzungen wäre für Tirol möglich. Dadurch könnten die Folgen früherer Praktiken auf die gegenwärtigen Wälder besser bei der aktuellen Bewirtschaftung berücksichtigt werden.
- Die Wälder im heutigen Bundesland Tirol waren Mitte des 19. Jahrhunderts viel lichter, jünger und vorratsärmer als heute.

Der Beitrag des Waldes bei Starkniederschlägen

- In Gebirgswäldern kann ein großer Anteil des Niederschlags versickern. Diese Wälder tragen deutlich zur Verminderung von Abflussspitzen und damit zur Abminderung von Hochwasser bei.
- Die Versickerungsfähigkeit wird insbesondere durch die Waldweide stark vermindert.
- Die Streuentnahme kann bei ungünstigen Standorteigenschaften die Bildung von Oberflächenabfluss erhöhen.
- Mit der Entfernung der organischen Auflage fällt ein wesentlicher Wasserspeicher weg.

Welche Bewirtschaftungsmaßnahmen können den Zustand und damit auch den Wasser-rückhalt von Wäldern verbessern?

- Die Förderung von Totholz und das Belassen von Rinden- und Astmaterial im Wald
 - baut den Humusvorrat im Mineralboden und in der organischen Auflage auf,
 - erhöht die Rauigkeit der Oberfläche,
 - führt dazu, dass Nährstoffpools wieder aufgefüllt werden und
 - verbessert die Wasserspeicherung der Waldböden.
- Die Reduktion der Beweidung von Waldbeständen
 - verhindert die weitere Verdichtung von Böden und
 - fördert die Verjüngung von Wäldern.



Blick aus unserem Ahrnbach-Einzugsgebiet in das Zillertal. ©HILUC

