

CONFERENCE SERIES

innsbruck university press



Karin A. Koinig
Institut für Ökologie, Universität Innsbruck

Reinhard Starnberger, Christoph Spötl
Institut für Geologie, Universität Innsbruck

Gedruckt mit Unterstützung der Fakultät für Geo- und Atmosphärenwissenschaften, der Fakultät für Biologie, des Forschungszentrums Klima und Kryosphäre, des Forschungszentrums Geogene Dynamik – geogene Stoffe sowie des Forschungszentrums Globaler Wandel – Regionale Nachhaltigkeit.



Forschungsschwerpunkt
Alpiner Raum - Mensch und Umwelt



 Geologische Bundesanstalt



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



© *innsbruck university press*, 2014

Universität Innsbruck

1. Auflage

Alle Rechte vorbehalten.

Titelbild (Innsbruck): Robbie Shone

www.uibk.ac.at/iup

ISBN 978-3-902936-50-9

Karin A. Koinig, Reinhard Starnberger, Christoph Spötl (Hg.)

DEUQUA 2014

**37. Hauptversammlung der deutschen Quartärvereinigung
Innsbruck 2014, 24. – 29. September
Abstractband**



Vortrag

Poster

Die Alpen im Holozän

Götz et al.
Koinig et al.
Moran et al.
Schwarz und Oeggli
Segnana et al.
Terhorst (Damm et al.)
Veit et al.
Westreicher et al.
Ziehmer et al.

Festi et al.
Koltai und Spötl
Weber et al.

Die Alpen im Pleistozän

Akçar et al.
Barrett et al.
Buechi et al.
Lempe et al.
Reitner et al.
Salcher (Keynote)
Starnberger et al.
Wieland-Schuster et al.

Karnitschar et al.
Rabeder et al.
Reitner (Blatt Lienz)
Sanders und Pernreiter
Terhorst et al.
Wieland-Schuster et al.

Rekonstruktion quartärer Umweltbedingungen

Adolf et al.
Böse
Frechen et al.
Hormes et al.
Kühl (Keynote)
Lukas
Pickarski et al.
Sprafke et al.
Sürmelihind et al.
Unkel et al.
Zech et al. (Keynote)

Brandstätter et al.
Engel et al.
Hepp, Zech et al.
Sauer et al. (China)
Sauer et al. (Donau)
Schneider et al.

Vortrag

Poster

Gebirgspermafrost

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| Haas et al. | Damm & Felderer |
| Haeberli (Keynote) | Lütscher et al. |
| Nickus et al. | Reitner et al. (Schobergruppe) |
| Ribis | |
| Sailer et al. | |

Angewandte Aspekte der Quartärforschung

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| Beer et al. | Reitner (Lienzer Dol.) |
| Bichler et al. | Untersweg & Lipiarski |
| Dufresne et al. | Wang et al. |
| Fiebig (Keynote) | Weniger et al. (Eberle) |
| Gruber et al. | |
| Haeberli et al. | |
| Hardt et al. | |
| Ivy-Ochs et al. | |
| Krautblatter et al. (Keynote) | |
| Menke et al. | |

Fortschritte in der Quartärstratigraphie

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| Bickel et al. | Boch et al. |
| Claude et al. | Hoselmann & Weidenfeller |
| Gibbard et al. (Keynote) | Röhm et al. |
| Hajdas et al. | Schmidt & Zöller |
| Hippe et al. | Starnberger (Stratigraphie) |
| Kappeler et al. | Starnberger (Salzburger Becken) |
| Spötl et al. | Tillmann & Ziehe |
| Zöller et al. | |

Open Session

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| Engel et al. | Dublyansky et al. |
| Fischer | Knoll et al |
| Geitner et al. | Mair et al |
| May et al. | May et al. |
| Mozafari Amiri et al. | Oberhuber & Schuster |
| Schäfer et al. | Terrizzano et al. |

Kalibrierung von mikroskopischer Holzkohle in Seesedimenten mit Hilfe von Satellitendaten zur quantitativen Rekonstruktion der Feuergeschichte in Europa

Carole Adolf¹, Stefan Wunderle², Willy Tinner³

¹ Universität Bern, Institut für Pflanzenwissenschaften und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung,
carole.adolf@ips.unibe.ch

² Universität Bern, Geographisches Institut und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung,
stefan.wunderle@giub.unibe.ch

³ Universität Bern, Institut für Pflanzenwissenschaften und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung,
willy.tinner@ips.unibe.ch

Die post-eiszeitliche Geschichte des Feuers in Europa wird oft durch das Zählen und Ausmessen von mikroskopischer Holzkohle in Pollen-Präparaten erschlossen. Anhand der Menge von gezählten Partikeln in sorgfältig datierten Sedimenten, teilweise auch durch das Ausmessen von deren Fläche, werden jährliche Eintragsmengen [Anzahl Partikel/cm²/Jahr] – und Flächen [Fläche/cm²/Jahr] berechnet. Es gibt jedoch nur wenige Studien, die eine Kalibrierung des Mikroholzkohle-Eintrags in Seesedimenten mit beobachteten Feuern durchgeführt haben. Dies ist jedoch notwendig, um die holozäne Feuergeschichte quantitativ rekonstruieren zu können.

In unserer Studie vergleichen wir den jährlichen Eintrag von Mikroholzkohlen (Influx) in Seen mit grösseren, in einem Umkreis von bis zu 100 km liegenden Feuern, die durch Satellitensensoren registriert werden. Dafür wurden 42 Standorte gewählt, die der räumlichen Kalibrierung dienen, indem möglichst alle Ökosysteme Europas durch Seen mit Sedimentfallen vertreten sind. Unser Transekt reicht von Portugal bis in die Steppe der Ukraine und von der Tundra in Nord-Schweden bis ins Mittelmeer in Sardinien, Sizilien und Kreta mit jeweils der Berücksichtigung von verschiedenen Höhen über Meer. Die Sedimentfallen werden einmal jährlich während drei Jahren geleert und deren angesammelte Sedimente analysiert. Zusätzlich zur Kalibrierung im Raum mit den Sedimentfallen wird eine Kalibrierung in der Zeit durchgeführt, in dem jährlich laminierte Sedimente von vier weiteren Seen mittels Gefrierbohrungen entnommen und anschliessend untersucht werden, um die Beziehung zwischen Mikroholzkohle-Eintrag und Feuer während mehr als drei Jahren (ca. 10 – 15 Jahren) zu verfolgen.

Für den Untersuchungszeitraum von März 2012 bis August 2013 wurde das MODIS-Feuerprodukt MCD14ML (Global Monthly Fire Location Product) verwendet und alle durch aktive Feuer beeinflussten Pixel im Umkreis von 100 km um die jeweiligen Seen extrahiert. Insgesamt konnten 0 bis maximal 1402 Pixel im

Einzugsgebiet der Seen selektiert werden. Dieser Datensatz wurde in Beziehung zu den in-situ Messungen (Influx von mikroskopischer Holzkohle aus den Seesedimentfallen) gesetzt. Die ersten Resultate zeigen einen hoch signifikanten Zusammenhang (Pearson's product-moment correlation, $p < 0.001$) zwischen der Anzahl an Feuer erkannten Pixels in der Nähe der Seen und dem mikroskopischen Holzkohle-Eintrag in den Sedimenten (Korrelationskoeffizient von $r = 0.61$). Um unterschiedliche Transportzeiten zwischen der Emission der Holzkohle-Partikeln und deren Ankunft in den Seesedimenten zu berücksichtigen, wurden auch aktive Feuer aus den Satelliten-Daten extrahiert, die bis zu zwei Jahre vor der Platzierung der Sedimentfallen stattfanden. Der beste Zusammenhang konnte jedoch zwischen den in-situ Daten und Feuerereignissen des gleichen Jahres ermittelt werden. Ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0.38$ wurde für diese Beziehung berechnet. Jedoch wurden einige Seen als Ausreisser identifiziert: im Vergleich zu den selektierten Feuer-Pixel in deren Umkreis wurden zu viele Mikroholzkohle-Partikel in den Sedimenten gefunden. Diese Seen weisen außerdem eine vergleichsweise hohe Sedimentationsrate (bis zu 540 ml/Jahr im Vergleich zu durchschnittlich 26 ml/Jahr für alle anderen Seen) sowie eine hohe Produktivität auf. Deshalb ist nicht auszuschliessen, dass Holzkohle-Partikel aus vergangenen Jahren z. B. durch Erosion, zusätzlich in den See eingetragen wurden. Diese Hypothese muss noch durch sedimentologische Analysen, wie z. B. Korngrößen oder Glühverlustbestimmungen, überprüft werden; auch um Ausreisser besser bestimmen zu können. Wird nur der See mit der höchsten Sedimentationsrate aus den Berechnungen ausgeschlossen, verbessern sich sowohl der Korrelationskoeffizient wie auch das Bestimmtheitsmaß deutlich ($r = 0.68$, $R^2 = 0.46$).

Das Sammeln des zweiten und des dritten Jahres von Sedimenten, welches in den Sedimentfallen aufgefangen wird, sollte bis Mitte August 2014 und 2015, respektive, fertig sein. Die Daten der verschiedenen Jahre werden dann zusammengelegt um letztendlich eine Transfer-Funktion abzuleiten, die eine quantitative Rekonstruktion der Feuergeschichte aus Sedimenten von Seen in Europa ermöglichen wird.

The Valais Glacier: LGM demise in the western Swiss Midlands

Naki Akçar¹, Dmitry Tikhomirov¹, Susan Ivy-Ochs², Fritz Schlunegger¹,
Regina Reber¹, Anne Claude¹, Angela Graf³, Peter W. Kubik², Christof
Vockenhuber², Irka Hajdas², Christian Schlüchter¹

¹ Universität Bern, Institut für Geologie, akcar@geo.unibe.ch, ² ETH Zürich, Labor für Ionenstrahlphysik,
³ Geologische Beratungen Schenker Korner + Partner GmbH

During the Last Glacial Maximum (LGM), the Valais Glacier, fed by the ice accumulated in the Matteringt Ice Plateau and the southern Valasian Alps, left the Rhone Valley covered the western Swiss Midlands. As the Jura Mountains obstructed the northward extension, the glacier was split into two lobes. One lobe flowed to the southwest and joined to the Arve glacier, which extended ca. 20 km to the east of Lyon. Another lobe was diverted towards northeast and terminated at its maximum ca. 10 km east of Solothurn. The last advance of the Valais Glacier onto the Midlands occurred after 30 cal yr BP and it reached its maximum position at around 22 ka. The timing of this maximum is constrained ¹⁰Be exposure ages from erratic boulders in Steinhof, Möschberg and the Jura Mountains. Although the advance of the Alpine glaciers onto the Foreland has been reconstructed within a relatively detailed chronological framework, reconstructions of their demise have been rather vague mainly because of poor age constraints.

In this study, we complement the existing chronological dataset with new ages inferred from a depth profile at Finsterhennen where we analyzed depth-dependent variations of cosmogenic ³⁶Cl concentration for the LGM basal till of the Valais glacier. We use the concentration pattern to: (1) test the suitability of cosmogenic ³⁶Cl for age assessments; and to (2) improve the chronology of the ice retreat. Finally, we calculated a model age for its deposition. We also found a piece of wood at the bottom of this till and dated it with radiocarbon. Furthermore, we dated the exposure of three erratic boulders close to the left lateral ice margin in Martinsflue with cosmogenic ¹⁰Be.

Our results indicate that the Valais glacier reached Finsterhennen after 32 cal kyr BP. Erratic boulders from the left lateral position yielded an age of ca. 22 ka, which is consistent with the existing exposure ages. Our model age from the cosmogenic ³⁶Cl depth-profile indicate that at around 21 ka the margin of the Valais glacier was still located to the northeast of Finsterhennen. Furthermore, because the earliest non-glacial deposits, which were encountered at the archeological site Rouges Terres at the border of Lake Neuchâtel ca. 15 km to the southwest of Finsterhennen, were dated to ca. 16 kyr cal BP, the demise of the Valais glacier in the western Swiss Midlands occurred within 6 ka. Finally, a practical implication of this study is that ages ranging

up to hundreds of thousands of years can be determined for the top-most layers (e.g. terraces) simply by measuring cosmogenic ^{36}Cl depth-profiles in cores or trenches of 2-4 m depth, independent of lithological composition of the sediment and sample size.

Recent drilling and new investigations at the Baumkirchen site of Western Austria (Middle Würmian)

Samuel Barrett¹, Reinhard Starnberger¹, Christoph Spötl¹, Achim Brauer²,
Peter Dulski²

¹ Universität Innsbruck, Institute of Geology, Austria, corr.: samuel.barrett@studentuibk.ac.at,

² GFZ Potsdam, Germany

The thick (>200m) succession of laminated lacustrine sediments at the Baumkirchen site in the Inn Valley (Austria) has been known for over a century. Recent OSL and existing radiocarbon dating place most of the sequence in Marine Isotope Stage 3, spanning several Dansgaard Oeschger climate fluctuations observed in the Greenland ice core and alpine speleothem records. The motivation of investigating the environmental response of the Eastern Alps to these climate fluctuations has inspired further drilling and the application of new methods to tease new insights out of the well-known sequence. An overview of the new methods and findings is presented.

New drilling has shown the non-varve laminations to extend through almost the entire known sequence. No new pattern has been found macroscopically. Thin sections, however, have exposed a semi-regular pattern of very thin clay layers. These are suspected to represent winter deposition and thereby allow a varve-like chronology to be established. While these clay layers cannot be identified macroscopically, X-ray fluorescence core scanning has revealed that they are uniquely high in Zinc compared to the surrounding sediment and therefore can be readily identified over long sections of core. Data for other elements also allows consistent identification of different types of laminations and the quantification of their abundance and distribution in the sequence. Laser diffraction grain size measurements combined with X-ray diffraction mineralogical analysis (Rietveld) have provided quantitative information on the mineral makeup of different grain size fractions. Together these methods provide new insights into the sedimentology of the sequence and thereby the environmental conditions of the Eastern Alps across millennial-scale climate fluctuations.

Quartärgeologische 3D-Kartierung und ihre Verwendung in kommunalen Entscheidungsprozessen in Straubing

Silvia Beer¹, Bernhard Lempe², Gerhard Lehrberger³, Kurosch Thuro⁴

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, silviabeer@mytum.de,

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, lemppe@tum.de,

³ Technische Universität München, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, lerberger@tum.de,

⁴ Technische Universität München, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, thuro@tum.de

Kartenwerke sind Basis der meisten Entscheidungsprozesse in der Geologie. In der heutigen Zeit spielen aber auch digitale Daten und Kartendarstellungen eine immer wichtigere Rolle. Neben der zweidimensionalen Visualisierung von Sachverhalten ist der Weg in die dritte Dimension im Zeitalter von 3D-Bildschirmen etc. ein weiterer Schritt, um Informationen, die eine räumliche Erstreckung symbolisieren, verständlich zu präsentieren. Gerade in der Geologie, deren Inhalte von Natur aus eine räumliche Komponente beinhalten, ist es sinnvoll, die neuen Technologien zu nutzen. Zwar ist die perspektivische Darstellung geologischer Einheiten, wie etwa in Blockbildern, schon seit Jahrhunderten etabliert, allerdings bieten die heutigen Verfahren eine leichtere, dynamischere Bereitstellung der Informationen. Dies erleichtert auch die schnelle Vermittlung von Sachverhalten und steigert damit die Akzeptanz von Entscheidungen.

Daher wurde basierend auf einer fundierten Recherche aller verfügbaren Informationen für die Stadt Straubing in Niederbayern zunächst mit der Programmsuite ArcGIS (ESRI) eine zweidimensionale Kartenanwendung gestaltet. Diese deckt die Themenbereiche Quartär- und Hydrogeologie, aber auch für einen urbanen Raum wichtige Sachverhalte, wie etwa die anthropogene Überprägung des Naturraums ab.

Durch die Prozessierung der Daten, wie etwa Bohrungen und Baugrubenaufnahmen, in ArcGIS wurde der nächste Schritt, die Erstellung einer 3D-Karte mit Hilfe der Software GSI3D (INSIGHT GmbH, BGS), erheblich beschleunigt. Dem Modell von Becker-Haumann (2005) nachempfunden, wurden die quartären Einheiten in Straubing modelliert. Dabei handelt es sich um pleistozäne und holozäne Terrassenschotter (Schellmann 2010). Diese werden teilweise von Löss bzw. Lösslehm überlagert, welche im Stadtgebiet intensiv von der keramischen Industrie genutzt wurden. Darüber hinaus finden sich, besonders im Bereich der Terrassenkanten, sowie auf den holozänen Terrassen anmoorige Bereiche. Straubing wird von einigen Bächen durchflossen, so dass auch polygenetische Talfüllungen in der 3D-Karte einbezogen wurden.

Nach der Fertigstellung des 3D-Modells wurde dieses in ArcScene (3D-GIS) exportiert. Dies ermöglichte die Einbindung einer Reihe weiterer Daten, die zur Entscheidungsfindung bei Planungsvorhaben im kommunalen Bereich benötigt werden. Dabei lag der Fokus auf dem Tiefbau- und Umweltsektor. Um im Bereich des „eGovernment“ auch geologische Belange zu etablieren, wurde eine Anwendung gestaltet, die stadtplanerische Aufgaben unterstützt. Dazu wurden neben den quartärgeologischen Informationen auch die Eigenschaften des prä-quartären Untergrundes (tertiäre Tone/Schluffe mit sandigen Lagen) eingebunden. Die Grundwasserhöhe sowie Hinweise auf Auffüllungsflächen bilden die Grundlage für die Bewertung von Baumaßnahmen, die beispielsweise innerhalb der ArcScene-Anwendung visualisiert und mögliche Gefährdungsbilder erarbeitet werden können. Ein weiteres Thema stellen im Moment die geothermischen Nutzungen in quartären Einheiten dar. Auch diese können in der Anwendung gezeigt werden und bei Genehmigungsverfahren Beachtung finden.

Positiv ist abschließend zu nennen, dass jederzeit weitere Daten integrierbar sind, was die Anwendung in einem breiten Nutzerkreis erlaubt. Auch eine Verwendung als Bürgerinformationssystem innerhalb eines Web-Viewer ist für einen Teilbereich der Daten denkbar. Dies würde die Geologie und deren Problemstellungen einem breiten Personenkreis zugänglich machen.

Zitate

- Becker-Haumann R. 2005: Anwendungen der Geoinformatik für hochauflösende 3D-Modellierung fluvialer Terrassenkörper. Die prä-risszeitliche Chronologie und Paläogeographie des Illergletschergebietes. Bayerisches Alpenvorland. – 330 S., Stuttgart (Schweizerbart).
- Schellmann, G., Irmler, R., Sauer, D. 2010: Zur Verbreitung, geologischen Lagerung und Altersstellung der Donauterrassen auf Blatt L7141 Straubing. – In: Schellmann, G.: Bamberger physisch-geographische Studien 2002-2008. Teil II: Studien zur quartären Talgeschichte von Donau und Lech: 89–178, Bamberg (Institut für Geographie der Universität Bamberg).

Gravitative Sedimente als stratigraphische Marker im alpinen Spätglazial am Beispiel Kolm-Saigurn (Salzburg)

Mathias Bichler¹, Martin Reindl², Susan Ivy-Ochs³, Jürgen M. Reitner¹

¹ Geologische Bundesanstalt, Fachabteilung Sedimentgeologie, mathias.bichler@geologie.ac.at, juergen.reitner@geologie.ac.at

² Müller und Hereth, Ingenieurbüro für Tunnel- und Felsbau, martin@catai.org

³ ETH Zürich, Labor für Ionenstrahlphysik, ivy@phys.ethz.ch

Das Untersuchungsgebiet nördlich des Hohen Sonnblcks im Talschluss des Hüttwinkltals im Bundesland Salzburg bietet eine außergewöhnlich gute Möglichkeit um eine Abfolge von landschaftsprägenden Ereignissen wie Gletschervorstoße, Gletscherrückzüge und Massenbewegungen seit dem letzten glazialen Maximum zu studieren. Die Feldaufnahmen zeigten, dass sich 3 wichtige überlagernde landschaftsformende Ereignisse unterscheiden lassen.

1. Der größte Bergsturz im Bundesland Salzburg (0.4 km³), dessen Bergsturzlandschaft als Durchgangwald bekannt ist.
2. Dieser große Bergsturz wird teilweise von einem dominanten Gletschervorstoß überlagert, der durch Grundmoränen-Bedeckung und mehrere Seitenmoränen gekennzeichnet ist.
3. Die Grundmoränen wiederum werden teilweise von einem kleineren, quarzitischen Bergsturz bedeckt.

Aufgrund dieser Abfolge war es möglich, eine solide relative Chronologie der Ereignisse als Zeitrahmen für die folgenden Altersdatierungen zu erstellen. Sowohl die beiden Bergstürze (13 ka BP und 10 ka BP) als auch der Gletschervorstoß (12,5 ka BP) und der Gletscherrückzug (11 ka BP) wurden mit Hilfe von kosmogenen Nukliden, in unserem Fall basierend auf der ¹⁰Be Methode, datiert. Um eine umfassende absolute Chronologie aufzubauen wurden 6 Proben von den Bergstürzen, 12 Proben von glazial transportierten Blöcken und 2 Proben von Gletscherschliffen bearbeitet. Zur Überprüfung der Plausibilität der absoluten Alter der ¹⁰Be Datierung, wurden ¹⁴C Datierungen an den Basislagen von Mooren durchgeführt. Die Bildung dieser Moore steht in direktem Zusammenhang mit den landschaftsprägenden Ereignissen (z. B. Aufstauung durch Bergsturzblöcke oder Moränen) und liefert daher ein Minimalalter für diese. Erstmals sind dadurch die Basis sowie das Top eines Egesen (Jüngere Dryas) zeitlichen Gletschersystems durch abtrennbare absolut datierte Sedimentkörper (in diesem Fall Bergsturzablagerungen) definiert. Wir verwendeten mehrere Methoden (Maximum Elevation of Lateral Morains, auch bekannt als Methode Lichtenegger,

Toe-to-Headwall-Altitude Ratio, Area x Altitude, Area x Altitude Balance Ratio, and Accumulation Area Ratio) um die Höhen der Paläo-Gleichgewichtslinien zu berechnen. Die Ergebnisse wurden mit bereits bestehenden Daten aus der Schweiz und West-Österreich verglichen. Dadurch war es uns möglich die Temperatur- und Niederschlagsänderungen des lokalen Klimas in einem typischen nach Norden gerichteten Tal in den zentralen Ostalpen zu rekonstruieren. Sowohl das im Vergleich zu anderen paläoklimatisch untersuchten Gebieten in den Alpen lange andauernde Egesen Stadial, als auch die Schneegrenzberechnungen zeigen, dass das Klima des zentralen Teils der Ostalpen während dieser Phase, ähnlich wie heute, Unterschiede zum restlichen Alpenraum aufweist. Wir sehen in unserem Untersuchungsgebiet die Möglichkeit der Etablierung einer lokalen bis regionalen Stratigraphie, die nicht nur auf morphologischen Charakteristiken der glazialen Sedimentkörper in Kombination mit Schneegrenzdepressionswerten, sondern auch auf diskordant begrenzte Sedimentkörper basiert. Gravitative Ablagerungen, als Produkt von Massenbewegungen, dienen dabei als exzellente Marker. Da große Massenbewegungen zumeist in der glazialen Übersteilung begründet sind, vermuten wir, dass vergleichbare Situationen im Spätglazial häufiger sind und so wie in diesem Fall, die Gletschergeometrie am Beginn des jeweiligen Vorstoßes besser eingrenzen lassen. Unsere Arbeit zeigt, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Gletscherdynamik und Sedimentation von gravitativen (Phase nach Vergletscherung) und glazialen (Phase während Vergletscherung) Ablagerungen gegeben sein kann. Daher erlauben solche typischen Abfolgen, idealerweise in Kombination mit absoluten Datierungen, das Einengen eines genaueren Zeitrahmens für die jeweilige Vergletscherung. Dadurch kann das Verständnis über die Wechselwirkung zwischen Paläoklima und Gletscherdynamik im inneralpinen Bereich entscheidend verbessert werden.

Revisiting the Middle Pleistocene glaciofluvial sedimentary legacy of the NE alpine foreland – a new chronology based on the results from luminescence dating methods

Lukas Bickel¹, Christopher Lüthgens¹, Johanna Lomax², Markus Fiebig¹

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Angewandte Geologie lukas.bickel@boku.ac.at,

² Justus-Liebig-Universität Gießen, Department für Geographie

In the beginning of the 20th century, Albrecht Penck & Eduard Brückner (1901/1909) developed the concept of four large scale Quaternary alpine glaciations extending into the alpine foreland. Since then, the Northern Alpine Foreland (NAF) has played a major role in the investigation of glacial and furthermore paleo-climatic events. However, a numerical chronology has as yet not been established. This study focuses on dating the glaciofluvial deposits attributed to the penultimate glaciation (parallelized with MIS 6 in Austrian geological maps) when vast areas of the inner Alps were glaciated. In the easternmost part of the north draining valleys of the Alps, the glaciers did not reach the foreland, but formed valley glaciers confined by the mountainous terrain.

Samples for luminescence dating purposes were taken from glaciofluvial sediments mainly deposited in the form of river terraces in the alpine foreland. A total of 25 samples from 6 catchment areas (from East to West Ybbs, Enns, Steyr, Krems, Traun and Salzach) were analyzed within this study. A highly dynamic depositional environment, such as a glacier-fed river system, implies the possibility of incomplete resetting of the luminescence signal – in particular when transport distances are short. In an environment like this, quartz is the mineral of choice over feldspar, especially if dose rates are low and theoretically allow gaining quartz ages beyond 150 ka.

However, detailed analyses of the quartz OSL signal characteristics had revealed the presence of a thermally unstable medium component in some samples. Because of the lack of independent age control, it remained unclear whether this medium component may result in significant age underestimation for affected samples. Therefore, the luminescence properties of coarse grain feldspar were analyzed and revealed a general suitability for luminescence dating purposes. To obtain reliable age estimates for the samples, three luminescence signals were investigated: blue stimulated quartz OSL, infrared stimulated feldspar luminescence at 50°C (IRSL) and at an elevated temperature of 225°C (pIRIR). Using a comparative dating approach, it was possible to establish a reliable chronology for the glaciofluvial deposits attributed to the penultimate glaciation in the NAF.

Radiometrische Datierung und Wachstumsdynamik eines Aragonit-Kalzit-Travertins in den Ostalpen

Ronny Boch¹, Xianfeng Wang², Florian Mittermayr³, Christoph Spötl⁴, Martin Dietzel¹

¹ Technische Universität Graz, Institut für Angewandte Geowissenschaften, NAWI Graz,
ronny.boch@tugraz.at,

² Earth Observatory of Singapore, Division of Earth Sciences, ³ TU Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, ⁴ Universität Innsbruck, Institut für Geologie

„Travertin“ bezeichnet ein durch sukzessive Ausfällung entlang von Gerinnen gebildetes, meist karbonatisches Süßwassersediment, das im Gegensatz zum häufigeren und porösen Quelltuff laminiert und relativ kompakt aufgebaut ist. Außer den anorganischen Bildungsbedingungen (Entgasen von CO₂ aus den Wässern, Übersättigung und Kristallisation von CaCO₃) spielen hydrothermale und mikrobielle Prozesse in manchen Fällen eine wesentliche Rolle. Travertine sind einerseits als Bau- und Dekormaterial von Bedeutung, andererseits stellen sie ein natürliches Archiv zur Umweltrekonstruktion dar.

In Osttirol ist ein etwa drei Meter mächtiges Travertinvorkommen an einem steilen Hang – umrahmt von metamorphen Gesteinen und quartären Lockersedimenten – aufgeschlossen. Erste mineralogische und isotopengeochemische Untersuchungen belegten einen regelmäßigen Wechsel 100er-Mikrometer bis wenige Millimeter dicker Aragonit- und Kalzitlagen, wahrscheinlich saisonalen Ursprungs (Boch et al., 2005). Auffallend sind weiters ein mehrfaches Abbiegen und einstige Kaskadenbildung im Gelände, sowie eine lokale Zementation von Eisrandsedimenten hangabwärts des laminierten Travertins.

Um die genauen Bildungsbedingungen und den zeitlichen Ablauf dieses im Alpenraum seltenen Sediments einzugrenzen, wurden neue Beprobungen an mehreren ausgesuchten Stellen durchgeführt. Petrografische Untersuchungen, hochaufgelöste Spurenelementanalysen mittels Laser-Ablation-ICP-MS und Mikrosonde, sowie absolute Altersdatierungen mittels der Uran-Thorium Methode sollen ein besseres Verständnis der Wachstumsdynamik liefern. Weiters ist geplant, das neue Verfahren der Karbonat-„Clumped-Isotope“-Thermometrie (vgl. Eiler, 2011) zur Bestimmung einstiger Wassertemperaturen anzuwenden.

Erste Ergebnisse der neuen Altersdatierungen zeigen, dass sich der laminierte Aragonit-Kalzit-Travertin vor allem in der ersten Hälfte der klimatisch günstigen Bölling/Alleröd-Warmphase (GI-1e bis 1c; ca. 14.5 – 13.5 ka BP) gebildet hat. Die lokale Zementation (Kalzitkrusten) benachbarter Eisrandsedimente hingegen geschah großteils mit dem Beginn des Holozäns. Trotz der örtlich nahe liegenden

Karbonatsinterbildungen handelt es sich demnach um zwei eigenständige hydrologische bzw. geochemische Ereignisse, welche durch die Jüngere Dryas getrennt sind.

Zitate

Boch R, Spötl C, Reitner JM, Kramers J. 2005: A Lateglacial Travertine Deposit in Eastern Tyrol (Austria). *Austrian Journal of Earth Sciences* 98:78-91.

Eiler JM 2011: Paleoclimate reconstruction using carbonate clumped isotope thermometry. *Quaternary Science Reviews* 30:3575-3588.

Die Entwicklung der Jungmoränenlandschaft südlich der Ostsee – eine Betrachtung des Spannungsfeldes zwischen sedimentologischen, morphologischen und geochronologischen Befunden

Margot Böse

Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften, Fachrichtung Physische Geographie,
m.boese@fu-berlin.de

In der Jungmoränenlandschaft südlich der Ostsee besteht räumlich die klassische Gliederung in Grundmoränenplatten mit in sie eingebetteten subglazialen Rinnen, Eisrandlagen, vorgelagerten Sandern und Urstromtälern. Generell wird eine Altersfolge von älteren Reliefelementen zu jüngeren in Süd-Nord-Richtung angenommen. Vereinzelt treten saaleglaziale Reliefformen, meist Stauchkomplexe, an die Oberfläche. Diese glazialmorphologischen Reliefelemente sind durch periglaziale Prozesse in verschiedenen räumlich-zeitlichen Intensitäten im Spätglazial überprägt worden.

Durch neuere Datierungsmethoden wie OSL (Optically Stimulated Luminescence) und SED (Surface Exposure Dating) gibt es neben der klassischen morphostratigraphischen Gliederung und den Datierungen organogener Ablagerungen mittels der Radiokarbonmethode im Liegenden oder Hangenden von glazigenen Sedimenten nunmehr die Möglichkeit, minerogene Ablagerungen – von Schluffen bis zu Findlingen – altersmäßig zu erfassen. Eine Interpretation der Altersangaben muss jedoch mit einer genauen Analyse des prozessualen Geschehens, das an das Klima geknüpft ist, einhergehen, da die Landschaftstransformation zu einer paraglazialen Landschaft komplex und z. T. mehrphasig verlaufen ist. Als ein weiteres Archiv für Landschaftsveränderungen sind Seen in die Gesamtbetrachtung mit einzubeziehen. Späterer menschlicher Einfluss auf Sedimente und Gesteinoberflächen sollte bei Probennahmen, die die Datierung von pleistozänen Prozessen betreffen, ausgeschlossen werden.

Durch die Datierungen ergibt sich, dass sich die Zeitstellung ähnlicher glaziger Sedimente aus verschiedenen Eiszeiten auflösen lässt und damit ggf. Reliefformen in einen andersartigen stratigraphischen Zusammenhang gestellt werden müssen. Das gilt auch für die Sedimente der letzten Eiszeit. Darüber hinaus zeigen die bisherigen Ergebnisse, dass der Eisrand des Inlandeises sich auch kleinräumig sehr differenziert verhalten hat, so dass Alterskorrelationen über größere Entfernung kritisch zu betrachten sind.

Speläotheme als zeitlich hochauflösendes Klimaarchiv im Früh- und Mittel-Würm der Ostalpen

Susanne Brandstätter¹, Gina Moseley¹, Christoph Spötl¹, Wolfgang Müller²

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geologie, susanne.brandstaetter@studentuibk.ac.at,

gina.moseley@uibk.ac.at, christoph.spoetl@uibk.ac.at,

² Royal Holloway University of London, Department of Earth Sciences, Wolfgang.Muller@rhul.ac.uk

In den letzten Jahren haben Speläotheme als verlässliche Archive vergangenen Klimas zunehmend an Bedeutung gewonnen. Neben den stabilen Isotope O und C, die als Proxies für Niederschlag, Temperatur und Vegetation von Bedeutung sind, ist vor allem die gute Datierbarkeit mittels U/Th-Methode ein großer Vorteil dieses Archivs.

Um die Klimageschichte des Früh- und Mittelwürms (Marine Isotopenstadien 5 bis 3) für den Alpenraum besser auflösen zu können und dadurch Vergleiche mit anderen Archiven zu ermöglichen, wurden mehrere Speläotheme aus den österreichischen Alpen untersucht. Dabei lag ein besonderes Augenmerk auf den Übergängen zwischen Stadialen und Interstadialen und der absoluten Dauer der Transitionen. Basierend auf der U/Th Datierung mit durchschnittlich 13 (maximal 39) Altersproben pro Speläothem wurden Altersmodelle erstellt. Anschließend wurden Dünnenschliffe der Proben mittels Epifluoreszenz und Laser-Konfokalmikroskopie auf Laminae untersucht. Da manche Speläotheme einen sehr geringen organischen Eintrag aufweisen, wurden zusätzlich mittels LA-ICP-MS hochauflöst Spurenelemente gemessen, um chemische Laminae zu detektieren.

Die hochauflösten Altersmodelle in Verbindung mit den vermutlich jahreszeitlich entstandenen Laminae erlauben es, die Klimaentwicklung gerade während der großen Dansgaard-Oeschger-Schwankungen präzise zu erfassen.

Sedimente aus subglazial übertieften Becken als Archive mittel- und spätpleistozäner Vorland-Vergletscherungen am Beispiel des Unteren Glattals, NE Schweiz

Marius W. Buechi¹, Sally E. Lowick¹, Hans Rudolf Graf², John Menzies³,
Flavio S. Anselmetti¹

¹ Universität Bern, Institut für Geologie und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung,
marius.buechi@geo.unibe.ch, sally.lowick@geo.unibe.ch, flavio.anselmetti@geo.unibe.ch,

² Dr. von Moos AG, Geotechnisches Büro, Gächlingen, Schweiz, graf@geovm.ch,

³ Brock University, Department of Earth Sciences, jmenzies@brocku.ca

Sedimente in glazial übertieften Becken des Alpenvorlandes stellen ein wichtiges Archiv für die pleistozänen Umweltbedingungen dar. Gerade in wiederholt vergletscherten Gebieten mit oft nur fragmentarisch erhaltenen Sedimentabfolgen sind diese Ablagerungen äusserst wertvoll für die Rekonstruktion der zeitlichen Abfolge und räumlichen Ausdehnung pleistozäner Vergletscherungen. Die Bildung von glazial übertieften Tälern („tunnel valleys“) durch subglaziale Prozesse wird allgemein im Zusammenhang von temperierten Vergletscherungen vermutet, es ist aber nur wenig über die zeitliche Abfolge von Erosion und Auffüllung bekannt. Wir untersuchen derzeit die Geometrie und die Sedimente eines übertieften Talsystems in der N-Schweiz (Glatttal, ~5 km N des Flughafens Zürich). Die dortige Talfüllung wurde mit 5 - 190 m langen Bohrkernen sondiert und konnte so erstmals detailliert beschrieben werden. Neben der makroskopischen Kernbeschreibung wurden die geochemische Zusammensetzung des Feinanteils, das Geröllspektrum, sowie die Mikromorphologie der Sedimente untersucht und Proben für die Datierung mittels optisch stimulierter Lumineszenz (OSL) genommen. Die Talfüllung besteht hauptsächlich aus laminierten feinkörnigen Sedimenten und Sanden, die durch grobe diamiktische Zwischenlagen getrennt werden. Die beobachteten Lithofazies-Beziehungen interpretieren wir als den mehrfachen Übergang von subglazialer und sehr gletschernaher Sedimentation zu einem glazialkustrischem, teils distalen, Ablagerungsraum. Die direkte Datierung der feinkörnigen Sedimente mit OSL weist auf hohe Sedimentationsraten hin und erlaubt die Identifizierung von Schichtlücken. Über die Art und Ausprägung der in Dünnschliffen der Sedimente erkennbaren Deformationsstrukturen versuchen wir zudem subglaziale Diamikte von anderen Diamikten zu unterscheiden. Die verschachtelten Ablagerungsgeometrien, wie sie in der Talfüllung des unteren Glattals und vielen anderen Übertiefungen des Alpenvorlandes beobachtet werden, sind somit Ausdruck mehrerer Erosions- und Ablagerungsphasen während der wiederholten Vergletscherung des Gebiets. Dabei erlaubten Veränderungen in Lage und Stärke der subglazialen Erosion die Erhaltung von Sedimenten älterer Vereisungen.

Tracking the pace of onset of glaciations in the Alps

Anne Claude¹, Naki Akçar¹, Susan Ivy-Ochs², Fritz Schlunegger¹, Peter Kubik², Meinert Rahn³, Andreas Dehnert³ and Christian Schlüchter¹

¹ University of Bern, Institute of Geological Sciences, (anne.claude@geo.unibe.ch),

²ETH Zürich, Laboratory of Ion Beam Physics, 3Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI

The onset of glaciations in the northern hemisphere is attributed to approximately 2.7 Ma (Maslin and Ridgwell, 2005). Since then, the extent of glaciation is marked by oscillating ice volume on a hemispherical scale. Whether this onset in the Alps is synchronous or not, it is still unrevealed. The onset of glaciations must have resulted in a landscape change, which is recorded in the oldest Quaternary deposits in the Alps. This study focusses on these oldest deposits, the Deckenschotter (cover gravels), which are located beyond the limit of the Last Glacial Maximum. These glaciofluvial gravels cover Tertiary Molasse or Mesozoic bedrock and have a reverse stratigraphic relationship, i.e. older deposits are located at higher altitudes and vice versa. For a long time, the glaciation history of Switzerland was correlated to that of southern Germany where Penck and Brückner (1909) differentiated four Quaternary stratigraphic units (LT; Lower Terrace, HT; Higher Terrace, Lower Cover Gravels; TDS and Higher Cover Gravels; HDS) based on their distinct topographical positions. To track the pace of onset of glaciations in the Alps, we reconstruct the chronology of Swiss Deckenschotter and thus contribute to the understanding of the large-scale evolution history of the Alpine Foreland. In order to reveal the extent of paleoglacial catchments we use detailed lithostratigraphy.

To reconstruct the chronology of Deckenschotter, we use two different methods: depth-profile and isochron-burial datings. Depth-profile dating is based on the decay of cosmogenic nuclides with depth, whereas isochron-burial dating relies on the fact that clasts stemming from the same timeline have different pre-burial but same post-burial histories. Here, we present two Higher Deckenschotter sites at Stadlerberg and Irchel, located in the canton of Zurich, at an elevation of 600 m and 670 m a.s.l., respectively. At Stadlerberg, in an abandoned gravel pit 7 sediment samples were taken for depth-profile dating with ^{10}Be and 9 quartz pebbles for isochron-burial dating with ^{10}Be and ^{26}Al . At Irchel, on one hand 9 quartz clasts were collected for isochron-burial dating at the contact between the Deckenschotter and the Molasse. On the other hand, in an old gravel pit, 7 sediment samples for depth-profile dating and 13 quartz clasts for isochron-burial dating were sampled. First results from Stadlerberg reveals that this sequence was accumulated approximately 2 Ma ago during a cold period. Furthermore, the petrography of the pebbles indicates that the Deckenschotter unit at Stadlerberg originates from the catchment of the Rhein-Linth Paleoglacier. Based on

these, we anticipate that the Quaternary glaciations in the Alps should have begun prior to 2 Ma.

Zitate

Maslin, M.A. & Ridgwell A.J. 2005:Mid-Pleistocene revolution and the 'eccentricity myth'. *Geological Society, London, Special Publications* 247: 19-34.

Penck, A. & Brückner, E. 1909. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig.

Impact of permafrost degradation on debris flow initiation – a case study from the north Italian Alps

Bodo Damm¹, Astrid Felderer²

¹ Universität Vechta, ISPA, bodo.damm@uni-vechta.de,

² Umweltbundesamt Wien, Umweltfolgenabschätzung & Klimawandel,
astrid.felderer@umweltbundesamt.at

Atmospheric warming in high mountain environments causes a range of impacts, including glacier recession, reduction of permafrost extent and distribution as well as changes in thermal permafrost properties. Furthermore, it is likely that climate change affects the occurrence of natural hazards, like shallow landslides and debris flows, as their initiation is related to the degradation of the cryosphere.

The present study demonstrates the importance of recent atmospheric warming for the spatial distribution of debris flow initiation in a central alpine area of the Italian Alps (Europe). It is primarily based on the modelling of the spatial distribution of permafrost using a database of geomorphologic, hydrologic, and physical permafrost indicators and the CRYOSNOW-approach.

There is first evidence that it is possible to quantify the regional debris flow hazard potential based on field survey, in-situ measurements, climate data analyses, and GIS-based simulations for different climate scenarios and variable geomorphic stability. In particular, permafrost degradation due to increasing mean annual air temperature (MAAT) since the end of the Little Ice Age (LIA) caused mechanical instabilities of sediments and slopes. In the study area it can be shown that almost half of the debris flow initiation zones originate in areas with loose rock that were still stabilized by glacier ice and/or permafrost about 150 years ago.

Compared to present conditions the permafrost area would decrease by approximately 72 % by the middle of the 21st century with regard to an increased air temperature of +1 to +2 K. Moreover, glaciers widely disappear in this scenario. This may be presumed to be a moderate increase of temperature in relation to the predicted climate development of the IPCC. Ongoing glacier recession and permafrost degradation increase the amount of instable debris as well as the potential of debris flow detachment zones in the future.

References

- Damm B., Felderer A. 2013: Impact of atmospheric warming on permafrost degradation and debris flow initiation – a case study from the eastern European Alps. *E&G Quaternary Science Journal* 62/2: 136-149.

- Haeberli W., Gruber S. 2009: Global warming and mountain permafrost. In: Margesin R. (Ed): Permafrost Soils. *Soil Biology* 16: 205-218.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change 2012: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaption. <http://ipcc-wg2.gov/SREX/>.
- Langer M., Damm B. 2008: CRYOSNOW – An approach for mapping and simulation of mountain permafrost distribution based on the spatial analyses of perennial snow patches. *Geophysical Research Abstracts* 10: EGU2008-A-11263.
- Mair V., Lang K., Tagnin S., Zischg A., Krainer K., Stötter J., Zilger J., Belitz K., Schenk A., Damm B., Kleindienst H., Bucher K., Munari M 2008: PROALP – Rilevamento e Monitoraggio dei Fenomeni Permafrost. *Neve e Valanghe* 64: 50-59.
- Sandmeier C., Damm B., Terhorst B. 2012: Murgangpotential eines alpinen Einzugsgebietes im Antholzer Tal (Südtirol). *Interpraevent* 12/1: 339-350.

Bodenchronosequenz auf spät- und postglazialen Moränen im Gletschervorfeld des Rieserfengers (Südtirol/Italien)

Bodo Damm¹, Birgit Terhorst², Franz Ottner³

¹ Universität Vechta, ISPA, bodo.damm@uni-vechta.de,

² Universität Würzburg, Institut für Geographie und Geologie, birgit.terhorst@uni-wuerzburg.de

³ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Angewandte Geologie, franz.ottner@boku.ac.at

Im Gletschervorfeld des Westlichen Rieserfengers (Südtirol, Italien) wurde eine chronologische Differenzierung von Bodenbildungsstadien auf spätglazialen und holozänen Moränen vorgenommen. Im Untersuchungsgebiet in einer Höhe von 2300 bis 2500 m ü.M. stellen glaziale Ablagerungen aus Tonalit und Granodiorit das Ausgangssubstrat für die Bodenentwicklung dar, stellenweise kann auch Paragneis beigemengt sein. Im Allgemeinen kommen gut entwickelte Podsole und Braunerden sowie auf neuzeitlichen Moränen initiale Bodenbildungen vor. Bemerkenswert ist das Auftreten von fossilen Böden in postglazialen Moränenwällen, für die ¹⁴C-Alter vorliegen.

Da die bodenbildenden Faktoren im Untersuchungsgebiet weitgehend homogen sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Bodenbildung überwiegend durch den Faktor Zeit gesteuert wird. Ziel war daher zu prüfen, inwieweit der Entwicklungsgrad der vorkommenden Böden bzw. der Verwitterungsgrad des Ausgangsgesteins mit den relativen bzw. absoluten Altern der Moränenablagerungen korreliert.

Die Aufnahme der Bodenprofile erfolgte in Verbindung mit stratigraphischen dendrochronologischen, lichenometrischen und laboranalytischen Untersuchungen. Neben Korngrößen- und Mineralanalytik sowie der Bestimmung pedogener Oxide wurde Kohlenstoff- und Stickstoffanalytik durchgeführt.

Die beprobten Böden zeigen zum Teil erhebliche Unterschiede im Hinblick auf die untersuchten Parameter. Bodenprofile mit einer langen Entwicklungszeit seit dem frühen Holozän lassen sich deutlich von neuzeitlichen Bildungen unterscheiden. Zur Abgrenzung und Differenzierung neuzeitlicher Böden untereinander sind in Abhängigkeit vom absoluten Bodenalter tonmineralogische Analysen sowie die Gehalte an Kohlenstoff und pedogenen Oxiden (Fe und Al) gut geeignet. Mit Bezug auf die pedogenetischen Prozesse der letzten 150 Jahre konnte mit Hilfe tonmineralogischer Untersuchungen die beste Differenzierung erzielt werden, wohingegen die Gehalte an Kohlenstoff sowie an pedogenen Oxiden (Fe und Al) für eine Zeitspanne der Pedogenese zwischen 150 und 400 Jahren zur Differenzierung am besten geeignet sind.

Zitate

- Damm B. 1998: Der Ablauf des Gletscherrückzuges in der Rieserfernergruppe (Tirol) im Anschluss an den Hochstand um 1850. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 34: 141-159.
- Damm B. 1999: L'evoluzione dei ghiacciai, del paesaggio e del clima nei Monti di Tures (Alto Adige) dal Tardiglaciale. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 22: 49-55.
- Egli M, Fitze P, Mirabella A. 2001: Weathering and evolution of soils formed on granitic, glacial deposits: results from chronosequences of Swiss alpine environments. *Catena* 45: 19-47.

New data on the age of Late Palaeolithic cave paintings in the Shulgan-Tash Cave, southern Ural, Russia

Yuri Dublyansky¹, Gina Moseley¹, Christoph Spötl¹, Yuri Liakhnitsky², Larry Edwards³

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geologie, juri.dubyansky@uibk.ac.at,

² Russian Geological Research Institute, Russia ³ Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota, USA

Shulgan-Tash Cave (also known as Kapovaya Cave) is located in the southern Ural Mountains of Russia. The cave is famous for its Palaeolithic paintings. Based on their stylistics, these paintings correspond to the Late Solutrean – Middle Magdalenian of the Late Palaeolithic in Europe. The time frame of human occupation of the cave was constrained by ¹⁴C-dating of charcoal found in cave sediments near the paintings to 17,600 to 19,200 cal BP. This period corresponds to the last maximum glaciation in the Siberian part of Eurasia.

We attempt to constrain the age of paintings in the Shulgan-Tash Cave directly, by dating layers of the calcite flowstone that underlie and overgrow some of the paintings. Samples were micro-milled from several figures of the composition “Horses and Trapezium” in the “Chaos Chamber”. These paintings were made on a 1-2 mm-thin layer of flowstone and were subsequently overgrown by a 5 mm thick flowstone. The paintings were cleaned by archaeologists by carefully removing the overlying flowstone, but parts of this flowstone were left intact. This allowed us to sample the flowstone with reasonable microstratigraphic control.

Out of eight collected samples, two represent the “canvas” flowstone, two were collected from the overlying flowstone including traces of the painted surface, and four represent a consecutive series of samples of the overgrowing flowstone. The ²³⁰Th-U dating was performed using the MC-ICP-MS technique.

The two samples of the “canvas” yielded ages of 37.3 and 41.4 ka BP. By extrapolating the ages, the formation of the calcite surface on which the paintings were made can be constrained to ca. 35 ka BP. A 20.5 kyr-long hiatus followed, during which the paintings were made. The growth of flowstone resumed at ca. 14.5 ka BP. The three ages obtained from the micro-stratigraphic sequence of the younger flowstone yielded statistically indistinguishable ages, suggesting fast calcite deposition.

This study confirmed the Late Palaeolithic age for the paintings in the “Chaos Chamber” of the Shulgan-Tash Cave. The time window obtained by ²³⁰Th-U dating brackets the time of cave occupation by humans obtained by radiocarbon dating.

Geologische und morphologische Besonderheiten des Tschirgant Bergsturzes (Tirol)

Anja Dufresne¹, Christoph Prager^{2,3}, Annette Bösmeier¹

¹ Universität Freiburg, Geologie, anja.dufresne@geologie.uni-freiburg.de,

² alpS GmbH, Innsbruck, prager@alps-gmbh.com,

³ ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH

Der kalkalpine Tschirgant Bergsturz (Inntal, Tirol) weist einige geologische und morphologische Besonderheiten auf, die mit lithologischen Eigenschaften der Sturzmasse und unterschiedlichen Ausbreitungsverhalten, sowie mit den örtlichen topographischen Verhältnissen und Interaktionen mit den Talflursedimenten (Alluvionen) in Verbindung gebracht werden können. Diese Bergsturzablagerung umfasst ca. 200-250 Mill. m³ und bedeckt ca. 9,8 km², wobei mehrere C¹⁴ Datierungen auf zwei Ereignisse um ca. 1700-1500 v. Chr. und ca. 1200-1000 v. Chr. hinweisen (Patzelt 2012). Damit liegt der Tschirgant-Bergsturz in einer auffallenden zeitlichen und räumlichen Häufung von nach-eiszeitlichen Sturzereignissen zwischen ca. 2200 und 1000 v.Chr. in dieser Region (Prager et al. 2008).

Das Abbruchgebiet besteht aus komplex gefalteten und spröd deformierten triassischen Schichtfolgen der Wetterstein Fm. und Raibl Gruppe, sowie untergeordnet aus Alpinem Muschelkalk und Hauptdolomit in Mittel- bzw. Unterhangbereichen (Pagliarini 2008). Die dick gebankten bis massigen Kalke und Dolomite der Wetterstein Fm. sind z.T. intensiv tektonisch zerschert, klüftig und z.T. verkarstet. Die Raibl Gruppe umfasst wechselnd kompetente Abfolgen von siliziklastischen Tonschiefern bzw. Silt-/Sandsteinen, Dolomiten, Kalken und Rauwacken. Die im Abbruchgebiet erkennbaren, mechanisch wirksamen Haupttrennflächen (pultartig hangabwärts orientierte Gleitflächen) und die offensichtlich durch den Abbruch- bzw. Transportprozess bedingte, intensive dynamische Gesteinszerlegung (gemischtkörnige Lockergesteinsablagerungen mit weit gestuften Block-/Korngrößenverteilungen) weisen darauf hin, dass sich hier eine initiale Felsgleitung zu einem Sturzstrom mit beträchtlicher Reichweite entwickelt hat (Prager 2010).

Aufgrund der guten Aufschlussverhältnisse und zahlreicher offener Fragestellungen die Mechanik dieser Großhangbewegung betreffend werden aktuell methodisch verschiedene Gelände- und Laboruntersuchungen, sowie Auswertungen von Fernerkundungsdaten durchgeführt: geologische Detailkartierungen (Lithofazies, makro-/mesoskopische Struktur/Gefüge, Morphologie), sedimentologische Laboruntersuchungen (Siebanalysen, Mikrogefüge mittels Streupräparaten), GIS-basierte Auswertungen von Fernerkundungsdaten (Orthofotos, Laserscanning-Aufnahmen; Tiris 2014), Analysen von schwer zugänglichen Schlüsselaufschlüssen

mittels (schräger) Luftbildaufnahmen von Quadrocopter-Befliegungen, sowie Auswertungen der verfügbaren Bohrprofile (Tiris 2014). Diese kompilierten Daten zeigen u.a., dass der ursprüngliche geologische Aufbau des Abbruchgebietes in den Sturzstrom-Ablagerungen weitestgehend erhalten geblieben ist (Raibler Schichten v. a. distal bzw. saumartig in Randzonen abgelagert). Zudem weist das Ablagerungsgebiet noch andere Besonderheiten auf. (1) Der Übergang von der Wetterstein Fm. zur Raibl Gruppe ist in der Ablagerung z.T. auch morphologisch ersichtlich. So grenzen auffallende Bergsturzhügel (Toma, hummocks) und große Megablocke eines 10er-m mächtigen Ablagerungsbereichs (Wetterstein Fm.) an tiefer liegende, flache und von Strömungslinien geprägte Oberflächen (i.e. geringer feste Raibl Gruppe). (2) Die Sturzmassen wurden durch einen im Talbereich anstehenden Festgestein-Rücken in zwei Bereiche geteilt, wobei beide ein ähnliches Ablagerungsbild zeigen: Wetterstein Fm. im Zentrum und Raibler Schichten in der Peripherie. (3) Vor allem die Raibler Rauwacken und Tonschiefer sind auffallend häufig in topographisch tiefer liegenden Aufschlüssen vorzufinden. In welchem Ausmaß diese Gesteine am Aufbau der basalen Gleitzone beteiligt sind, ist Ziel weiterer Untersuchungen (z. B. Auswertungen von Bohrprofilen; vgl. Patzelt & Poscher, 1993).

Typische morphologische Trends, wie z. B. eine Abnahme der Mächtigkeit und/oder Größe der Bergsturzhügel mit zurückgelegter Fahrbahn sind hier im Gelände nicht ausgeprägt. Stattdessen weisen einzelne Ablagerungsbereiche jeweils ganz eigene morphologische Bilder auf, deren markanteste Beispiele im Folgenden kurz skizziert werden. So sticht z. B. in den topographischen LiDAR-Aufnahmen (Tiris 2014) das Zentrum des proximalen bis medialen Ablagerungsbereichs mit ca. 2 km² Fläche hervor, da es vornehmlich von nur acht großen Bergsturzhügeln geprägt ist, die sich in ihren Formen und der geometrischen Anordnung zueinander stark ähneln, d.h. Puzzle-ähnlich einer Block-/Felsgleitung (vgl. Green Lake rockslide, New Zealand; Hancox & Perrin 1994). Demnach verhielt sich der Tschirgant-„Bergsturz“ bereichsweise wie ein großer Gleitkörper (rock slide), während umliegende Bereiche sich wie ein Trümmerstrom (rock avalanche) ins Tal ausbreiteten und eine morphologisch komplex gegliederte Sturzstrom-Landschaft hinterließen.

Den Einfluss kompressiver Spannungsbedingungen durch topographische Hindernisse ist medial bis distal sehr gut erkennbar, und zwar am Fuß der Amberg-Hangflanke (anstehendes Festgestein): hier sind kleinere Bergsturzhügel durch eine Megablock-freie Oberfläche und viele kleinere Geländerücken, mit topographischen Längsachsen senkrecht zur Bergsturzbewegungsrichtung, charakterisiert. Der hier aufgeschlossene basale Kontakt, der parallel zur Bergsturzoberflächenform verläuft, zeigt wie die Bergsturmorphologie von der überfahrenen Topographie und den Interaktionen mit dem Substrat beeinflusst worden ist.

Mechanische Schwächezonen der Sturzstrom-Masse sind an mehreren Stellen durch den Eintrag genetisch andersartiger Sedimente (i.e. fluviatile Sande, Kiese) deutlich angezeigt. Somit geben diese Sedimente nicht nur über die Bedingungen an der basalen Gleitfläche Rückschlüsse, sondern sie sind zudem wichtige Marker für strukturelle Kartierungen von Ablagerungsprozessen. So sind z. B. steil „injizierte“ Alluvionen nur in topographischen Vertiefungen zwischen Bergsturzhügeln vorzufinden und deuten auf „Schwachstellen“ oder Dehnungszonen in der Bergsturzmasse hin, in die von der plötzlichen Auflast mobilisierte, höchstwahrscheinlich wassergesättigte Sande und Kiese eindringen konnten (Bodenverflüssigung durch abrupte undrainierte Belastung). Die instruktivsten Aufschlüsse, die mechanische Wechselwirkungen von Talflursedimenten und Bergsturz zeigen, sind in distalen Ablagerungsbereichen zu finden (vgl. Patzelt & Poscher 1993, Abele 1997). Hier dokumentieren basale Mischzonen mit polymikten Sanden und Kiesen sowie Scherzonen mit aufgeschobenen Alluvionen einige Prozesse, die zur dynamischen Gesteinszerlegung und Bildung der morphologisch auffallenden Bergsturz-Landschaft geführt haben. Insgesamt zeigt der Tschirgant Bergsturz sehr eindrucksvoll die vielfältigen mechanischen Wechselwirkungen mit mobilisierten Talflursedimenten, sowie den Einfluss der lokalen topographischen Verhältnisse auf das Bewegungs- und Ablagerungsverhalten von Sturzströmen.

Zitate

- Abele G. 1997: Rockslide movement supported by the mobilization of groundwater-saturated valley floor sediments. *Zeitschrift für Geomorphologie* NF 41: 1-20.
- Hancox G.T., Perrin N.D. 1994: Green Lake landslides: A very large ancient rockslide in glaciated terrain, Fiordland, New Zealand. *Inst. of Geological and Nuclear Sciences Science Report* 93/18: 50 Seiten.
- Pagliarini L. 2008: Strukturelle Neubearbeitung des Tschirgant und Analyse der lithologisch-strukturell induzierten Massenbewegung (Tschirgant Bergsturz, Nördliche Kalkalpen, Tirol). *Diplom Arbeit*, Universität Innsbruck: 90 Seiten.
- Patzelt G. 2012: Die Bergstütze vom Tschirgant und Haiming, Oberinntal, Tirol – Begleitworte zur Kartenbeilage. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 152(1-4): 13-24.
- Patzelt G., Poscher G. 1993: Der Tschirgant-Bergsturz. *Arbeitstagung 1993 der Geologischen Bundesanstalt*, Geologie des Oberinntaler Raumes, Schwerpunkt Blatt 144 Landeck: 206-213.
- Prager C. 2010: Geologie, Alter und Struktur des Fernpass Bergsturzes und tiefgründiger Massenbewegungen in seiner Umgebung (Tirol, Österreich). *Dissertation*, Universität Innsbruck: 307 Seiten.
- Prager C., Zangerl C., Patzelt G., Brandner R. 2008: Age distribution of fossil landslides in the Tyrol (Austria) and its surrounding areas. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 8(2): 377-407.
- Tiris, 2014: Tiris Kartendienste, Laser- & Luftbildatlas Tirol, Wasserinformationssystem Tirol (WIS). <http://www.tirol.gv.at>

Circumlittoral sediment records from Bonaire (Leeward Antilles) provide insights into the Holocene tsunami history of the southern Caribbean

Max Engel¹, Anja Scheffers², Simon Matthias May¹, Peter Frenzel³, Sascha Fürstenberg³, Dieter Kelletat¹, Volker Wennrich⁴, Helmut Brückner¹

¹ Universität zu Köln, Institute of Geography, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln, Germany,
max.engel@uni-koeln.de,

² Southern Cross University, Southern Cross GeoScience, P.O. Box 157, Lismore NSW 2480, Australia,

³ Friedrich Schiller-Universität Jena, Institute of Earth Sciences, Burgweg 11, 07749 Jena, Germany,

⁴ Universität zu Köln, Institute of Geology and Mineralogy, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln, Germany

The Caribbean region is disproportionately vulnerable to coastal hazards, since a relatively high percentage of the population lives right at the coasts. Based on their short recurrence intervals over the intra-Americas Seas, tropical cyclones and their associated effects of elevated storm surges, heavy wave impacts, winds, and mudflows represent the most serious hazard. However, tsunamis are responsible for the loss of lives and property as well, as indicated by (i) the variety of trigger mechanisms (strike-slip motion and oblique collision at the northern and southern Caribbean plate boundaries, subduction at the eastern plate boundary, submarine and coastal landslides, volcanism), and (ii) numerous historical accounts. In contrast to nearly all of the Greater Antilles and the Lesser Antilles island arc, tsunami occurrence has never been reported on the Leeward Lesser Antilles off the coast of Venezuela. This lack of historical evidence stands in remarkable contrast to overwash deposits in lagoonal sediment archives and coastal boulder fields indicating wave impacts and coastal flooding events largely exceeding those of category 5 hurricanes of the recent past. We identified possible sedimentary evidence for tsunamis, and explored new geoarchives for enhancing the chronology of candidate palaeo-tsunamis by dating stratigraphical contexts using radiocarbon. Furthermore, we present a numerical study on minimum wave heights required to move the largest coastal boulders, in order to tentatively rule out hurricanes for their transport (Engel and May 2012). The paper presents key results of multi-proxy investigations (grain size distribution, loss-on-ignition, XRF-ITRAX, XRD, AAS, magnetic susceptibility, macrofauna, microfauna) from seven sedimentary archives on Bonaire, providing evidence for potential Holocene tsunamis. Based on these findings, the recurrence rate for highest-magnitude coastal flooding events on Bonaire is roughly in the order of 1000 years (Engel et al. 2013).

Zitate

Engel M, May SM. 2012: Bonaire's boulder fields revisited: Evidence for Holocene tsunami impact on the Leeward Antilles. *Quaternary Science Reviews* 54: 126-141.

Engel M, Brückner H, Fürstenberg S, Frenzel P, Konopczak AM, Scheffers A, Kelletat D, May SM, Schäbitz F, Daut G. 2013: A prehistoric tsunami induced long-lasting ecosystem changes on a semi-arid tropical island – the case of Boka Bartol (Bonaire, Leeward Antilles). *Naturwissenschaften* 100: 51-67.

New perspectives on Holocene landscape changes based on a sediment record from the oasis of Tayma (NW Saudi Arabia)

Max Engel¹, Anna Pint¹, Birgit Plessen², Peter Frenzel³, Sandra Melzer¹,
Helmut Brückner¹

¹ Universität zu Köln, Institute of Geography, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln, Germany,
max.engel@uni-koeln.de,

² Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Section 5.2 – Climate
Dynamics and Landscape Evolution, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany,

³ Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institute of Geosciences, Burgweg 11, 07749 Jena, Germany

The sabkha of Tayma provides a unique continuous sediment record of Holocene climatic changes, also covering the early Holocene humid period for which evidence on the northern Arabian Peninsula is limited so far. Sedimentary facies, microfossil content as well as C and N isotopes separate the stratigraphy of the basin into a lake onset phase, a lacustrine phase, an evaporation phase, and the sabkha phase. Bioclastic shoreline deposits of the lacustrine phase are ¹⁴C-dated to 10–9 ka cal BP (Engel et al. 2012) and indicate a palaeo-lake depth of at least 17.5 m. Our current research is focused on high-resolution multi-proxy analyses and cross-dating to more precisely infer gradual and abrupt climate changes as well as landscape dynamics as drivers for cultural evolution.

Zitate

Engel M, Brückner H, Pint A, Wellbrock K, Ginau A, Voss P, Grottner M, Klasen N, Frenzel P. 2012: The early Holocene humid period in NW Saudi Arabia – evidence from sediments, microfossils and palaeo-hydrological modeling. *Quaternary International* 266: 131–141.

Mid and late Holocene land use changes in the Ötztal Alps

Daniela Festi¹, Andreas Putzer², Klaus Oeggl³

¹ Universität Innsbruck, Institut für Botanik, Daniela.Festi@uibk.ac.at,

² Südtiroler Archäologiemuseum, Andreas.Putzer@iceman.it,

³ Universität Innsbruck, Institut für Botanik, Klaus.Oeggl@uibk.ac.at

The practice of vertical transhumance and alpine summer farming deeply changed and redesigned the landscape of the high altitudes in the Alps, causing the lowering of the timberline and favoring the enlargement of alpine pastures. In the frame of the research conducted on the Neolithic Alpine Iceman (3300-3100 yr cal BC) palynological analyses performed on an Austrian in mire the upper Ötztal valley provided a first indication of possible pasture activity during the Neolithic in the high mountain area where the Iceman was discovered. According to this evidence and to the Iceman equipment, it was hypothesized that he had been involved in a local vertical transhumance between the Vinschgau valley floor (Italy) and the high altitudes of the Ötztal Valley (Austria), north of the main Alpine ridge.

In order to corroborate this hypothesis a multi proxy palaeo-ecological study has been performed, aiming to reconstruct the onset of pasture activity in the region, taking into account both climatic and social implications that could have triggered its beginning.

In this contribution the latest results of vegetation and fire history, as well as archaeological analysis for the Vinschgau area will be presented, revealing that grazing management caused a vegetational change in the region since the Bronze Age and then increased gradually, reaching its climax during the Medieval Time. Moreover, in order to put this study case in a wider context, a general overview of the onset of alpine pasture in European mountains will be discussed.

Angewandte Quartärgeologie im Wiener Becken

Markus Fiebig¹, Sabine Grupe², Maria Heinrich³, Arben Kociu³, Christopher Lüthgens¹, Thomas Payer², Mandana Peresson³,

¹ Universität für Bodenkultur, Institut für Angewandte Geologie, Peter Jordan-Str. 70, A-1190 Wien, markus.fiebig@boku.ac.at, christopher.luetgens@boku.ac.at

² Wiener Gewässermanagement Gesellschaft mbH, Technisches Büro für Geologie, Wilhelminenstr. 93/1, A-1160 Wien, sabine.grupe@wgm.wien.at, thomas.payer@wgm.wien.at,

³ Geologische Bundesanstalt, Fachabteilungen Rohstoff- und Ingenieurgeologie, Neulinggasse 38, A-1030 Wien, maria.heinrich@geologie.ac.at, arben.kociu@geologie.ac.at, mandana.peresson@geologie.ac.at

Eine Vielzahl der Erd- und Tiefbauprojekte im Wiener Becken betrifft teilweise oder sogar zur Gänze die quartäre Schichtfolge im Untergrund. Dabei zeigen sich immer wieder sehr variable Sedimentabfolgen und Schichtmächtigkeiten im Baugrund der Stadt Wien. Neben der im Quartär herausgehobenen Terrassentreppe der Donau und ihrer Nebenflüsse – von der hochwassersicheren Stadtterrasse bis zum Laaer Berg – finden sich im Wiener Becken auch Absenkungsräume, wie z. B. das Schwechat Tief, deren Subsidenz bisher nur sehr grob abgeschätzt werden kann (Wiener Gewässer Management 2011).

Für nähere Erkundungen des Gesteins und Abschätzung seiner geomorphologischen Stabilität werden in den meisten Fällen Bohrungen abgeteuft. Dabei spielen neben Routinesondierungen mittels Einfachkernrohr auch immer wieder spezielle Rammkernbohrungen in Linern eine entscheidende Rolle bei der Beantwortung der Fragestellungen. Im Rahmen eines laufenden Projekts der Stadt Wien, MA 45 – Wiener Gewässer wird die mögliche Gefährdung von Bauvorhaben durch kontinuierliche Absenkungs- und Setzungsbewegungen untersucht. Qualitativ hochwertige und kontinuierlich geborgene Bohrkerne werden mittels verschiedener Datierungstechniken – von Optisch Stimulierter Lumineszenz (OSL) bis zu Bestimmungen des Gehaltes an kosmogenen Isotopen – auf ihr genaues Ablagerungsalter untersucht. Granulometrische, mineralogische und petrographische Untersuchungen sind für eine möglichst vollständige Rekonstruktion der jeweiligen Bildungsgeschichte der Ablagerungen und damit auch der räumlichen Ausdehnung der Sedimentationsbereiche unerlässlich. Berechnungen der längerfristigen rezenten Setzungsrate können nur unter Einbeziehung aller vorhandenen Befunde verlässlich durchgeführt werden. Neben den möglichst exakten Modellen und Prognosen der Untergrundbedingungen ist auch das rezente Monitoring mittels Geodäsie sowie durch InSAR-Daten der Satelliten ENVISAT und ERS im Untersuchungsprogramm eingeschlossen. Die gemessenen absoluten Werte der Bewegungen in mm / Jahr sind in Verbindung mit dem Untergrundmodellen der Schüssel zur Abschätzung zukünftiger Bewegungen.

Bei Projekten der angewandten Quartärgeologie ist eine möglichst genaue Kenntnis der allgemeinen (quartär-)geologischen Umstände ein entscheidender Schlüssel zur Beantwortung der angewandten Fragestellungen. Dazu sind zumeist Teams von unterschiedlichen Spezialistinnen und Spezialisten notwendig, um die Bandbreite der Untersuchungen und Methoden abdecken zu können.

Zitat

Wiener Gewässer Management (2011): Wiener Gewässer 2011: Angewandte Hydrogeologische Forschung
Stadtgebiet Wien im Auftrag der Stadt Wien, MA 45 – Teilgebiet Lobau.
<http://www.wgm.wien.at/Lobau.65.0.html>.

Über die Pfadabhängigkeit der Klimasensitivität glazialer Systeme: Eine Fallstudie

Andrea Fischer

Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung,
Andrea.Fischer@oeaw.ac.at

Die Sensitivität einzelner Gletscher auf Klimaschwankungen und der zeitliche Verlauf ihrer Reaktion sind je nach den spezifischen Eigenschaften eines Gletschers oder Eisstromnetzes unterschiedlich. Reuther et al. (2011) wiesen in Oberflächenaltersdatierungen für einen kleinen Talgletscher spätwürmzeitlich eine größere Klimasensitivität als für ein größeres Eisstromnetz nach, fanden dagegen im Spätglazial synchrones Verhalten. Im heutigen Klima hingegen kehren sich die Sensitivitäten um: vor allem alpine Talgletscher reagieren stark auf den Klimawandel, kleine Kargletscher ändern sich kaum (Abermann et al., 2009).

Die Reaktion glazialer Systeme auf Klimaänderung zeigen also eine starke Pfadabhängigkeit, die Magnitude und der zeitliche Verlauf der Systemantwort auf eine Störung hängen nicht nur von der Störung selbst ab, sondern auch vom Zustand des Gletschers (Fischer, 2010), die wiederum maßgeblich von seiner Vorgeschichte bedingt ist. Dies hat eine Reihe von Implikationen für die Interpretation von Gletscherverhalten als Indikatoren für klimatische Änderungen, wie etwa die unterschiedliche und zeitlich veränderliche Eignung verschiedener Gletschertypen als Klimaindikatoren.

Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen: i) welche glazialen Parameter verändern die Reaktion eines Gletschers auf Klimaschwankungen maßgeblich ii) in welchem Verhältnis zur Einfluss der Klimaänderung steht die Änderung der Eigenschaften eines Gletschers und iii) was wissen wir über die Bandbreite vergangener Systemzustände?

In einer Fallstudie werden verschiedene glaziale Parameter und deren zeitliche Änderungen seit Beginn der Aufzeichnungen sowie deren Einfluss auf die Massenbilanz, und somit auch auf den Abfluss und in Folge auf den Sedimenttransport gezeigt. Die Änderung der Oberflächenhöhe, der Albedo und der Schuttbedeckung der Gletscheroberfläche seit dem LIA wurde aus historischen Daten abgeleitet und als Basis für die numerische Modellierung der Gletschermassenbilanz verwendet. Berechnet man die Massenbilanz mit heutigen und LIA Systemparametern unter Annahme des heutigen Klimas, zeigt sich dass der Einfluss der Änderung des Gletschers größer ist als der Einfluss der ursächlichen klimatischen Änderung selbst. Das beobachtete Einsinken der Oberflächenhöhe der Gletscherzungen um mehr als

hundert Meter an den großen Talgletschern führt z. B. zur effektiven Temperaturerhöhung an der Gletscheroberfläche, die in derselben Größenordnung wie die gemessene Änderung der Lufttemperatur an den Stationen liegt.

In einem zweiten Schritt werden verschiedene Klimaszenarien verwendet, um die Abflussbilanz in derselben Region zu Zeiten höherer Eisbedeckung exemplarisch zu berechnen, unter der Berücksichtigung wiederum verschiedener möglicher Systemzustände. Somit kann eine erste Abschätzung der Bandbreite des Einflusses der individuellen Eigenschaften eines glazialen Systems auf seine Klimawandelsensitivität getroffen werden.

Die Gletscherdynamik als Resultat nicht nur der Massenbilanz, sondern auch der Bedingungen am Gletscherbett, wurde in dieser Studie vorerst ausgeklammert, wenn sich auch daraus weitere spannende Forschungsfragen ergeben werden.

Zitate

- Abermann J., Lambrecht A., Fischer A., Kuhn M. 2009. Quantifying changes and trends in glacier area and volume in the Austrian Ötztal Alps (1969-1997-2006). *The Cryosphere* 3: 205-215.
- Fischer A. 2010. Glaciers and climate change: Interpretation of 50 years of direct mass balance of Hintererisferner, *Global and Planetary Change* 71 (1-2): 13-26. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2009.11.014.
- Reuther A.U, Fiebig M., Ivy-Ochs S., Kubik P. W., Reitner J. M, Jerz H., Heine K. 2011: Deglaciation of a large piedmont lobe glacier in comparison with a small mountain glacier – new insight from surface exposure dating. Two studies from SE Germany. *E&G – Quaternary Science Journal* 60 (2-3): 226-252. DOI:10.3285/eg.60.2-3.03.

Loess along the foothills of Alborz Mountains in Northern Iran

Manfred Frechen¹, Martin Kehl², Farhad Khormali³, Tobias Lauer¹, Eva Lehndorff⁴, Ali Shariari^{3,4}, Stefan Vlaminck²

¹ Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG), Geochronology and Isotope Hydrology, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Germany, Manfred.Frechen@liag-hannover.de; Tobias.Lauer@liag-hannover.de

² Institute of Geography, University of Cologne, Albertus Magnus Platz, 50923 Cologne, Germany, kehlm@uni-koeln.de; vlamincs@uni-koeln.de

³ Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, 49138-15739, Iran, khormali@yahoo.com; ashk_se80@yahoo.com

⁴ Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES) – Soil Sciences, Bonn University, Nussallee 13, 53115 Bonn, Germany, eva.lehndorff@uni-bonn.de

The loess record of Northern Iran reflects several cycles of climate change and landscape evolution in the southern Caspian Lowlands during the Middle to Upper Pleistocene as well as the Holocene. Loess probably represents the most important geoarchive of climate change in the region and provides an important link with loess deposits from Southeastern Europe and Central Asia.

In the frame of a project funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), our present knowledge on the formation, climate indication and geochronology of northern Iranian loess will be verified with more sophisticated methods and extended towards the Middle Pleistocene. For this purpose, a more precise chronological framework for previously examined and new loess sections of the Caspian Lowlands will be established as based on new luminescence methods and palaeomagnetic data. Also, a multiproxy approach involving high resolution studies of rock magnetics, granulometry and indicators of weathering intensity will be applied. The high resolution study will be complemented by biomarker and stable isotope analysis for evaluating changes in ecosystems along temporal and spatial climatic gradients. This will yield essential information on the timing of loess accumulation and soil formation as well as on fluctuations of precipitation, temperature and wind speed in the Caspian Lowlands, a possible refugium during the last glacial cycles. Further, we expect seminal data for large-scale stratigraphic correlations and climate reconstructions including the southern movement of the polar front during cold stages. Based on our previous and more recent studies (Frechen et al., 2011; Kehl 2009, 2010; Khormali & Kehl, 2011) we will present our new exciting results on loess accumulation and soil formation.

References

- Frechen, M., M. Kehl, C. Rolf, R. Sarvati & A. Skowronek 2009: Loess chronology of the Caspian Lowland in Northern Iran. *Quaternary International* 128: 220-233.
- Kehl, M. 2009: Quaternary climate change in Iran – the state of knowledge. *Erdkunde* 63: 1-17.
- Kehl, M. (2010): Loess, loess-like sediments, soils and climate change in Iran. *Relief, Boden, Paläoklima* 24: 1-210.
- Khormali, F., Kehl, M. (2011): Micromorphology and development of loess-derived surface and buried soils along a precipitation gradient in Northern Iran. – *Quaternary International* 234: 109-123.

Muster, Prozesse, Widersprüche – Befunde zur Stratigraphie und Bodenentwicklung am Fundplatz Ullafelsen im Fotschertal (Tirol)

Clemens Geitner¹, Dieter Schäfer², Sixten Bussemer³, Jarosław Waroszewski⁴

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, clemens.geitner@uibk.ac.at,

² Universität Innsbruck, Institut für Geologie, dieter.schäfer@uibk.ac.at,

³ Universität Greifswald, Institut für Geographie und Geologie, bussemer@uni-greifswald.de,

⁴ Wrocław University, Institute of Soil Science and Environmental Protection,
jaroslaw.waroszewski@up.wroc.pl

Am altmesolithischen Fundplatz Ullafelsen (1860 m) in den Stubaier Alpen 20 km südwestlich von Innsbruck wurden neben den Profilen der archäologischen Grabung weitere Bodenprofile in der näheren Umgebung aufgeschlossen und im Hinblick auf Sedimentstratigraphie und Bodenentwicklung analysiert. Die Ergebnisse wurden – auch auf der Basis zahlreicher 14C-Datierungen – in einer Synthese zur spät- und postglazialen Landschaftsentwicklung des mittleren Fotschertals zusammengefasst. Dabei kommen der LL (= light layer) als spätglaziales/frühholozänes äolisches Sediment und einer spätglazialen Bodenbildung zentrale Bedeutung zu.

Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass zu einigen zentralen Punkten widersprüchliche Befunde bestehen und auch die zeitliche Zuordnung teilweise neu hinterfragt werden muss. Zudem müssen einige grundsätzliche Faktoren und Prozesse bei der Entstehung und Erhaltung der stratigraphischen Muster diskutiert werden. Hierzu gehören typische Charakteristika der Gebirgslandschaft wie der Einfluss von Frostdynamik, von Lawinenereignissen und der lokalen Vegetationsentwicklung in der entsprechenden Höhenstufe. Auch der menschliche Einfluss bei der Entstehung und Veränderung stratigraphischer Einheiten muss noch eingehender berücksichtigt und in Details dokumentiert werden.

Es werden die zentralen Befunde und die Synthese vorgestellt und darauf aufbauend offene Fragen und Widersprüche anhand neuer Daten zur Diskussion gestellt. Dabei liegt ein Fokus auch auf den methodischen Grenzen bei der Klärung stratigraphischer und bodengenetischer Prozesse.

The Anthropocene; a formal stratigraphical unit, an informal designation, or an interval of Holocene time?

Philip Gibbard¹, Mike Walker²

¹ Cambridge Quaternary, Department of Geography, University of Cambridge, plg1@cam.ac.ukM;

² School of Archaeology, History and Anthropology, Trinity Saint David, University of Wales

In recent years 'Anthropocene' has been proposed as an informal stratigraphic term to denote the current interval of anthropogenic global environmental change. A case has also been made for its consideration as a formal series/epoch, based on the recognition of a suitable marker horizon or event, such as the start of the Industrial Revolution in northern Europe. In order for the Anthropocene to merit designation as a formal stratigraphic unit, however, such an event would need to leave a global signature distinct from that of the Holocene or of previous interglacial phases of the Pleistocene, and be marked by novel biotic (i.e. biostratigraphical), sedimentary and geochemical change. Although there is clear evidence in recent geological records of anthropogenic effects on the natural environment (atmospheric trace gas increase, sea-level rise, accelerated erosion, etc), it is far from certain that the stratigraphic signature of these trends is sufficiently distinct, consistent, and adequately dated at the global scale, for the proposal for a Holocene/Anthropocene boundary to be substantiated on stratigraphic grounds. As a consequence, there is a view within the Earth-science community that, if the term is to be employed, it should remain an informal label. Here we consider the Anthropocene in the context of the formal definition of geological time-scale units, particularly of the requirement for relating such units to unequivocal Global Stratigraphic Section and Point ('golden spike') localities, and we suggest that adoption of the term 'Anthropocene' will ultimately depend on whether such an event layer or horizon can be identified globally. In the absence of such a marker, we conclude that there is no justification for decoupling the Anthropocene from the Holocene, and that if the term Anthropocene is deemed to have utility, it should be as an informal historical designation rather than a formally-defined stratigraphic unit (of whatever status) within the Geological Time Scale.

Zitate

Gibbard, P.L. & Walker, M.J.C. 2013. The term 'Anthropocene' in the context of formal geological classification. In: Waters, C., Zalasiewicz, J., Williams, M., Ellis, M., Snelling, A. (eds) A stratigraphic basis for the Anthropocene. Geological Society, London, Special Publications, first published 25 October, 2013; doi 10.1144/SP395.1.

Sediment storage and infill history of a small-scale basin in the Eastern Alps

Joachim Götz¹ and Lothar Schrott²

¹ Univ. of Salzburg, Depart. of Geography and Geology, joachim.goetz@sbg.ac.at; ² Univ. of Bonn, Department of Geography, schrott@uni-bonn.de

Pleistocene glacial overdeepening, tectonic structures, or large rockfall deposits frequently interrupt Alpine sediment flux and initiate the development of sediment sinks with high trap efficiencies. Various geoarchives developed in these locations, which often memorise a detailed and undisturbed sedimentary history integrating over variable periods of time. In case of overdeepened basins due to Pleistocene glacial erosion, such archives might cover the entire postglacial period. In further consequence, they might provide an opportunity (i) to reconstruct basin fill architecture and history, (ii) to validate conceptual models of postglacial alpine landscape evolution (e.g. paraglacial model), and (iii) to reconstruct past climate fluctuations. The glacially overdeepened Gradenmoos Basin in the central Gradenbach catchment (Schober Mountains, Austria) was investigated using a multi-method approach, compassing surface, subsurface and temporal analyses. This most pronounced sink in the catchment has been filled up with sediments from different sources delivered by mainly debris flows, rockfall and avalanche activity, and fluvial processes. In order to quantify rockwall retreat, total sediment storage in the basin and its surroundings has been quantified using terrestrial laserscanning, geophysical prospection and 3D modelling. Stratigraphic and palynologic analyses of several borehole cores and radiocarbon dating of multiple organic samples taken from the cores enabled to validate indirect geophysical information and to decipher the infill history of the basin in detail. Lateglacial oscillations effectively scoured the basin and left only a shallow layer of basal till. Since deglaciation during Younger Dryas (c. 11 ka cal. BP) a complete postglacial stratigraphic record accumulated in the basin. Thick layers of laminated sediments above basal till and palynologic evidence indicate the existence of a former lake in the basin, which lasted for up to 7500 years until approx. 3.7 ka cal. BP and effectively prevented sediment output. Lake sediments are followed by fluvial and floodplain deposits and finally by peat growths in the distal part of the basin since c. 2.5 ka cal. BP. Sedimentation rates show a high spatial and temporal variability in the basin with initially large rates of c. 7.5 mm/a in the central part starting to decrease after c. 3.7 ka cal. BP. Lower rates with delayed peaks of sedimentation towards the distal part indicate a 'sedimentary wave' advancing into the basin. The study highlights the importance of detailed knowledge about the local bedrock topography for an accurate interpretation and reconstruction of postglacial sedimentation.

Supported by the EUROCORES programme TOPO-EUROPE, ESF.

Die großen pleistozänen Felsgleitungen vom Butterbichl und von Mariastein (Unterangerberg-Terrasse, Unterinntal, Tirol): Charakteristik, Genese und Altersstellung im Rahmen der würmzeitlichen Landschaftsentwicklung

Alfred Gruber & Jürgen M. Reitner

Geologische Bundesanstalt, Wien, alfred.gruber@geologie.ac.at; juergen.reitner@geologie.ac.at

Das Unterinntal weist bei Wörgl seine größte Breite von 6 km auf. Nördlich des Inn erstreckt sich parallel dazu die 3 km breite und über 10 km lange Mittelgebirgsterrasse des Unterangerbergs, die sich bis 230 m über dem heutigen Inniveau erhebt. Im Nordwesten wird die Terrasse vom Steilabfall der Nördlichen Kalkalpen (Pendlingkamm) mehr als 1000 m überragt. Dieser wird großteils aus mittel- und obertriassischen Kalken, Dolomiten und feinklastischen Sedimenten (Wettersteinkalk, Raibler Schichten, Hauptdolomit) aufgebaut. Im Zuge der mehrphasigen, kompressiven alpinen Gebirgsbildung wurden diese Gesteine zu einer großen E-W-streichenden Antiklinale verformt (Guffert-Pendling-Antiklinale), die durch N-S-Störungen segmentiert ist. Während der jüngeren tektonischen Phasen (Oligozän, Miozän) war auch die große SW-NE-streichende Inntal-Linie als Links-Seitenverschiebung aktiv; deren Hauptast trennt den Pendlingkamm von der Unterangerberg-Terrasse. Letztere besteht zum kleineren Teil aus Mergeln und Sandsteinen der Unterangerberg-Fm. (Unterinntal-Tertiär), der Großteil wird aus mächtigen, pleistozänen Sedimenten aufgebaut. Die Unterangerberg-Terrasse zeigt eine ausgeprägte Überformung durch den eiszeitlichen Inngletscher, die sich in schönen Drumlins äußert.

In den letzten Jahren führten Neukartierungen der Geologischen Bundesanstalt für Blatt Kufstein, eine große Bohrkampagne im Auftrag der Brenner-Eisenbahn-Gesellschaft (BEG) für die Trassenfindung der neuen Inntalbahn und begleitende Untersuchungen von alpS, ILF und der Universität Innsbruck zu Neuerkenntnissen über den Sedimentaufbau des Unterangerberges: Entscheidend war hierbei die Durchbohrung der zertrümmerten Dolomitmasse des Butterbichls bis in quartäre lakustrine Sedimente an deren Basis: Damit und mit den neuen Geländebeobachtungen konnte eindeutig belegt werden, dass die bis zuletzt als tektonischer Deckenrest oder Scherkörper gedeutete Dolomitscholle die Ablagerung einer großen Felsgleitung ist. Dies gilt in gleicher Weise auch für die Blockmasse von Mariastein weiter im Nordosten, die das zweite große Massenbewegungsareal am Unterangerberg darstellt. Die Ausbruchsnischen beider Massenbewegungen sind noch gut in den Südabhängen des Pendlingkammes erkennbar. Beide Gleitmassen sind von teils mächtigen (glazio)lakustrinen und fluviatilen Sedimenten überlagert und mit diesen im Würm-Hochglazial vom Inngletscher überformt und mit Grundmoräne bedeckt worden (Gruber et al. 2009).

Die Felsgleitung des Butterbichl hat sich im Südschenkel der Pendling-Antiklinale auf den mittelsteil nach SSE fallenden Schichtflächen des Wettersteinkalks und der Raibler Schichten entwickelt, die in etwa der basalen Abriss- und Gleitfläche entsprechen. Ein Kennzeichnen der gut gebankten, dolomitischen Gesteine im Abrissbereich ist deren starke tektonische Brekzierung, die sich in ausgedehnten Kataklast- und Kakirit-Zonen äußert. Unter der Annahme, dass sich die Abbruchnische geometrisch als ein Halbellipsoid beschreiben lässt, ergibt sich für das Volumen der Hohlform ein Schätzwert von ca. 327 Mio. m³. Die Ablagerungen der Felsgleitung des Butterbichls umfassen eine Fläche von ca. 5 km². Im Aufschluss sind in dem zertrümmerten Dolomitkörper fließende Übergänge von noch zusammenhängenden, zerrütteten Felsverbänden bis zu Lockersedimenten mit angularen Klasten verschiedener Korngröße und verschieden hohen Matrixanteilen, sowie mit korn- und matrixgestützten Kontakten zu beobachten. Primär-sedimentäre wie auch tektonische Strukturen im Abrissbereich wurden vielfach „ungestört“ in den Ablagerungsbereich transportiert. In distaleren Abschnitten zeigt die Gleitmasse Strukturen dynamischer Fragmentierung mit Scherflächen, Scherfalten und rotierten Klasten, die auf sturzstromartige Bewegungen hindeuten. Basierend auf den Aufschlüssen ergibt sich eine vertikale Fallhöhe von gut 1000 m, eine horizontale Auslaufänge von fast 5 km und ein unterer Fahrböschungswinkel von etwa 12°. Eine Besonderheit im gut 200 m langen Bohrkern (P-KB 01/06) durch die Gleitmasse ist ein im untersten Viertel auftretender, 50 m mächtiger Abschnitt aus Dolomitsanden mit angularen Klasten. Die Sande werden von manchen Autoren als Teil der Gleitmasse (aufgrund dynamischer Fraktionierung dünnbankiger Dolomitkataklasite), von anderen als präexistierende Sande im Liegenden der Gleitmasse gedeutet (Gruber et al. 2009).

Die Felsgleitung von Mariastein entwickelte sich analog zum Butterbichl im 40° steilen Südschenkel der Pendling-Antiklinale, im gut gebankten Wetterstein-Lagunenkalk. Der markante Abrissbereich zw. Hundsalmjoch und Köglhörndl fällt mit dem Scharnier der Antiklinale zusammen. Der W-Rand der Hohlform wird durch eine N-S-streichende Links-Seitenverschiebung begrenzt. Die Schichtflächen des Wettersteinkalkes stellen eine dip-slope-Situation und damit eine ideale Gleitfläche dar, die tw. noch primär erhalten ist. Diese und der klare strukturelle Rahmen zeichnen die Massenbewegung von Mariastein als Felsgleitung aus. Die Hohlform der Ausbruchsnische lässt sich mit min. 250 Mio. m³ abschätzen. Die Ablagerungen der Felsgleitung bestehen aus teils Dekameter großen, angularen Wettersteinkalkblöcken, die lokal auch zementiert sind; sie sind auf einer Fläche von ca. 5 km² verbreitet. Zur distalen Gleitmasse gehört vermutlich auch ein völlig zerscherter, großer Dolomitkörper nahe der Raststätte Angath an der Inntalautobahn. Die Gleitmasse liegt lateral den Raibler Schichten und dem Unterinntal-Tertiär auf, die Basis ist weder in Aufschlüssen bekannt, noch wurde sie erbohrt. Ein Schürfling von gestauchten Bänderschluffen innerhalb der Gleitmasse westlich der Innschleife bei Angath weist aber auf die

Existenz eines Sees im südlichen Vorfeld des Hanges vor dessen Versagen hin. Nach dem Massenbewegungsereignis wurden dessen Ablagerungen mit Bänderschluffen und Sanden, später mit fluviatilen Kiesen eingesedimentiert. Die nach oben größer werdende Sedimentabfolge wird schließlich von der Grundmoräne des Würm-Hochglazialen Inngletschers bedeckt.

In jüngster Zeit wurden von Starnberger et al. (2013) neue sedimentologische, Pollen- und Altersdaten (14C- und Lumineszenz-Datierungen) aus verschiedenen Bohrkernen zwischen Butterbichl und Mariastein präsentiert. Zusammen mit den bisher erhobenen Bohr- und Geländedaten (Gruber et al. 2009) lässt sich damit für den Unterangerberg folgendes Szenario der Landschaftsentwicklung vom Ende des Riß-Glazials bis zum Letzten Glazialen Maximum des Würm-Glazials skizzieren: Die Riß-Eiszeit (MIS 6) hinterließ im Unterinntal bei Wörgl zwei parallele, glazial übertiefe Tröge, die durch einen schmalen Rücken aus Unterinntal-Tertiär getrennt waren. Aus den Bohr- und geophysikalischen Daten geht hervor, dass der westliche, am Unterangerberg liegende Trog mindestens 60 m unter das heutige Inntal-Niveau reichte. Mit dem Zerfall der Riß-zeitlichen Vergletscherung wurde dieser Trog von einem See mit glaziolakustrinen Sedimenten erfüllt. In diesen See sind in der Folge – vermutlich gleichzeitig – die beiden Felsgleitungen von Butterbichl und von Mariastein erfolgt. Dies belegen die Bänderschliffe in der Bohrung P-KB 01/06 an der Basis der Butterbichl-Gleitmasse ebenso wie die aufgeschürften Seeschliffe innerhalb der Gleitmasse von Mariastein. Beide sind pollenfrei und damit kaltzeitlich. Die Schliffe unter dem Butterbichl wurden mit 114-113 ka (MIS 5d) OSL-datiert. Dieses Alter ist somit als maximales Alter dieser Felsgleitung anzunehmen. Weiters geht aus den Bohrungen hervor, dass zwischen den beiden Gleitmassen Stauraum für einen neuen, bis ins Mittelwürm abgeschirmten See entstand, in welchem Seesedimente mit organischen Resten, Torf- und Bodenbildungen abgelagert wurden. Vermutlich erst mit der starken Aggradation am Übergang zum Würm-Hochglazial (MIS 2) als Resultat der massiven Klimaverschlechterung wurde dieser Bereich Teil des fluviatilen Sedimentationsbereiches des Inns. Davon zeugen polymikte kristallinreiche braided-river Ablagerungen, die letztlich von der LGM-Grundmoräne überlagert werden. Diese letzte, subglaziale Überformung maskierte die durch die Felsgleitung geschaffene Topographie, deren Genese hiermit abschließend gelöst ist.

Zitate:

- Gruber, A., Strauhal, T., Prager, C., Reitner, J.M., Brandner, R. & Zangerl, C. 2009: Die „Butterbichl-Gleitmasse“ – eine große fossile Massenbewegung am Südrand der Nördlichen Kalkalpen (Tirol, Österreich). Swiss Bull. angew. Geol 14/1-2: 103-134.
- Starnberger, R., Drescher-Schneider, R., Reitner, J. M., Rodnight, H., Reimer, P. J., Spötl, C. 2013: Late Pleistocene climate change and landscape dynamics in the Eastern Alps: The inner-alpine Unterangerberg record (Austria). Quaternary Science Reviews 68:17-62.

Der holozäne Lazaun-Blockgletscher (Südtirol, Italien) als paläökologisches Archiv

The Holocene Lazaun rock glacier (South Tyrol, Italy) as palaeoecological archive

Jean Nicolas Haas¹, David Bressan², Benjamin Dietre¹, Irka Hajdas³,
Kathrin Lang⁴, Volkmar Mair⁴, Ulrike Nickus⁵, Daniel Reidl¹, Hansjörg Thies²
&⁶, David Tonidandel⁴, Karl Krainer²

¹ Institute of Botany, University of Innsbruck, Austria

² Institute of Geology, University of Innsbruck, Austria

³ Laboratory of Ion Beam Physics, ETH Zürich, Switzerland

⁴ Office for Geology and Building materials testing, Autonomous Province of Bolzano, Italy

⁵ Institute of Meteorology and Geophysics, University of Innsbruck, Austria

⁶ Institute of Ecology, University of Innsbruck, Austria

Palaeoecological research was performed on a 40 m ice and debris core from the active rock glacier Lazaun in the southern Ötztal Alps (South Tyrol). Radiocarbon dates on plant macrofossils embedded in the ice of core Lazaun I revealed a total age of the rock glacier of 10300 years. Radiocarbon dates also allowed to derive an age-depth model and to infer palaeoenvironments based on the analysis of macrofossils, pollen and non-pollen palynomorphs up to the top of the frozen core dated to ca. 2250 cal. BP. The Lazaun rock glacier persisted active throughout the Holocene with the exception of a multi-decennial period around 4000 cal. BP related to reduced snow accumulations due to changing local climatic conditions. The according hydrological deficit might therefore have been related to a general Central European drought period in-between two cold-wet phases witnessing climatic re-organization phenomena leading to climatic reversals and the onset of the Neo-Glacial after the Holocene climatic optimum.

Gebirgspermafrost – aktuelle Entwicklungen und zukünftige Herausforderungen

Wilfried Haeberli¹

¹ Universität Zürich, Geographisches Institut, wilfried.haeberli@geo.uzh.ch

Die Forschung zum Phänomen Permafrost in Gebirgsregionen entwickelt sich intensiv und nutzt modernste Technologien. Das Schwergewicht liegt dabei klar in den Alpenländern und in Skandinavien. Besonderes Interesse gilt räumlichen Verbreitungsmustern, Oberflächeneffekten und mikroklimatischen Aspekten, thermischen Bedingungen im Untergrund, geotechnischen Eigenschaften eishaltiger Materialien, geophysikalischen Prospektionsmethoden, langfristigen Kriechvorgängen in eisreichen Lockergesteinen (Blockgletscher), Fragen der Hangstabilität in Steilflanken, dem Verhalten von baulicher Infrastruktur auf/in dauernd gefrorenem Untergrund und der langfristigen Beobachtung im Zusammenhang mit der Klimaänderung (Haeberli et al. 2010).

Highlights der aktuellen Forschung sind bei der Modellierung der Permafrostverbreitung in verschiedenen Skalenbereichen, der Datierung von Blockgletscher-Permafrost, der zeitlich hochauflösten Beobachtung von Kriechprozessen, der geophysikalischen Tomographie und der Analyse von Stabilitätsfragen im Fels-Permafrost zu erkennen. Ganz neu sind Analysen von enormen Mineral-Konzentrationen saurer Abflüsse von Blockgletscher-Permafrost in mineralisierten Einzugsgebieten (Ilyashuk et al. 2014). Nach wie vor kaum untersucht sind das Verhalten von Wasser in warmem Permafrost oder Gletscher/Permafrost-Interaktionen in vereisten Steilflanken. Spezielle Herausforderungen für die Zukunft liegen bei den langfristigen und tiefgreifenden Veränderungen weltweiter Hochgebirgsregionen im Zusammenhang mit dem fortschreitenden Gletscherschwund, mit der Erwärmung und Degradation von Permafrost in Steilflanken und mit der Bildung neuer Seen in eisfrei werdenden Gebieten (Haeberli 2012).

Modelle der Permafrost-Verbreitung stehen jetzt weltweit (1km-Raster) und für die Alpen hochauflöst zur Verfügung (Boeckli et al. 2012, Gruber 2012). Neueste OSL- und ¹⁴C-Datierungen belegen eindeutig das holozäne Alter (bis rund 10 ka) von Blockgletscher-Permafrost, der sich heute nahe der Schmelztemperatur befindet (Fuchs et al. 2013, Krainer 2014). Höchstaufgelöste GPS-Messungen dokumentieren Fliessprozesse mit bisher unerreichbarem Detail (Wirz et al. 2014) und fest installierte geophysikalische Tomographie (Geoelektrik, Refraktionsseismik) wird zur Beobachtung der Dynamik von Permafrost in gefrorenem Lockermaterial und Fels eingesetzt (z. B. Krautblatter and Draebing 2014). Differenzierte Modellvorstellungen

wurden für die Stabilität von Felsflanken entwickelt, die durch Permafrostdegradation langfristig reduziert wird (Krautblatter et al. 2013).

Der fortschreitende Eisschwund im Hochgebirge bringt ganz spezielle Herausforderungen mit sich. In den Alpen kann die Gletscherfläche für das Jahr 2014 auf etwa 1700 km² und das entsprechende Eisvolumen auf rund 75 km³ geschätzt werden. Dies bei einem mittleren jährlichen Verlust an Fläche von rund 40 km² und an Volumen von etwa 2 km². Die Permafrostfläche liegt demgegenüber bei etwa 3000 km² bei einem entsprechenden Eisvolumen von rund 25 km³. Da die Wärmeausbreitung im Untergrund viel langsamer vor sich geht als die Gletscherschmelze an der Oberfläche, dürfte bereits in der zweiten Jahrhunderthälfte mehr Eis im Permafrost als in Gletschern vorhanden sein. Ähnliche Entwicklungen laufen wohl auch in anderen Hochgebirgsregionen ab. Innerhalb von Jahrzehnten, aber wohl für viele zukünftigen Generationen, wandeln sich dabei heutige Gletscherlandschaften in Landschaften von Fels, Schutt, spärlicher Vegetation und vieler neuer Seen um.

Viele der zahlreichen neuen Seen, die im Zug des Gletscherrückgangs entstehen, werden in solchen durchaus realistischen Szenarien von übersteinen Bergflanken mit schwindendem Permafrost und abnehmender Stabilität umgeben sein. Die Eintretens-Wahrscheinlichkeit von weitreichenden Flutwellen infolge grosser Felsstürze aus Zonen schwindenden Permafrostes in solche Seen hinein mag noch relativ klein erscheinen, nimmt jedoch zu. In der Modellkette, die für die Abschätzung der entsprechenden Prozesse und Gefahrenzonen verwendet werden können, stellt die Abschätzung der möglicherweise beteiligten Sturzvolumen aus Steilflanken mit schwindendem Permafrost die grösste Unsicherheit dar. Verbessertes Prozessverständnis, Entwicklung von effizienten Beobachtungs- und Frühwarnsystemen und frühzeitige Planung von geeigneten Massnahmen (z. B. Mehrzweckanlagen für die Kombination von Hochwasserrückhalt und Wasserkraft) haben hohe Priorität (NELAK 2013, Schaub et al. 2013).

Zitate

- Boeckli I, Brenning A, Gruber S, Noetzli J. 2012: Permafrost distribution in the European Alps: calculation and evaluation of an index map and summary statistics. *The Cryosphere* 6: 807-820.
- Fuchs M C, Böhlert R, Krötschek M, Preusser F, Egli M. 2013: Exploring the potential of luminescence methods for dating Alpine rock glaciers. *Quaternary Geochronology* 18: 17-33.
- Gruber S. 2012: Derivation and analysis of a high-resolution estimate of global permafrost zonation. *The Cryosphere* 6: 221-233.
- Haeberli W. 2012: Mountain permafrost – research frontiers and a special long-term challenge. *Cold Regions Science and Technology* 96: 71-76.

- Haeberli W, Noetzli J, Arenson L, Delaloye R, Gärtner-Roer I, Gruber S, Isaksen K, Kneisel C, Krautblatter M, Phillips M. 2010: Mountain permafrost: Development and challenges of a young research field. *Journal of Glaciology* 56/200 (special issue): 1043-1058.
- Ilyashuk B, Ilyashuk E A, Psenner R, Tessadri R, Koinig K A. 2014: Rock glacier outflows may adversely affect lakes: Lessons from the past and present of two neighboring water bodies in a crystalline-rock watershed. *Environmental Science and Technology*. DOI: 10.1021/es500180c
- Krainer K, Bressan D, Dietre B, Haas J N, Hajdas I, Lang K, Mair V, Nickus U, Reidl D, Thies H, Tonidandel D. 2014: A 10300-year old permafrost core from the active Lazaun rock glacier, southern Ötztal Alps (South Tirol, northern Italy). Unpublished manuscript.
- Krautblatter M, Draebing D. 2014: Pseudo 3-D P wave refraction seismic monitoring of permafrost in steep unstable permafrost. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 19: 1-13.
- Krautblatter M, Funk D, Günzel F K. 2013: Why permafrost rocks become unstable: A rock–ice-mechanical model in time and space. *Earth Surface Processes and Landforms* 38: 876-887.
- NELAK 2013: Neue Seen als Folge des Gletscherschwundes im Hochgebirge – Chancen und Risiken. Forschungsbericht des Nationalen Forschungsprogrammes NFP 61 (Hsg: Haeberli W, Bütler M, Huggel C, Müller H, Schleiss A). Zürich, vdf Hochschulverlag: 300p.
- Schaub Y, Haeberli W, Huggel C, Künzler M, Bründl M. 2013: Landslides and new lakes in deglaciating areas: A risk management framework. The Second World Landslide Forum. *Landslide Science and Practice* 7: 31-38.
- Wirz V, Gruber S, Gubler S, Purves R S. 2014: Estimating velocity from noisy GPS data for investigating the temporal variability of slope movements. *Natural Hazards and Earth System Sciences, Discussions* 2: 1153-1192.

Eiszeitbedingungen für Lager hoch-radioaktiver Abfälle im nördlichen Alpenvorland der Schweiz – Piedmontgletscher des LGM und glaziale Übertiefungen

Wilfried Haeberli¹, Urs Fischer², Michael Schnellmann²

¹ Universität Zürich, Geographisches Institut, wilfried.haeberli@geo.uzh,

² Nagra, Wettingen, UrsH.Fischer@nagra.ch, Michael.Schnellmann@nagra.ch

Hoch-radioaktive Abfälle müssen für eine Million Jahre von der Biosphäre isoliert werden. Mit dieser Zeitdimension verbunden ist die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Eiszeiten. Eiszeitbedingungen können Lager durch die Bildung von grossen Gletschern und tief eindringendem Permafrost, deren Wirkung auf die grossräumige Hydrographie und den Grundwasserfluss sowie insbesondere auch durch effiziente glaziale Tiefenerosion beeinflussen (Fischer et al., im Druck). Im nördlichen Alpenvorland der Schweiz in Betracht gezogene Standortgebiete befinden sich nicht nur im eiszeitlichen Bereich von grossen Piedmontgletschern und peri- bis subglazialem Permafrost sondern auch in der Nähe markanter durch glaziale Erosion geschaffener Übertiefungen. Die Eigenschaften dieser Übertiefungen zu kennen und die bei ihrer Entstehung beteiligten Prozesse zu verstehen, ist für die Standortbeurteilung wichtig.

Die Schweiz unternimmt in internationaler Zusammenarbeit systematische Anstrengungen, um hinsichtlich dieser Fragen eine bestmögliche Wissensbasis zusammenzustellen. Der Fokus liegt bei quantitativer raum-zeitlicher Information zur Palaeoglaziologie der Region möglicher Standorte, bei 3D-transienter Modellierung des Gletscherfliessens mit thermo-mechanischer Koppelung, bei numerischer Simulation von Prozessen glazialer Erosion mit spezieller Berücksichtigung der subglazialen Hydraulik und der Sedimentevakuierung, sowie bei der Analyse morphologischer Charakteristiken von Übertiefungen unter kaltzeitlichen Gletschern des Alpenvorlandes und unter heute existierenden Gletschern und Eisschilden. Zwei internationale Expertentreffen halfen, Schlüsselfragen zu diesen Aspekten zu formulieren (Fischer and Haeberli 2010, 2012).

Erste Resultate der Fliessmodellierung für den eiszeitlichen Rheingletscher (vgl. dazu Benz 2003) bestätigen Ergebnisse früherer Abschätzungen, dass die grossen Vorlandloben wie derjenige des eiszeitlichen Rheingletschers im nördlichen Alpenvorland während der Zeit maximaler Eisausdehnung unter ausgeprägt kalt-trockenen Klimabedingungen mit sehr geringen Massenbilanzgradienten polythermal waren. Nicht zuletzt wegen des Eisaufbaus bei weniger extremen, eher kühl-feuchten Bedingungen war ihre Basis dennoch grossflächig temperiert. Die Randzone

hingegen – wo die zu untersuchenden Standorte liegen – war kalt, am Bett angefroren und in Kontakt mit peri- und subglazialem Permafrost.

Die Geometrie von gemessenen wie modellierten Gletscherbett-Übertiefungen ist ausgesprochen variabel: kleine Formen können tief und grosse Formen seicht sein. Gegensteigungen sind oft wesentlich steiler als kritische Werte (Gegensteigung zu Oberflächenneigung 2:1) für „supercooling“ und Gerinneverschluss, wie sie in der theoretischen Literatur zu finden sind. Schwache Indikationen sind dafür vorhanden, dass maximale Tiefen bei einer optimalen Elongation (Breite/Länge um 0.5) auftreten und dass die Geschwindigkeit der Tiefenerosion nach raschem Beginn abnimmt. Die Übertiefungen im nördlichen Alpenvorland der Schweiz haben bei sehr grosser Elongation eher Tal-(Fjord-)Charakter. Sie befinden sich in Bereichen, wo Deformation und Gleiten der unter sehr kleinen Schubspannungen (stellenweise um 10 kPa) fliessenden Gletscher gering waren. Zusammen mit dem gestreckt-talartigen Charakter deutet dies auf einen dominanten Einfluss der subglazialen Schmelzwasser-Erosion hin. Entsprechende, bisher in der Forschung erst in Ansätzen berücksichtigte Prozesse sollen in die Modelle eingebaut werden.

Zitate

- Benz C. 2003: Der würmeiszeitliche Rheingletscher-Maximalstand. Dissertation Geographisches Institut, Universität Zürich.
- Fischer U H, Haeberli W. 2010: Glacial erosion modelling – results of a workshop held in Unterägeri, Switzerland, 29 April – 1 May 2010. Nagra Arbeitsbericht NAB 10-34, Wettingen, Switzerland
- Fischer U H, Haeberli W. 2012: Glacial overdeepening – results of a workshop held in Zürich, Switzerland, 20-21 April 2012. Nagra Arbeitsbericht NAB 12-48, Wettingen, Switzerland
- Fischer U, Bebiolka A, Brandefelt J, Follin, S, Hirschorn S, Jensen M, Keller S, Kennell L, Näslund J-O, Normani S, Selroos J-O, Vidstrand R. in press: Radioactive waste under conditions of future ice ages. In: Haeberli W, Whiteman, C (Eds): Snow and Ice-Related Hazards, Risks and Disasters. Elsevier. To be published in fall 2014.

Evaluation of ^{14}C preparation methods for chronologies of LGM records

Irka Hajdas¹, Alessandro Fontana², Laura Hendriks¹, Kristina Hippe¹, Susan Ivy-Ochs¹

¹ Laboratory of Ion Beam Physics, ETH Zurich, Switzerland;

² Department of Geosciences, University of Padua, Italy

Radiocarbon analyses require pre-preparation of the material prior to the isotopic analysis i.e. counting of decay particles (conventional) or ^{14}C atoms (AMS). From the early days of the method the standard treatment involved removal of contamination by washes in acid (carbonates dissolved) and base (humic acid) dissolved (ABA). Modification of this method has been suggested, especially for old material i.e., older than 20 ka. However the criticism of ABA and application of a more aggressive oxidizing method might be only needed in some special cases, for example of poor preservation (ABOX or separation of cellulose from wood).

Radiocarbon analyses were performed on peat and wood samples of the Venetian-Friulian Plain, as a part of studies focusing on chronology of late Pleistocene sedimentary processes in NE Italy. Samples were collected through stratigraphic cores realized in the distal sector of the plain, along the Grado and Marano Lagoon, where the top of LGM fluvio-glacial sequence crops out. This is much expanded and consists of 25-30 m of fine-dominated deposits, with common presence of organic layers in the stratigraphy.

In order to assess the effectiveness of all the methods we compared results of multiple analyses obtained on nearly 50 samples of charcoal, peat and wood, which were treated appropriately. Moreover, peat and sediment (bulk) samples were separated into various fractions in order to check for systematic age differences with regard to the size and/or type of the organic particles. Our results show that in most cases ABA method is sufficient to remove the contamination. On the other hand we conclude that the various fractions might result in different radiocarbon ages, depending on source of the organic matter (including catchment characteristics) and sedimentary processes.

Hochauflöste Geländemodelle als Werkzeug zur Neubewertung von Glaziallandschaften – das Beispiel der Frankfurter Eisrandlage im Raum Barnim (NO-Deutschland)

Jacob Hardt¹, Margot Böse¹

¹ Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften – Physische Geographie, Malteserstraße 74-100, 12249 Berlin, Deutschland, jacob.hardt@fu-berlin.de

Die Frankfurter Eisrandlage (W1F) ist nicht nur hinsichtlich ihrer Zeitstellung, sondern auch wegen ihres nicht immer eindeutig auszumachenden Verlaufs im Norden Deutschlands Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen. Die Frankfurter Eisrandlage wird derzeit als Stillstandsphase des abschmelzenden Brandenburger Stadiums (W1B) interpretiert, bevor das Inlandeis weiter abschmolz und mit dem Pommerschen Stadium (W2) ein erneuter Vorstoß erfolgte (Cepek 1965, Ehlers et al. 2011, Böse et al. 2012).

Unser Untersuchungsgebiet, die Barnim-Hochfläche nördlich von Berlin, wird von der Frankfurter Randlage gequert und weist eine lange Forschungsgeschichte auf. Dennoch gibt es in der Literatur verschiedene Ansichten über den Verlauf der Randlage im Raum Barnim. Mithilfe eines hochauflösten LiDAR (Light Detection and Ranging) Höhenmodells mit einem Meter Bodenauflösung können die glazialen Landschaftsformen präzise dargestellt werden, auch dadurch, dass die Vegetationsbedeckung aus dem Modell entfernt wurde. Das Höhenmodell wurde mit digitalen geologischen Karten und Punktdaten, die sich aus der Literaturrecherche ergaben (z. B. Kleingeschiebeanalysen und Einregelungsmessungen), verschritten und qualitativ analysiert.

Im Bereich des mittleren Barnim wurden mehrere bogenförmige Rücken entdeckt, die eine Breite von 1000 bis 1500 m (NO-SW) und eine Länge von 10 bis 15 km aufweisen. Sie heben sich um bis zu 10 m von den dazwischen liegenden Depressionen ab. Die nach NO gerichtete Seite fällt relativ steil ab, während die nach SW gerichtete Seite deutlich flacher abfällt. Aus geologischen Karten und eigenen Geländebegehungen ergibt sich, dass die Rücken, zumindest oberflächlich, aus Geschiebelehm aufgebaut sind, während in den Hohlformen dazwischen Sande abgelagert wurden. In der Literatur gefundene Ergebnisse von Kleingeschiebeanalysen des Geschiebelehms legen eine wechselzeitliche Entstehung nahe (Gärtner 1993, Bussemer 2007). Aufgrund der lobaten Form der Rücken und der sedimentologischen Befunde interpretieren wir diese Formen im Sinne von Rückzugsmoränen eines relativ kleinen oszillierenden Eislobus, der die Rücken bei schrittweisem Niedertauen gebildet hat. Dies impliziert eine relativ hohe kleinräumige Dynamik des Eises. Weitere

geochronologische Untersuchungen sind notwendig, um die Zeitstellung der Genese dieser Rücken im Weichselglazial besser zu verstehen. Die Untersuchung zeigt, dass mit Hilfe eines hochauflösten Geländemodells auch in gut untersuchten Tieflandsgebieten Nordostdeutschlands Landschaftsformen sichtbar gemacht werden können, die neue Einblicke in paläoglaziologische Prozesse ermöglichen.

Zitate

- Böse, M., Lüthgens, C., Lee, J. R. & Rose, J. 2012: Quaternary glaciations of northern Europe. *Quaternary Science Reviews* 44, 1-25.
- Bussemer, S., Michel, J., Schlaak, N. & Luckert, J. 2007: Geologisch-morphologisches Profil durch den nordöstlichen Barnim (Brandenburg). *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge* 14, 37-49.
- Cepek, A. G. 1965: Die Stratigraphie der pleistozänen Ablagerungen im Norddeutschen Tiefland. In Gellert, J. F. (ed.): *Die Weichsel-Eiszeit im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik*. Akademie-Verl., Berlin.
- Ehlers, J., Grube, A., Stephan, H.-J. & Wansa, S. 2011: Chapter 13 – Pleistocene Glaciations of North Germany—New Results. In Jürgen Ehlers, P. L. G. & Philip, D. H. (eds.): *Developments in Quaternary Sciences*. Elsevier.
- Gärtner, P. 1993: Beiträge zur Landschaftsgeschichte des westlichen Barnim. *Berliner Geographische Arbeiten* 77.

Reconstructing lake evaporation history and the isotopic composition of precipitation by a coupled $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ biomarker approach

Johannes Hepp¹, Mario Tuthorn¹, Roland Zech², Ines Mügler³, Frank Schlütz⁴, Wolfgang Zech¹, Michael Zech^{1,5}

¹ Univ. of Bayreuth, Department of Soil Physics and Chair of Geomorphology, ² ETH Zurich, Geological Inst., ³ Max Planck Inst. for Biogeochemistry, Jena, ⁴ Lower Saxony Inst. for Historical Coastal Research, ⁵ Martin-Luther Univ. of Halle-Wittenberg, Depart. of Soil Biogeochemistry, michael_zech@gmx.de

Over the past decades, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ analyses of lacustrine sediments became an invaluable tool in paleohydrology and paleolimnology for reconstructing the isotopic composition of past lake water and precipitation. However, based on $\delta^{18}\text{O}$ or $\delta^2\text{H}$ records alone, it can be challenging to distinguish between changes of the precipitation signal and changes caused by evaporation. Here we propose a coupled $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ biomarker approach that provides the possibility to disentangle between these two factors. The isotopic composition of long chain *n*-alkanes (*n*-C25, *n*-C27, *n*-C29, *n*-C31) were analysed in order to establish a 16 ka Late Glacial and Holocene $\delta^2\text{H}$ record for the sediment archive of Lake Panch Pokhari in High Himalaya, Nepal. The $\delta^2\text{H}_n$ -alkane record generally corroborates a previously established $\delta^{18}\text{O}$ sugar record (Zech et al., 2014) reporting on high values characterising the deglaciation and the Older and the Younger Dryas, and low values characterising the Bølling and the Allerød periods. Since the investigated *n*-alkane and sugar biomarkers are considered to be primarily of aquatic origin, they were used to reconstruct the isotopic composition of lake water. The reconstructed deuterium excess of lake water ranges from +57‰ to 85‰ and is shown to serve as proxy for the evaporation history of Lake Panch Pokhari. Lake desiccation during the deglaciation, the Older Dryas and the Younger Dryas is affirmed by a multi-proxy approach using the Hydrogen Index (HI) and the carbon to nitrogen ratio (C/N) as additional proxies for lake sediment organic matter mineralization. Furthermore, the coupled $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ approach allows disentangling the lake water isotopic enrichment from variations of the isotopic composition of precipitation. The reconstructed 16-ka $\delta^{18}\text{O}$ precipitation record of Lake Panch Pokhari is well in agreement with the $\delta^{18}\text{O}$ records of Chinese speleothems and presumably reflects the Indian Summer Monsoon variability.

Zitate

Zech M, Tuthorn M, Zech R, Schlütz F, Zech W, Glaser B. 2014: A 16-ka $\delta^{18}\text{O}$ record of lacustrine sugar biomarkers from the High Himalaya reflects Indian Summer Monsoon variability. *Journal of Paleolim.* 51: 241-251.

Chronologie der Klimaschwankungen des Mittleren Würm (MIS3) im nördlichen Schweizer Alpenvorland

Kristina Hippe¹, Irka Hajdas¹, Susan Ivy-Ochs¹, Max Maisch²

¹ ETH Zürich, Labor für Ionenstrahlphysik, hippe@phys.ethz.ch,

² Universität Zürich, Geographisches Institut

Das nördliche Vorland spielt eine zentrale Rolle in der Erforschung und Rekonstruktion der Quartären Klimaentwicklung und Vergletscherungsgeschichte der Alpen. Dennoch ist das Wissen um das genaue Ausmaß sowie das Alter der verschiedenen Gletschervorstoss- (Stadiale bzw. stadiale Komplexe) und Gletscherschwundphasen (Interstadiale) nach wie vor lückenhaft – dies gilt insbesondere für den Zeitraum vor dem letzteiszeitlichen Maximum. Mithilfe von Radiokarbondatierungen an ausgewählten Schlüsselkalitäten im schweizerischen Alpenvorland erarbeiten wir eine detaillierte Chronologie der Klimaschwankungen im Verlauf des Mittelwürms (MIS3) und rekonstruieren die Phase des Eisaufbaus unmittelbar vor der maximalen Vergletscherung im Spätwürm (LGM).

Ein wichtiges Archiv zum Nachweis spätpleistozäner Klimaschwankungen befindet sich in südlichen, alpenrandnahen Abschnitten des Schweizer Mittelandes. Dort treten innerhalb glazialer Sedimentablagerungen bis zu mehrere Meter mächtige Flöze diluvialer Schieferkohlen (gepresste fossile Torf- und Holzreste) auf, welche die klimagesteuerten Schwankungen der alpinen Eiszeitgletscher bezeugen. Das Vorhandensein von Schieferkohle wird mit der Entstehung von Mooregebieten unter interstadialen, d.h. gletscherfeindlichen Klimabedingungen assoziiert, während die Ablagerung von klastischem Material auf ein wiederholt kälteres, Gletscher begünstigendes Klima hindeutet. Obwohl zahlreiche Schieferkohlevorkommen bereits in den 1960er und 70er Jahren pollenanalytisch beschrieben wurden, gibt es dazu bislang nur wenige verlässliche Datierungen.

Wir präsentieren erste Radiokarbondatierungen aus den Schieferkohleablagerungen von Dürnten, südöstlich von Zürich. Als Brenn- und Heizmaterial wurde hier im 19. und 20. Jh. an verschiedenen Stellen Schieferkohle zur Energienutzung abgebaut. Basierend auf Pollenanalysen an drei Bohrkernen, postulierte Welten (1982) eine Abfolge mehrerer Stadial-Interstadial-Zyklen seit der ausgehenden vorletzten und insbesondere während der letzten Kaltzeit („Würm-Eiszeit“). An einem der gut erhaltenen Bohrkerne konnten wir erstmals ¹⁴C-Datierungen durchführen, die nun eine genauere zeitliche Auflösung dieser Klimaschwankungen ermöglichen. Darüber hinaus präsentieren wir ¹⁴C-Alter von oberflächlichen Schieferkohleaufschlüssen, die vereinzelt entlang von Bachbetten zutage treten oder bei aktuellen Bauarbeiten in Dürnten zum Vorschein kamen. Vorläufige Alter

zwischen 45-40 ka BP sind konsistent mit ^{14}C -Altern um 45 ka BP von Schieferkohlen aus dem benachbarten Gossau und Niederweningen (Schlüchter et al., 1987; Hajdas et al., 2007). Sie dokumentieren die Abwesenheit des Linth-/Rheingletschers im Alpenvorland und belegen eine Phase milden Klimas während des Mittelwürms.

Zitate

- Welten M. 1982: Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, N.F. 156. Stämpfli & Co., Bern, 174 pp.
- Schlüchter C, Maisch M, Suter J, Fitze P, Keller WA, Burga CA, Wynistorf E. 1987: Das Schieferkohlenprofil von Gossau (Kanton Zürich) und seine stratigraphische Stellung innerhalb der letzten Eiszeit. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 132: 135–174.
- Hajdas I, Bonani G, Furrer H, Mader A, Schoch W. 2007: Radiocarbon chronology of the mammoth site at Niederweningen, Switzerland: Results from dating bones, teeth, wood, and peat. *Quaternary International* 164–165: 98–105.

Temperatur und Hydroklima Rekonstruktionen von der arktischen Insel Bjørnøya, Svalbard

Anne Hormes¹, Henrika Kivilä², Line Skøtt Nicolaisen², Katja Baum²,
Jostein Bakke³, Maxime Debret⁴, Tomi Luoto⁵, William d'Andrea⁶

¹ University of Gothenburg, Department of Earth Sciences, anne.hormes@gvc.gu.se, ² The University Centre in Svalbard, Department of Arctic Geology, henrikkak@unis.no, ³ University of Bergen, Department of Earth Science, Jostein.Bakke@geo.uib.no, ⁴ Université de Rouen, Department of Geology, maxime.debret@univ-rouen.fr, ⁵ University of Helsinki, Department of Geosciences and Geography, tomi.luoto@helsinki.fi, ⁶ Lamont-Doherty Earth Observatory, dandrea@ldeo.columbia.edu

Die Klimaentwicklung der arktischen Region hat weitreichenden Einfluss auf das globale Klima. Die PAGES Arctic2k Arbeitsgruppe arbeitet an der Vervollständigung von Temperatur-Rekonstruktionen der Arktis und in den nächsten 3 Jahren soll der Fokus zunehmend auf hydroklimatischen Paläoklima-Rekonstruktionen liegen. Die Inselgruppe Svalbard in der europäischen Arktis nimmt eine Schlüsselstelle ein, da sie sich im Wirkungsbereich der nordatlantischen Zirkulation befindet. Im Sommer 2013 haben wir zwei circa 5 m lange Sedimentkerne auf der Insel Bjørnøya im Ellasjøen-See (74°23'N, 19°01'E) erbohrt, zusätzlich 9 kurze Sedimentkerne. Henrika Kivilä und Tomi Luoto haben die Chironomid-Zusammensetzung untersucht und wir werden Temperatur-Rekonstruktionen der letzten 1000 Jahr diskutieren (Kivilä et al. 2014). Katja Baum und Maxime Debret haben Spektrophotometrie angewendet um die Stratigraphie der parallelen Kerne miteinander zu vergleichen und um in situ produziertes von resedimentiertem Material unterscheiden zu können (Debret et al. 2011). Diese relativ neue Methode erweist sich als sehr hilfreich bei der Interpretation der Stratigraphie, Korrelation und Analyse von C und N Isotopen. Line S. Nicolaisen hat mit William d'Andrea $\delta^2\text{H}$ Isotope an Blatt-Wachsen gemessen am langen Kern ESP-2, der das gesamte Holozän umfassen sollte. Wir erwarten die Ergebnisse mit Spannung bis zum Sommer, da bisher erst wenige hydroklimatische Paläo-Rekonstruktionen publiziert worden sind.

Zitate

- Debret, M., Sebag, D., Desmet, M., Balsam, W., Copard, Y., Mourier, B., Susperrigui, A.-S., Arnaud, F., Bentaleb, I., Chapron, E., Lallier-Vergès, E., Winiarski, T., 2011. Spectrocolorimetric interpretation of sedimentary dynamics: The new "Q7/4 diagram". *Earth-Science Reviews* 109, 1-19.
- Kivilä, H., Luoto, T., Hormes, A. 2014: Late Holocene climate development of Bjørnøya (Svalbard, Norway) based on chironomid analysis. 44th International Arctic Workshop, 15-16 March 2014, Winter Park, Colorado.
- Hou, J., D'Andrea, W., Yongsong, H., 2008. Can sedimentary leaf waxes record D/H ratios of continental precipitation?: Field, model and experimental assessments. *Geochimica Cosmochimica Acta* 72, 2503-3517.

Schwermineralogische Provenanceanalyse im nördlichen Oberrheingraben

Christian Hoselmann¹, Michael Weidenfeller²

¹ Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Geologischer Landesdienst,
christian.hoselmann@hlug.hessen.de,

² Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, michael.weidenfeller@lgb-rlp.de

Die Staatlichen Geologischen Dienste von Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz sowie das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) untersuchen seit 2004 in enger Zusammenarbeit die quartäre und pliozäne Grabenfüllung des nördlichen Oberrheingrabens. Grundlage der aktuellen Forschungen sind neue geophysikalische Erkundungen sowie bis zu 500 m tiefe Forschungsbohrungen in Heidelberg, Ludwigshafen und Viernheim. Ein wesentliches Ergebnis dieser Untersuchungen ist ein neues lithostratigraphisches Konzept der untersuchten Sedimentabfolge (Gabriel et al. 2013). Somit konnten die Iffezheim-, Viernheim-, Ludwigshafen- und Mannheim-Formation definiert und in das Lithostratigraphische Lexikon der Deutschen Stratigraphischen Kommission aufgenommen werden (Ellwanger 2010a und b, Hoselmann 2010 und Weidenfeller 2010). Weitere Untersuchungen an den Sedimenten der Forschungsbohrungen werden derzeit in verschiedenen Projekten durchgeführt, die von der DFG gefördert werden.

Eine wichtige Untersuchungsmethode zur lithostratigraphischen Untergliederung bildet die Schwermineralanalyse. Als Provenanceanalyse können durch die Zusammensetzung der Schwermineralspektren verschiedene Einzugsgebiete unterschieden sowie der Verwitterungsgrad des Sedimentes bestimmt werden. Als Standardmethode ist die Schwermineralanalyse seit vielen Jahrzehnten im Einsatz und bietet somit einen ausgezeichneten Datenfundus. Im Rheinsystem lag der Schwerpunkt der Untersuchung insbesondere in der Niederrheinischen Bucht und im Mittelrheingebiet (u. a. Boenigk & Frechen 2006, Hoselmann 1996), in den Niederlanden (u. a. Westerhoff 2009), aber auch im Oberrheingraben (u. a. Hagedorn & Boenigk 2008, Hoselmann 2008). Somit ist die Schwermineralanalyse auch ein wichtiges wissenschaftliches Werkzeug zur überregionalen lithostratigraphischen Korrelation.

Einen Schwerpunkt der derzeitigen Untersuchungen bilden schwermineralogische Untersuchungen an verschiedenen tiefen Bohrungen im nördlichen Oberrheingraben in Hessen und in Rheinland-Pfalz. An Hand der Untersuchungen kann sehr deutlich der Übergang von der Iffezheim-Formation zur Viernheim-Formation aufgezeigt werden, der chronostratigraphisch an der Wende Pliozän-Pleistozän liegt und einen deutlichen Wechsel im Einzugsgebiet des fluviatilen

Rheinsystems aufzeigt. Weiterhin sind laterale Einträge von den westlichen und östlichen Grabenrändern nachweisbar.

Ziel der Untersuchungen ist es zu zeigen, dass die Schwermineralanalyse auch künftig als ein wichtiges Standardwerkzeug der Provenanceanalyse genutzt werden sollte.

Zitate

- Boenigk W, Frechen M. 2006: The Pliocene and Quaternary fluvial archives of the Rhine system. *Quaternary Science Reviews* 25(5-6): 550-574.
- Gabriel G, Ellwanger D, Hoselmann C, Weidenfeller M, Wielandt-Schuster U. 2012: The Heidelberg Basin, Upper Rhine Graben (Germany): a unique archive of Quaternary sediments in Central Europe. *Quaternary International* 292: 43-58.
- Ellwanger D. 2010a: Mannheim-Formation. In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 03.11.2010. [cited 30.04.2014]. Record No. 1000011. Available from: <http://www.bgr.bund.de/litholex>.
- Ellwanger D. 2010b: Iffezheim-Formation. In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 03.11.2010. [cited 30.04.2014]. Record No. 1000014. Available from: <http://www.bgr.bund.de/litholex>.
- Hagedorn E-M, Boenigk W. 2008: New evidences of the Pliocene and Quaternary sedimentary and fluvial history in the Upper Rhine Graben on basis of heavy mineral analyses. *Netherlands Journal of Geosciences* 87 (1), 19-30.
- Hoselmann C. 2010: Viernheim-Formation. In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 03.11.2010. [cited 30.04.2014]. Record No. 1000013. Available from: <http://www.bgr.bund.de/litholex>.
- Hoselmann C. 2008: The Pliocene and Pleistocene fluvial evolution in the northern Upper Rhine Graben based on results of the research borehole at Viernheim (Hessen, Germany). *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart)* 57(3-4): 286-315.
- Hoselmann C. 1996: Der Hauptterrassen-Komplex am unteren Mittelrhein. *Zeitschrift Deutsche Geologische Gesellschaft* 147(4): 481-497.
- Weidenfeller M. 2010: Ludwigshafen-Formation. In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 02.11.2010. [cited 30.04.2014]. Record No. 1000012. Available from: <http://www.bgr.bund.de/litholex>.
- Westerhoff, WE. 2009: Stratigraphy and Sedimentary Evolution. The Lower Rhine-Meuse System During Late Pliocene and Early Pleistocene (Southern North Sea Basin). *PhD thesis, Vrije Universiteit Amsterdam*, 168 S.

The Marocche rock avalanches, Trentino Italy

Susan Ivy-Ochs¹, Silvana Martin², Paolo Campedel³, Alfio Viganò³, Silvio Alberti², Manuel Rigo², Christof Vockenhuber¹

¹ ETH, Ion Beam Physics, ivy@phys.ethz.ch,

² University of Padua, Geosciences Department, silvana.martin@unipd.it,

³ Geological Survey of the Province of Trento, Trento, Italy, alfio.vigano@retesismicatrento.org

Numerous rock avalanche deposits of undetermined age are located along the Adige and Sarca valleys (Trentino, Italy) of the Eastern Alps. With a view to understanding predisposition and triggering factors, thus ultimately paleoseismicity in the region, we are studying several of the largest rock avalanches. The Marocche di Dro is one of the most extensive of these deposits with an area of 13 km² and an estimated volume of about 109 m³. The Marocche deposits cover the lower Sarca Valley north of Lake Garda for a length of more than 8 km. There up to seven rock avalanches with release areas on both sides of the valley have been mapped by various authors.

The rock avalanches developed within carbonate rocks of Mesozoic age, mainly limestones of the Jurassic Calcare Grigi Group. The main scarps are located on the western side of the Sarca Valley, along the steep faces of Mt. Brento and Mt. Casale. The presence of these scarps is strictly related to the Southern Giudicarie and the Trento-Cles fault systems. The former is here constituted by regular NNE-directed ESE-vergent thrust faults. The latter has been reactivated as normal faults. These complicated structural relationships favored complex failure mechanisms, including rock slide and massive collapse.

At the Marocche di Dro itself, based on morphostratigraphy, vegetation differences, and degree of karst development on the boulders, we differentiated two large rock avalanches: the Marocca di Kas in the south and the Marocca (s.s.) in the northern sector. Preliminary ^{36}Cl exposure dating results for boulders of the two deposits suggests middle and late Holocene ages. The latter are in part comparable with post-Roman ages proposed by Trener in 1924 based on the presence of artifacts at the base of the younger deposits.

Zitate

Trener GB. 1924: Geologia delle Marocche. A.Scotoni, Trento: 25-33.

Chronostratigraphie und Morphodynamik der Deckschichtenfolge von Bad Kösen-Lengefeld

Christoph Kappler¹, Sascha Meszner²

¹ Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ Potsdam, kappler@gfz-potsdam.de,

² Technische Universität Dresden, Institut für Geographie, sascha.meszner@tu-dresden.de

Die Deckschichtenfolge von Bad Kösen-Lengefeld stellt ein klassisches Profil der mitteldeutschen Lößstratigraphie dar und ist seit der Erstbearbeitung durch Ruske & Wünsche (1961) immer wieder in den Fokus zahlreicher Bearbeiter geraten. Das Profil ist durch mehrere Paläoböden gegliedert und wurde in der klassischen Lößforschung der 1970er Jahre als Typusprofil für das Mitteldeutsche Halbtrockengebiet angesehen. Durch sedimentologische und pedologische Befunde wurden Korrelationen mit Profilen des Trocken- und Feuchtbereichs der Lößverbreitung in Mitteleuropa vorgenommen (Haase et al. 1970, Semmel 2003). Im Rahmen dieser Studie konnte durch OSL- und IRSL-Datierungen ein chronostratigraphischer Rahmen der bestehenden Stratigraphie beigesteuert werden. Die überregionale Einordnung wurde dabei verifiziert und erweitert. Die Kösen Verlehmungszone im jungpleistozänen Teil des Profils wurde bisher als autochthone Bodenbildung eines Interstadials des Mittleren Pleniglazials aufgefasst und mit entsprechenden Bodenbildungen im Trocken- und Feuchtbereich parallelisiert. Die Datierungen weisen jedoch auf einen Hiatus in diesem Teil des Profils hin, der sich ebenso in den Lössprofilen des Sächsischen Feuchtbereichs aufgezeigt hat (Kreutzer et al. 2014, Meszner et al. 2013). Zusammen mit den sedimentologischen Befunden ergeben sich im Vergleich zum Trockenbereich Hinweise auf eine höhere Morphodynamik während des MIS 3 im sächsisch-anhaltinischen bis sächsischen Raum.

Zitate

- Haase, Lieberroth, Ruske 1970: Sedimente und Paläoböden im Lößgebiet. In: Richter, Haase, Lieberroth &, Ruske: Periglazial – Löß – Paläolithikum im Jungpleistozän der Deutschen Demokratischen Republik. Ergänzungsheft zu Petermanns Geographischen Mitteilungen 274: 99–212
- Kreutzer, Lauer, Meszner, Krebtschek, Faust, Fuchs 2014: Chronology of the Quaternary profile Zeuchfeld in Saxony-Anhalt / Germany – a preliminary luminescence dating study. Z. Geomorphol. Supplementbände 58: 5-26.
- Meszner, Kreutzer, Fuchs, Faust 2013: Late Pleistocene landscape dynamics in Saxony, Germany: Paleoenvironmental reconstruction using loess-paleosol sequences. Quaternary International 296: 94-107.
- Ruske, Wünsche. 1961: Löse und fossile Böden im mittleren Saale- und unteren Unstruttal. Geologie 10: 9-29.
- Semmel. 2003: Deutsche und österreichische stratigraphische Lößforschung – ein Rückblick mit persönlichen Erinnerungen. Tübinger geowissenschaftliche Arbeiten 9: 6 – 24

Das Ende des Draugletschers im Würm

Christina Karnitschar¹, Jürgen Reitner², Erich Draganits^{3, 4}

¹ Universität Wien, Institut für Geodynamik und Sedimentologie, christinakarnitschar@gmail.com

² Geologische Bundesanstalt Wien, juergen.reitner@geologie.ac.at

³ Universität Wien, Institut für Geodynamik und Sedimentologie, erich.draganits@univie.ac.at

⁴ Universität Wien, Institut für Urgeschichte und Historische Archäologie, erich.draganits@univie.ac.at

Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf eine gezielte geologische Kartierung, lithostratigraphische Profile und Sedimentanalysen, um die räumlichen Zusammenhänge und die chronologische Abfolge im Bereich des Draugletschers im Würm, insbesondere Hoch- und beginnendes Spätglazial, besser erfassen zu können.

Die Untersuchungen basieren auf den Vorarbeiten von Bobek (1959) und Ucik (1996-1998). Dabei steht die Paläogeographie (Gletscherausdehnungen, Lage der randglazialen Flüsse) und die in den Sedimenten dokumentierte glaziale Dynamik im Vordergrund.

Die Kartierung belegt ein verfeinertes sedimentologisches Bild der glazialen Entwicklung in diesem Raum. So wurden neue Rückschlüsse über die komplexe Gliederung der Haltestände des Draugletschers gezogen und eine optimierte geologische Karte erstellt. Lumineszenz-Datierungen sind in Arbeit, um die relativ-chronologischen Beobachtungen in den Sedimenten absolut-chronologisch zu belegen.

Zitate

- Bobek, Hans. 1959: Der Eisrückgang im östlichen Klagenfurter Becken. In: Mitteilungen der österreichischen geographischen Gesellschaft, Wien.
- Ucik, Friedrich Hans. 1996: Bericht über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 204 Völkermarkt, Jb. Geol. B.-A., 141, S. 340, Wien.
- Ucik, Friedrich Hans. 1997: Bericht über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 204 Völkermarkt, Jb. Geol. B.-A., 141, S. 325-326, Wien.
- Ucik, Friedrich Hans. 1998: Bericht über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 204 Völkermarkt, Jb. Geol. B.-A., 142, S. 333-334, Wien.

Reconstructing paleoenvironmental conditions at the Gravettian settlement site Krems-Wachtberg, Lower Austria, using *n*-alkane biomarkers

Sebastian Knoll¹, Tobias Sprafke², Roland Zech³

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Bodenkunde, s.knoll@tum.de,

² Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Institut für Geographie und Geologie, tobias.sprafke@uni-wuerzburg.de,

³ Universität Bern, Geographisches Institut, Hallerstr. 12, CH-3012, godotz@gmx.de

Loess-paleosol sequences (LPS) are prominent terrestrial paleoenvironmental archives, containing information about ecological and climatic changes throughout the Quaternary. Moreover, last glacial LPS in Central Europe provide important information on the landscape dynamics during the first arrival of anatomically modern humans. However, changes in dust accumulation rates over time can complicate interpretations of many pedological and geochemical proxies (Zech et al. 2013). There is an obvious need to further develop new quantitative methods.

The Gravettian settlement site Krems-Wachtberg comprises a ~8 m thick well-resolved LPS which formed between ~40 – 20 ka and is famous for its archeological findings. Various pedological, sedimentological and geochemical investigations have revealed millennial-scale paleoenvironmental fluctuations during the marine isotope stage (MIS) 3 to MIS 2 transition (Terhorst et al. 2013). This study aims at complementing these reconstructions through high-resolution analysis of leaf-wax derived long-chain *n*-alkanes. Alkanes can be preserved in LPS and serve as molecular fossils (biomarkers) for past changes in vegetation.

At the site of Krems-Wachtberg the complementary profiles that comprise the whole LPS were sampled equidistantly in 10 cm intervals. The free lipids then were separated via solvent extraction (Dionex ASE 200) and quantified on a GC-FID (gas chromatography-flame ionization detector).

Our results show that *n*-alkanes occur in relatively high concentrations at Krems-Wachtberg (ranging from 0,34 to 1,79 µg/g sediment). The odd over even predominance (OEP) ranges between 7,32 and 19,44 and indicates the good preservation of *n*-alkanes at this site. The abundance of long chains (C₃₁, C₃₃) suggests a dominant contribution of *n*-alkanes derived from grasses and herbs throughout the whole profile, while deciduous trees and shrubs (represented by C₂₇, C₂₉) probably contributed much less (Zech et al. 2009, Zech et al. 2013).

Ongoing work aims at (i) corroborating and quantifying these findings using also leaf-wax derived long-chain fatty acids, (ii) complementing the paleoclimate

reconstructions using compound-specific stable isotope analyses (δD and $\delta^{13}\text{C}$), and (iii) compound-specific radiocarbon measurements.

Zitate

- Terhorst B, Kühn P, Damm B, Hambach U, Meyer-Heintze S, Sedov S. 2013: Paleoenvironmental fluctuations as recorded in the loess-paleosol sequence of the Upper Paleolithic site Krems-Wachtberg. *Quaternary International*: in press.
- Zech M, Buggle B, Leiber K, Marcović S, Glaser B, Hambach U, Huwe B, Stevens T, Sümegi P, Wiesenberg G, Zöller, L. 2009: Reconstructing Quaternary vegetation history in the Carpathian basin, SE Europe, using n-alkane biomarkers as molecular fossils – Problems and possible solutions, potential and limitations. *E & G Quaternary Science Journal* 58, 2: 148 – 155.
- Zech R, Zech M, Marković S, Hambach U, Huang Y. 2013: Humid glacials, arid interglacials? Critical thoughts on pedogenesis and paleoclimate based on multi-proxy analyses of the loess–paleosol sequence Crvenka, Northern Serbia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 387: 165 – 175.

Spuren holozäner Klimaschwankungen in drei Hochgebirgsseen in den Ötztaler Alpen – ein Vergleich

Karin A. Koinig, Elena Ilyashuk, Boris Ilyashuk, Roland Psenner

Universität Innsbruck, Institut für Ökologie, karin.koinig@uibk.ac.at

Hochgebirgsseen, also Seen, die über der Waldgrenze liegen, reagieren sehr sensibel auf Klimaänderungen. Die Dauer der Eisbedeckung beeinflusst eine Vielzahl chemischer Reaktionen im See. Dazu kommt in wärmeren Perioden der Einfluss des Schmelzwassers von Schneefeldern und (Block-) Gletschern, sowie der Eintrag organischen Materials aus dem Einzugsgebiet. All diese Parameter unterlagen im Laufe des Holozäns starken Schwankungen und haben in den Sedimentablagerungen geochemische und biologische Spuren hinterlassen. Diese ermöglichen einerseits eine Rekonstruktion von Klimaänderungen und andererseits das Aufzeigen regionaler Reaktionen auf besonders starke Klimaschwankungen (z. B. „8.2 kyr event“).

Mit Sedimentprofilen aus drei Hochgebirgsseen wollen wir untersuchen, wie kleinräumig verschiedene Klimaänderungen sind. Rekonstruieren wir nördlich und südlich des Alpenhauptkammes in einem Umkreis von 50 km die Änderungen zum selben Zeitpunkt? Sind die Trends vergleichbar? Oder überlagern in den einzelnen Seen die lokalen Parameter wie das Vorhandensein von Schneefeldern während feuchter Perioden oder der Schmelzwassereintrag aus Blockgletschern während warmer Perioden den regionalen Klimaeinfluss in einem Ausmaß, dass die Auswirkungen nicht vergleichbar sind? Dafür vergleichen wir in den Sedimenten Profile von Diatomeen & Chironomiden mit den Änderungen der Sedimentgeochemie. Für einen See liegt bereits eine Temperaturrekonstruktion basierend auf Chironomidenresten vor (Ilyashuk *et al.* 2011), für einen anderen See sind die Auswirkungen des Abschmelzens von Blockgletschern untersucht worden (Thies *et al.* 2007, Ilyashuk *et al.* 2014). Für den dritten See erwarten wir das Ergebnis der Datierung, um einen Vergleich der Profile der drei Seen zu ermöglichen.

Zitate

- Ilyashuk B.P., Ilyashuk E.A., Psenner R., Tessadri R., Koinig K.A. 2014: Rock glacier outflows may adversely affect lakes: lessons from the past and present of two neighboring water bodies in a crystalline-rock watershed. *Environmental Science & Technology*. doi: 10.1021/es500180c
- Ilyashuk E., Koinig K.A., Heiri O., Ilyashuk B., Psenner R. 2011: Holocene temperature variations at a high-altitude site in the Eastern Alps: a chironomid record from Schwarzsee ob Sölden, Austria. *Quaternary Science Reviews* 30, 1-2: 176-191; doi: 10.1016/j.quascirev.2010.1010.1008.
- Thies H., Nickus U., Mair V., Tessadri R., Tait D., Thaler B., Psenner R. 2007: Unexpected response of high alpine lake waters to climate warming. *Environmental Science & Technology* 41, 21: 7424-7429.

Late Glacial to Holocene calcite-aragonite speleothems of the Vinschgau, Südtirol (Northern Italy): Preliminary results of petrographic analyses

Gabriella Koltai, Christoph Spötl

Universität Innsbruck, Institut für Geologie, gabriella.koltai@uibk.ac.at, christoph.spoetl@uibk.ac.at

The Vinschgau is an inneralpine valley in the South of the Ötztal Alps. The area is anomalously dry today, but local climate archives (e.g. debris-flow fans, speleothems) suggest that the Holocene and the Late Glacial were characterised by periods of a distinctly more humid climate.

The region is built-up by metamorphic rocks characterised by a high degree of tectonic deformation. Although karst is not known in Vinschgau, speleothems occur along the South-facing slope. They formed as a result of a pronounced water-rock interaction and strong evaporation, and modern springs are commonly supersaturated with respect to calcite and minor tufa occurrences are known there (Spötl et al. 2002).

Inactive calcite-aragonite flowstones were analysed by various petrographic methods in order to identify characteristic fabrics and periods of mineralogical alteration (replacement of aragonite by calcite). In conjunction with U-series dating, stable isotope and trace elements of these microstratigraphies open the door to gain a deeper understanding of changes in the local climate of this region which cannot be obtained from other archives.

Zitate

Spötl C, Unterwurzacher M, Mangini A, Longstaffe FJ. 2002: Carbonate speleothems in the dry, inneralpine Vinschgau Valley, Northernmost Italy: Witnesses of changes in climate and hydrology since the Last Glacial Maximum. *Journal of Sedimentary Research*, 72(6): 793-808.

Rates, triggering and mobility of rock slope failure: Lessons learnt at the Zugspitze

Michael Krautblatter, Philip Mamot, Riccardo Scandroglio

Technische Universität München, Fachgebiet Hangbewegungen, m.krautblatter@tum.de,

The Zugspitze is the enigmatic highest peak of Germany above the deeply carved out and densely populated Garmisch Basin. While its name refers to its avalanche activity, the unusual Holocene and present-day activity of rockfall and rock slope failures have contributed enormously to the appearance of the Wetterstein Mountains and the Garmisch Basin and reflect that rockfall is a major natural hazard, as Walther Penck already exemplified in 1912. Intense research in the last decade has revealed interesting new evidence with regard to its (i) elevated rockfall production, (ii) the permafrost influence on rock instability and (iii) highly mobilised rock avalanche deposition patterns.

(i) Elevated rockfall activity with regard to all magnitudes spanning from fragmental debris falls ($<10\text{ m}^3$) to multiple modern bergsturz ($>1\text{ mio. m}^3$) deposits in the last 500 years have been intensively monitored in the Wetterstein mountains and their activity exceeds previous inventories even from the Himalayas (Krautblatter et al. 2012). There are still multiple hypotheses what drives this enormous rockfall activity but it is likely the tectonic disposition to steep smooth overthrust faults, enormous topographically induced stresses and special mechanical properties of Wetterstein limestone are important factors.

(ii) There is a long history of permafrost-related stability and water inundation problems at the Zugspitze starting with the construction of the cog-wheel train tunnel in the 1930s. In the last two years, we have systematically analysed the mechanical behaviour of frozen and thawed Wetterstein Limestone in terms of compressive and tensile strength, elastic properties, p- and s-wave propagation and electrical properties. Through this and detailed field observations we start to understand how thawing affects the mechanical rock/ice mass behaviour (Krautblatter et al. 2013) and how man made constructions and rockfalls interfere with degrading permafrost.

(iii) The most prominent evidence of rock slope failure is the Eibsee rock avalanche (0.3 km^3). However, the complexity evident in this particular rock avalanche deposit has been poorly addressed. Up to 800 m long longitudinal and transverse ridges indicate, according to recent findings on granular models, zones of massive compressive and extensional regimes during the runout of the rock avalanche. It appears that the rock avalanche has been separated in a highly mobile half with a high runup on the opposite and a long runout and a much less mobile second half. We have

checked different sources of evidence for a Paleo-Eibsee that could have acted to lubricate and fluidise and the highly-mobile portion of the rock avalanche (mechanical overview: Pudasaini and Krautblatter, subm.). Here we also present unpublished data of altogether more than 4 km of geophysics in the Eibsee deposits and the outcome of multiple mapping projects.

This talk follows the assumed path of the Eibsee rock avalanche 3700 years ago and highlights research challenges in detachment, potential permafrost preconditioning and triggering and complex deposition due to a partly fluidised/lubricated rock avalanche.

Zitate

- Penck W. 1912: Naturgewalten im Hochgebirge. Strecker & Schröder Verlag.
- Krautblatter, M., Moser, M., Schrott, L., Wolf, J. and Morche, D. 2012: Significance of rockfall magnitude and solute transport for rock slope erosion and geomorphic work in an Alpine trough valley (Reintal, German Alps). *Geomorphology*.
- Krautblatter M., Funk D. & Günzel F. K. 2013: Significance of rockfall magnitude and solute transport for rock slope erosion and geomorphic work in an Alpine trough valley (Reintal, German Alps) "Why permafrost rocks become unstable: a rock-ice-mechanical model in time and space" *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol 38, Issue 8, 876-887
- Pudasaini, S. and Krautblatter M. submitted : A two-phase mechanical model for rock-ice avalanches. *Journal of Geophysical Research – Earth Surface*.

Zum Vergleich von Proxies und Archiven zur Rekonstruktion holozäner Umweltbedingungen

Norbert Kühl¹

¹ Universität Bonn, Steinmann-Institut für Geologie, Mineralogie und Paläontologie, Bereich Paläontologie, kuehl@uni-bonn.de

Umweltänderungen beeinflussen die Ablagerung verschiedenster Partikel und Stoffe in Sedimenten, die als Proxydaten zur Rekonstruktion von Umweltbedingungen und Umweltänderungen herangezogen werden. Die Signale der Proxydaten im Paläo-Record können je nach Art des Proxy qualitativ bzw. quantitativ interpretiert werden. Traditionell steht bei vielen Proxies die Rekonstruktion von Klimabedingungen im Vordergrund, da sehr viele in direkter oder indirekter Relation zum Klima stehen. In Bezug auf Klima ist besonders die quantitative Ableitung bestimmter Klimaparameter von großem Interesse. Durch quantitative Rekonstruktionen wird unser Wissen um die natürliche Klimavariabilität immer genauer, so dass die aktuell beobachtete Klimavariabilität in Relation zur natürlichen Variabilität auf unterschiedlichen Zeit- und Raumskalen gestellt werden kann. Zudem ermöglichen sie über den Vergleich mit Ergebnissen von Klimasimulationen, Klimamodelle dahingehend zu testen, ob sie mit den zugrunde liegenden Parametern und Randbedingungen realistische Klimasimulationen erzeugen. Auch wird es durch diesen Vergleich möglich, den Einfluss bestimmter Prozesse und Parameter zu evaluieren, die für Klimaänderungen der Vergangenheit potentiell verantwortlich waren und somit auch das zukünftige Klima beeinflussen dürften.

Es existieren mehrere Methoden, um die Werte der Proxydaten in quantitative Klimawerte umzurechnen. Es liegt in der Natur der Sache, dass jede Rekonstruktion zu einem Rekonstruktionsergebnis führt. Doch Klima- und sonstige Umweltparameter, die zusätzlich zu den rekonstruierten Parametern die Variabilität eines Proxy beeinflussen, erhöhen die Unsicherheit einer quantitativen Abschätzung oder verfälschen sie eventuell sogar gänzlich. Die Abschätzung kann verbessert werden, indem unabhängige Evidenz aus mehreren Proxies zusammengetragen wird. Der Vergleich von Proxy-Records, bei denen möglichst viele „Stellschrauben“ gleich bzw. sehr ähnlich sind, erlaubt eine Art Langzeit-Experiment. Rekonstruktionsergebnisse hängen nicht nur vom Proxy selbst ab, sondern auch von den Archiven, aus denen sie stammen, sowie von den verwendeten Rekonstruktionsmethoden. Deshalb muss das potentielle Ausmaß jedes einzelnen Faktors auf das Rekonstruktionsergebnis evaluiert werden.

Im Vortrag wird solch ein Vergleich an zwei Fundstellen aus der Eifel diskutiert. Es handelt sich um zwei 600 m auseinander liegende Maare mit unterschiedlichen

Sedimentationsbedingungen. Im Holzmaar findet in einer heute bis zu 17m messenden Wassertiefe lakustrine Sedimentation statt unter sauerstoffarmen Bedingungen, die zu einem großen Teil gewarvt sind. Im benachbarten Dürren Maar akkumuliert seit etwa 10.000 Jahren Torf, so dass die Untersuchungen aus *Sphagnum*-reichen Torf mit den klastischen bis biogenen Seeablagerungen des Holzmaars verglichen werden können. Im Vortrag werden rezente und fossile Pollenspektren sowie stabile Kohlenstoffisotope aus den beiden Archiven verglichen.

Die Pollenanalysen zeigen für das Holozän übereinstimmend die zeitliche Abfolge der Einwanderung der Gehölze. Im Pollendiagramm nachweisbare anthropogene Vegetationsänderungen begannen vor etwa 6.000 Jahren in der Umgebung der Maare durch neolithische Siedler (Kühl et al. 2012, Litt et al. 2009). Eine intensive Entwaldungsphase ist für die Eisenzeit und Römische Kaiserzeit nachgewiesen, der eine mehrere Jahrhunderte dauernde Wiederbewaldungsphase während der Völkerwanderungszeit folgte. Im frühen Mittelalter nimmt der menschliche Einfluss auf die Vegetation wieder zu und hält bis heute an. Seit etwa 150 Jahren wurde im Gebiet mit Nadelhölzern wiederaufgeforstet (Kühl et al. 2010, Litt et al. 2009). Es gibt jedoch auch einige Taxa, deren prozentualer Anteil sich in den beiden Pollendiagrammen signifikant unterscheidet, was auf lokale Besonderheiten hindeutet.

Um die Variabilität von Pollenspektren innerhalb eines Archives und zwischen den Archiven zu erfassen, wurden Pollen-Oberflächenspektren aus dem Moor und dem See gewonnen. Ihr Vergleich zeigt für einige Taxa erhebliche Unterschiede zwischen den Pollenspektren. Der Unterschied zwischen den Archiven ist wesentlich größer als die Variabilität zwischen Oberflächenproben innerhalb eines Archivs. Dies bestätigt, dass sich Unterschiede zwischen den Pollendiagrammen aus lokalen Gegebenheiten heraus erklären lassen. Die Ergebnisse sind jedoch auch für die quantitative Klimarekonstruktion mit Pollendaten relevant. So weisen Temperaturrekonstruktionen auf der Grundlage von Pollen je nach verwendeter Methode z.T. deutliche Unterschiede auf. Sowohl der menschliche Einfluss als auch die kleinräumige Diversität von Pollenspektren stellen Herausforderungen für quantitative Klimarekonstruktionen dar, die eine sorgfältige Evaluation von Rekonstruktionsergebnissen und –methoden erforderlich machen (Kühl et al. 2010). Eine solche Evaluation kann mit Hilfe alternativer Proxies durchgeführt werden.

Alternative, geochemische Proxies sind beispielsweise stabile Kohlenstoffisotope ($\delta^{13}\text{C}$). Ihr Anteil in der Atmosphäre ändert sich in Abhängigkeit bestimmter Parameter, z. B. Temperatur. Doch auch Änderungen im Isotopensignal stellen kein reines Klimasignal dar, denn je nach Art des Archivs und des Sediments unterscheiden sich die Prozesse bis zur Fixierung und Einlagerung im Sediment erheblich. Beim Vergleich zwischen den Archiven sind die Unterschiede entsprechend groß. Die Fixierung in Torfmoosen findet recht unmittelbar statt und $\delta^{13}\text{C}$ aus

Sphagnum-Zellulose scheint Temperatur recht zuverlässig zu repräsentieren (Moschen et al. 2011), während bei der lakustrinen Sedimentation der Kohlenstoffkreislauf im See u.a. vom Nährstoffgehalt abhängt, der wiederum durch anthropogene Aktivitäten beeinflusst werden kann. Dementsprechend repräsentieren sie je nach Archiv unterschiedliche Umweltfaktoren, von denen anthropogene Umweltänderungen und Klima für die letzten Jahrtausende eine dominierende Rolle spielen. Über den Vergleich von mehreren Proxies aus unterschiedlichen Archiven lassen sich anthropogener und klimatischer Einfluss potentiell von einander trennen. Aktuelle Untersuchungen bemühen sich um ein tieferes Verständnis von der raumzeitlichen Änderung des Isotopensignals, um in hoher zeitlicher Auflösung verbesserte Klimarekonstruktionen des mittleren bis späten Holozäns zu ermöglichen.

Zitate

- Kühl, N., Moschen, R. 2012: A combined pollen and $\delta^{18}\text{O}_{\text{Sphagnum}}$ record of Mid-Holocene climate variability from Dürres Maar (Eifel, Germany). *The Holocene* 22: 1073-1083.
- Kühl, N., Moschen, R., Wagner, S., Brewer, S. & Peyron, O. 2010: A multiproxy record of Late Holocene natural and anthropogenic environmental change from the Sphagnum peat bog Dürres Maar, Germany: implications for quantitative climate reconstructions based on pollen. *Journal of Quaternary Science* 25: 675-688.
- Litt, T., Schölsel, C., Kühl, N., Brauer, A. 2009: Vegetation and climate history in the Westeifel Volcanic Field (Germany) during the last 11,000 years based on annually laminated lacustrine maar sediments. *Boreas* 38: 679-690.
- Moschen, R., Kühl, N., Peters, S., Vos, H., Lücke, A. 2011: Temperature variability at Dürres Maar, Germany during the migration period and at high medieval times, inferred from stable carbon isotopes of *Sphagnum* cellulose. *Climate of the Past* 7: 1011-1026.

Zurück zu Penck – Rückschritt oder Reinigung?

Bernhard Lempe, Herbert Scholz, Andreas Buyer

Technische Universität München, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, lempe@tum.de

Wo genau liegen die Ablagerungen der Günzeiszeit im Penckschen Sinne, wo ist deren Typokalität? Wie alt sind die verschiedenen pleistozänen Ablagerungen im Alpenvorland? Wie weit stieß der Illervorlandgletscher während der verschiedenen Eiszeiten jeweils nach Norden vor? Diese und andere wichtigen Fragen drängen sich unweigerlich auf, wenn man heute das „klassische Arbeitsgebiet“ von Albrecht Penck zwischen den Tälern der Iller und der Östlichen Günz besucht. Begibt man sich nun auf die Suche nach Antworten, wird man rasch feststellen, dass es unglaublich viele und teilweise umfangreiche Publikationen über diese Typregion der Quartärstratigraphie und dessen weiteres Umfeld gibt, die in der Zeit nach Penck erschienen sind. Doch klare Antworten sind für viele Detailfragen nur schwer zu finden, da es entweder keine eindeutigen oder fast so viele Antworten wie Autoren gibt und teilweise große Widersprüche auftreten. Doppler et al. (2011) und Fiebig et al. (2011) liefern zusammenfassende Überblicke über die Riss-Lech-Platte, können aber natürlich nicht überall ins Detail gehen und müssen Fragen unbeantwortet lassen. Obwohl sich seit Penck die Möglichkeiten einer Datierung quartärer Ablagerungen deutlich weiterentwickelt haben, existiert gerade im „klassischen Arbeitsgebiet“ bis heute kein schlüssiges geologisches Modell für die zeitliche Abfolge der hier erhaltenen Schmelzwasserschotter. Was ist in den mehr als 100 Jahren seit Penck geschehen?

Seitdem Albrecht Penck und Eduard Brückner die Ergebnisse ihrer langjährigen quartärgeologischen Feldforschung in „*Die Alpen im Eiszeitalter*“ (1901/1909) zusammenfassend veröffentlicht haben, ruhte keineswegs die geologische Bearbeitung des „klassischen Gebietes“ im Allgäu. Andere Bearbeiter versuchten, die von Penck & Brückner vorgestellten Ergebnisse zu überprüfen und zu verifizieren sowie die offen gebliebenen Fragen zu beantworten. Nach der Erst- bzw. Neubearbeitung einiger weniger Kartenblätter im „klassischen Gebiet“ im Maßstab 1 : 25 000 möge es nun einmal erlaubt sein, einige stratigraphische Einstufungen kritisch zu beleuchten – stellenweise wäre es sogar wünschenswert, etwas Ordnung zu schaffen.

Im Gebiet des nördlichen Alpenvorlandes beruht die Stratigraphie auf einer zeitlichen Ordnung kaltzeitlicher Bildungen. Aufgrund von Verwitterung und Erosion sind zu wenige Reste warmzeitlicher Sedimente vorhanden, um sie zur Grundlage der stratigraphischen Gliederung machen zu können, wie es im nordischen Vereisungsgebiet der Fall war. Phasenweise waren Erosion und langandauernde Verwitterung die dominierenden Prozesse, sodass zahlreiche Hiaten auftreten. In den so bedingten Sedimentationsunterbrechungen, Verwitterungsdecken und Schichtlücken liegt vermutlich

der Hauptteil des Pleistozäns verborgen. Schichtlücken scheinen maßgeblich die Pleistozän-Stratigraphie des Allgäus und Oberschwabens zu bestimmen. Es stellt sich somit die Frage, die Geyer (1973) für alle Sedimentgesteine stellt: *Wieviel Zeit und welche Abschnitte des Pleistozäns bzw. der jeweiligen Warm- und Kaltzeiten sind eigentlich durch entsprechende Sedimente dokumentiert? Wieviel Zeit repräsentiert ein z. B. 18 m mächtiger Schotterkörper?*

Welche Argumente konnte Albrecht Penck, ausgehend von seiner glazialen Serie, anführen und können auch heutzutage für die Stratigraphie verwendet werden? Weder die Chrono-, die Litho-, die Lössstratigraphie noch das Lagerungsgesetz i.S. von Nicolaus Steno liefern bisher befriedigende Ergebnisse. Allein die Unterschiede in der Höhenlage der Quartäroberfläche – und noch bedeutender die Höhenlage der Quartärbasis – waren und sind die wichtigsten Argumente für die Altersfolge – für die Morpho- bzw. Terrassenstratigraphie von Akkumulationsterrassen.

Mit Hilfe der Terrassenstratigraphie versuchten Penck & Brückner ihre vier Eiszeiten zu definieren und diese anhand von petrographischen, sedimentologischen und faziellen Unterschieden an einer Typus-Lokalität (locus typicus) festzumachen. Ein bestimmter, besonders typisch ausgebildeter Schotterkörper wurde zusammen mit seiner individuellen Gesteins-Charakteristik und in Verbindung mit seiner Höhenlage zu einer Art Lithostratotypus (Typusprofil) erklärt, ganz wie es die heute üblichen Regeln zur lithostratigraphischen Nomenklatur fordern (Steininger & Piller 1999): Hochfeld (heute Böhener Feld) = Günzeiszeit, Grönenbacher Feld = Mindeleiszeit, Hitzenhofener Feld = Risseiszeit und Memminger Feld = Würmeiszeit. In gleicher Weise und ebenfalls im Vorgriff auf die heutigen, sehr streng angewendeten Regeln zur lithostratigraphischen Nomenklatur verfuhren Eberl 1930 und Schaefer 1957, die noch höher liegende und höchstwahrscheinlich prägünzezeitliche Schotter weiter nördlich bzw. nordöstlich des „klassischen Gebietes“ einem Donau- und einem Bibereiszeitenkomplex zuordneten. Basierend auf eigenen, die Forschungen von Graul fortsetzenden Arbeiten im nördlichen Teil der Iller-Lech-Platte ordnete Löscher 1974 und 1976 das bis dahin in die Risseiszeit gestellte Hawanger Feld E' von Memmingen der Mindeleiszeit zu, was eine Art Kettenreaktion bezüglich der Altersstellung aller älteren Ablagerungen zur Folge hatte. Im Zuge dieser Umdeutung rutschten plötzlich auch das von Penck & Brückner als Typus-Lokalität für die Mindeleiszeit definierte Grönenbacher Feld sowie das als Typus-Lokalität der Günzeiszeit angesehene Hochfeld in die Günz- bzw. in die Donaueiszeit. Eine spätere Rückstufung betraf nur das Hawanger und das Grönenbacher Feld; das Hochfeld blieb bis heute der Donaueiszeit zugeordnet und im „klassischen Penckschen Arbeitsgebiet“ fehlten nun auf einmal Ablagerungen aus der Günzeiszeit. Es wurde zusätzlich zu den schon natürlich vorhandenen eine große, künstliche Schichtlücke geschaffen, die so nicht existiert!

Diese Neueinstufung der günzezeitlichen Ablagerungen im Bereich des Stratotypus an der Typus-Lokalität verstößt gegen alle wohl begründeten Regeln und

Empfehlungen zur Handhabung der Lithostratigraphie und der lithostratigraphischen Nomenklatur, da sie von Nicht-Geologen vorgenommen wurde, die schon von ihrer Ausbildung her keinerlei Vorstellung von der Vorgehensweise der modernen Chrono- oder Lithostratigraphie haben. Wenn man diesen strengen Regeln im Sinne von Salvador (1994) bzw. Steininger & Piller folgen würde, die die Geologen in den angelsächsischen Ländern schon lange strikt anwenden, die sich aber auch im deutschen Sprachraum mehr und mehr durchzusetzen beginnen, müssten alle diese Umbenennungen konsequent rückgängig gemacht werden; d.h. die von A. Penck zum Lithostratotypus der Günzeiszeit erklärten Älteren Deckenschotter des Hochfeldes müssten auf jeden Fall wieder der Günzeiszeit zugeordnet werden, die von ihm ursprünglich zum Lithostratotypus der Mindeleiszeit erklärten Schotter des Grönenbacher Feldes müssten mindelzeitlich bleiben. Sollte sich herausstellen, dass der zeitliche Abstand zwischen den mindel- und den günzzeitlichen Bildungen im Penckschen Sinne zu groß ist, müsste man eher zwischen beiden eine Eiszeit einschieben (was Penck ja durchaus vorgesehen hatte), als die Lithostratotypen umzuwidmen.

Hinzu kommt, dass in Bayern momentan die Grenzen zwischen Mindel- und Günz- sowie zwischen Günz- und Donaueiszeit völlig unklar sind, da die Sedimentationsalter dieser Schmelzwasserschotter momentan nicht datierbar sind und keine warmzeitlichen Bildungen den jeweiligen zwischen ihnen vermuteten Interglazialen eindeutig zugeordnet werden können. Einer Wiedereinstufung des Hochfeldes in die Günzeiszeit spräche momentan aus stratigraphischer Sicht nichts entgegen, hätte aber wieder eine Kettenreaktion zur Folge, die sich auf die bayerische Quartärstratigraphie auswirken würde. Erforderlich wäre sie eigentlich, denn das von Penck & Brückner postulierte tetraglaziale System hat in seinem „klassischen“ Gebiet entlang des Memminger Trockentales weiterhin seine Gültigkeit und „künstliche“ Schichtlücken sollten geschlossen werden. Als Kompromiss könnte man das Hochfeld auch stratigraphisch als „Donau/Günz“ einstufen, wie es Doppler et al. (2011) vorschlagen.

Zitate

- Doppler, Kroemer, Rögner, Wallner, Jerz, Grottenthaler 2011: Quaternary Stratigraphy of Southern Bavaria. *E&G Quaternary Science Journal* 60/2-3: 329-365.
- Fiebig, Ellwanger, Doppler 2011: Pleistocene Glaciations of Southern Germany. *Developments in Quaternary Science* 15: 163-173.
- Geyer 1973: Grundzüge der Stratigraphie und Fazieskunde 1. 279 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- Salvador 1994 [ed.]: International Stratigraphic Guide, A guide to stratigraphic classification, terminology, and classification. 2. Aufl., 214 S.; Boulder, Co. (The Geological Society of America).
- Steininger, Piller 1999: Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg* 209: 1-19.

Using moraines to understand the extent, timing and dynamics of Quaternary glaciations – a cautionary note on pitfalls from modern and palaeo-environments

Sven Lukas

School of Geography, Queen Mary University of London, S.Lukas@qmul.ac.uk

Reconstructing the extent, dynamics and timing of glaciations during the Quaternary – with resolutions in time-scale ranging from decades to millennia – is a key aspect of Quaternary geology and geomorphology. Moraines are one of, if not the, key landform(s) that are utilised routinely in this respect. However, despite this (over-?)reliance on this type of landform in most studies, whether they involve cosmogenic isotope dating of boulders on moraine crestlines or mapping of their location to establish the horizontal extent of a former ice mass, the ways in which moraines can form are still relatively poorly understood.

This paucity of understanding is frequently correlated with a paucity of exposures through these landforms, an unwillingness to create such exposures or an unlucky tendency to prioritise mapping and sampling over detailed sedimentological analysis. This is particularly unfortunate, because the latter could elucidate the exact mechanisms of how the moraine in question formed, and the light shed on moraine formation could in turn help understand spreads of cosmogenic age distributions, either on a single moraine or moraine sequences. Likewise, the knowledge gained from a detailed study of the moraine's interior would also allow an appreciation of the style of glaciation, most notably retreat.

Examples taken from small (< 1 m high) annual moraines to several tens of metres-high lateral moraines and moraine belts will be presented from both modern and palaeo-environments. These encompass the entire spectrum of thermal regimes, from cold-based to temperate glaciers, and have a near-global coverage (including Scotland, Iceland, Svalbard, Norway, the European Alps and their forelands, the Russian Altai and the Southern Alps of New Zealand). This comprehensive dataset will be used to illustrate (a) the variety of processes that (can) lead to moraine formation and (b) their implications for understanding the timing and dynamics of former glacial advance and retreat sequences.

The vast differences encountered in these examples will challenge a number of common assumptions. Firstly, very few moraines are composed of, or even contain any, subglacial sediment ('till'/'Grundmoräne'). In nearly all examples, moraines are composed of previously-deposited proglacial and supraglacial sediments that have been pushed up and partially overridden. Secondly, many moraines are occupied at least

twice during formation as is evident from the sedimentary and deformation structures found in all examples. This explodes the common myth that the number of moraines can be correlated with the number of (re-)advances in any given time-period ('one moraine = one advance'). This has implications for numerical dating, because the latter targets only the most recent event preserved at the surface of any moraine, but often contains 'contamination' from previous events that are just as much part of the often-complex history of the moraine in question. Thirdly, once a moraine has been formed, it is likely to be altered to various degrees by either de-icing (the melting of any buried ice bodies) or coeval/subsequent periglacial activity. These processes also complicate the interpretation of numerical ages as well as a straightforward palaeoclimatic interpretation.

It is hoped that this presentation will contribute to a more faceted understanding of how these key landforms are formed and advise on how common pitfalls can be avoided.

Investigating past permafrost in the Ural Mountains using cryogenic cave calcites

Marc Luetscher¹, Hai Cheng², Yuri Dublyansky¹, Olga Kadebskaya³,
Christoph Spötl¹

¹ University of Innsbruck, Institute of Geology, marc.luetscher@uibk.ac.at,

² Xi'an Jiaotong University, School of Human Settlement and Civil Engineering,

³ Mining Institute of Ural branch of RAS, Russia

Exceptionally large cryogenic cave carbonates (CCC_{coarse}) were recently discovered in a number of caves of the central Ural Mountains (Russia) providing a unique opportunity to investigate past changes in the regional permafrost distribution. A selection of 11 samples from Rossiyskaya reveals a variety of shapes and sizes ranging from mm-sized crystal aggregates (ROS-C-09) to cm-sized spheroids (ROS-C-02). Most of these formations show surface corrosion features suggesting temporary flooding of the cave passage after the cave ice retreated, an interpretation which is consistent with the clayey sediment infill in which they were embedded. Whilst the modern cave temperature ranges around 5°C, preliminary U/Th analyses suggest that the area was subject to permafrost during marine isotope stages 6, 12, 14 and 16. Despite the sometimes large dating errors, it is likely that the CCC_{coarse} formed preferentially during glacial terminations. Relying on a database of more than 100 CCC_{coarse} samples, we will progressively include cave sites from different latitudes to identify spatial and temporal patterns in the regional permafrost distribution.

Geophysik quartärer Sedimente des Großen Ahornbodens (Karwendel, Tirol)

David Mair¹, Werner Chwatal², Christoph Spötl¹, Robert Scholger³

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geologie, csak4768@student.uibk.ac.at,

² Technische Universität Wien, Department für Geodäsie und Geoinformation,

³ Montanuniversität Leoben, Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik

Der Große Ahornboden liegt am Ende des 24km langen Rissstales in Tirol und gehört zu den Gemeinden Vomp und Eben am Achensee. Im Herzen des Karwendels gelegen, wird er im Süden von den mächtigen Felswänden des Karwendel-Hauptkamm mit Gipfeln bis zu 2500m Seehöhe begrenzt. Vom Almdorf Eng (1227m) zieht sich der Große Ahornboden rund 3,5km nach Nordosten als kaum geneigter Talboden bis zum Fuße des Gramaigraben (1120m). Die Talflanken werden von steilen Hangschutthalden und mächtigen Felswänden gebildet, die nur vereinzelt von Schuttkegeln abgelöst werden.

Der gesamte Ahornboden zeichnet sich trotz starker glazialer Prägung durch das Fehlen von morphologischen Strukturen wie Moränen oder Terrassen aus. Die einzigen prominenten Sedimentaufschlüsse finden sich knapp 200m nördlich des Murschuttkegels aus dem Gramaigraben. Hier zieht ein mehrgliedriger Moränenrücken, wie bereits von SOMMERHOFF (1971) beschrieben, von Osten bis zum Rissbach. Am Westufer ist dieser erodiert, an dessen Stelle tritt ein jüngerer Murschuttkegel aus dem Großen Totengraben (SPÖTL et al. 2014), welcher ebenfalls vom Rissbach erodiert wird. Südlich davon stehen oberflächlich lakustrine Sedimente an (SOMMERHOFF 1971). Die Tal-Morphologie, sowie die Präsenz der lakustrinen Sedimente implizieren die Frage nach der Geometrie des Tales, sowie der Ausdehnung des ehemaligen Sees.

Um diese Frage zu beantworten werden seit 2012 in diesem Gebiet verschiedene geophysikalische Untersuchungsmethoden angewandt. Es wurden über den gesamten Großen Ahornboden verteilt 5 Seismik-Profiles (jeweils 2 dem Talverlauf folgend und jeweils 3 parallel dazu) erstellt. Diese wurden sowohl reflexionsseismisch als auch refraktionsseismisch interpretiert. Anhand dieser Daten konnten die Geometrie und die Tiefe der Felsoberkannte, sowie die eventuelle Verbreitung von See-Tonen (mit einer Mächtigkeit größer 10m) sehr gut erfasst werden. Zusätzlich wurden widerstandselektrische Tiefensondierungen an ausgewählten Punkten im gesamten Untersuchungsgebiet durchgeführt. Anhand dieser wurde der Schichtaufbau im bodennahen Bereich sondiert. Es lassen sich hierbei wassergesättigte, sowie konsolidierte Sedimente deutlich unterscheiden. Schließlich wurden mithilfe einer Multielektrodengeoelektrik, 2D-Widerstandstomographien erstellt. Diese Methodik

erlaubt es die unkonsolidierten, lakustrinen Sedimente lateral so wie in die Tiefe zu verfolgen. Die geophysikalischen Interpretationen wurden an verschiedenen Stellen mittels Rammkernsondierung verifiziert.

Die geophysikalischen Daten zeigen eine trogförmige, Talgeometrie mit klar ausgebildeter Felsoberkante. Diese liegt in einer Tiefe von rund 145m im nördlichen Ahornboden; nach Süden hin steigt sie an und im Bereich der Eng beträgt die Sedimentmächtigkeit nur noch rund 75m. Evidenzen für Seesedimente finden sich nur vom Totengrabenfächer bis zum Bereich östlich des Grabens, der vom Tränklkarl (1140m) herunter zieht, jedoch nicht mehr südlich davon. Deutlich lassen sich die Sedimente in zwei Einheiten mit unterschiedlich hohen seismischen P-Wellengeschwindigkeiten einteilen. Die untere und mächtigere Einheit, mit deutlich höheren Wellengeschwindigkeiten, wird als glazial überkonsolidiert interpretiert. Die überlagernde Schicht besteht dementsprechend aus Sedimenten des Spätglazials und Holozäns.

Zitate

- Sommerhoff, G. (1971): Zum Stand der geomorphologischen Forschung im Karwendel. *Mitt. Geogr. Ges.*, München, 56: 152-171.
- Spötl, C, Mair, D., Starnberger, R (2014): From Vorderriß to Großer Ahornboden: Quaternary geology of the Riss Valley (Karwendel Mountains).- DEUQUA Exkursionsführer (in Druck)

Typhoon Haiyan's sedimentary record and its significance for palaeoevent research

Simon Matthias May¹, Dominik Brill¹, Max Engel¹, Michelle Reyes², Helmut Brückner¹

¹ University of Cologne, Institute of Geography, Germany, mays@uni-koeln.de

² University of the Philippines, Marine Science Institute, Philippines

Typhoon Haiyan (local name Yolanda) struck the Philippines on 7–9 Nov 2013. It was one of the strongest tropical cyclones (TC) ever recorded and made landfall in Samar province, Eastern Visayas with average sustained winds of 314 km/h and gusts of up to 379 km/h. Storm surge heights of more than 8 m, wave heights of up to 5 m, and extensive flooding along the coast is reported. The death toll amounts to 6,268 individuals, and more than 16 Mio people were affected in total. However, Hayan's deposits and its impact on coastal landforms offer the unique chance of studying tempestite characteristics related to extreme storms. Geomorphological and sedimentological studies on this modern analogue will contribute (i) to a better understanding of depositional processes and sedimentary signatures of severe TCs on Holocene timescales, and, consequently, (ii) may provide a benchmark example for the discrimination between prehistoric tsunami and TC deposits, both in local stratigraphies and in general. We conducted a geomorphological and sedimentological survey after the supertyphoon on the islands of Leyte, Samar, Negros, and Bantayan. The massive storm surge, which surprised many residents in particular on Samar and Leyte, initiated large-scale boulder dislocation along the coastline of SE Samar. Downward-facing rock pools, grass patches, living barnacles, roots and soil staining on exposed former bottom sides, and fresh wood jammed under the rocks provide unambiguous evidence for subrecent overturning and transport. The largest boulder mapped ($\sim 75 \text{ m}^3$; $9.0 \times 4.5 \times 3.5 \text{ m}^3$; $\sim 180 \text{ t}$) was shifted for 45 m on the inclined upper intertidal platform behind the Holocene reef by longshore sliding. A clast of $\sim 30 \text{ m}^3$ ($5.3 \times 3.0 \times 2.9 \text{ m}^3$) and $\sim 70 \text{ t}$ was moved by saltation and/or rolling for the same distance. These clasts are among the largest TC-transported clasts so far recorded and represent an important actualistic reference for process-related interpretation of other coastal boulder fields. The transport direction of all clasts coincides with the SE-NW approach of the storm surge, indicating that the currents of the exceptional storm surge triggered their dislocation rather than the superimposed waves. Further geological features are well-stratified washover deposits and landforms composed of fine-grained sediments that were deposited in backbarrier depressions, and coral ridges formed on intertidal platforms of coral reefs.

Historical and prehistorical tropical cyclones and tsunamis inferred from washover records in NW Australia

Simon Matthias May¹, Dominik Brill¹, Max Engel¹, Anja Scheffers², Matthias Leopold³, Anna Pint¹, Helmut Brückner¹

¹ University of Cologne, Institute of Geography, DE; mays@uni-koeln.de, ² Southern Cross GeoScience, Southern Cross University, AU, ³ The Univ. of Western Australia, School of Earth & Environment, AU

Coastal geological archives record traces of both episodic and long-term coastal processes as particular landforms, deposits or erosional features. Palaeotempestological and palaeotsunami research uses this evidence to enlarge the temporal frame of storm/tsunami occurrence patterns given by historical records. Yet, the identification and interpretation of episodic high-energy coastal flooding due to tropical cyclones (TCs) and tsunamis is associated with a number of difficulties, including the spatial and temporal variability of geological records as well as the application of different dating techniques. In addition, the differentiation between tsunami and storm deposits remains challenging, notably where modern deposits and/or historical reports on the event are absent. With 1–2 TCs impacting the NW Australian coast per year on average, and ten historically documented tsunami events recorded since 1858, the area between Exmouth and Onslow is highly vulnerable to extreme-wave events. However, little is known about the geological imprint of both (pre)historical TCs and tsunamis in NW Australia. Here we present new data on the sedimentology and chronostratigraphy of both historical and prehistorical washover events found in two different geological archives in the NW part of Western Australia. The studied archives store wave events of different magnitudes and on different time scales. According to our results, traces of both historical TCs and tsunamis are recorded in washover sediments W of Onslow, including the 1883 Krakatoa tsunami. While the inferred TC deposits are indicated by sedimentation patterns typically related to storm overwash, different sedimentological characteristics are found for the Krakatoa tsunami deposit. Along the W coast of the Exmouth Gulf, distinct lobate washover fans consist of shell debris layers, sand, coarse coral fragments and entire shells and exhibit delta-type sedimentation patterns. Using ground penetrating radar as well as geomorphological and sedimentological investigations, multiple reactivation of the washover fans is inferred from their complex pattern of accumulation and incision and a minimum of three palaeosols. Each of the palaeosols indicate one depositional event and a subsequent period of geomorphological stability. We aim at (i) differentiating between TC and tsunami deposits; (ii) presenting local chronostratigraphies based on optically stimulated luminescence; (iii) establishing a direct relation to historical events; and (vi) discussing the archives' overall significance for palaeo-wave event research.

Hydrologische Eigenschaften von periglazialen Sedimenten und deren Einfluss auf den hanginternen Wasserabfluss in der Hagenbachklamm (Wienerwald)

Michael Menke¹, Birgit Terhorst¹, Bodo Damm²

¹ Universität Würzburg, Institut für Geographie und Geologie, michael.menke@daad-alumni.de, birgit.terhorst@uni-wuerzburg.de, ² Universität Vechta, ISPA, bdamm@ispa.uni-vechta.de

Periglaziale Deckschichten ermöglichen Einblicke in die Landschaftsentwicklung und geben Hinweise auf die Geomorphodynamik (Kleber & Terhorst 2013). Ihr Auftreten und ihre Verbreitung lassen Aussagen über das Paläorelief, hangdynamische Vorgänge sowie deren zeitliche Einordnung zu. Die sedimentologischen, pedologischen und hydrologischen Eigenschaften der periglazialen Lagen werden durch die geologischen Verhältnisse bestimmt und steuern maßgeblich die Prozessdynamik im oberflächennahen Untergrund.

Die Kenntnis der Wasserdurchlässigkeit verschiedener im Untergrund befindlicher Schichten ermöglicht es, Aussagen über den vorliegenden Aufbau aus hydrologischer Sicht und die hier ablaufenden Abflussprozesse zu treffen. Aus hydrogeologischer Sicht werden der Boden sowie die oberflächennahen Schichten nicht als eigenständige Einheit behandelt. Diesen kommt jedoch aufgrund verschiedener Eigenschaften in Anbetracht der oberflächennahen Wasserbewegung eine wesentliche Rolle zu. Daher gewinnt die Hydropedologie als interdisziplinäre Wissenschaft zwischen Hydrologie und Bodenkunde zunehmend an Bedeutung. Die wesentlichen Fragestellungen dieser Disziplin bestehen darin, wie sich hydrologische Prozesse auf die räumliche Verteilung und die Eigenschaften von Böden auswirken und umgekehrt, wie der Bodenaufbau und dessen räumliche Verteilung die hydrologischen Prozesse beeinflussen (Lin 2012).

Periglaziale Deckschichten sind in Mittelgebirgsregionen Mitteleuropas nahezu ubiquitär verbreitet und bilden somit die Grundlage der Bodenentwicklung seit dem Holozän (Semmel & Terhorst 2010). Das Untersuchungsgebiet des Flyschwienerwaldes mit seinem flachwügeligen Relief bildet hierbei keine Ausnahme. Über dem anstehenden Flyschgestein treten periglaziale Lagen und Lösssedimente auf.

Neben den pedogenetischen Prozessen – beispielsweise der Tonanreicherung – beeinflussen die vorliegenden periglazialen Deckschichten mit deren unter periglazialen Bedingungen erworbenen speziellen Eigenschaften (z. B. Materialsortierung) maßgeblich die hier im Untergrund ablaufenden hydrologischen Prozesse. Ist die räumliche Verteilung der einzelnen Schichten und Bodenhorizonte sowie deren

Eigenschaften bekannt, können Aussagen über die vorliegende Art des Abflusses getroffen werden.

Um Kenntnisse über die im Untersuchungsgebiet vorliegenden, hanginternen Charakteristika zu erhalten wurden feld- und laboranalytische Methoden angewendet. Im Rahmen dieses Beitrags werden die Ergebnisse der Messungen der Durchlässigkeitsbeiwerte der unterschiedlichen quartären Sedimente und die im Feld durchgeführte Langzeitmessung der Bodenfeuchte vorgestellt.

Zitate

- Kleber A, Terhorst B. 2013: Introduction (chapter 2.1). In: Kleber A, Terhorst B. (Hrsg.): Mid-latitude slope deposits (cover beds), *Developments in Sedimentology* 66: 9-12. Elsevier, Amsterdam.
- Lin H. 2012: Hydropedology: Addressing Fundamentals and Building Bridges to Understand Complex Pedologic and Hydrologic Interactions (chapter 1). In: Lin, H. (Hrsg.): *Hydropedology*: 3-39. Academic Press, Boston.
- Semmel A, Terhorst B. 2010: The concept of the Pleistocene periglacial cover beds in central Europe: A review. *Quaternary International* 222 (1–2): 120-128.

Re-evaluation of the moraines in the Kromer Valley (Silvretta Mountains, Austria)

Andrew P. Moran¹, Susan Ivy-Ochs², Hanns Kerschner¹

1 University of Innsbruck, Institute of Geography, andrew.moran@uibk.ac.at,
hanns.kerschner@uibk.ac.at, 2 ETH Zurich, Laboratory of Ion Beam Physics, ivy@phys.ethz.ch

A prominent moraine system in the Kromer Valley (Silvretta Mountains, W-Austria) constituting the type locality of the “Kromer stadial” has been subject to numerous investigations in the past. Located between a series of Egesen moraines (Younger Dryas) and “Little Ice Age” positions of modern times, it was originally correlated with the nearby “Kartell stadial” (Verwall Mountains, Fraedrich 1979), which was allocated to the earliest Holocene climatic downturn of the Preboreal Oscillation (Ivy-Ochs et al. 2006). Initial ¹⁰Be dating of five boulders on the terminal moraines rendered surprising ages that implicated a glacial advance in connection with the 8.2 ka event (Kerschner et al. 2006). Since then however, no other proof of glacier activity comparable in size could be found for this time period within the Alps, and furthermore new ¹⁰Be production rates were recently introduced. Therefore we were prompted to re-evaluate the locality by recalculating the original ages and amending them with 10 new exposure dates. The additional sample locations were spread broadly among the whole moraine system including the lateral moraines. The new results yield ages ranging around 10.0 ka. Consequently, the allotment of the Kromer stadial to the 8.2 ka event must be retracted. Likewise, the ages are too young to be associated with the Kartell stadial. Thus this study points to a significant glacier advance in the eastern Alps during the Boreal time period, which is in agreement with another recent investigation in the western Alps (Schimmelpfennig et al. 2014). However, our findings need to be further discussed and placed within the broader climate context of the Alpine region.

References

- Fraedrich R. 1979: Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen in der Ferwallgruppe (Tirol/Vorarlberg). *Düsseldorfer Geographische Schriften* 12: 1-161.
- Kerschner H, Hertl A, Gross G, Ivy-Ochs S, Kubik W. 2006: Surface exposure dating of moraines in the Kromer valley (Silvretta Mountains, Austria)-evidence for glacial response to the 8.2 ka event in the Eastern Alps? *The Holocene* 16: 7-15.
- Ivy-Ochs S, Kerschner H, Reuther A, Maisch M, Sailer R, Schaefer J, Kubik P W, Synal H, Schlüchter C. 2006: The timing of glacier advances in the northern European Alps based on surface exposure dating with cosmogenic ¹⁰Be, ²⁶Al, ³⁶Cl, and ²¹Ne. In *Situ-Produced Cosmogenic Nucleides and Quantification of Geological Processes*. Siame L L, Bourlès D L, Brown ET. 415: 43-60.
- Schimmelpfennig I, Schaefer J, Akçar N, Koffman T, Ivy-Ochs S, Schwartz R, Finkel R, Zimmerman S, Schlüchter C. 2014: A chronology of Holocene and Little Ice Age glacier culminations of the Steingletscher, Central Alps, based on high-sensitivity Be-10 moraine dating. *EPSL* 393: 220-230.

Fault scarp dating to reveal landscape evolution in a tectonically active setting: Insights from Eastern Mediterranean

Nasim Mozafari Amiri¹, Dmitry Tikhomirov¹, Ökmen Sümer², Çağlar Özkaraymak³, Susan Ivy-Ochs⁴, Bora Uzel², Christof Vockenhuber⁴, Hasan Sözbilir², Naki Akçar¹

¹ University of Bern, Institute of Geological Sciences, Switzerland nasim.mozafari@geo.unibe.ch,

² Dokuz Eylül University, Department of Geological Engineering, Turkey,

³ Afyon Kocatepe University, Department of Geological Engineering, Turkey

⁴ Swiss Federal Institute of Technology, Institute for Particle Physics, Switzerland

Carbonate fault scarp is an ideal natural laboratory to investigate periods of seismic activity and quiescence. Following an earthquake, with each normal displacement, a previously buried section of the scarp under colluvium is exposed to cosmic radiation. Consequently, the interaction of cosmic rays with the exposed part of the scarp accelerates production of cosmogenic ^{36}Cl during period of inactivity. Thus, the measurement of the cosmogenic ^{36}Cl concentration along fault scarp enables us to determine the ruptures and their timing.

Seismic activity of the Eastern Mediterranean region makes it an ideal target to reconstruct its seismic history. In spite of historical and instrumental earthquake archives in Eastern Mediterranean and Middle East since 464 B.C., more data is required for long-term seismic modelling. For instance, in West Anatolia, one of the most seismically active regions in the world, the activity of three major graben systems of Gediz, Küçük Menderes and Büyük Menderes is evidenced by surface faulting during Pleistocene-Holocene. These grabens are bounded by large scale normal faults built in carbonates and formed in response to approximately N-S extensional tectonic regime since the early Miocene.

In order to reconstruct the seismic history of these grabens, we sampled fault scarps in Manastır and Mugırtepe faults located in Gediz and Priene-Sazlı fault in Büyük Menderes graben. Following the laboratory work and chemical analysis, a new Matlab code was used to model the significant periods of seismic activity and their timing. According to our results, Mugırtepe fault was intensively ruptured by about 2.5 m during period of high seismic activity ca. 6 kyr ago. Manastır fault also experienced rupture in ca. 2 kyr ago with approximately 4 m of displacement. In Priene-Sazlı fault scarp, three periods of seismic activity were distinguished. The oldest period at ca. 6 kyr ago caused slip of around 6 m. The next period of high seismicity occurred at ca. 4 kyr ago with a slip of about 2 m. The occurrence of the last period of high seismic activity in Priene-Sazlı fault laid in ca. 2 kyr ago with roughly 2 m displacement. The oldest and the last period of activity in Priene-Sazlı fault are in accordance with the

results in Mugırtepe and Manastır faults, respectively. Such correlation contributes for better understanding of the formation of the graben systems; however, more data is needed to reconstruct the activity history of these grabens. Our modelled ruptures dated to 2 kyr correlate well with the earthquakes in 17 and 44 A.D., which caused vast damages in the region. Based on our results, we estimate slip rates of approximately 0.4 and 2 mm/yr for Mugırtepe and Manastır faults in Gediz graben. Furthermore, slip rates of approximately 2, 1 and 1 mm/yr are respectively calculated for the three seismic periods of Priene-Sazlı fault in Büyük Menderes graben.

Chemical composition of the ice matrix of Lazaun rock glacier (Italy) and its impact on headwater quality

Ulrike Nickus¹, David Bressan², Benjamin Dietre³, Irka Hajdas⁴, Jean Nicolas Haas³, Karl Krainer², Kathrin Lang⁵, Volkmar Mair⁵, Daniel Reidl³, Richard Tessadri⁶, Hansjörg Thies⁷, David Tonidandel⁵

¹ University of Innsbruck, Institute of Meteorology and Geophysics, ulrike.nickus@uibk.ac.at,

² University of Innsbruck, Institute of Geology, karl.krainer@uibk.ac.at

³ University of Innsbruck, Institute of Botany, benjamin.dietre@uibk.ac.at, jean-nicolas.haas@uibk.ac.at, daniel.reidl@uibk.ac.at

⁴ ETH Zürich, Laboratory of Ion Beam Physics, hajdas@phys.ethz.ch,

⁵ Office for Geology and Building Materials Testing, Autonomous Province of Bolzano, kathrin.lang@provinz.bz.it, volkmar.mair@provinz.bz.it, david.tonidandel@provinz.bz.it

⁶ University of Innsbruck, Institute of Mineralogy and Petrography, richard.tessadri@uibk.ac.at,

⁷ University of Innsbruck, Institute of Geology, Institute of Ecology, hansjoerg.thies@uibk.ac.at

The Lazaun rock glacier is an active tongue-shaped rock glacier with debris derived from micaschists and paragneiss. It is located in the southern Ötztal Alps (Italy) and covers an area of 0.12 km². In the framework of The EU-Alpine Space Project PERMANET, a 40 m deep core was drilled in summer 2010 at an elevation of 2580 m. The entire ice core covers a period of some 10000 years. We show vertical solute profiles of the ice core, where distinct layers of extremely high ion and metal concentrations were detected and peak values of electrical conductivity exceeded 1000 µS/cm.

Since 2007, headwater springs in the vicinity of Lazaun rock glacier have been sampled for the analysis of major ions and heavy metals. Though melt water from the ice core of the rock glacier is estimated to contribute only a few percent to the total runoff, water quality seems to be heavily impacted in springs that are partly fed by melting ice. Substance concentrations of rock glacier impacted springs revealed an increase up to a factor of 3 through the summer season, and thus reflect the seasonally varying contributions of the melting winter snow pack, summer precipitation, groundwater and ice melt to the discharge. On the contrary, substance concentrations of springs without rock glacier impact did not reveal a change in water quality during the summer season.

Führen Dürreperioden als Folge des Klimawandels zur Änderung der Waldvegetation in inneralpinen Trockentälern? Eine Fallstudie am Tschirgant-Bergsturz im Oberinntal, Tirol

Walter Oberhuber¹, Roman Schuster²

¹ Leopold-Franzens Universität Innsbruck, Institut für Botanik, walter.oberhuber@uibk.ac.at,

² Leopold-Franzens Universität Innsbruck, Institut für Botanik, roman.schuster@uibk.ac.at

Der postglaziale Tschirgant-Bergsturz im Bereich der Ötztalmündung (ca. 720 m MH) ist durch flachgründige, skelettreiche und nährstoffarme Böden über Wettersteinkalk und Hauptdolomit geprägt und wird seit seiner Entstehung von der trockentoleranten und an Nährstoffmangel angepassten Kiefer (*Pinus sylvestris*) bestockt. Laut Patzelt (2004, zit. in Prager et al. 2008) stammen die abgelagerten Gesteinsmassen aus zumindest zwei Ereignissen, die mit 3753 ± 191 cal BP und 3151 ± 191 cal BP datiert werden konnten. Die vorherrschenden lichten Kiefernbestände entsprechen frühen Waldentwicklungsstadien nach der Eiszeit und werden als „Reliktföhrenwälder“ bezeichnet (Schmid 1936), da sie sich gegenüber anderen wuchskräftigeren Baumarten aufgrund der schlechten Verwitterbarkeit des Ausgangssubstrates und der in Folge stark eingeschränkten Bodenentwicklung seit Jahrtausenden behaupten können. Geringe Jahresniederschläge (ca. 716 mm), Föhnexposition und eine mittlere Jahrestemperatur von 7.3 °C begründen ebenso die ungebrochene Dominanz der Kiefer an diesem Standort.

In zahlreichen Untersuchungen wurde jedoch festgestellt, dass Dürreperioden das Wachstum der Kiefer, die in inneralpinen Trockentälern auf Kalk- und Dolomitgestein dominiert (Ellenberg und Leuschner 2010), nachhaltig einschränkt (Schuster und Oberhuber 2013a). Zudem wurde eine erhöhte klimatisch bedingte Baummortalität in den letzten Jahrzehnten festgestellt (Oberhuber 2001, Bigler et al. 2006). Der Absterbeprozess wird dabei durch Extremjahre, wie z. B. dem Hitzesommer 2003 (Beniston 2004), beschleunigt. Es ist davon auszugehen, dass mit fortschreitender Klimaerwärmung die Häufigkeit und Intensität von Dürreperioden zunehmen wird (IPCC 2013). Deshalb ist die Untersuchung der Auswirkung von Trockenstress auf im Alpenraum verbreitete Baumarten notwendig, um die künftige Entwicklung von Waldökosystemen, die im Alpenraum eine wichtige Schutzfunktion ausüben, prognostizieren zu können. Innerhalb des kleinräumig strukturierten Geländes des Tschirgant-Bergsturzgebietes treten in Muldenlagen Mischbestände von Kiefer (*Pinus sylvestris*), Fichte (*Picea abies*) und Lärche (*Larix decidua*) auf, womit die Reaktion dieser Baumarten gegenüber Dürreperioden unter denselben klimatischen Umweltbedingungen erfasst werden kann.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zeigen, dass bei fortschreitender Klimaerwärmung und häufigeren Dürreperioden sich die Kiefer gegenüber weniger trockenresistenten Arten wie Fichte und Lärche auf Trockenstandorten des Oberinntales verstärkt durchsetzen wird (Schuster und Oberhuber 2013b). Andererseits weist jedoch das verbreitete Kiefernsterben bereits auf die Grenzen der Trockenresistenz dieser Baumart hin. In weiterer Folge ist auf diesen Standorten eine Etablierung von an wiederkehrende Trockenperioden besser angepasste Baumarten (z. B. Eichenarten) anzunehmen bzw. eine Versteppung insbesondere von südexponierten Hanglagen zu erwarten.

Zitate

- Beniston M. 2004: The 2003 heat-wave in Europe: a shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophysical Research Letters* 31:2022-2026.
- Bigler C, Bräker OU, Bugmann H, Dobbertin M, Rigling A. 2006: Drought as an inciting mortality factor in Scots pine stands of the Valais, Switzerland. *Ecosystems* 9: 330-343.
- Ellenberg H, Leuschner C. 2010: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Ulmer, Stuttgart.
- IPCC (2013) Climate change 2013: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Oberhuber W. 2001: The role of climate in the mortality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) exposed to soil dryness. *Dendrochronologia* 19: 45-55.
- Patzelt G. 2004: Tschirgant-Haiming-Pletzachkogel. Datierte Bergsturzereignisse im Inntal und ihre talgeschichtlichen Folgen, Präsentation, alpS Symposium Naturgefahren Management 13.10.2004, Galtür.
- Prager C, Zangerl C, Patzelt G, Brandner R. 2008: Age distribution of fossil landslides in the Tyrol (Austria) and its surrounding areas. *Natural Hazards and Earth System Science* 8:377-407.
- Schmid E. 1936: Die Reliktföhrenwälder der Alpen. Pflanzengeographische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. *Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz*, Heft 21.
- Schuster R, Oberhuber W. 2013a: Drought sensitivity of three co-occurring conifers within a dry inner Alpine environment. *Trees* 27:61-69.
- Schuster R, Oberhuber W. 2013b: Age-dependent climate-growth relationships and regeneration of *Picea abies* in a drought-prone mixed-coniferous forest in the Alps. *Canadian Journal Forest Research* 43: 609-618.

A comparative approach of the paleovegetation and climate history at Lake Van in eastern Anatolia, Turkey

Nadine Pickarski¹, Thomas Litt², Georg Heumann³, Ola Kwiecien⁴ and the PALEOVAN scientific team

^{1,2,3} University of Bonn, Steinmann-Institute, Nussallee 8, D-53115, Bonn, Germany, ¹ pickarski@uni-bonn.de, ² t.litt@uni-bonn.de, ³ g.heumann@uni-bonn.de, ⁴ Ruhr-University Bochum, Sediment and Isotope Geology, Universitätsstrasse 150, D-44801 Bochum, Germany, ola.kwiecien@rub.de

The first long continuous and high-resolution lacustrine sedimentary record of Lake Van (38°38' N, 42°54' E), eastern Anatolia, was extracted during the International Continental Scientific Drilling Program (ICDP) project 'PALEOVAN' in summer 2010 (Litt et al., 2012). The fourth largest terminal lake (surface area 3,570 km², volume 607 km³) is situated in a climatically and tectonically highly sensitive region, where numerous earthquakes and volcanic eruptions from the nearby semi-active volcanos have affected the area significantly. Several independent methods (e.g. tephrostratigraphy, geomagnetic excursions and multi-proxy data) from the partly laminated archive yield information about terrestrial paleoecology, paleovegetation and climate history for the last ca. 600 ka.

The major focus of the current study is to identify and interpret the vegetation succession and climatic oscillations throughout the last glacial-interglacial cycle (~130 ka). The palynological and stable oxygen isotope analyses completed for the entire sequence with a mean temporal resolution of ca. 500-600 years provide detailed evidence of regional vegetation and climate history at Lake Van (Pickarski, 2014). Using this record, we are able to compare the paleoenvironmental record of Lake Van during the last interglacial (~129-111 ka BP) with the Holocene record. Most striking feature is the relatively warm and dry conditions during the last interglacial optimum (due to high amount of *Pinus*) indicating a considerably higher continentality index, in contrast to the more mesic conditions during the Holocene (high percentages of *Quercus*). In general, after the initial warming (*Pistacia* phase; 131-129 ka BP), the palynological sequence during the last interglacial documents a vegetation succession with three climatic phases: (i) the *Quercus-Ulmus* phase (129-127 ka BP) indicating summer dryness and mild winter conditions; (ii) the *Carpinus* phase (127-124 ka BP) suggesting colder temperatures with still high moisture availability; and (iii) the *Pinus* phase at ~124 ka, documents colder and/or drier climate conditions, which extended in to the interval of global ice growth. Throughout the last glacial (~75-15 ka BP), the detailed nature of the Lake Van pollen record allows the identification of several millennial-scale vegetational and environmental changes, which can be correlated with the stadial-interstadial patterns of the Dansgaard-Oeschger (D-O) events observed in

the NGRIP record. Relatively warm and humid climate conditions during the D-O interstadials enabled the emergence of an open steppe forest.

New insights into vegetation and climate variability at Lake Van demonstrate the great potential of paleoenvironmental reconstructions. It allows the comparison with other continental pollen records from the Near East and the eastern Mediterranean region. Moreover, our data contribute to the discussion of climate change and improve the understanding of vegetational changes in the eastern Anatolia region.

Zitate

Litt et al. (2012). 500,000 Years of Environmental History in Eastern Anatolia: The PALEOVAN Drilling Project. *Scientific Drilling Journal* 14:18-29.

Pickarski (2014). Vegetation and climate history during the last glacial-interglacial cycle at Lake Van, Eastern Anatolia. Ph.D. thesis. University of Bonn.

Sedimentologische Untersuchungen von Löss-Sedimenten in Niederösterreich

Julia Rabeder, Heinz Reitner, Ingeborg Wimmer-Frey

Geologische Bundesanstalt, FA Rohstoffgeologie, julia.rabeder@geologie.ac.at, heinz.reitner@geologie.ac.at, ingeborg.wimmer-frey@geologie.ac.at

An der Geologischen Bundesanstalt wurde in den letzten Jahren im Rahmen mehrerer und unterschiedlicher Projekte wie Geopotentialerhebungen, Baustellendokumentationen, Detailkartierungen in Weinbaugebieten, der Lockergesteinskarte und dem Österreichischen Rohstoffplan versucht, die niederösterreichischen Lössgebiete genauer abzugrenzen, zu differenzieren und zu klassifizieren; dabei wurde eine Vielzahl an Proben von Löss-Sedimenten genommen und bearbeitet. Die standardmäßig durchgeführten Korngrößen-, gesamtmineralogischen, tonmineralogischen und teilweise chemischen Analysen liegen als großer, wenn auch inhomogener Datensatz vor.

Auf Grundlage der vorhandenen Daten und Analysenergebnisse wird, mit Schwerpunkt auf Korngrößenverteilung und Gesamtmineralogie, unter Zuhilfenahme von statistischen Methoden aber auch nach geographischen und morphologischen Gesichtspunkten eine Differenzierung der Löss- und Löss-Sedimente vorgenommen.

Dazu wurden rund 300 Proben von Lössen und Lösslehmen ausgewählt, von denen sowohl gesamtmineralogische Analysen als auch eine Korngrößenverteilung vorliegen. Paläobodenhorizonte wurden nicht berücksichtigt. Geographisch gibt es eine Konzentration der Probenahmepunkte auf die Bezirke Tulln und Bruck an der Leitha, die Weinbaugebiete Carnuntum, Kämpatal und Traisental sowie entlang der Trasse der B303 Weinviertler Straße.

Erste Ergebnisse zeigen vielfältige Auswertungsmöglichkeiten. Aus einem Datensatz von rund 80 Proben im Bereich des Wagrams konnten zwei Gruppen von Löss-Sedimenten abgegrenzt werden: mächtige, zusammenhängende Decken bildende Lössen mit einheitlicher Korngrößenverteilung und mineralogischer Zusammensetzung und ohne Anzeichen für zeitliche Hiaten unmittelbar nördlich des Wagrams sowie nördlich davon geringmächtigere Lössen bzw. Lösslehme mit höheren Tonanteilen und entsprechend höheren Schichtsilikatanteilen und niedrigeren Karbonatgehalten, die zum Teil direkt dem Neogensockel auflagern.

An einem Datensatz von rund 70 Löss- bzw. Lösslehmböden aus dem Weinbaugebiet Carnuntum wurden mineralogische Analysen mit durch statistische Methoden (Kompositionsdatenanalyse) ausgewerteten Haupt- und Spurenelementverteilungen verglichen und anderen lithostratigraphischen Gruppen gegenübergestellt.

Ziel der laufenden Auswertungen ist es, die einzelnen, projektspezifischen Datensätze und die unterschiedlichen methodischen Ansätze zusammenzuführen, einen einheitlichen Datensatz zu generieren und flächenhafte Aussagen in Hinblick auf Gliederungsmöglichkeiten, Einflüsse von Auswehungsgebieten, Ablagerungsräumen und Verwitterungsprozessen zu treffen.

Zitate

- Heinrich M (Red.) mit Beitr. v. Atzenhofer B, Havlícek P, Holásek O, Klein P, Lipiarska I, Lipiarski P, Rabeder J, Roetzel R, Untersweg T, Vachek M, Wimmer-Frey I. 2007-08: Geologische Detailkarte des Weinbaubebietes Kamptal 1:10.000. *Unveröff. Karte und Dokumentation i.A. Weinkomitee Kamptal*.
- Heinrich M mit Beitr. v. Klein P, Lipiarski P, Neinavaie H, Pfleiderer S, Pirkl H, Reitner H, Wimmer-Frey I. 2008: Ergänzende Erhebung und zusammenfassende Darstellung des geogenen Naturraumpotentials im Bezirk Tulln. *Unveröff. Endbericht Projekt N-C-061*.
- Heinrich M (Red.), Čorić St, Havlícek P, Lipiarska I, Lipiarski P, Rabeder J, Reitner H, Roetzel R, Untersweg T, Vachek M, Wimmer-Frey I. 2012: Weinbaugebiet Traisental Geologische Karte 1:10.000. *Unveröff. Bericht i.A. IK Traisental*.
- Heinrich M, Eitzinger J, Murer E, Pirkl H & Spiegel H mit Beitr. v. Baumgarten A, Bieber G, Dersch G, Heilig M, Hobiger G, Lipiarska I, Lipiarski P, Pfleiderer S, Rabeder J, Reitner H, Römer A, Schlatter N, Untersweg T, Wimmer-Frey I. 2012: Darstellung der naturräumlichen Gegebenheiten und interdisziplinäre Erfassung der weinbaulichen Funktionen im Weinbaugebiet Carnuntum. *Unveröff. Bericht i.A. die rubin carnuntum mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union*.
- Heinrich M, Reitner H & Pfleiderer S mit Beitr. v. Bauer H, Schuster R, Bieber G, Römer A, Hobiger G, Lipiarska I, Lipiarski P, Peresson M, Posch-Trözmüller G, Pirkl H, Plan L, Exel Th, Rabeder J, Wimmer-Frey I. 2013: Ergänzende Erhebung und zusammenfassende Darstellung des geogenen Naturraumpotentials im Bezirk Bruck an der Leitha. *Unveröff. Bericht Projekt N-C-070*.
- Heinrich M, Untersweg T, Lipiarski P (Red.). 2014ff: Digitale Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich 1:50.000 unter Verwendung publizierter und unpublizierter geologischer Karten. *Unveröff. Datensatz VLG-Projekt Bundesweite Vorsorge Lockergesteine*.
- Peresson-Homayoun M mit Beitr. v. Čorić St, Draxler I, Gebhardt H, Goritschnig Ch, Klein P, Krenmayr H G, Leithner W, Mandic O, Massimo D, Meller B, Rabeder J, Reitner H, Rockenschaub M, Roetzel R. 2006: Begleitende geowissenschaftliche Dokumentation und Probennahme an Bauvorhaben in den niederösterreichischen Voralpen und in der Molassezone mit Schwerpunkt auf rohstoffwissenschaftliche, umweltrelevante und grundlagenorientiert Auswertungen. *Unveröff. Bericht Projekt N-C-057*.
- Weber L (Hrsg.). 2012. Der Österreichische Rohstoffplan. *Archiv für Lagerstättenforschung 26*.

Bergstürze in den Lienzer Dolomiten vom Würm-Spätglazial bis in das jüngste Holozän

Jürgen M. Reitner¹, Susan Ivy-Ochs², Irka Hajdas² & Daniela Lattner¹

1 Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien juergen.reitner@geologie.ac.at, daniela.lattner@geologie.ac.at ; 2 Institut für Teilchenphysik, ETH Zürich, ivy@phys.ethz.ch, hajdas@phys.ethz.ch

Am Rand der schroffen Lienzer Dolomiten, die früher zurecht „Die Unholden“ genannt wurden, sind auf der geologischen Karte Blatt Lienz (Linner et al. 2013) eine Reihe von Bergsturzereignissen dokumentiert. Hier werden vier große „prähistorische“ Ereignisse mitsamt der geologischen Situation sowie deren sedimentären Befunden und ersten Datierungen vorgestellt

1. Der „Laserzbach – Sturzstrom“: Dieser ereignete sich wahrscheinlich am Anfang der Jüngeren Dryas und bedeckte unter anderem einen vorstoßenden Gletscher. Somit lag ein „debris-covered glacier“ mitsamt der dazugehörigen Gletscherdynamik vor, wodurch es zu einer vergleichsweisen „hypertrophen“ Gletscherausdehung kam. Die vom Gletscher nicht erfassten Teile weisen mit ihrer Zertrümmerung (Dolomit) und Fließstrukturen auf dynamische Fragmentierung hin.
2. Der „Buchwiese – Sturzstrom“ (östlich Tristacher See): Nach 36Cl – Alterm ereignete sich dieser im frühen Holozän. Randwälle und die Zertrümmerung legen erneut einen Sturzstrom-Dynamik mit starker Fluidisierung des Materials (u.a. Kössen Formation) nahe (s. Reitner 2003).
3. Die „Gailwald-Mordbichl-Felsgleitung“: Diese ereignete sich am Rand zum Pustertal und erfasste u. a. maßgeblich die Gesteine der Kössen Fm (s. Reitner 2003). Aus überfahrenen Holzresten ist der Altersbereich des Ereignisses mit Sub-Boreal bzw. Bronze-Zeit gut erfasst.
4. Die „Scheibenwand-Lienzer Klause-Felsgleitung“: Die Ablagerungen im Pustertal mit überwiegend stark zertrümmertem Hauptdolomit-Material wurden zuerst als sturzstrom-artige Ablagerung (s. Reitner 2003) interpretiert. Bohrungen lassen allerdings erkennen, dass es sich um eine Gleitmasse handelt. Die verschiedenen Datierungen u.a. von Rückstaudimenten zeigen, dass diese Massenbewegung eine komplexe Abfolge mit Aktivität bis ins Mittelalter aufweist. Ein Reaktivierung von Teilen der Gleitmasse im Februar 2010 (in der Presse unter „Hangrutschung in Leisach“ bekannt) belegt die anhaltende potentielle Gefährdung in diesem Abschnitt des Pustertales.

Zitate

- Linner, M., Reitner, J. M., Pavlik, W. 2013: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, ÖK 179 Lienz. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Reitner, J.M., 2003: Bericht 2000 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 179 Lienz.- Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 143/3: 391-397, Wien.

Das morphologische und sedimentäre Inventar im Hochgebirge (Blatt Lienz / Osttirol): Beispiele für eine moderne (Neu-) Interpretation der Gletscherdynamik

Jürgen M. Reitner

Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien, juergen.reitner@geologie.ac.at

Im Hochgebirge liegt für den Betrachter die Landschaft offen dar, sodass die Interpretation der einzelnen Elemente hinsichtlich ihrer Genese auf den ersten Blick wie eine einfache Übung erscheint. Am Beispiel der kürzlich publizierten geologischen Karte Blatt Lienz (Linner et al. 2013) soll gezeigt werden, auf welcher Grundlage verschiedene Landformen im Hochgebirge im Vergleich zu früheren Arbeiten im Hinblick auf Gletscherdynamik und Chronologie neu interpretiert wurden.

Dabei stehen folgende Themen und häufige Probleme bzw. Fehlinterpretationen im Vordergrund:

1. Subglaziale Wällen versus End- und Seitenmoränen
2. Erosionsformen in Eisrandsedimenten und durchgepauste Strukturen von Massenbewegungen versus End- und Seitenmoränen
3. Bergsturzablagerungen (insbesondere Sturzstrom-Ablagerungen) versus End- und Seitenmoränen und die Thematik der „debris-covered glacier“.

Zitate

Linner, M., Reitner, J. M., Pavlik, W. 2013: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, ÖK 179 Lienz. Geologische Bundesanstalt, Wien.

Die Quartärgeologie im Raum Lienz und in den Hohen Tauern – ein Testfall für die gegenwärtige Spätglazial-Gliederung

Jürgen M. Reitner¹ & Manfred Linner¹

1 Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien; juergen.reitner@geologie.ac.at, manfred.linner@geologie.ac.at

Die aktuell angewandte Gliederung der glazialen Stände (im Sinn von Stadialen) des Würm-Spätglazials (mit u.a. Gschnitz, Clavadel / Senders, Daun und Egesen; s. Ivy-Ochs et al. 2008) ist das Resultat einer langen Erforschungsgeschichte mit unterschiedlichen Etappen beginnend bei Penck & Brückner (1909). Da allerdings die dazugehörigen Typlokalitäten in unterschiedlichen Tälern vorkommen, liegen hier keine räumlichen Abfolgen mit überprüfbarer relativer Chronologie vor. Angesichts der mangelhaften geochronologischen Definition der meisten Stände ist die Möglichkeit gegeben, dass gleiche Stände mit unterschiedlichen Namen gekennzeichnet sind und somit die definierten Schneegrenz-Depressionen (SGD) nur eine klimatische aber keine relativ chronologische Aussagekraft haben. Es besteht somit die Gefahr einer „Über-Gliederung“ ohne sachliche Grundlage. Diesem Problem ist nur mit einer systematischen quartärgeologischen Kartierung und mit darauf aufbauenden direkten Datierungen – von der Expositionaltersdatierung (^{10}Be , ^{36}Cl) bis zur ^{14}C -Datierung von Moor-Basislagen – beizukommen.

Die Geologische Landesaufnahme der Geologischen Bundesanstalt hat in den letzten 15 Jahren einen Schwerpunkt in den Hohen Tauern und südlich davon mit den Kartenblättern BMN Bl. Lienz, UTM Lienz Ost & UTM Obervellach, BMN Bl. Spittal a. d. Drau und BMN Bl. Rauris. Im Zuge der Kartierungsprojekte gab es Fortschritte in der auf der Karte dargelegten stratigraphischen Untergliederung. So wurden bei Bl. Spittal a. d. Drau (Pestal et al. 2006) die End- und Seitenmoränen bei Malta sowie die proglazialen Terrassenschüttungen als noch „Gschnitz – Äquivalent mit Fragezeichen“ bezeichnet. Grundlage dafür war eine geologisch gleichartige Situation wie im Gschnitztal (s. Mayr & Heuberger 1968), wo der erste noch relativ große Gletscherstand mit schon freier Drainage im Vorfeld nach der Eiszerfallsphase dokumentiert ist (s. Schuster et al. 2006). Diese tentative Korrelation wurde durch Expositionalterdatierungen von Moränenblöcken plausibel gemacht (Reitner & Ivy Ochs, in Vorbereitung), sodass hier eine regionale Typuslokalität für den Raum der südlichen Hohe Tauern definiert werden kann. Die kürzlich publizierte Geologische Karte Blatt Lienz 1:50.000 (Linner et al. 2013) umfasst Teile der Schobergruppe, der Defereggler Alpen und der Lienzer Dolomiten und damit morphologisch und geologisch sehr unterschiedliche Gebirgsgruppen. Aufbauend auf der umfassenden

und hervorragend dokumentierten Arbeit von Buchenauer (1990) zu großen Teilen der Schöbergruppe konnten die Ergebnisse der Neukartierung gut korreliert und ein weiterer wesentlicher Schritt zur stratigraphischen Gliederung des Würm-Spätglazials getan werden:

Eiszerfallsphase: Entsprechend der Definition von Reitner (2005, 2007) ist damit der Zeitraum des Kollapses des im Würm-Hochglazial (LGM) gebildeten Eisstromnetzes gemeint. Die dominanten Sedimentkörper sind Eisrandterrassen, die am Rand der einsinkenden großen Gletscher (hier Isel- und Draugletscher) abgelagert wurden. An einigen wenigen Stellen werden diese glazio-fluviatilen Sedimente von Grundmoränen, seltener von Seitenmoränen, lokaler Gletscher überlagert, die eindeutig einen Vorstoß eines noch genährten Gletschers dokumentieren. Die sehr unterschiedliche Höhenlage dieser Überlagerung zeigt, dass diese Gletschervorstoße zwar immer am Rand von abschmelzendem Eis aber nicht synchron erfolgten. Im Raum Lienz ist so wie an der Typlokalität der Eiszerfallsphase in Nordtirol (Wilder Kaiser & Windautal) die relative Chronologie über den Mächtigkeitsverluste der einsinkenden die Täler und Becken erfüllenden Eiskörper zu rekonstruieren („Top-down“-Chronologie). Angesichts der vielfältigen Gletscherreaktionen macht es auch keinen Sinn von einem Stadial (z. B. Steinach-Stadial) zu reden, da die Situation bei Steinach am Brenner nur einen der vielen, diachronen Gletschervorstoße dokumentiert, in denen die Gletscher (überwiegend) keinen stationären Halt mit dokumentierten Endmoränen erreichten. Wie zuvor erwähnt sind Seitenmoränenwälle selten und viele jener Formen, die früher für Dokumente eines Steinach-Standes gehalten wurden, stellten sich bei genauerer Analyse entweder als Erosionsformen in Eisrandterrassen oder als durchgepauste Strukturen von Massenbewegungen heraus.

Gschnitz: Zwischen den Ablagerungen der Eiszerfallsphase, die Sedimentation im Konnex mit abschmelzenden Gletschern bzw. Toteis dokumentiert und den Moränen des Egesen-Standes, gibt es teils sehr mächtige, zumeist aber schlecht erhaltene End- bis Seitenmoränen mit deutlich abgerundeten Kämmen. Direkte Datierungen fehlen bis jetzt und es liegt nur ein ^{14}C -Basisdatum aus einem Moor vor, das auf einen Gletscherstand vor dem Prä-Bölling-Alleröd hinweist. Analog zur Situation im Gschnitztal (vergleiche Mayr & Heuberger 1968, Ivy-Ochs et al. 2006) wurde diese Gletscherausdehnung mit dem Gschnitz-Stadial korreliert.

Egesen: Buchenauer (1990) gliederte die sehr vielfältigen Moränen im Debanttal entsprechend der gängigen SGD-Werte in Daun mit dem Gaimberg-Stand als Maximalausdehnung und in Egesen mit dem Lienzer Hütte-Stand als Egesen-Maximum. Da die Datierung der Endmoräne an der lokalen Typuslokalität bei der Gaimberger Alm ein frühes Egesen-Alter erbrachte (Reitner & Ivy- Ochs, in Vorbereitung), existiert damit auch kein Daun-Stadial mehr im Sinne der Gliederung von Ivy Ochs et al. (2009). Somit liegt im Debanttal eine sehr facettenreiche

Entwicklung der Jüngeren Dryas vor, die sich nicht mehr auf eine Dreigliederung – so wie zumeist interpretiert – reduzieren lässt und eine potentielle regionale Typlokalität darstellt. In den Lienzer Dolomiten ist die Entwicklung der Jüngeren Dryas zum Teil durch eine sehr große Gletscherausdehnung repräsentiert, wobei dort maßgeblich stark durch Schutt bedeckte Gletscher existierten. In einem Fall war sogar eine Bedeckung durch eine Bergsturzablagerung gegeben.

Da sich ein derartiges Bild auch bei anderen Kartierungen in den Hohen Tauern ergibt, stellt sich die Frage, wie zutreffend die bis dato angewandte Gliederung des Spätglazials ist. Die Verwendung des Terminus „Daun“ wurde von Penck & Brückner (1909) sicherlich nicht optimal definiert. Letztlich war damit aber nach heutigem Verständnis eine Vergletscherung in der Jüngeren Dryas gemeint. Somit sollte „Daun“ zugunsten des Begriffes Egesen aufgegeben werden. Weiters ist auch eine Diskussion über andere eingeführte Begriffe wie „Senders“ und „Clavadel“ erforderlich.

Zitate

- Buchenauer, H. W. 1990: Gletscher-und Blockgletschergeschichte der westlichen Schobergruppe (Osttirol). Marburger Geographischen Schriften 117: 276 S.
- Mayr, F. & Heuberger, H. 1968: Type Areas of Late Glacial and Postglacial Deposits in Tyrol, Eastern Alps. Proceeding VII INQUA Congress, 14, Univ. Colorado Studies, Series in Earth Science 7:143-165.
- Ivy-Ochs, S., Kerschner, H., Kubik, P.W. & Schlüchter, C., 2006: Glacier response in the European Alps to Heinrich event 1 cooling: the Gschnitz stadial. Journal of Quaternary Science 21(2): 115-130.
- Ivy-Ochs, S., Kerschner, H., Reuther, A., Preusser, F., Heine, K., Maisch, M., Kubik, P.W. & Schlüchter, C. (2008): Chronology of the last glacial cycle in the Northern European Alps. Journal of Quaternary Science 23(6-7): 559-573
- Linner, M., Reitner, J. M. & Pavlik, W. 2013: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, ÖK 179 Lienz. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Penck, A. & Brückner, E. 1909: Die Alpen im Eiszeitalter.- Bd. I-III, 1199 S., Tauchnitz, Leipzig.
- Pestal, G., Rataj, W., Reitner, J. M. & Schuster, R. 2006: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, ÖK 182 Spittal an der Drau. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Reitner, J.M. 2005: Quartärgeologie und Landschaftsentwicklung im Raum Kitzbühel-St. Johann i.T.- Hopfgarten (Nordtirol) vom Riss bis in das Würm-Spätglazial (MIS 6-2). Dissertation, Universität Wien.
- Reitner, J.M. 2007: Glacial dynamics at the beginning of Termination I in the Eastern Alps and their stratigraphic implications. Quaternary International 164: 64-84.
- Schuster, R., Pestal, G. & Reitner, J. M. 2006: Erläuterungen zu Blatt 182 Spittal an der Drau.- 115 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.

Die Blockgletscher im geologischen Kontext am Beispiel der Schobergruppe (Osttirol): Herausforderungen und Chancen für eine Permafrost-Chronologie im Spätglazial

Jürgen M. Reitner & Manfred Linner

Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien, juergen.reitner@geologie.ac.at, manfred.linner@geologie.ac.at

Die Blockgletscherablagerungen (im Sinne von reliktischen Blockgletschern) der Schobergruppe wurden von Lieb (1987) und Buchenauer (1990) hinsichtlich ihrer chronologischen Bedeutung intensiv bearbeitet. Mit der publizierten geologischen Karte Blatt Lienz (Linner et al. 2013) ist ihre Relation zu den übrigen Quartärablagerungen und den Massenbewegungen basierend auf einer detaillierten geologischen Kartierung dokumentiert. Besonders die Beziehung zwischen Blockgletscherablagerungen und Massenbewegungen ist sowohl für die Chronologie der Permafrost-Entwicklung im Spätglazial wie auch für jene der gravitativen Phänomene von Bedeutung. Dies wird anhand von zwei Beispielen vom Südabhang der Schobergruppe in Osttirol (s. Reitner 2003) gezeigt. Ein dem Gschnitz-Stand zeitlich zugeordneter Blockgletscher wird durch die Rekonstruktion einer großen Massenbewegung als Bildung der Jüngeren Dryas neu interpretiert. Das andere Beispiel zeigt Blockgletscher, die sich direkt aus tiefgreifenden Massenbewegungen entwickelt haben. Ergänzt mit den Vorkommen der tiefsten inneralpinen Blockgletscherablagerungen der Ostalpen (Geologische Karte Blatt Spittal – Pestal et al. 2006; Reitner, 2007), werden erste Schlüsse zur Bedeutung dieser Lockersedimente für die Rekonstruktion des Würm-Spätglazials gezogen.

Zitate

- Buchenauer, H. W. 1990: Gletscher- und Blockgletschergeschichte der westlichen Schobergruppe (Osttirol). Marburger Geographischen Schriften 117: 276 S.
- Lieb, G.K. 1987: Zur spätglazialen Gletscher- und Blockgletschergeschichte im Vergleich zwischen den Hohen und Niederen Tauern. Mitteil. der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 129: 5-27.
- Linner, M., Reitner, J. M. & Pavlik, W. 2013: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, ÖK 179 Lienz. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Pestal, G., Rataj, W., Reitner, J. M. & Schuster, R. 2006: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, ÖK 182 Spittal an der Drau. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Reitner J. M. 2003: Bericht 1998/1999 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 179 Lienz. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 143/3: 516-524, Wien.
- Reitner, J. M. 2007: Bericht 2005-2006 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 182 Spittal an der Drau. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 147/3-4: 672-676, Wien,

Schwermetalluntersuchungen an Quellen und Gerinnen in Permafrostbereichen der Ötztaler Alpen, Tirol

Markus Ribis¹

¹geo.zt gmbh – poscher beratende geologen, Saline 17, 6060 Hall in Tirol, markus.ribis@geo-zt.at

Bisher sind nur vereinzelt Schwermetalluntersuchungen an Quellen und Oberflächen- gewässern im Permafrostbereich der Österreichischen Alpen bekannt und veröffentlicht. Erstmals wurde Nickel in Hochgebirgsseen – u.a. Rasass-See in Südtirol – von Thies et al. 2007 nachgewiesen. Später auch im Bereich der Lazaunalm (Schnalstal, Südtirol) in Wässern von mehreren Blockgletscherquellen, wobei beobachtet wurde, dass der Nickel-Gehalt mit abnehmender Schüttung der Quellen jeweils zum Herbst hin zunahm, was darauf hinweist, dass Nickel aus dem Permafrost- Eis freigesetzt wird. Die Analyse des Blockgletscher-Bohrkerns Lazaun hat dies bestätigt (Krainer et al. 2012). Inzwischen sind erhöhte Nickelgehalte in Blockgletscherquellen an mehreren Lokalitäten in den Ötztaler Alpen bekannt, aber auch erhöhte Werte bei weiteren Schwermetallen wie Mangan, Arsen und Zink. Weitere Untersuchungen sind u.a. in Thies et al. 2013 beschrieben.

Im Zuge der laufenden Bearbeitung der Dissertation zum Thema *Permafrost in Tirol* wurden im Jahr 2013 vier Einzugsgebiete im Permafrostbereich der Ötztaler Alpen definiert, welche sich für gezielte Untersuchungen hinsichtlich Schwermetalle besonders gut eignen. Es waren dies folgende Gebiete:

- Einzugsgebiet Goldseen-Ganderbild (Gemeinde Nauders)
- Einzugsgebiet Radurschltal-Hinteres Bergle (Gemeinde Pfunds)
- Einzugsgebiet Inneres Hochebenkar (Gemeinde Sölden)
- Einzugsgebiet Schrankar (Gemeinde Längenfeld)

In drei dieser vier Einzugsgebiete wurden Quell- und Gerinne-Messstellen definiert und beprobt. Die Beprobung 2013 umfasste 24 Parameter (u.a. Arsen, Antimon, Aluminium, Eisen, Nickel und Uran). Die Probenahme selbst erfolgte methodisch sowohl unfiltriert (ungelöst, Gesamtgehalt) als auch filtriert (gelöst).

Erste Ergebnisse aus diesen Permafrostbereichen zeigen, dass lokale Schwermetallanomalien einzelner Parameter im unfiltrierten Zustand, aber ebenso auch im filtrierten Zustand zu beobachten sind. Diese Anomalien sind sowohl in Quellen als auch Oberflächengewässern nachvollziehbar und haben auch eine spezielle wasserwirtschaftliche Relevanz in diesen Einzugsgebieten.

Zitate

- Thies, H., Nickus, U., Mair, V., Tessadri, R., Tait, D., Thaler, B., Psenner, R., 2007: Unexpected response of high Alpine Lake waters to climate warming. *Environmental Science and Technology* 41: 7424-7429.
- Krainer, K., Lang, K., Mair, V., Nickus, U., Tessadri, R., Tonidandel, D., Thies, H. 2012: Core drilling on active rock glacier Lazau (southern Ötztal Alps, South Tyrol). *Pangeo Austria 2012*
- Thies, H., Nickus, U., Tolotti, M., Tessadri, R., Krainer, K., 2013: Evidence of rock glacier melt impacts on water chemistry and diatoms in high mountain streams. *Cold Regions Science and Technology* 96: 77-85.

Zur Abgrenzung des Quartärs gegen die unterlagernden Schichten in NW-Niedersachsen

Herbert Röhm¹, Irene Bitz², Melanie Thomas³

¹ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, herbert.roehm@lbeg.niedersachsen.de, ² irene.bitz@lbeg.niedersachsen.de, ³ melanie.thomas@lbeg.niedersachsen.de

Für die Erstellung eines geologischen 3D-Strukturmodells von Niedersachsen besteht der dringende Bedarf an zusätzlichen Daten zur Geologie und insbesondere zur stratigrafischen Einstufung, da in der Bohrdatenbank Niedersachsen nur wenige durch Untersuchungen gestützte Angaben zur Stratigrafie und auch Petrografie vorhanden sind. Stratigrafische Angaben gehen nur selten über „Quartär“, „Pleistozän“ oder „Tertiär“ hinaus, wobei i.d.R. nicht nachvollziehbar ist, auf welcher Grundlage die Einstufung des jeweiligen Bearbeiters beruhte.

Seit 2009 hat die hydrogeologische Landesaufnahme des LBEG daher 8 Kernbohrungen abteufen lassen, um spezielle Fragen zur Alterseinstufung, Sedimentherkunft und Geochemie zu klären. Zusätzlich wurde Probenmaterial von 16 ganz oder teilweise gekernten Bohrungen des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasser-verbandes (OOWV) mit zur Untersuchung herangezogen. Weiterhin wurden Archivunterlagen von 2 Forschungsbohrungen des ehemaligen NLfB mit ausgewertet. Die LBEG-Bohrungen hatten Teufen von 55 – 80 m; die Bohrungen des OOWV erreichten meist Teufen von 80 – 100 m, maximal 160 m. In 20 Fällen wurden die unterlagernden Schichten des Tertiärs erreicht. Neben der üblichen Schichtenbeschreibung wurden Proben für Korngrößenanalysen, Schwermineralbestimmungen, geochemische sowie mikropaläontologische Untersuchungen gewonnen. Der Kiesanteil (Fraktion > 4 mm) wurde geröllanalytisch ausgewertet.

Sicher bestimmen lässt sich das Miozän, da es in mariner Fazies vorliegt. Die Untersuchungen auf Dinozysten sind fast immer erfolgreich, sodass Dinozysten-Zonen (Köthe 2012) ausgegliedert werden können. Mit dem Übergang vom obersten Miozän zum untersten Pliozän erfolgt auch ein Fazieswechsel hin zu den terrestrischen Sedimenten. Diese sind meist pollenarm bis pollenfrei.

In Schwermineraldiagrammen lässt sich oft ein deutlicher Sprung in der Zusammensetzung („Granat-Epidot-Hornblende-Anteile“ versus „metamorphe Minerale“) erkennen, der mit der Pleistozän-Pliozän-Abgrenzung basierend auf Geröllanalysen korreliert. Die Kombination aus Geröll- und Schwermineralanalysen erscheint für diese Region vielversprechend zur Unterscheidung der meist eintönig feinkörnigen Sande.

Zitate

- Köthe, A. (2012): A revised Cenozoic dinoflagellate cyst and calcareous nannoplankton zonation for the German sector of the southeastern North Sea Basin. – *Newsletter on stratigraphy*, 45/3, 189–220; Stuttgart.
- Thomas, M., Röhm, H. & Köthe, A. (2013): Das Pliozän ist nicht zu fassen! Poster zur 78. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen, Krefeld.

Blockgletscher-Aktivitätsindex: Eine Unterstützung für die Klassifizierung von Blockgletschern?

Rudolf Sailer¹, Erik Bollmann², Anna Girstmair³, Christoph Klug⁴, Lorenzo Rieg⁵, Johann Stötter⁶, Karl Krainer⁷

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, rudolf.sailer@uibk.ac.at; ² Universität Innsbruck, Institut für Geographie, erik.bollmann@uibk.ac.at; ³ Wildbach- und Lawinenverbauung, Stabstelle Schnee- und Lawinen, anna.girstmair@die-wildbach.at; ⁴ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, christoph.klug@uibk.ac.at; ⁵ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, lorenzo.rieg@uibk.ac.at; ⁶ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, hans.stoetter@uibk.ac.at; ⁷ Universität Innsbruck, Institut für Geologie, karl.krainer@uibk.ac.at

Blockgletscher sind eine typische und verbreitete Form des alpinen Permafrostes und werden in Blockgletscher-Inventaren erfasst (Krainer & Ribis 2012). Diese Inventare dienen häufig auch als Basis für die Modellierung der Permafrostuntergrenze in alpinen Regionen. Die Erfassung des Aktivitätsgrades beruht dabei in der Regel auf bewährten expertenbasierten Interpretationen von Oberflächeneigenschaften (Form, Zustand, Neigung, Exposition, etc.). Im Rahmen glaziologischer Projekte am Institut für Geographie der Universität Innsbruck wurden in Nord- und Südtirol mehrere Airborne Laserscanning (ALS) Kampagnen durchgeführt, die in weiterer Folge auch für Untersuchungen von Periglazialgebieten und von Blockgletschern herangezogen wurden. In dieser Studie soll der Frage nachgegangen werden, inwieweit multitemporale ALS Daten zur Berechnung eines sogenannten Blockgletscher-Aktivitätsindex herangezogen werden können und ob auf Basis dieses Aktivitätsindex ein Beitrag zur Klassifizierung von Blockgletschern geleistet werden kann.

Als Basis für die Entwicklung des Blockgletscher-Aktivitätsindex dienen ALS Daten des Amtes der Tiroler Landesregierung aus dem Jahre 2006 sowie einer ALS Befliegung, die 2010 im Rahmen eines alpS (alpS Centre for Climate Change Adaptation) Forschungsprojektes gewonnen wurden. Diese Daten umfassen eine Fläche von 750 km² in den Ötztaler Alpen (Hochgebirgsanteil von: Nauderer Berge, Kaunertal, Pitztal, Ötztal). Die ALS Daten für den Südtiroler Anteil der Untersuchungsgebiete wurden zum einen von der Autonomen Provinz Bozen (2005) zur Verfügung gestellt und zum anderen 2011 im Rahmen des Forschungsprojektes MALS (Multitemporal Airborne Laserscanning Südtirol; gefördert im Rahmen der Hochschulförderung der Autonomen Provinz Bozen) erhoben. Auf Basis der aus den ALS Daten abgeleiteten digitalen Geländemodellen ist es möglich, sowohl horizontale wie auch vertikale Bewegungen der Blockgletscher abzuleiten. Die Umgrenzung der Blockgletscher stammt aus den Blockgletscher-Inventaren für Nord- (Krainer & Ribis 2012) und Südtirol (Bollmann et al. 2012).

Die Ermittlung des Aktivitätsindex basiert im Minimum i) auf der mittleren Höhenänderung jedes Blockgletschers, ii) der jeweiligen Standardabweichung der Höhenänderungen, iii) der mittleren Geschwindigkeiten an der Oberfläche und iv) der Standardabweichungen der Oberflächengeschwindigkeit. Diese Parameter wurden bei der Entwicklung des Blockgletscher-Aktivitätsindex für mehr als 300 Blockgletscher in den Ötztaler Alpen ermittelt, normalisiert und zu einem Indexwert (0 keine Aktivität, 1 hohe Aktivität) zusammengeführt. Ein Vergleich der Aktivitätsindexwerte mit den Aktivitätsklassen (aktiv, inaktiv und fossil) des Nordtiroler Blockgletscher-Inventars zeigt eine gute bis sehr gute Übereinstimmung. In einem weiteren Schritt konnte das Verfahren auf 109 Blockgletscher in Südtiroler Gebieten, für welche mindestens zwei ALS Aufnahmen zur Verfügung stehen, angewandt werden. Dabei wurde neben den oben erwähnten Parametern Höhenänderung bzw. Oberflächengeschwindigkeit und deren Standardabweichungen zudem die Neigung der Stirn der Blockgletscher, die dem Südtiroler Blockgletscher-Inventar neu hinzugefügt wurden, in die Berechnung der Aktivitätsindices mit einbezogen. Auch an den 109 Südtiroler Blockgletschern zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit den Aktivitätsklassen des Blockgletscher-Inventars.

Aufgrund der zufriedenstellenden Ergebnisse eignet sich nach Ansicht der Verfasser der hier vorgestellte Blockgletscher-Aktivitätsindex dazu, eine expertenbasierte Aktivitätsklassifizierung zu unterstützen und insbesondere bei fraglichen Klassenzuordnungen eine objektive Entscheidungshilfe zu bieten. Die Vorteile liegen in der objektiven und Experten unabhängigen Ermittlung der Indices sowie in der problemlosen Erweiterung der Parameterliste, die für die Indexbildung herangezogen wird, wie dies am Beispiel der Südtiroler Untersuchungsgebiete mit der Hinzunahme der Stirnneigung bereits erfolgt ist. Derzeit laufende Untersuchungen sollen zeigen, ob im Falle von nicht gefahrlos zugänglichen, unzugänglichen oder flächenmäßig überdurchschnittlich großen Untersuchungsgebieten Aktivitätsindices als Alternative zu den bewährten Blockgletscher-Inventaren Verwendung finden können. Diese beinhaltet auch die Analyse von Fernerkundungsverfahren, die nicht die Genauigkeit und räumliche Auflösung von ALS Daten bieten, dafür aber große Flächen bei vergleichsweise geringerem Organisations- und Kostenaufwand abdecken.

Zitate

- Krainer K, Ribis M. 2012: A Rockglacier Inventory of the Tyrolean Alps (Austria). *Austrian Journal of Earth Sciences* 105/2: 32-47.
- Bollmann E, Rieg L, Sproß M, Sailer R, Bucher K, Maukisch M, Monreal M, Zischg A, Mair V, Lang K, Stötter J. 1952: Blockgletscherkataster Südtirol – Erstellung und Analyse, in: Permafrost in Südtirol, *Innsbrucker Geographische Studien* 39: 147-172.

Herausforderungen der Quartärforschung in den Alpen: Von der qualitativen Aussage zur quantitativen Landschaftsmodellierung

Bernhard Salcher¹

¹ Universität Salzburg, Fachbereich für Geographie und Geologie, bernhard.salcher@sbg.ac.at

Die Quartärforschung in den Alpen fand mit Louis Agassiz einen ihrer wesentlichsten Mitbegründer. Seit seinen Veröffentlichungen in den Vierzigerjahren des 19. Jhs. sind mehr als 150 Jahre vergangen und insbesondere nach den Erkenntnissen Penck und Brückners um den Zusammenhang zwischen Gletscherdynamik, Stratigraphie und alpiner Geomorphologie (Penck, 1905; Penck und Brückner 1909) mögen die Fortschritte gerade in diesen wichtigen Sparten der Quartärforschung recht marginal erscheinen. Maßgeblich haben sich in den letzten 20 Jahren v. a. die Möglichkeiten der numerischen Modellierung verbessert, sowie die Methoden der Datierung und deren Präzision.

Absolute Altersdaten, die heute etwa den Zeitraum bis zum jüngsten Mittelpaläozän gut erfassen können, haben vor allem gezeigt dass die glazialen Oszillationen in einem Glazial/Interglazial-Zyklus deutlich variabler in Raum und Zeit sind als lange vermutet. Diese Erkenntnis bedingt kürzere Vergletscherungsphasen und damit eine höhere Dynamik (Intensität) der Vereisung, aber auch zwangsläufig längere Eisfreiphasen, deren assoziierte Prozesse wiederum maßgeblich die Geomorphologie und Stratigraphie beeinflusst haben, wie wir sie heute beobachten.

Die wesentlichen Mechanismen hinter der Glazialerosion sind noch wenig bekannt und demnach sind auch Aussagen über die kumulativen (=paläozänen) Auswirkungen schwierig. Bedeutende Fragen sind z. B. jene nach den glazialen Übertiefungen, wann und durch wie viele Ereignisse sie geschaffen worden sind, sowie nach dessen Füllungen: Repräsentieren diese v. a. kaltzeitliche Sedimente oder sind darin eingeschaltene Sedimente von Interstadialen bzw. Interglazialphasen erhalten? Für die eisfreien Perioden ist die Frage entscheidend wie nachhaltig und nach welchem Muster glaziale Erosion die Topographie modifiziert (damit destabilisiert) und für weitere (klimatische) Prozesse angreifbar macht und damit einen erhöhte Massenabtrag bedingt (Salcher et al., 2014). Für die Rückführung in einen fluvialen Gleichgewichtszustand mit geringeren Erosionsraten ist die Länge der eisfreien Phasen in den Alpen jedenfalls wesentlich zu kurz.

Die angeführten Fragestellungen zielen wesentlich auf das Verständnis zwischen den Ursachen von Abtrag und Ablagerung in einem von mehreren Glazial- und Interglazialperioden geprägten Gebirge und dessen Vorland. Um dessen langfristigen

Auswirkungen und assoziierte Wechselwirkungen besser zu berücksichtigen ist es zum einen wichtig die physikalischen Prozesse besser zu verstehen, vor allem aber deren Auswirkungen nicht nur als direkte Funktion der Klimazyklizität zu betrachten und lithosphärendynamische Ursachen in die Betrachtung miteinzubeziehen. Als Beispiel sei die Entwicklung von Topographie genannt, dessen Höhe und Relief das Wechselspiel zwischen Klima und den Kräften in der Lithosphäre (z. B. Isostasie) repräsentiert welches in fluvialer bzw. glazialer Erosion und Akkumulation zum Ausdruck kommt.

Fortschritte können v. a. durch neue oder verbesserte Methoden erreicht werden, die geeignet sind, Beobachtungen besser zu quantifizieren, sodass sie für die statistische Auswertung bzw. numerische Modellierung verwertbar werden. Diese Methoden betreffen v. a. die Abschätzung von Prozessraten (z. B. kosmogene Nuklide, Niedertemperaturthermochronometrie), Bereiche der Sedimentdatierung oder die Darstellung von Topographie (digitale Höhenmodelle). Numerische Vorwärts- oder Inversionsmodelle (z. B. Landschaftsentwicklungsmodelle) können hierbei gute Dienste leisten, weniger im genauen physikalischen Prozessverständnis als im Aufzeigen großer Zusammenhänge.

Diese Präsentation versucht die wichtigen offenen Fragestellungen der Quartärforschung anhand von Beispielen zu erläutern und diese als integrative Herausforderung verschiedener Fachrichtungen zu betrachten.

Zitate

Penck, A., Brückner A. 1909: Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bände, 1099 S, Leipzig.

Penck, A. 1905: Glacial features in the surface of the Alps. *Journal of Geology* 13, p. 1–19.

Salcher, B., Kober, F., Kissling, E., Willett, S.: Glacial impact on short-wavelength topography and its long lasting effects on the denudation of deglaciated mountain range. *Global and Planetary Change* 115, p. 59–70.

Deformationstill und 'Peerhof-Konglomerat' (Innsbruck-West): Äquivalente zu Lepsius-Stollen und Höttinger Brekzie?

Diethard Sanders, Sabine Pernreiter

Universität Innsbruck, Institut für Geologie, Diethard.G.Sanders@uibk.ac.at;
Sabine.Pernreiter@student.uibk.ac.at

Im Westen des Stadtteils Innsbruck-Allerheiligen wurde zuletzt von Penck (1921) ein glazialer Till sowie Konglomerate kartiert, die er beide einem Sedimentationsgeschehen vor dem LGM zuschrieb; den Till korrelierte er mit dem prä-LGM Till beim Lepsiusstollen, das Konglomerat mit der Höttinger Brekzie, die beim Lepsiusstollen dem Till aufliegt. Hinter den 'Peerhöfen' (Allerheiligen) liegt eine Folge von mäßig steil (20-30°) geschichteten Konglomeraten und konglomeratischen Brekzien, die sich etwa 800 m über die Kiesgrube Allerheiligen hinweg kartieren lassen. In der Kiesgrube wird die Alpine Muschelkalk-Gruppe an einer steil südfallenden, durch Gletscherschliff geprägten Trunkationsfläche von einem etwa 20 Meter dicken 'überkompaktierten' Deformationstill überlagert. Die Ausbrüche der Gesteinoberfläche, die durch Aushebeln von Fragmenten entstehen, sowie die glazial polierten Flächen und Striae zeigen von West nach Ost fließendes Eis an. Der Till führt Klasten von Karbonatgesteinen aus den Nördlichen Kalkalpen sowie Metamorphite. Trotz genauer Suche konnte das für das LGM des Inngletschers abwärts vom Ötztal gültige Leitgeschiebe-Spektrum (dunkelgrüner Granatamphibolit + Granit mit grünlich verfärbten Feldspäten + diaphoritischer Granatamphibolit) nicht gefunden werden.

Der Till wird kartierbar von den erwähnten, mäßig steil einfallenden Konglomeraten überlagert. Die Konglomerat-Klasten lassen sich großteils vom lokalen Kalkalpin herleiten (vor allem Wettersteinkalk-Formation, Alpine Muschelkalk-Gruppe, Hauptdolomit); daneben besteht ein deutlicher Anteil an Metamorphiten, jedoch wiederum kein LGM-Leitgeschiebespektrum; seltene Klasten von Rotsedimenten könnten sowohl lokaler Herkunft sein (Alpiner Buntsandstein) und/oder aus glazialer Ferndrift (Verrucano) stammen. Die Merkmale der Konglomerate erlauben eine Deutung als Delta-Schüttungen. Entlang eines Fahrwegs ist ein Kontakt zwischen Till und aufliegendem Brekzie-Konglomerat aufgeschlossen, das hangabwärts an Dicke gewinnt.

Vorstoß-Schotter und Grundmoräne des LGM sind auf der Bergflanke oberhalb des Peerhof-Konglomerats kartierbar. Der erste Aufschluss von Roter Höttinger Brekzie (HB) liegt etwa 800 m ENE zwischen 780-810 m; davor liegen Hangfacetten, die anscheinend nur aus – örtlich konglomerierten – Vorstoß-Schottern und

Grundmoräne des LGM bestehen. Penck (1921) kartierte die Überlagerung eines prä-LGM Tills durch die Sedimente, die wir als Peerhof-Konglomerat bezeichnen, und sprach diese ebenfalls als delta-ähnliche Schüttungen an. Erstaunlich, dass er das Peerhof-Konglomerat als ein Äquivalent der Roten HB ansah. Es liegt ein fazieller Widerspruch vor: subaerische Murschutt-Sedimente der Roten HB überlappen in der Höhenlage mit dem Peerhof-Konglomerat. Dies würde eine Absperrung oder einen Damm erfordern, der über das Sedimentations-Niveau der Roten HB aufragt.

Unsere vorläufige Deutung der Abfolge von (a) Deformationstill zu (b) Peerhof-Konglomerat ist, dass es sich beim Peerhof-Konglomerat um ein Delta handelte, das in einen See (Eisrand-See?) geschüttet wurde. Ein Vergleich mit dem Klastenspektrum am Ausgang der Sill legt nahe, dass sich der metamorphe Klastenbestand des Tills nicht aus dem Sillgletscher der Eisaufbau-Phase des LGM ableiten lässt. Dies würde die 'klassische' Deutung des Tills als prä-LGM Grundmoräne stärken (Penck, 1921). Weitere Untersuchungen sind im Gange.

Zitate

Penck, A. 1921: Die Höttinger Breccie und die Inntalterrasse nördlich Innsbruck. Abhandlungen preuss. Akad. Wiss., phys.-math. Kl., 1920: 1-136.

Spätpleistozäne bis holozäne Böden und Umweltbedingungen im Gebiet des Long Gang Vulkanfelds, Jilin Provinz, NE China

Daniela Sauer¹, Xinrong Zhang², Jette Knöbel¹, Lutz Maerker¹

¹ TU Dresden, Institut für Geographie, daniela.sauer@uni-hohenheim.de,

² Jilin University, College of Earth Sciences, China, zhangxr@jlu.edu.cn

Das Long Gang Vulkanfeld ist ein durch aktiven Vulkanismus gekennzeichnetes Gebiet in der Provinz Jilin im Nordosten Chinas. Die jüngsten Eruptionen basaltischer Pyroklastika wurden von Liu et al. (2009) auf 14000 cal BP, 11460 cal BP und 460 n. Chr. datiert. Das Klima in dieser Region ist geprägt vom Ostasiatischen Monsunsystem. Bei trockenen, kalten Wintern und feuchten, warmen Sommern ist eine Jahresmitteltemperatur von 3,1 °C und ein mittlerer Jahresniederschlag von 771,7 mm zu verzeichnen (Jingyu, 1955-2002). Das Gebiet ist übersät von zahlreichen quartären Vulkankegeln sowie Maarseen und verlandeten Maaren. Torf- und Seebohrkerne aus den Maaren erlauben detaillierte Paläoumweltrekonstruktionen (e.g. Mingram et al., 2004; Schettler et al., 2006a, b, c).

Das Ziel der hier vorgestellten Pilotstudie war es, Böden bzw. Paläoböden, die sich in verschiedenen Zeitabschnitten des Spätpleistozäns und Holozäns entwickelt haben, zu finden und zu charakterisieren und schließlich die Bodenbildung mit den bestehenden Vegetations- und Klimarekonstruktionen zu verknüpfen. Zu diesem Zweck wurden auf dem Wall eines verlandeten Maares westlich der Ortschaft Jinchuanzhen drei Bodenprofile beschrieben und beprobt. Der untere Bereich des Maarwalls ist mit einer Schicht aus basaltischen Lapilli bedeckt, die offensichtlich jünger ist als der Wall selbst.

Profil 1 (ein Vitric Andosol) liegt am Oberhang, wenige Meter unterhalb der Kuppe des Maarwalls, wo die junge Schicht aus Pyroklastika nicht verbreitet ist. Der Boden hat sich hier über das gesamte Holozän und mindestens einen Teil des Spätpleistozäns entwickelt. Profil 2 (ebenfalls ein Vitric Andosol) liegt am inneren Fuß des Maarwalls und hat sich aus den jungen basaltischen Pyroklastika entwickelt. Bei der Deposition der heißen Asche wurde die Vegetation teilweise verkohlt. Die Holzkohle wurde mittels ¹⁴C-Datierung auf 18950-18830 cal BP datiert. Dementsprechend hat sich Profil 2 seit dieser Zeit entwickelt. Profil 3 ist der Paläoboden, der durch diese Ascheschicht begraben wurde. Es handelt sich um einen rotbraunen, durch Tonverlagerung gekennzeichneten Paläoboden (Cutanic Luvisol (Chromic)), der offensichtlich unter warmzeitlichen Bedingungen unter Wald entstanden ist. Profil 3 hat sich nicht aus basischen Pyroklastika sondern aus Fragmenten des in der Umgebung anstehenden Gneises entwickelt, die durch die Explosion bei der Bildung

des Maars entstanden. Die drei Böden werden hinsichtlich ihres Profilaufbaus, ihrer prozentualen Anteile Gneis/Lapilli im Skelettanteil, pH, Fe_d/Fe_t -Verhältnissen sowie weiterer Verwitterungsindices und Eisen- und Aluminiumfraktionen charakterisiert und mit den pollensasierten Vegetations- und Klimarekonstruktionen aus der Literatur verknüpft.

Zitate

- Liu J, Chu G, Han J, Rioual P, Jiao W, Wang K 2009: Volcanic eruptions in the Longgang volcanic field, northeastern China, during the past 15,000 years. *Journal of Asian Earth Sciences* 34, 645-654.
- Mingram J, Allen JRM, Brüchmann C, Liu J, Luo X, Negendank JFW, Nowaczyk N, Schettler G 2004: Maar- and crater lakes of the LongGangVolcanic Field (N.E. China)—overview, laminated sediments, and vegetation history of the last 900 years, *Quaternary International* 123–125, 135–147.
- Schettler G, Liu Q, Mingram J, Stebich M, Dulski P 2006a: East-Asian monsoon variability between 15000 and 2000 cal. yr BP recorded in varved sediments of Lake Sihailongwan (northeastern China, Long Gang volcanic field), *The Holocene* 16 (8), 1043-1057.
- Schettler G, Liu Q, Mingram J, Negendank JFW 2006b: Palaeovariations in the East-Asian monsoon regime geochemically recorded in varved sediments of Lake Sihailongwan (Northeast China, Jilin province). Part 1: Hydrological conditions and dust flux. *Journal of Paleolimnology* 35, 239–270.
- Schettler G, Mingram J, Negendank JFW, Liu J 2006c: Palaeovariations in the East-Asian Monsoon regime geochemically recorded in varved sediments of Lake Sihailongwan (Northeast China, Jilin province). Part 2: a 200-year record of atmospheric lead-210 flux variations and its palaeoclimatic implications *Journal of Paleolimnology* 35, 271–288.
- Stebich M, Mingram J, Han J, Liu Y 2009: Late Pleistocene spread of (cool-)temperate forests in Northeast China and climate changes synchronous with the North Atlantic region. *Global and Planetary Change* 65, 56-70.

Das Lössprofil Datthausen an der oberen Donau: Sedimentologische Merkmale, Paläoböden und zeitliche Einordnung

Daniela Sauer¹, Annette Kadereit², Peter Kühn³, Ludger Herrmann⁴, Michael Kösel⁵, Christopher E. Miller⁶, Taeko Shinonaga⁷, Britt M. Starkovich^{6,8}

¹TU Dresden, Institut für Geographie, daniela.sauer@uni-hohenheim.de, ²Universität Heidelberg, Heidelberger Lumineszenzlabor, Geographisches Institut, annette.kadereit@geog.uni-heidelberg.de,

³Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Institut für Geographie, peter.kuehn@uni-tuebingen.de,

⁴Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, ludger.herrmann@uni-hohenheim.de, ⁵Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg, michael.koesel@rpf.bwl.de, ⁶Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Institut für Naturwissenschaftliche Archäologie, christopher.miller@uni-tuebingen.de, ⁷Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Neuherberg, taeko.shinonaga@helmholtz-muenchen.de, ⁸Senckenberg Center for Human Evolution and

Paleoenvironment (HEP), Tübingen, britt.starkovich@uni-tuebingen.de

Löss-Paläoboden-Abfolgen stellen wichtige terrestrische Archive zur Rekonstruktion des würmzeitlichen Landschaftswandels dar. Moderne Datierungsverfahren, insbesondere Lumineszenzdatierungen, ermöglichen zudem eine zunehmend zuverlässige Korrelation dieses Archivs mit anderen terrestrischen, limnischen und marinen Archiven sowie Eisbohrkernen. Somit kann die im Profil beobachtete Sedimentationsdynamik und Bodenbildung mit regionalen Vegetationsrekonstruktionen sowie mit globalen Klimaschwankungen in Verbindung gebracht werden. Diese Zusammenführung eröffnet die Möglichkeit, ein regional differenziertes Bild des würmzeitlichen Landschaftswandels in seinem zeitlichen Ablauf zu entwickeln. In diesem Beitrag wird mit dem Profil Datthausen ein neues Lössprofil vorgestellt, das in einer Kiesgrube an der oberen Donau bei Obermarchtal, etwa 40 km südwestlich von Ulm, aufgeschlossen ist. Die Mächtigkeit und Komplexität der Lössprofile in dieser Region erreicht bei Weitem nicht die der Profile entlang des Oberrheins, im Mainzer Becken oder am Mittelrhein; dennoch sind einige Gemeinsamkeiten festzustellen, wie auch schon Kösel (2010) für mehrere Profile ca. 30-50 km östlich der Kiesgrube Datthausen, im Bereich der Iller-Riss-Platte, berichtete. Das Profil Datthausen wurde in einer flachen, überwiegend mit sandigem Schwemmlöss verfüllten Rinne an der Ostwand der Kiesgrube beschrieben. Durch diese Position weist es eine deutlich größere Mächtigkeit (465 cm) sowie einen besseren Erhaltungszustand der Sedimente und Paläoböden im Vergleich zur Abfolge außerhalb der Rinne auf. Diesen Vorteilen steht der Nachteil gegenüber, dass das gesamte Profil von deutlichen Umlagerungs- und Spülprozessen gekennzeichnet ist. Wie in den von Kösel beschriebenen Profilen fehlen auch im Profil Datthausen jegliche altwürmzeitliche Bildungen. Das Profil setzt im Hangenden des Eem-Bodens ein, der in risszeitlichen Donauschottern entwickelt

ist. An der Basis befindet sich eine Abfolge von mehreren mittelwürmzeitlichen (MIS3), deutlich verbraunten Horizonten. Darüber folgen zwei ebenfalls deutlich verbraunte, im Vergleich zu den liegenden Horizonten aber leicht olivstichige Horizonte, von denen der Hangende stärker ausgeprägte Hydromorphie- und Umlagerungsmerkmale aufweist. Im Hangenden dieses als Lohner Boden angesprochenen Horizontpaars lässt sich ein markantes Kiesband sehr kontinuierlich über ca. 170 m entlang der Aufschlusswand verfolgen. Darüber folgen zwei ebenfalls deutlich verbraunte Horizonte, die zeitlich bereits in das MIS2 fallen. In ihrem Hangenden schließt sich eine Abfolge hydromorph geprägter Horizonte an; den Abschluss bildet schließlich eine Parabraunerde. Auf dem Poster werden makro- und mikromorphologische Merkmale des Profils sowie Ergebnisse der Laboranalysen präsentiert und interpretiert. Anhand mehrerer Lumineszenzdatierungen werden die zeitliche Stellung der Sedimente und Böden und ihre mögliche Korrelation mit Grönland-Interstadialen diskutiert.

Zitat

Kösel, M. 2010: Zur Ausbildung von Lössen und Decklehmen auf den Deckenschottern des östlichen Rheingletschergebiets (Oberschwaben) und ihre Bedeutung für die Bodenverbreitung. *LGRB-Informationen* 25: 67-82.

Landschaftsarchäologische Projektarbeiten zum Frühmesolithikum in Tirol

Dieter Schäfer¹, Clemens Geitner², Sixten Bussemer³, Jarosław Waroszewski⁴, Stefano Bertola⁵, Alfred Pawlik⁶, Hanns Kerschner⁷, Werner Schoch⁸, Klaus Oegg⁹

¹Universität Innsbruck, Institut für Geologie, Dieter.Schaefer@uibk.ac.at, ²Universität Innsbruck, Institut für Geographie, clemens.geitner@uibk.ac.at, ³Universität Greifswald, Institut für Geographie und Geologie, sixten.bussemer@uni-greifswald.de, ⁴Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław, jaroslaw.waroszewski@gmail.com, ⁵Universität Innsbruck, Institut für Geologie, Stefano.Bertola@uibk.ac.at, ⁶University of Philippines, Manila, alfred.pawlik@up.edu.ph, ⁷Universität Innsbruck, Institut für Geographie, Hanns.Kerschner@uibk.ac.at, ⁸Labor für Quartäre Hölzer, holz.schoch@pop.agri.ch, ⁹Universität Innsbruck, Institut für Botanik, Klaus.Oegg@uibk.ac.at

Nach der Auffindung einer kupferzeitlichen Mumie (vulgo „Ötzi“) im September 1991 wurde an der Universität Innsbruck eine hochgebirgsarchäologische Arbeitsgruppe eingerichtet. Neben der Koordination von Forschungen am „Mann aus dem Eis“ wurden rasch neue Projektideen entwickelt und Geländeuntersuchungen im Tiroler Alpenraum durchgeführt. Hierbei wurde der zeitliche Schwerpunkt zwischen der ausgehenden Würmeiszeit und dem frühen Holozän gelegt, da über diesen Zeitabschnitt seinerzeit nur sehr geringe Kenntnisse in Österreich vorlagen. Die seither von der Projektgruppe aufgefundenen neuen archäologischen Fundplätze der frühholozänen Mittelsteinzeit (Mesolithikum) liegen im subalpinen und alpinen Höhenbereich der Zillertaler Alpen, des östlichen Karwendel/Rofan sowie der Ötztaler und Stubaier Alpen.

Sie zeigen einerseits deren Vielfalt (z. B. hinsichtlich ihrer Geländelage, der geochronologischen Position oder der Nutzung unterschiedlicher Ressourcen wie z. B. Silexgesteine). Andererseits erwies sich auch die räumliche Lagebeziehung dieser Lokalitäten zueinander als bedeutsam u.a. für die Rekonstruktion prähistorisch genutzter Wegeverläufe im Hochgebirge. Daher wurde für weitergehende Untersuchungen ein Fundplatz ausgewählt, der sowohl unter dem Gesichtspunkt ganzheitlicher Forschungsansätze zur Natur- und Menschheitsgeschichte erfolgversprechend war und bei welchem zugleich der logistische Untersuchungsaufwand im Hochgebirge eine realisierbare Größenordnung (z. B. für Transport-, Unterbringungs- und Verpflegungsaufwand der Grabungsmannschaft) nicht überschritt. Fokus derartiger Untersuchungen bildet der im Fotschertal bei Sellrain (nördliche Stubaier Alpen) auf 1869 m gelegene mittelsteinzeitliche Fundplatz auf dem Ullafelsen, der seit der Wende Älteste Dryas/Bölling-Interstadial nicht mehr vom Eis überfahren wurde.

Kernzeitraum der Ausgrabungen waren insgesamt 12 Arbeitsmonate zwischen 1994 und 2004. Zugleich wurden während dieser Zeit – aber auch anschließend –

kleinere Vergleichsuntersuchungen außerhalb des Fotschertales vorgenommen, während seit 1999 zunehmend sedimentologische und bodenkundliche Teilespekte in das Projekt integriert wurden. Unter weiterer Einbeziehung von Untersuchungen zur regionalen Gebirgsmeteorologie, der Geologie und Geomorphologie, der Glaziologie, der Botanik/Paläobotanik, der Mikropaläontologie und Mineralogie, AMS-Datierung sowie verschiedenster archäologischer Spezialbereiche (neben feinstratigraphischen Fragestellungen, Befundanalysen und –rekonstruktionen auch Gebrauchsspurenanalysen) waren daher zeitweise etwa 30 MitarbeiterInnen in das Projekt integriert.

Die eigentliche Basis der archäologischen Feldarbeiten am Ullafelsen bildete eine sehr aufwändige Grabungsmethodik, zumal etwa 2/3 der geborgenen und dreidimensional dokumentierten Artefakte (n=5428) Abmessungen zwischen 1 bis 6 mm Länge aufweisen. Die damit verbundenen Plana- und Profildokumentationen ließen sich im Rahmen der sedimentologischen und bodenkundlichen Projektarbeiten u.a. mit Erkenntnissen über den mesolithischen Laufhorizont (*living floor*) am Ullafelsen verknüpfen. Diese von uns als LL (light layer) bezeichnete Lage dürfte beim gegenwärtigen Kenntnisstand aus einer spätglazialen äolischen Akkumulation herrühren. Dieser Themenkomplex wird im Rahmen einer Nachexkursion zur Tagung ausführlich vorgestellt.

Fast alle der mit den Funden und Befunden am Ullafelsen erzielten Ergebnisse wurden erstmals an einem alpinen mesolithischen Freilandfundplatz in Österreich beobachtet und fachübergreifend dokumentiert. Hierzu gehört das mit ca. 8000 einzeln eingemessenen Fundobjekten umfangreichste Steinartefaktinventar, das – auf der Grundlage von über 20 AMS-Datierungen an Feuerstellen – zwischen dem mittleren Präboreal und dem mittleren Boreal zu datieren ist. Aus Untersuchungen von Holzkohlen einzelner Feuerstellen dieses Zeitraumes konnte die Waldgrenz-entwicklung im Bereich unseres Fundplatzes nachvollzogen werden. Sie ist von Bedeutung für die sich verändernde jagdstrategische Situation des Ullafelsens und vermutlich auch für das Ende seiner mesolithischen Nutzung im jüngeren Boreal. Aufwändige Analysen zur Herkunft der durch die mittelsteinzeitlichen Menschen antransportierten Gesteinsrohmaterialien (Hornsteine, Radiolarite etc.) belegen nicht nur fröhholozäne transalpine Alpenüberschreitungen, sondern demonstrieren auch die geographische Ausdehnung jägerischer Subsistenzunternehmungen zu dieser Zeit: So wurden auf dem Ullafelsen Silex-Rohmaterialgruppen u.a. aus dem südalpinen Val di Non (Nonsberg bei Trento/Trient) antransportiert und verarbeitet, während ebenfalls Hornsteine aus der südlichen Frankenalb Bayerns verwendet wurden. Von Bedeutung ist dies auch wegen der unterschiedlichen kulturellen Differenzierung mesolithischer Kulturverhältnisse nördlich und südlich der Alpen, in deren Überschneidungsfeld der Ullafelsen positioniert ist. Aus den erwähnten und weiteren Gesteinen wurden Geräte u.a. zu jagdlichen Zwecken hergestellt, häufig nachbearbeitet und geschärft. Dabei wurden zahlreiche Objekte in organische Schäfte (z. B. Holzpfeile) eingesetzt.

Der dafür verwendete Kitt wurde ebenfalls auf dem Ullafelsen aus der Verschwellung von Birkenrinde hergestellt. Hierfür wurden zentrale Bereiche (zumindest) einer Feuerstelle planiert und die verwendete Birkenrinde anschließend mit einem Sediment-/Holzkohle-Gemenge einer benachbarten Feuerstelle überdeckt. Aufgrund zahlreicher Untersuchungen zu den verbliebenen Resten dieses organischen Schäfungskittes an den Artefaktoberflächen und den zugehörigen Gebrauchsspuren konnten Hinweise für die Verwendung vieler Geräte, deren Kontaktmaterial und Reparaturzyklen rekonstruiert werden.

Die Arbeiten zur Hochgebirgsarchäologie wurden gefördert durch das damalige Institut für Alpine Vorzeit der Universität Innsbruck, das Land Tirol und die Autonome Provinz Bozen/Südtirol sowie den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung FWF in Wien. Allen hier nicht genannten MitarbeiterInnen unserer Geländearbeiten und den ProjektmitarbeiterInnen sei an dieser Stelle herzlichst gedankt!

Zitat

Schäfer, D. (Hrsg.) 2011: Das Mesolithikum-Projekt Ullafelsen (Teil 1). Mensch und Umwelt im Holozän Tirols 1 (Verlag Philipp von Zabern) Innsbruck.

Niedrigst-Temperatur-Thermochronometrie mittels roter Thermolumineszenz – Konzept und erste Ergebnisse von *in-situ*-Proben einer Thermalbohrung

Christoph Schmidt, Ludwig Zöller

Universität Bayreuth, Lehrstuhl Geomorphologie, christoph.schmidt@uni-bayreuth.de, ludwig.zoeller@uni-bayreuth.de

Thermochronometrie, also die Rekonstruktion der thermischen Geschichte von Gesteinen im Zusammenhang mit Erosion und tektonischer Hebung, bedient sich meist Methoden, welche eine Schließungstemperatur $> 40\text{--}70$ °C aufweisen (z. B. (U-Th-Sm)/He oder Spaltpurdatierung an Apatit). Für junge und tektonisch aktive Hebungsgebiete mögen sich hieraus valide mittlere Erosionsraten errechnen lassen, für variskische und ältere (Mittel-)Gebirge sind die Abkühlungszeiträume seit Schließung des Systems in 2-3 km Krustentiefe jedoch zu lange, um präzise Ergebnisse für die jüngere Abtragungsgeschichte zu liefern.

Da die mittlere Verweildauer von Elektronen in metastabilen Zuständen im Quarz-Kristallgitter eine Funktion der Temperatur ist, eignet sich die Lumineszenz, welche die Elektronenkonzentration misst, potentiell als Thermochronometer. Voruntersuchungen haben für den 325 °C-Peak der Thermolumineszenz (TL) bzw. die damit assoziierte, bei der optisch stimulierten Lumineszenz (OSL) angeregte Falle isothermalen Zerfall des Signals bei Temperaturen von $> 30\text{--}35$ °C (blaue TL; Prokein & Wagner 1994), von > 70 °C (rote TL; Tsuchiya & Fujino 2000) und von > 35 °C (OSL; Herman et al. 2010) nachgewiesen. Als problematisch hierbei hat sich allerdings die für die betrachteten Zeiträume im Bereich von $10^5\text{--}10^6$ Jahren zu geringe Sättigungsdosis gezeigt (v. a. OSL; Li & Li 2012).

Rote TL (~ 620 nm) von Quarz hingegen besitzt eine um den Faktor 20-100 höhere Sättigungsdosis, welche – abhängig von der Dosisleistung – erheblich längere Abtragungszeiträume zugänglich macht. Sofern der Zustand der Füllung mit Elektronen, wie er *in-situ* in bestimmten Tiefen der Kruste vorliegt, durch künstliches Ausheizen im Labor reproduziert werden kann, eröffnet die rote TL das Potential als Thermochronometer mit justierbarer Schließungstemperatur.

Eine Thermalbohrung in den variszischen Weißenstadter Granit des Fichtelgebirges (Oberfranken, Deutschland) bot die Möglichkeit, das rote TL-Signal *in-situ* bei bestimmten Lagerungstemperaturen (5-55 °C) bis in 1831 m Tiefe zu studieren. TL-Messungen von neun Quarz-Proben unterschiedlicher Tiefe bestätigen die isothermale Abnahme des roten TL-Signals ab Umgebungstemperaturen von ~ 25 °C und somit die Eignung der Methode zur Niedrigst-Temperatur-Thermochronometrie.

Tests zum anomalen Ausheilen des Signals sowie Bestrahlungs- und Ausheizexperimente werden zeigen, ob die vorgeschlagene Methode eine Variation der Schließungstemperatur erlaubt und sich damit neue Perspektiven für die Mittelgebirgsforschung ergeben.

Zitate

- Herman F., Rhodes E.J., Braun J., Heiniger L. 2010. Uniform erosion rates and relief amplitude during glacial cycles in the Southern Alps of New Zealand, as revealed from OSL-thermochronology. *Earth and Planetary Science Letters* 297, 183-189.
- Li B., Li S.-H. 2012. Determining the cooling age using luminescence-thermochronology. *Tectonophysics* 580, 242-248.
- Prokein J., Wagner G.A. 1994: Analysis of thermoluminescent glow peaks in quartz derived from the KTB-drill hole. *Radiation Measurements* 23, 85-94.
- Tsuchiya N., Fujino K. 2000. Evaluation of cooling history of the Quaternary Takidani pluton using thermoluminescence technique. Proceedings World Geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan.

Süßwasserostracoden (Crustacea) in Permafrostgewässern des Indigirka-Tieflandes, NE Sibirien

Andrea Schneider^{1,2}, Sebastian Wetterich³, Lutz Schirrmeister³, Britta Sannel², Lyudmila A. Pestryakova⁴

¹ Institut für Geologie & Zentrum für arktische Gashydrate, Umwelt und Klima (CAGE), Universität Tromsö, Dramsvegen 201, 9037 Tromsö, Norwegen. andrea.schneider@uit.no; ² Institut für Physische Geografie und Quartärgeologie, Universität Stockholm, 106 91 Stockholm, Schweden.

britta.sannel@natgeo.su.se; ³ Institut für Periglazialforschung, Alfred Wegener Institut Helmholtz Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Telegrafenberg A43, 14473 Potsdam, Deutschland.

sebastian.wetterich@awi.de, lutz.schirrmeister@awi.de; ⁴ Institut für Geologie und Biologie, Nordöstliche Förderale Universität Jakutsk, Ulitsa Belinskogo 58, 677000 Yakutsk, Russland. lapest@mail.ru

Süßwasserostracoden (crustacea, ostracoda) sind von großem Interesse als Indikatoren für Klima- und Umweltveränderungen während des Quartärs, da ihre Schalen sehr gut erhaltungsfähig sind. Ostracoden sind ca. 1 mm lange Krebstiere, die nahezu alle aquatischen Lebensräume besiedeln. Ihr Calcitgehäuse umschließt den Körper vollständig und wird während des Wachstums mehrfach ersetzt. Ostracoden können in temporären Habitaten überleben da ihre Eier austrocknungs- und frostresistent sind (Smith & Delorme 2010). Detaillierte Informationen über ihre Artenvielfalt, Verbreitung und Ökologie in der Arktis sind nur aus vereinzelten Untersuchungen bekannt (Alm 1914, 1915; Pietrzeniuk 1977; Delorme 1969, 1989; Bunbury & Gajewski 2005, 2009; Semenova 2003; Wetterich et al. 2008a, b). Im Rahmen des Deutsch-Russischen DFG-RFBR Forschungsprojektes „*Polygons in tundra wetlands: state and dynamics under climate variability in Polar Regions (POLYGON)*“ wurden Felduntersuchungen zur rezenten Umweltdynamik in der nordost-sibirischen Tundra im Sommer 2011 durchgeführt. Das Ziel der hier vorgestellten Studie war, die Artenvielfalt der Ostracodengesellschaften und Habitateigenschaften in polygonalen Permafrostgewässern des Indigirka-Tieflandes in Nordost-Sibirien zu charakterisieren.

Das Untersuchungsgebiet in Kytalyk ($70^{\circ}83'12.1' \text{ N}$, $147^{\circ}48'29.9' \text{ E}$) ist von 200 – 300 m mächtigem kontinuierlichem Permafrost unterlagert. Die Klimaverhältnisse sind von kühlen Sommern ($T_{\text{July}} +9.7^{\circ}\text{C}$), sehr kalten Wintern ($T_{\text{January}} -36.6^{\circ}\text{C}$), einer Jahresmitteltemperatur von -14.2°C und geringen Jahresniederschlägen ($P_{\text{ann}} 350 \text{ mm}$) geprägt (Chokurdakh, WMO 21946). In den Tiefländern Sibiriens kommen periglaziale Tundren mit Eiskeilpolygonen häufig vor. Sie entstehen durch saisonale Gefrier- und Tauprozesse des Untergrundes und bilden ein periglaziales Mikrorelief mit Frostrissen, Eiskeilen und Polygonen. Wassergefüllte Polygonzentren (intrapolygonal) und Kanäle zwischen Polygonen (interpolygonal) sind geeignete Lebensräume für Ostracoden. Die Größe der Tümpel reicht von $5 \times 10 \text{ m}$ bis $20 \times 20 \text{ m}$ mit Wassertiefen von 0.1 bis 0.75 m. In den extremen klimatischen Bedingungen der

terrestrischen Arktis sind Polygontümpel *hotspots* der Artendiversität und –produktivität für Mikroorganismen, Flora und Fauna (Smol & Douglas 2007).

Süßwasserostracoden aus 27 polygonalen Kleingewässern in der Nähe von Kytalyk wurden im Kontext ihrer Substrateigenschaften und hydrochemischen Parameter analysiert. Es wurden > 100 lebende Ostracoden aus jedem Tümpel mit einem Planktonnetz und Exhaustor nach Viehberg (2002) gefangen und für taxonomische Untersuchungen in Alkohol konserviert. Darüber hinaus wurde Probenmaterial für hydrochemische, sedimentologische und isotopengeochemische Untersuchungen des Wassers, des Tümpelsubstrates sowie des Regenwassers und Permafrosteises gesammelt. Parallel dazu wurde eine Dauerbeobachtungsstation an einem Tümpel eingerichtet um die lokale meteorologische und limnologische Variabilität im Juli und August 2011 zu erfassen sowie saisonale Veränderungen in der Ostracodenpopulation zu beobachten.

Flache, gut durchlüfte Polygontümpel in Permafrostgebieten bieten homogene Habitatbedingungen für Ostracoden. Die Tümpel sind gekennzeichnet von leicht saurem pH und geringem Ionengehalt. Die erste Ostracodensammlung aus dem Indigirka-Tiefland umfasst 4849 Organismen aus 27 Polygontümpeln, die acht Arten und vier Taxa repräsentieren. Das Artenspektrum wird von *Fabaformiscandona pedata* und juvenilen Candoninae dominiert. *Fabaformiscandona krochini* und *Fabaformiscandona groenlandica* wurden erstmals im kontinentalen Sibirien dokumentiert. *Fabaformiscandona* sp. I und *Fabaformiscandona* sp. II sind neu gefundene Taxa mit einem hohen Zeigerpotential für hydrochemische Parameter. Die wiederholte Beprobung eines Tümpels über 40 Tage zeigt die Populationsdynamik von *F. pedata*. Weibliche Tiere von *F. pedata* erscheinen später als männliche, sind ihnen aber zum Ende des Sommers zahlenmäßig weit überlegen. Die Anzahl der juvenilen Candoninae nimmt im Laufe des Sommers ab, aber nicht alle Jungtiere erreichen das Erwachsenenstadium.

Lufttemperatur und Niederschlag sind die Haupteinflussgrößen für Wassertemperaturen, Wasserspiegel und Ionenkonzentrationen. Dies zeigt, dass die unzähligen kleinen Gewässer der arktischen Küstentiefländer besonders empfindlich auf Veränderungen von Klima- und Permafrostbedingungen reagieren. Die enge Verbindung zwischen aquatischen Ökosystemen, dem Klima der Arktis, und des Permafrostes unterstreicht die Relevanz von Langzeitmessreihen um Umweltveränderungen in der Arktis besser einschätzen zu können. Süßwasserostracoden aus Permafrostgebieten sind sehr gute biologische Indikatoren für aquatische Umweltbedingungen und deren atmosphärische Einflüsse. Da der Permafrost ein hohes Erhaltungspotential für Fossilien besitzt, sind fossile Ostracodenfunde gute Indikatoren, sobald rezente Vergleichsdatensätze vorhanden sind.

Zitate

- Alm G 1914: Beiträge zur Kenntnis der nördlichen und arktischen Ostracodenfauna. *Arkiv för Zoologi* 9: 1-20.
- Alm G 1915: Monographie der Schwedischen Süßwasser-Ostracoden nebst systematischen Besprechungen der Tribus Podocopa. *Zool. Bidrag Uppsala*, 4. 247 pp.
- Bunbury J & Gajewski K 2005: Quantitative analysis of freshwater ostracode assemblages in southwestern Yukon Territory, Canada. *Hydrobiologia*, 545: 117-128.
- Bunbury J & Gajewski K 2009: Biogeography of Freshwater Ostracodes in the Canadian Arctic Archipelago. *Arctic*, 62: 324-332.
- Delorme LD 1969: Ostracodes as Quaternary paleoecological indicators. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 6: 1471.
- Delorme LD 1989: Methods in Quaternary Ecology. Freshwater Ostracoda. *Geosciences Canada*, 16: 85-90.
- Pietrzeniuk E 1977: Ostracoden aus Thermokarstseen und Altwässern in Zentral-Jakutien. *Mitteilungen aus dem zoologischen Museum in Berlin*. 53: 334-361.
- Semenova LM 2003: Species occurrence and distribution of ostracods (Crustacea, Ostracoda) on Novaya Zemlya Archipelago and Vaigach Island. *Inland Water Biology* 2: 20-26 (in Russian).
- Smith AJ & Delorme LD 2010: Ostracoda. In: Thorp JH and Covich AP (eds.) *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Elsevier, Amsterdam, pp. 725-773.
- Smol JP & Douglas MSV 2007: Crossing the final ecological threshold in high Arctic ponds. *PNAS*, 104 (30): 12395-12397.
- Viehberg FA 2002: A new and simple method for qualitative sampling of meiobenthos communities. *Limnologica*, 32: 350-351.
- Wetterich S, Schirrmüller L, Meyer H, Viehberg VA, Mackensen A 2008a: Arctic freshwater ostracods from modern periglacial environment in the Lena River Delta (Siberian Arctic, Russia): geochemical applications for palaeoenvironmental reconstructions. *Journal of Paleolimnology*, 39: 427-449.
- Wetterich S, Herzschuh U, Meyer H, Pestryakova L, Plessen B, Larry Lopez CM, Schirrmüller L 2008b: Evaporation effects as reflected in freshwaters and ostracod calcite from modern environments in Central and Northeast Yakutia (East Siberia, Russia). *Hydrobiologia*, 614: 171-195.

Überlegungen zur Subsistenz und zur anthropogenen Landschaftsnutzung im mittleren Eisacktal (Valle Isarco, Südtirol, Italien) während des Neolithikums und der Bronzezeit

Anton Stefan Schwarz, Klaus Oegg

Universität Innsbruck, Institut für Botanik, Stefan.Schwarz@uibk.ac.at

Das Eisacktal in Südtirol (Valle Isarco, Italien) ist ein Nord-Süd verlaufendes Haupttal der italienischen Ostalpen. Aufgrund der außergewöhnlichen topographischen und klimatischen Gunstlagen sowie reicher Kupferlagerstätten konnten sich im Eisacktal vor allem während dem Mittelalter und der frühen Neuzeit wichtige Verkehrs-, Handels- und Siedlungszentren entwickeln.

Auf den edaphisch und klimatisch günstigen Hangterrassen bei Barbian (Barbiano, 830m) und in dem weiten Talbecken in der Nähe von Brixen (Bressanone, 559m) und Klausen (Chiusa, 523m) werden gelegentlich auch prähistorische Siedlungsreste sowie Kulturschichten freigelegt, die auf eine kontinuierliche Besiedelung und menschliche Einflussnahme auf die Naturlandschaft durch Ackerbau und Viehzucht seit dem Neolithikum schließen lassen. Eine erste intensive Besiedelung des Tales ist seit dem Beginn der Kupferzeit sowie während der frühen Bronzezeit archäologisch fassbar und dürfte mit einem frühen Einsetzen des Kupferabbaues in Verbindung stehen, welcher in der Fachwelt mehrfach als *movens* für die Aufsiedlung von Bergregionen diskutiert wird.

In dieser Studie werden neueste paläoethnobotanische und anthrakologische Ergebnisse aus archäologischen Fundstellen im Eisacktal vom Neolithikum bis zur Bronzezeit vorgestellt, die Hinweise auf Landwirtschaft und Landnutzung liefern. Durch den Vergleich der Resultate der verschiedenen Epochen wird versucht, die Ausmaße der Landnahme für die jeweiligen Epochen abzuschätzen und mögliche Veränderungen der Landwirtschaftsweise – vor allem durch den Beginn des Kupferbergbaus – fassbar zu machen.

Holocene environmental and climatic dynamics in the Dolomites (Eastern Italian Alps) reconstructed from pollen and geochemical analyses

Michela Segnana¹, Jacopo Gabrieli², Luisa Poto³, Daniela Festi⁴, Klaus Oeggl⁵, Carlo Barbante⁶

¹ Ca' Foscari University of Venice, Department of Economics, michela.segnana@unive.it; ² Institute for Dynamics of Environmental Process (CNR-IDPA), gabrieli@unive.it; ³ Institute for Dynamics of Environmental Process (CNR-IDPA), luisa.poto@unive.it; ⁴ University of Innsbruck, Institute of Botany, daniela.festi@uibk.ac.at; ⁵ University of Innsbruck, Institute of Botany, klaus.oeggl@uibk.ac.at; ⁶ Ca' Foscari University of Venice and Institute for Dynamics of Environmental Process (CNR-IDPA), barbante@unive.it

The Alpine region is currently undergoing severe modifications due to human impact and climate change. This area is highly vulnerable and its ecosystems are endangered by the ongoing temperature increase, which corresponds in a 2°C rise recorded over the last 150 years (twice as much as the average for the Northern Hemisphere). The study of climate and environmental variations occurred during the Holocene is therefore of high importance, for a better understanding of ecosystem and climate dynamics.

In this context, the ombrotrophic Coltrondo peat bog (46°39'28.37"N 12°26'59.17"E, Eastern Italian Alps) is studied. The results of high resolution pollen, non pollen palynomorphs and microcharcoal analyses, coupled with geochemical data obtained with ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) and XRF-CS (X-Ray Fluorescence Core Scanner) are here presented. This multi proxy-approach enables the reconstruction of past environment and vegetation dynamics, impacts from human activities and changes in land use in the Dolomite area, as well as their interactions with climatic events. Special importance is given to the possibility of tracing different kinds of human impacts (agriculture, mining, pasture activity) combining pollen and geochemical data, trying to disentangle natural and/or human induced environmental changes.

Das Riß/Würm-Interglazial in den Ostalpen

Christoph Spötl¹, Gina Moseley¹, Hai Cheng², Ronny Boch^{1,3}, Larry Edwards⁴, Augusto Mangini⁵

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geologie, christoph.spoetl@uibk.ac.at, ² Xi'an Jiaotong University, Institute of Global Environmental Change, ³ Graz University of Technology, Institute of Applied Geosciences, ⁴ University of Minnesota, Department of Earth Sciences, ⁵ Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg

Angesichts der Bedeutung der Warmzeiten für die Frage der regionalen Klimazukunft überrascht es, dass kaum Forschungen an früheren Interglazialen im Alpenraum durchgeführt werden. So liegt die letzte größere Studie zum Riß/Würm-(R/W)Interglazial in den österreichischen Alpen bald 15 Jahre zurück (Mondsee).

Neue Impulse zur Interglazial-Forschung kamen in den vergangenen Jahren aus der Untersuchung von Speläothemen. Auch wenn diese karbonatischen Ablagerungen eine weniger direkte Aussage z. B. zur früheren Vegetation erlauben als etwa Seesedimente, so eröffnen sie doch ganze neue Möglichkeiten der zeitlichen Erfassung der Interglaziale. Mit den aktuell verfügbaren geochronologischen Methoden (U/Th) ist es beispielsweise routinemäßig möglich Altersbestimmungen an Speläothemen des R/W-Interglazials mit einer Präzision (2 sigma) von 500-1000 Jahren durchzuführen.

In diesem Vortrag werden die bislang vorliegenden Speläothemdaten des R/W-Interglazials in den Alpen überblicksmäßig zusammengefasst. So liegen Daten mittlerweile aus mehr als zehn österreichischen Höhlen vor und zeigen auf, dass solche Speläotheme keine Seltenheit darstellen. Dank neuer Daten aus einer Höhle in Vorarlberg konnte jüngst der Beginn dieses Interglazials hochauflösend analysiert werden. Dabei zeigte sich ein stufenweiser Anstieg der Sauerstoff-Isotopenwerte, beginnend um 133.000 Jahre vor heute, 131.000 Jahre und schließlich um 129.000 Jahre vor heute. Innerhalb des R/W-Interglazials zeigen die Speläothemproben keine markanten Klimaänderungen, wohl aber Hinweise auf zyklische Schwankungen. Das Ende des R/W-Interglazials wird durch abnehmende Sauerstoff-Isotopenwerte beginnend um 116.000 Jahre vor heute indiziert.

Farbstratigraphie und Mikromorphologie – Quartäre Paläoumwelten der Lössregion Krems, Niederösterreich

Tobias Sprafke¹, Christine Thiel², Birgit Terhorst¹, Robert Peticzka³, Sergey Sedov^{1,4}

¹ Universität Würzburg, Institut für Geographie und Geologie, tobias.sprafke@uni-wuerzburg.de, birgit.terhorst@uni-wuerzburg.de, ² Aarhus University, Nordic Laboratory for Luminescence Dating & Technical University of Denmark, Centre for Nuclear Technologies, thielfchristine@gmail.com, ³ Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung, robert.peticzka@univie.ac.at, ⁴ Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad, Instituto de Geología

Löss-Paläoboden Sequenzen (LPS) entstehen im Wechsel von Mineralstaubsedimentation und (quasi-)pedogenen Prozessen; sie repräsentieren regionale Ausprägungen quartärer Klimaveränderungen auf Zeitskalen von 1-100 ka. Lössbildung wird in der Regel mit trocken-kalten Klimabedingungen in Zusammenhang gebracht, während Bodenbildung in milderer / feuchteren Phasen mit stabiler Landoberfläche stattfindet. In LPS werden häufig in der Vertikalen gemessene Merkmalsausprägungen direkt als zeitliche Abfolge paläoklimatischer Signale interpretiert. Dies ist insbesondere bei Paläoböden problematisch, da diese sich in Sedimentationspausen von der Oberfläche in den Sedimentkörper hinein entwickeln. Polygenetische LPS bilden sich insbesondere in Hangpositionen, wenn sich zu den genannten Entstehungsprozessen Erosion und Umlagerung hinzufügen. Für paläoklimatische Aussagen müssen zunächst diskrete Einheiten genetisch entschlüsselt werden, was eine robuste Stratigraphie zur Voraussetzung hat.

Im Rahmen unserer aktuellen Forschungen werden die in der Region Krems an der Donau (Niederösterreich) am hügeligen Ostrand der Böhmischem Masse in Hangpositionen gelegenen polygenetischen und fragmentarischen LPS auf ihr Potential für die Rekonstruktion quartärer Paläoumwelten untersucht. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass Niederösterreich sowohl ozeanische als auch kontinental geprägte (Paläo-)Klimaräume aufweist. Wir möchten unseren methodischen Ansatz bei der Erforschung der LPS an den ehemaligen Typuslokalitäten in Paudorf und Krems vorstellen und erste paläoklimatische Schlussfolgerungen ziehen.

Löss ist typischerweise hellgelb-gräulich; Farbvariationen haben vielfältige Ursachen die von Änderungen der sedimentären Dynamik zu verschiedenen (quasi-)pedogenen Prozessen reichen. Hochauflösende Farbmessungen sind relativ zeit- und kostengünstig; sie sind ein adäquates Hilfsmittel für eine detaillierte Differenzierung der LPS. Ein Abgleich der Farbdaten mit Gefügeproben erlaubt die Identifikation von messtechnisch bedingten Ausreißern und farblichen Inhomogenitäten im Ausgangsmaterial. Das Gefüge gibt zudem erste Anhaltspunkte

für die Genese der ausgegliederten Einheiten. Definierte Horizonte können durch aufwändiger spezifische Messungen charakterisiert werden. Eine wichtige Rolle spielt dabei die qualitative genetische Interpretation durch mikromorphologische Untersuchungen, gestützt durch eine semi-quantitative Bestimmung der Häufigkeit bestimmter Merkmale.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass für die Region Krems robuste Korrelationen zwischen Profilabschnitten hergestellt werden können. Insgesamt hat sich gezeigt, dass die LPS des Untersuchungsgebiets wie jene des Pannonischen Beckens relativ geringe interglaziale Verwitterungsintensitäten als Paläoklimasignal aufweisen. Demgegenüber zeigen die Glaziale eine eher mitteleuropäische Signatur, welche durch das Vorkommen von gebleichten Horizonten in verschiedenen alten mittel- bis jungpleistozänen Lössen belegt werden kann.

Der Beginn des Spätglazials im Nördlichen Alpenvorland – Lumineszenzdatierung und Pollenanalysen an Sedimenten des Salzburger Beckens

Reinhard Starnberger¹, Ilse Draxler², Giorgio Höfer-Öllinger³, Jürgen M. Reitner²

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geologie, reinhard.starnberger@uibk.ac.at, ² Geologische Bundesanstalt, juergen.reitner@geologie.ac.at, ³ Geoconsult ZT GmbH, giorgio.hoeferoellinger@geoconsult.eu

Das Salzburger Becken ist ein Teil des unteren Salzachtals und erstreckt sich über ca. 50 km in Richtung SO-NW zwischen dem randalpinen Gebiet südlich der Stadt Salzburg bis nahe Burghausen im nördlichen Alpenvorland. Seine Entstehung wird mit glazialer Übertiefung des Salzachtals in diesem Bereich erklärt, die bereits im Mittelpleistozän erstmals angelegt worden sein dürfte. Aufgrund mehrerer Tiefenbohrungen ist eine quartäre Sedimentfüllung des Beckens im Raum Salzburg von bis zu 340 m Mächtigkeit bekannt. Die jüngste Sedimentfüllung des Beckens geschah während der Würm-Eiszeit in einem (glazio-)lakustrinen Milieu, von dem das als „Salzburger Seeton“ bekannte Sediment bis heute vielerorts zeugt. Dieser ist durch mächtige Abfolgen von Schluffen und Tonen mit zwischengeschalteten Sand- und Kieslagen charakterisiert, die insgesamt bis zu 260 m Mächtigkeit erreichen und auf Grundmoräne liegen. Um die Frage des Alters und der Ablagerungsgeschwindigkeit des Salzburger Seetons einer eindeutigen Beantwortung näherzubringen, wurden erstmals Sedimentproben mit Hilfe der Lumineszenzdatierung analysiert, eine Methode, mit deren Hilfe sich der letzte Ablagerungszeitpunkt eines Sediments bestimmten lässt. Es wurden vier Proben aus einem 120 m tiefen Bohrkern entnommen, der auf dem Gelände des Salzburg Airport abgetäuft wurde. Mit Hilfe eines post-IR IRSL Protokolls sowie optischer Filter wurde anschließend im Labor das Kalifeldspatsignal aus feinschluffigen (4 – 11 µm) polymineralischen Aliquoten gemessen. Eine Reihe von Tests (Dose Recovery Test und Anomalous Fading Test) wurde durchgeführt, um die Ergebnisse zusätzlich methodisch abzusichern. Die IRSL₅₀ Daten sind in sich chronostratigraphisch konsistent und deuten auf eine rasche Sedimentation am Übergang von Hochglazial zu Spätglazial hin. Die Werte des post-IR IRSL₂₂₅ Signals dagegen befinden sich in Sättigung, was dessen schlechten Bleichungseigenschaften in diesem Falle offenbart. Anomalous Fading-Tests ergaben einen vergleichsweise geringen Durchschnittswert von ca. 2%/Dekade und werden folglich als vernachlässigbar eingeschätzt. Erste Untersuchungen des Pollengehalts im Bereich der vier Proben ergaben geringe Konzentrationswerte und das Bild einer waldfreien, offenen und artenarmen Vegetation.

Stratigraphy and Geomorphology in a Pleistocene Endmoraine Setting of the Alpine Foreland

Reinhard Starnberger¹, Joachim Götz², Bernhard Salcher²

¹ University of Innsbruck, Institute for Geology, reinhard.starnberger@uibk.ac.at, University of Salzburg, Dept. of Geography and Geology, joachim.goetz@sbg.ac.at, bernhard.salcher@sbg.ac.at

The Alpine Foreland was repeatedly under the influence of large Piedmont glaciers during Quaternary high-glacial periods. Today, glacial and glacier-associated morphologies are still well preserved in some alpine foreland regions such as the area of the former Salzach Piedmont glacier north of the city of Salzburg (Austria). The geomorphological footprints of at least four glacial cycles are particularly well preserved here due to topographic characteristics and minor human disturbance. The region thus provides a unique opportunity to study glacial and glaciofluvial sediment/landform associations developed during several glacial-interglacial cycles. In order to reconstruct typical processes and environments associated with an alpine foreland lobe around peak glacial conditions, we present data from a local setting where deposits from the last ("Würm", MIS2) as well as from the penultimate ("Riß", MIS6) glacial maximum are closely interconnected. Investigations of the transition zone between the end moraine system and the glaciofluvial outwash plain allow statements on the internal built-up and the subsequent degradation of the ice associated with glaciofluvial reorganisation during deglaciation. We used outcrop information, drillcore logs, near-surface geophysics and optically stimulated luminescence dating of selected sand-sized samples for our investigations. The geometry and lateral extension of remnants of a thick interglacial paleosol were investigated using core log information and terrestrial laserscan data. Additional high resolution airborne laserscan data facilitated the topographic and morphologic interpretation of the wider area.

Our first results lead to the identification of two main LGM-depositional systems: (i) sheet flow dominated landforms broadly attached to the end moraine system, and (ii) braided river deposits from meltwater streams rooted in some distinct meltwater outlets. The period of active deposition seems to have been relatively short. With the onset of deglaciation and ice-meltdown back into the tongue basin partial degradation of deposits and the formation of multi-level terraces along the meltwater pathways began. Where LGM ice sheet flow dominated, its sediments overly MIS6-deposits almost without any unconformities, with a well preserved, thick and laterally extensive last interglacial paleosol. We present the first absolute ages from sediments related to the LGM and penultimate peak glaciations of the German and Austrian Alpine Foreland.

Klimawandel und Landschaftsgeschichte der Ostalpen während des Würm-Glazials: Ergebnisse aus dem Paläosee von Unterangerberg im Unterinntal (Tirol, Österreich)

Reinhard Starnberger¹, Ruth Drescher-Schneider², Jürgen M. Reitner³,
Helena Rodnight¹, Paula J. Reimer⁴, Christoph Spötl¹

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geologie, reinhard.starnberger@uibk.ac.at, ² Universität Graz, Institut für Pflanzenwissenschaften; ³ Geologische Bundesanstalt, Wien; ⁴ Centre for Climate, the Environment & Chronology (¹⁴CHRONO), School of Geography, Archaeology and Palaeoecology, Queen's University, Belfast

Im Zuge einer multidisziplinären Studie wurden die quartären Sedimente der Terrasse von Unterangerberg im Tiroler Unterinntal (Österreich) erstmals eingehend untersucht. Anhand zahlreicher Bohrkerne und mit Hilfe von stratigraphischen, sedimentologischen, palynologischen und geochronologischen Methoden konnte ein profundes Bild der lokalen Landschafts- und Klimgeschichte während des letzten Glazials gewonnen werden. So stammen die ältesten von uns gefundenen Sedimente aus einer lakustrinen Ablagerung um 110-120 ka und deuten auf ein stadiales Klima mit hohen Sedimentationsraten zu Beginn des Würm hin. In dieser Phase fanden auch zwei große Bergsturzereignisse in unmittelbarer Nähe zum damaligen See statt. Ebenfalls sehr kalte und womöglich von Permafrost geprägte Bedingungen konnten für die Phase ca. 70-60 ka nachgewiesen werden, wobei jeglicher Hinweis auf eine Talvergletscherung an dieser Stelle fehlt. Wärmeres, interstadiales Klima geht in Unterangerberg mit niedrigeren Sedimentationsraten und einer vergleichsweise reichen, thermophilen aquatischen und terrestrischen Flora einher. Ein nahezu vollständig erhaltenes, waldreiches Fichten-Interstadial mit einer Reihe von wärmeliebenden Arten wird aufgrund des Pollenspektrums mit dem zweiten Frühwürm-Interstadial, wie es aus dem nicht weit entfernten Samerberg bekannt ist, korreliert. Ein weiteres, deutlich schwächer ausgebildetes Interstadial mit bestenfalls offener Waldvegetation unter Dominanz von *Pinus*, ist im frühen Mittelwürm (ca. 55-45 ka) anzutreffen. Die jüngsten Sedimente in Unterangerberg datieren in den Zeitraum um 45 ka. Sie sind von den Kiesen des vorrückenden hochglazialen Inngletschers und schließlich von dessen Grundmoräne bedeckt.

Zitat

Starnberger, R., Drescher-Schneider, R., Reitner, J. M., Rodnight, H., Reimer, P. J., Spötl, C., 2012: Late Pleistocene climate change and landscape dynamics in the Eastern Alps: The inner-alpine Unterangerberg record (Austria). *Quaternary Science Reviews* 68, 17-42.

A high-resolution archive for palaeo-environmental studies: Calcareous sinter in ancient aqueducts

Gül Sürmelihindi, Cees Passchier

Universität Mainz, Institut für Geowissenschaften surmelih@uni-mainz.de, cpasschi@uni-mainz.de

During the economic culmination of the Roman Empire more than 1600 aqueducts were built, up to 250 km long and transporting up to 200,000m³ of water per day. These ancient aqueducts were commonly fed by large karst springs, which led to deposition of calcium carbonate in the channels, here referred to as calcareous sinter. In this study, laminated sinter deposits from the water channels are investigated by geochemical and petrographical methods to determine the nature of laminae couplets and to try and correlate them with seasonal environmental changes.

Laminated calcareous sinter deposits were collected from several aqueducts and examined by optical microscopy and EBSD analysis to determine crystal shape and orientation. Stable isotope analysis was used to determine seasonal temperature variations in the water while trace element analysis was implemented by LA-ICP-MS. These analyses have shown that laminated calcareous sinter deposits can record seasonal changes in water chemistry, temperature and degassing rate during the year, besides lateral changes due to aqueduct structure and slope. Calcareous sinter deposits show a noticeable lamination of fine-grained, porous and coarse-grained, dense layers, which were shown to correspond to dry and wet seasons respectively. Fine-grained layers show high epifluorescence due to an organic rich content, which may be a result of bacterial activity during the dry, warm season. Stable oxygen and carbon isotope curves also correspond to seasonal variations in different laminae couplets; especially $\delta^{18}\text{O}$ curves reflect annual changes in temperature and seasonal changes in discharge. The most important result is that periodicity in $\delta^{18}\text{O}$ is caused by temperature dependent isotope fractionation, and is not due to evaporation or source water characteristics. Periodicity in $\delta^{13}\text{C}$ is of a more complex nature, but mostly, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ have anti-correlation along the laminae couplets. Trace element results are mostly inconsistent and do not show significant and repeated changes through the different laminae couplets, although Magnesium, Strontium and Barium isotopes have positive correlation with each other in some samples and reach highest values within fine-grained, porous layers. In addition to this, major element results show that Iron, Potassium, Silicium and similar detrital material reach relatively higher values inside the fine-grained, porous layers.

Precise dating of calcareous sinter deposits is desirable, but should be of high resolution since the age of the aqueducts is already fixed by archaeological constraints

within 200-300 years. Palaeomagnetic and ^{14}C dating has not given satisfactory results, while U/Th dating is hampered by high initial Th in the samples; however dating of a test sample from the Roman Béziers aqueduct was successful with an inferred error of 50 years.

Deposition mechanisms and geochemical evolution of laminated sinter can be better understood if modern analogues of sinter deposition in water channels can be investigated. Therefore the monitoring of sinter deposition and seasonal water composition changes in several still working aqueduct sites was undertaken. The aim was to investigate recent environmental conditions that generate calcium carbonate deposition in aqueduct channels. First results show that few regular seasonal changes exist in the chemical and isotopic composition of the source water, and that observed periodicity in stable isotopes must be due to changes in the channel itself.

In conclusion, calcareous sinter deposits from Roman aqueducts show promising results for practical use as an environmental and archaeological proxy for the Roman Era. Further study of more aqueducts, combined with dating and more monitoring on still functioning aqueducts will give more precise results, and can lead to exploration of a new proxy for ancient climate, archaeology, and possibly archaeoseismology.

Böden und quartäre Sedimente auf der Gschnitz-Moräne in Trins, Stubaier Alpen

Birgit Terhorst¹, Bodo Damm², Hanns Kerschner³, Franz Ottner⁴

¹ Universität Würzburg, Institut für Geographie und Geologie, birgit.terhorst@uni-wuerzburg.de, ² Universität Vechta, ISPA, bodo.damm@uni-vechta.de, ³ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, Hanns.Kerschner@uibk.ac.at, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Angewandte Geologie, franz.ottner@boku.ac.at

Die Moränenablagerungen im Gschnitz-Tal blicken bereits auf eine mehr als 150jährige Forschungsgeschichte zurück und stellen die Typikalität des Gschnitz Stadials dar (vgl. Mayr & Heuberger, 1968; Patzelt & Sarnthein, 1995). Besonders in den letzten 20 Jahren wurden zahlreiche neue Datierungen vorgestellt, an dieser Stelle wird insbesondere auf die Ergebnisse zu den ¹⁰Be und ²⁶Al-Expositionsaltern hingewiesen (u. a. Ivy-Ochs et al., 2006). Die letztgenannten Autoren gehen davon aus, dass das Gschnitz-Stadial vor 15.900 Jahren (± 1.400 J.) begann und die Stabilisierung der Moräne auf 15.400 Jahre (± 1.400 J.) datiert werden kann.

Die vorliegende Studie geht davon aus, dass die Moränensedimente nach ihrer Ablagerung von periglazialen Prozessen des nachfolgenden Spätglazials überprägt worden sind und untersucht vor diesem Hintergrund die Boden- und Sedimententwicklung auf der 20 – 30 m hohen Endmoränenstirn (absolute Höhenlage 1.200 m ü.M.)

Die Geländeoberflächen im Umfeld der Gschnitz-Endmoräne sind aus unterschiedlichen Boden- und Sedimentdecken aufgebaut, die sich vom unterlagernden Moränenmaterial deutlich abheben. Sie lassen sich im Geländeprofil und darüber hinaus auf der Grundlage bodenphysikalischer und pedochemischer Analytik unterscheiden. Da über die Bodenentwicklung auf spätglazialen Moränen im Alpenraum bislang nur wenig bekannt ist, bot sich die Gschnitz-Moräne, als der im Ostalpenraum geomorphologisch und geochronologisch wohl am besten bearbeitete spätglaziale Moränenstandort zur Bearbeitung an. Nach vorangegangenen Bohrstocksondierungen wurde im März 2013 ein rund 50 m langes und bis zu 2 m mächtiges Boden- und Sedimentprofil aufgenommen, das im Kammbereich der Stirnmoräne durch Bauarbeiten aufgeschlossen war. Auf der Grundlage von Geländebefunden, Skelettgehalten, Mineralogie und Korngrößenverteilungen lässt sich ein deutlicher sedimentologischer Unterschied zwischen dem oberen und dem unteren Profilabschnitt belegen. Auffällig sind für den oberen Bereich hohe Gesamt- und Grobschluffanteile, wellige Grenzen und mit der Längsachse eingeregelte Gesteinsfragmente.

Wichtig ist zudem, dass die auftretenden Merkmale auf eine Beimengung von äolischem Material sowie deren Transport durch Solifluktion hindeuten. Auch die unteren Profilabschnitte zeigen eine Einregelung der Gesteinskomponenten, sind aber sedimentologisch dem Moränenmaterial zuzuordnen. Das basale unverwitterte und auffällig dicht gelagerte Moränenmaterial besitzt ein anderes Erscheinungsbild und kann damit deutlich von den solifluktionsbeeinflussten Lagen unterschieden werden. In den oben beschriebenen quartären periglazialen Lagen entwickelten sich im Zuge holozäner Bodenbildung Braunerden, die aufgrund anthropogener Überprägung heute zumeist nur noch in Resten erhalten sind. Das untersuchte Profil zeigt jedoch eine normale Mächtigkeit für eine gut entwickelte Braunerde (ca. 40 cm), so dass lokal auch nahezu vollständige Böden vorhanden sind.

Zitate

- Ivy-Ochs, S., Kerschner, H., Kubik, P., Schlüchter, C. 2006: Glacier response in the European Alps to Heinrich Event 1 cooling: the Gschnitz stadial. *Journal of Quaternary Science* 21: 115-130.
- Mayr, F., Heuberger, H. 1968: Type areas of Lateglacial and Postglacial deposits in Tyrol, Eastern Alps. In: Richmond, G.M. (Hrsg.): *Glaciations of the Alps, Series in Earth Sciences* 7:143-165.
- Patzelt, G., Sarntheim, M. 1995: Late Glacial morainal arc at Trins in the Gschnitz valley/Tyrol- 'Krotenweiher' peat bog. In: Schirmer, W. (Hrsg.): *Quaternary Field Trips in Central Europe* vol. 2: 669-670.

Timing of neotectonic deformation in the western Precordillera, Central Andes of Argentina, inferred from ^{10}Be Surface Exposure Dating

Carla Terrizzano^{1,2,3#}, Roland Zech^{1,2}, Ezequiel García Morabito^{1,4}, Marcela Yamin⁵, Negar Haghipour¹, Lorenz Wüthrich³, Marcus Christl⁶, Sean Willet¹, Jose M. Cortes³, Augusto E. Rapalini³, Victor A. Ramos⁴

¹ Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Geologisches Institut, Zürich, Schweiz, ² Universität Bern, Geographisches Institut, Bern, Schweiz, ³ Universidad de Buenos Aires, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA), Argentina, ⁴ Universidad de Buenos Aires, Instituto de Estudios Andinos “Don Pablo Groeber” (IDEAN), Argentina, ⁵ Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), IGRM, Buenos Aires, Argentina, ⁶ Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Laboratory of Ion Beam Physics, Zürich, Schweiz, #carla.terrizzano@erdw.ethz.ch

The active Andean deformation front in the Argentinian forelands between 28° and 33°S is currently concentrated at the boundaries of a main morphotectonic unit: The Precordillera, a north-south trending mountain range tens of kilometers east of the High Andean Cordillera. The neotectonic activity results in widespread deformation of Quaternary deposits and recent devastating earthquakes (e.g. Costa et al., 1999, Siame et al., 2002; Verges et al., 2007; Schmidt et al., 2011, Cortés et al. 2014, Terrizzano et al. 2014). Most studies so far have focused on estimating slip and uplift rates and assessing seismic hazards in the eastern Precordillera, one of the most active zones of thrust tectonics in South America. Rates of uplift and shortening on the reverse faults of the western flank of the Precordillera remain largely unknown.

For this study, we combined structural and geomorphic investigations with ^{10}Be surface exposure dating in order to establish a numeric chronology for four deformed alluvial fan surfaces and to estimate uplift rates of the Barreal block (31°30'–31°53' SL/69°20' WL) in the western Precordillera. Surface exposure ages were determined for a few large boulders, amalgamated pebbles, and via depth profiles on sand samples. Boulder ages range from 145 to 212 ka for the oldest well-preserved fan remnants (Q1a, n=3), from 63 to 108 ka (Q2, n=3) and 21-28 ka (Q3, n=2, amalgamated pebbles yield ages range from 106 to 127 ka for the oldest fan surface (Q1b, n=79), all calculations assuming no erosion and using the scaling scheme for spallation based on Lal 1991, Stone 2000). Boulders from current channels have ^{10}Be concentration equivalent to 12-31 ka of exposure. The depth profiles yield minimum ages (assuming negligible erosion) of 120 ka (Q1a as well as Q1b) and 79 ka (Q2) and are thus mostly in good agreement with boulder ages.

Uplift rates of 0.32 mm/yr and 0.83 mm/yr can be estimated for the eastern and western front of the Barreal block respectively using minimum ages from the depth profiles. This provides the first numerical constraints for the neotectonic activity of the Barreal block. Moreover, the exposure ages may tentatively be interpreted to document fan formation at times of globally low temperatures and glacial maxima (Marine Isotope stages 2, 4 and 6, respectively).

References

- Cortés, J.M., Terrizzano, C.M., Pasini, M.M., Yamin, M.G., Casa, A.L., 2014: Quaternary tectonics along oblique deformation zones in the Central Andean retro-wedge between 31°30'S and 35°S. Geological Society of London, Special Publications, 399, doi 10.1144/SP399.10
- Costa, C., Rockwell, T.K., Paredes, J.D., Gardini, C.E. 1999: Quaternary deformations and seismic hazard at the Andean orogenic front (31° –33°, Argentina): A paleoseismological perspective. Paper presented at 4th ISAG, Universitaet Goettingen, Goettingen, Germany.
- Lal, D., 1991: Cosmic ray labeling of erosion surfaces: In situ nuclide production rates and erosion models. *Earth and Planetary Science Letters* 104: 424-439.
- Schmidt, S., Hetzel, R., Mingorance, F., Ramos, V. A., 2011: Coseismic displacements and Holocene slip rates for two active thrust faults at the mountain front of the Andean Precordillera (~33°S). *Tectonics*, 30.
- Siame, L. L., Bellier, O., Sebrier, M., Bourles, D.L., Leturmy, P., Perez, M., Araujo, M. 2002: Seismic hazard reappraisal from combined structural geology, geomorphology and cosmic ray exposure dating analyses: The Eastern Precordillera thrust system (NW Argentina), *Geophys. J. Int.*, 150(1), 241– 260.
- Stone, J.O., 2000: Air pressure and cosmogenic isotope production. *Journal of Geophysical Research* 105 (B10): 23753-23759
- Terrizzano, C.M., Cortes, J.M., Zech, Roland, Garcia Morabito, E., 2014: Drainage anomalies as indicators of soft-linked deformation zones between neotectonic structural highs in the Precordillera, Central Andes of Argentina. *Geomorphology* (accepted for publication)
- Verges, J., Ramos, V. A., Meigs, A., Cristallini, E., Bettini, F.H., Cortes, J.M., 2007: Crustal wedging triggering recent deformation in the Andean thrust front between 31°S and 33°S: Sierras Pampeanas-Precordillera interaction, *Journal of Geophysical Research*, 112.

Aminostratigraphy of a Holocene barrier island (Sylt/Southern North Sea)

Tanja Tillmann ^{1,2}, Daniel Ziehe ³

¹Carl von Ossietzky University Oldenburg (ICBM), tanja.tillmann@uni-oldenburg.de

²Lower Saxony Institute for Historical Coastal Research (NIhK), tanja.tillmann@nihk.de

³Johann Heinrich von Thünen-Institute/Braunschweig, daniel.ziehe@ti.bund.de

Dating of Holocene sediments in shallow coastal areas of the German North Sea by conventional techniques is commonly problematic. In particular the marine reservoir effect of radiocarbon means that radiocarbon dating cannot be applied to sediments younger than about 400 years. Amino acid racemization dating (AAR) is a viable alternative for dating young sediments. The method is based on the determination of ratios of D and L amino acid enantiomers in organic matrices of biogenic carbonates.

In this study we use AAR as a tool for dating Holocene barrier islands sediments. Based on an AAR derived chronological framework we develop a model of barrier spit accretion which describes the interaction between extreme events, fair weather coastal processes and sedimentary development that constrains the major episodes of barrier island evolution. The stratigraphy was defined using ground-penetrating radar (GPR) surveys complemented by sedimentological coring data. The stratigraphy is then conceptualised in a AAR chronostratigraphic framework to define a chronological order and allow the development of a stratigraphic model of the evolution of Southern Sylt. The AAR data provide high temporal resolution and have been used for dating stages of barrier spit accretion. The time lines are marked as storm surge generated erosion unconformities in the stratigraphic profile. Individual shells and shell fragments of *Cerastoderma edule*, *Mya arenaria*, *Mytilus edulis* and *Scrobicularia plana* have been accumulated by short-term storm events as shell layers associated with the erosion unconformities and have been dated by AAR. Time lines reveal that the barrier spit accretion occurred episodically, and is dependant on the provided rate of sand delivery. The general trend is that sequences young to the South. The AAR derived time lines have been verified and correlated by historic maps and sea charts. It is apparent that spit enlargement at this site increased significantly during the Middle Ages (1593 – 1794) and was coupled with several intensive storm surges in this period. The findings indicate that when combined with GRR stratigraphy AAR provides useful results of high accuracy for dating stages of barrier spit progradation.

Lakes and lagoons in Southern Greece and their potential as archives for environmental and cultural history

Ingmar Unkel¹, Christian Heymann², Elke Hänßler³

¹ Universität Kiel, Institut für Ökosystemforschung, iunkel@ecology.uni-kiel.de, ² Universität Kiel, Graduiertenschule „Human development in landscapes“, cheymann@gshdl.uni-kiel.de, ³ Universität Kiel, Graduiertenschule „Human development in landscapes“, ehaenssler@gshdl.uni-kiel.de

Environmental and cultural changes and their mutual relationship or influence have long been a subject of research in the Eastern Mediterranean region with its long historical and prehistorical record. However, especially mainland Greece faces a dearth of environmental records with a comparatively high temporal resolution near archaeological sites.

Sediment archives from the Peloponnese and around the Gulf of Corinth, namely several lakes (e.g. Stymphalia, Asea) and lagoons (e.g. Etoliko, Kotychi), react highly sensitive to climatic and environmental changes, and are located in the direct vicinity of well-known archaeological sites, (Mycene, Olympia, Delphi). Hence, they provide excellent archives for environmental studies in an archaeological context.

Studies on palaeoclimatic and environmental change and its potential influence on cultural development are extremely rare in Greece, especially in the terrestrial environments in the direct vicinity of archaeological sites. The best-investigated archive so far is Tenaghi Philippon in Northern Greece. However, it records a period of more than 1.35 Ma, hence, its temporal resolution on historic timescales is extremely low. Marine cores are the dominating climate archives, which were investigated in the eastern Mediterranean. Studies on geomorphological processes in poljes are also rare and have only a very limited temporal resolution to study processes of cultural transformation

Since 2010, our group has undertaken several coring campaigns together with local and international partners, to investigate 2 (former) lake sites in the center of the Peloponnese and 3 lagoonal sites on the West coast of Greece. To reconstruct the palaeoenvironmental and palaeoclimatic conditions at the sites we use geochemical and sedimentological proxies (XRF scanning, grain size, OC-, IC-, C/N-analysis) combined with Bayesian age-depth-modeling (using the software OxCal 4.x) Our main indicator for changes in temperature and precipitation at the lake sites is the Rb/Sr ratio.

Lake Stymphalia (Corinthia) has turned out to be the best archive so far. Here, we could retrieve a 15.5 meter long core covering the last 45 ka cal BP (Heymann et al., 2013). The late Holocene part covering the periods of the ancient Greek societies is currently under analysis.

From the Asea valley (Arcadia) we recovered an 8 meter core providing a more than 6500 year long environmental record (Unkel et al., 2014, in press). We could show that, after a long period of relatively stable climatic conditions from Late Neolithic into the Late Bronze Age between 6500 and 3500 cal BP (4550–1550 cal BC), the Asea valley experienced a phase of more humid and potentially also cooler conditions towards the end of the Late Bronze Age until the Middle Geometric period (around 3250–2700 cal BP / 1300–750 cal BC). The lack of lake sediments and the formation of soils in the uppermost part of the Asea-1 sedimentary record limit the use of our proxies for reconstructing the environmental history of the last 2000 years.

The 8.8 meter long sedimentary core ETO1C taken from the Etoliko Lagoon (Aetolia) reveals the palaeoenvironmental history of the lagoon and its catchment since 11670 cal BP (Haenssler, et al., 2013). By 1350 cal BP, ongoing sea level rise had connected the lagoons of Etoliko and Messolonghi and freshwater influence had ceased. With the onset of settlement activity in the Late Helladic (1700–1100 cal BC) humans took advantage of the prevailing environmental landscape. A sudden increase in coarse sedimentation correlates with the history of human occupation with its peak of prosperity from the Late Helladic until the end of the Hellenistic Period (30 cal BC).

Our sediment core of the Kotychi Lagoon (Elis) covers the last 8500 years BP and reflects a two-phase development (Haenssler, Unkel, Dörfler, & Nadeau, 2014): (1) Early Holocene morphology was controlled by the postglacial sea level rise; (2) with receding of the ice sheets by mid-Holocene, the preeminent role of the eustatic signal was overwhelmed giving local and regional processes, such as human-induced soil erosion and climatic forcing an accentuated role. Thus, the evolution of the Elean coastline shows analogies to circum-Mediterranean lagoon formation.

References

- Haenssler, E., Nadeau, M., Vött, A., Unkel, I. 2013: Natural and human induced environmental changes preserved in a Holocene sediment sequence from the Etoliko Lagoon, Greece: New evidence from geochemical proxies. *Quaternary International*, 308–309, 89–104. doi:10.1016/j.quaint.2012.06.031
- Haenssler, E., Unkel, I., Dörfler, W., Nadeau, M.-J. 2014: Driving mechanisms of Holocene lagoon development and barrier accretion in Northern Elis, Peloponnese, inferred from the sedimentary record of the Kotychi Lagoon. *Quaternary Science Journal* 63 (1): 60–77. doi:10.3285/eg.63.1.04
- Heymann, C., Nelle, O., Dörfler, W., Zagana, H., Nowaczyk, N., Xue, J., Unkel, I. 2013: Late Glacial to mid-Holocene palaeoclimate development of Southern Greece inferred from the sediment sequence of Lake Stymphalia (NE-Peloponnese). *Quaternary International*, 302: 42–60. doi:10.1016/j.quaint.2013.02.014
- Unkel, I., Schimmelmann, A., Shriner, C., Forsén, J., Heymann, C., Brückner, H. 2014: The environmental history of the last 6500 years in the Asea Valley (Peloponnese, Greece) and its linkage to the local archaeological record. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, 58, Supplementary Issue 2:59–107, doi:10.1127/0372-8854/2014/S-00160

Mächtigkeiten von Sanden und Kiessanden in Österreich

Thomas Untersweg, Piotr Lipiarski

¹ Geologische Bundesanstalt, FA Rohstoffgeologie, thomas.untersweg@geologie.ac.at, piotr.lipiarski@geologie.ac.at

Im Zuge der Bewertungen für den Österreichischen Rohstoffplan wurden aufbauend auf der stratigraphisch-faziellen Lockergesteinskarte (Heinrich et al. 2014ff.) und der Aufschlussdatensammlung der FA Rohstoffgeologie der Geologischen Bundesanstalt mehrstufige komplexe Bewertungsschritte in zwei Phasen durchgeführt (vgl. Pfleiderer et al. 2012). Dabei haben sich zahlreiche neue und spezifische Erkenntnisse zu den Lockergesteinsvorkommen, im Besonderen zu den quartären Kiessanden, in allen Bundesländern ergeben. Diese sind in die Ergebnisse der Eignungskarten und zu den Volumetrierungen für den Rohstoffplan eingeflossen. Außerdem wurden für die Berechnungen der Volumina umfangreiche Recherchen bezüglich Qualität, Quantität und der Grundwasserverhältnisse durchgeführt. In der Folge ging es darum, die der Volumetrierung zugrunde liegenden Mächtigkeitswerte der Sande und Kiessande der Qualitätsstufen 1 bis 3 (sehr gute bis mittlere Eignung als Baurohstoff) in die Datenbank der Lockergesteinskarte zu implementieren, zu verbessern und nach Möglichkeit und Datenlage auf die nicht im Rohstoffplan bearbeiteten Gebiete auszuweiten.

Die Mächtigkeitsberechnungen bezogen sich vorerst nur auf Restflächen, die sogenannten Residualflächen, das Ergebnis der Verschneidung der Eignungskarte mit planerischen Tabuflächen (z. B. verbaute Gebiete, Gebiete mit verschiedenen speziellen Widmungen, Schutzgebiete usw.). Unter Einsatz umfangreicher zusätzlicher Recherchen konnten die Mächtigkeitswerte auf die Polygone der Lockergesteinskarte erweitert werden. Darüber hinaus wurde in den Gebieten, die durch entsprechende HZB-Grundwasserstauer-Modelle abgedeckt sind, ein 50x50 Meter Kiessand-Mächtigkeitsraster errechnet. Über 70 derartige Modelle wurden neu gerechnet, wobei je nach Datenlage möglichst „reale Mächtigkeiten“ der Sande und Kiessande nach Abzug der Löss/Lösslehm/Lehm-Deckschichten dargestellt wurden.

Mit dieser mehrphasigen Vorgangsweise wurde ein duales System entwickelt, das sowohl eine Polygonebene als auch eine Rasterebene als Ergebnis hat und schließlich eine differenzierte Darstellung der Mächtigkeiten von hochwertigen Sanden und Kiesen in Österreich, die als Baurohstoffe (Betonzuschlag) besondere Bedeutung haben, ermöglicht (Untersweg & Lipiarski. 2013).

Zitate

- Heinrich M., Untersweg T. & Lipiarski P. (Redakteure) unter Mitwirkung von Grösel K., Kreuss O., Liparska I., Moshammer B., Mostler H., Posch-Trötzmüller G., Rabeder J. 2014ff: Digitale Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich 1:50.000 unter Verwendung publizierter und unpublizierter geologischer Karten. – Unveröff. digitaler Datensatz VLG-Proj. Bundesweite Vorsorge Lockergesteine, Geol. B.-A. / FA Rohstoffgeologie, Stand 2014, Wien.
- Pfleiderer S., Reitner H., Heinrich M. & Untersweg T.: Kiessande.- In: Weber L. (Hrsg.) 2012: Der Österreichische Rohstoffplan.- Arch. f. Lagerst.forsch., Geol. Bundesanst., 26, Wien.
- Untersweg T. & Lipiarski P. 2013: Aktualisierung Wissensbasis Lockergesteinsvorkommen II (Mächtigkeiten). Verbesserung der rohstoffgeologischen Grundlagen durch Aufarbeitung der im Zuge der Bewertungen für den Österreichischen Rohstoffplan gewonnenen neuen Erkenntnisse mit Schwerpunkt auf den Lockergesteinsvorkommen II: Mächtigkeiten der Sande und Kiessande.- Projekt Ü-LG-60.-Endbericht.- Geol. Bundesanst., Wien.

Frühholozäne periglaziale Deckschichten und verspülte Hangsedimente im Schweizer Mittelland

Heinz Veit¹, Mareike Trauerstein², Sally Lowick³, Frank Preusser⁴

¹ Universität Bern, Geographisches Institut, veit@giub.unibe.ch, ² Universität Bern, Geographisches Institut, mareike.trauerstein@giub.unibe.ch, ³ Universität Bern, Institut für Geologie, sally.lowick@geo.unibe.ch ⁴ Stockholm University, Department of Physical Geography and Quaternary Geology, frank.preusser@natgeo.su.se

Im Schweizer Alpenvorland sind auf quartären Moränen und Terrassen Strukturen und Deckschichten entwickelt, die den beschriebenen Profilen des deutschen Alpenvorlandes ähneln (z. B. Semmel 1973, Kösel 1996). Lösslehmgefüllte Kryoturbationstaschen, in denen ein relativ schwacher Btv-Horizont entwickelt ist, überlagern einen stärker entwickelten fBt-Horizont, der bis in rund 2 m Tiefe reicht.

Die stratigraphische Interpretation dieser Profile würde den Btv-Horizont als holozäne Bodenbildung, die lössgefüllten Kryoturbationen als würmzeitlich, und den rötlich-braunen fBt als eemzeitlich charakterisieren. Nachdem wir in den letzten Jahren umfangreiche Datierungen der Lösslehmfüllungen mittels OSL durchgeführt haben, soll der Fokus des Vortrages auf der kritischen Diskussion der Alter, der Genese und der Paläoumwelt zur Bildungszeit liegen. Dabei zeigen sich erhebliche Abweichungen vom angenommenen, rein stratigraphisch interpretierten, Modell.

OSL-Datierungen an Quarzen (Grobkorn, Feinkorn, Einzelkorn) und Feldspäten (Feinkorn) deuten übereinstimmend auf ein fröhholozänes Alter (10-7 ka) der Lösslehmfüllungen hin. Spätglaziale und erst recht hochglaziale Klima scheidet als Erklärung der beobachteten Strukturen demnach aus. Als mögliche Prozesse, die eine letztmalig fröhholozäne Durchmischung der Lösslehme erklären könnten, kommen prinzipiell Permafrost bzw. tiefgründiger winterlicher Bodenfrost, oder Bioturbation in Frage. Letztere ist aufgrund der OSL-Daten unwahrscheinlich. Somit bleibt der Bodenfrost als Erklärung. Wie ist dies im Fröhholozän denkbar? Im Alpenvorland sind pollenanalytisch Laub-Mischwälder zu dieser Zeit belegt und Wald- und Schneegrenzen in den Alpen waren bereits auf heutiger Höhenlage. Einen Erklärungsansatz könnte die saisonale Betrachtungsweise anbieten. Die rekonstruierte Vegetation spiegelt vorwiegend die warmen borealen Sommertemperaturen wider. Aufgrund des stärker kontinental geprägten Klimas und der hohen Präzession der Erdachse waren aber die jahreszeitlichen Unterschiede stärker und die Winter wahrscheinlich besonders kalt, mit entsprechend tiefgründigem Bodenfrost.

Aus der gleichen Periode des Fröhholozäns gibt es auf den Terrassen und Moränen vielfache Hinweise auf intensive Abspülprozesse mit Rinnenbildung. Auch hier liegen bei den oft geschichteten Rinnensedimenten die OSL-Alter bei 10-7 ka.

Dies entspricht der Situation, wie sie mittlerweile aus verschiedenen Gebieten Deutschlands bekannt ist (Dreibrodt et al. 2010) und weist auf eine gesteigerte Dynamik und aufgelockerte Vegetation hin. Letztere war möglicherweise durch die trocken-warmen Sommer und evtl. damit zusammenhängende Waldbrände gestört. Eine offenere Vegetationsdecke würde dann wiederum das Eindringen des winterlichen Bodenfrosts vereinfachen.

Die relativ schwache holozäne Bodenbildung (Bvt) in den Taschen und Spültsedimenten wird in der Regel durch die Entwicklung in bereits vorentkalktem Material erklärt (z. B. Semmel 1973). Zusätzlich wäre hier noch der Zeitfaktor zu berücksichtigen, da die Bodenbildung wohl erst nach 7 ka einsetzen konnte.

Schliesslich stellt sich damit auch die Frage der Übertragbarkeit der hier vorgestellten Ergebnisse auf andere Gebiete und die entsprechenden Implikationen für die Genese und Altersstellung periglazialer Sedimente bzw. der Böden in Mitteleuropa.

Zitate

- Dreibrodt S., Lubos C., Terhorst B., Damm B. & Bork H.-J. 2010: Historical soil erosion by water in Germany: scales and archives, chronology, research perspectives. *Quat. Int.* 222: 80-95
- Kösel M. 1996: Der Einfluss von Relief und periglazialen Deckschichten auf die Bodenausbildung im mittleren Rheingletschergebiet von Oberschwaben. *Tübinger Geow. Arb., Reihe D* 1: 1-147.
- Semmel A. 1973: Periglaziale Umlagerungszonen auf Moränen und Schotterterrassen der letzten Eiszeit im deutschen Alpenvorland. *Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd.* 17: 118-132.

A multidisciplinary approach to understand fluvial terrace formation and concomitant travertine deposition at Tirthapuri, western Tibet

Zhijun Wang¹, Michael Meyer¹, Dirk Hoffmann², Mark Aldenderfer³,
Christoph Spötl¹

¹University of Innsbruck, Institute of Geology, zhijun.wang@uibk.ac.at, michael.meyer@uibk.ac.at,

²National Research Centre on Human Evolution, Burgos, Spain, ³School of Social Sciences Humanities and Arts, University of California, Merced, USA

Travertine, a calcareous carbonate precipitated from hydrothermal springs, is widespread along neotectonic faults on the Tibetan Plateau. This kind of carbonate can be absolutely dated via uranium-series dating techniques and the petrographic and geochemical signatures of these deposits can be used for palaeoclimatic and palaeoenvironmental reconstruction. In addition, such spring sites are sometimes associated with archaeological remains (e.g. stone artifacts) and can therefore be of great archaeological value too. Tirthapuri, a site located at the upper Sutlej River in western Tibet and known for its active hot-springs and travertine deposits, was investigated. In the broader Tirthapuri area multiple fluvial terraces can be observed that are associated with ancient travertine deposits as well as Palaeolithic stone tools. We combine geomorphological, sedimentological, petrographic, and geochemical investigations, as well as $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and optically stimulated luminescence dating and archaeological field-walking in order to (i) understand the depositional history of this complex terraced travertine complex and to (ii) decipher the palaeoenvironmental and palaeoclimatic implications of this sediment succession. This study will also help to shed light on the antiquity of the associated archaeological artifacts.

At Tirthapuri travertine and fluvial sediments are exposed discontinuously along the Sutlej River between elevations of ~ 4350 m and 4450 m a.s.l. Geomorphologically three fluvial terrace levels can be clearly discerned and are interpreted to have developed due to the successive incision of the Sutlej River. Terrace I is a travertine platform situated $\sim 3 - 5$ m above the modern river floodplain. The active hot springs are found on this platform. Terrace II $\sim 30 - 50$ m above the modern river is mainly composed of fluvial sediments but capped by a $\sim 1 - 2$ m thick travertine layer. In addition, travertine cones are found on that terrace, indicating that travertine deposition was concomitant with fluvial terrace formation. Further up-section white and soft calcareous deposits are overlain by fluvial sediments that are again capped by travertine. This sediment succession forms the highest terrace level, i.e. terrace III ($\sim 80 - 100$ m above the Sutlej River). The travertine on top of terrace III is only

preserved in small patches and surface finds of stone artifacts of distinct Paleolithic character were made on that terrace level as well.

Microscopic analysis of thin sections from travertine obtained from these three terrace levels reveal a striking pattern: micrite is the dominated crystal fabric in travertine from terrace III, while dendritic and aragonitic crystal fabrics are prevailing in travertine samples from terrace II and I, respectively. The stable oxygen isotope values of these hydrothermal spring carbonates decrease from $\sim -16.33\text{\textperthousand}$ to $\sim -19.60\text{\textperthousand}$ from micritic to dendritic travertine, and drop to $\sim -23.49\text{\textperthousand}$ for the aragonitic travertine. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dating on travertine from these three terrace levels constrain hydrothermal calcite precipitation to ca. 0.2 ka (terrace I), 10 ka (terrace II) and 127 ka (terrace III), respectively. From comparison with lake and speleothem records from the Tibetan Plateau (Zhu et al. 2009, Cai et al. 2010), it can be tentatively inferred that at Tirthapuri extensive travertine precipitation occurred during warm and wet climatic periods.

In this contribution we discuss the sedimentology and geomorphology of the Tirthapuri area and present geological models that explain the formation of such a terraced sequence of fluvial deposits and travertine. We also examine the petrographic and geochemical signatures obtained from these hydrothermal spring carbonates in the light of early diagenesis and review the potential of the Tirthapuri travertine as a palaeoclimatic archive.

References

- Cai Y, Cheng H, An Z, Edwards RL, Wang X, Tan L, Wang J. 2010. Large variations of oxygen isotopes in precipitation over south-central Tibet during Marine Isotope Stage 5: *Geology* 38(3): 243-246.
- Zhu L, Zhen X, Wang J, Lü H, Xie M, Kitagawa H, Possnert G. 2009: A $\sim 30\ 000$ -year record of environmental changes inferred from Lake Chen Co, Southern Tibet. *Journal of Paleolimnology* 42(3): 343-358.

Vorstoßdynamik des Suldenfners während der Kleinen Eiszeit

Georg Weber, Kurt Nicolussi, Johann Stötter

Universität Innsbruck, Institut für Geographie, Georg.Weber@student.uibk.ac.at

Untersuchungen an Alpengletschern zeigen, dass diese zwischen dem ausgehenden 13. und der Mitte des 19. Jh. bei wiederholten Vorstößen immer wieder ähnliche Ausdehnungen annahmen. Während dieser Periode, die auch als Kleine Eiszeit bekannt ist, erreichten viele Alpengletscher ihre Maximalausdehnung während der letzten ca. 10.500 Jahre. Ziel dieser Studie ist es, die Längenänderungen des Suldenfners für den Zeitraum der Kleinen Eiszeit zu rekonstruieren. Der Suldenfner liegt in der Ortler Gruppe, Südtirol, und die Entwicklung der Eisausdehnung ist ab dem Maximalstand von 1819 aufgrund historischer Quellen sowie Messungen am Gletscherende bekannt. Anhaltspunkte über die Vorstoßdynamik des Gletschers vor dieser Zeit fehlen jedoch. Mittels dendrochronologischer Untersuchungen an subfossilen Hölzern aus dem Gletschervorfeld wird versucht die Entwicklung des Gletschers in der Kleinen Eiszeit zu rekonstruieren. Die jahrringanalytische Auswertung solcher „Gletscherhölzer“ ermöglicht bei erhalten gebliebener Waldkante (=letzter gebildeter Jahrring) eine jahrgenaue Datierung der Vorstoßdynamik. Beim Vorrücken des Suldenfners wurden Bäume überfahren und teilweise einsedimentiert. Bisher wurden 25 Baumreste analysiert, welche von 21 Baumindividuen stammen. Die meisten davon wurden in einem begrenzten Areal, am orographisch rechten Fuß der sogenannten Legerwand, gefunden. Hier kamen im Zuge von Straßenbaumaßnahmen Stammteile zum Vorschein, welche ursprünglich in Moränenmaterial eingebettet waren. Die meisten wurden aufgrund der Bauarbeiten umgelagert. Mehrere Hölzer, darunter auch ein drei Meter hohes, noch aufrecht an der Felswand stehendes Stammteil mit Wurzelstock, wurden jedoch *in situ* vorgefunden. Die Holzart der Proben ist mit Ausnahme von einer Lärche (*Larix decidua*) jeweils Zirbe (*Pinus cembra*), die Länge der erstellten Jahrringserien variiert zwischen 42 und 380 Werten. Alle Proben konnten auf Basis von regionalen Referenzchronologien datiert werden, die Jahrringserien fallen in den Zeitraum zwischen 1066 bis 1817. Bei acht Proben ist die Waldkante erhalten geblieben und damit das genaue Absterbedatum feststellbar. Der Suldenfner dürfte bereits im frühen 14. Jh., ähnlich wie andere Alpengletscher, eine den neuzeitlichen Hochständen ähnliche Ausdehnung erreicht haben. Bemerkenswert ist, wie die Ergebnisse zeigen, dass der Hochstand des Suldenfners im frühen 19. Jh. im Vergleich zu den sonst während der Kleinen Eiszeit erreichten Gletscherständen außerordentlich war. Alle anderen Vorstöße blieben mindestens 600 Meter hinter der Maximalausdehnung von 1819 zurück.

Modeling, terrain reconstruction and geomorphologic interpretation of a recent landslide near Mössingen (Swabian Alb, Southern Germany)

Matthias Weniger¹, Joachim Eberle², Jan Kropacek³, Volker Hochschild⁴

¹ Universität Tübingen, Geographisches Institut, matthias.weniger@gmx.net ² Universität Tübingen, Geographisches Institut, joachim.eberle@uni-tuebingen.de, ³Universität Tübingen, Geographisches Institut, jan.kropacek@uni-tuebingen.de, ⁴Universität Tübingen, Geographisches Institut, volker.hochschild@uni-tuebingen.de

After long lasting and strong rainfall in May 2013 several large landslides occurred on the escarpment of the Swabian Alb near the town of Mössingen. The most extensive event happened at the locality called Buchberg where an area of about 12 hectares of forest, meadows and orchards were affected and three roads were destroyed. The complex, multi-phase slip process that continued some days can be tracked in detail on a series of aerial and terrestrial photographs taken by local authorities and enthusiasts.

A detailed mapping was carried out with the support of Swiss company Sensefly using eBee drone in late autumn after leaf fall. Vertical photographs in visible spectrum were taken by a compact camera (16MB) with ground resolution of 3cm. Further some parts of the landslide were recorded with terrestrial laser scanning by the Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL). Digital elevation models (DEM) were constructed using structure from motion approach. A detailed information on mass movement was derived by the subtraction of the resulting DEMs from a before-the-event DEM. Here we used Airborne Laser Scanning DEM provided by LGL which covers the whole area of BW with the resolution of 1m. The difference images show surface modification and give precise information about deviations in altitude for specific parts of the landslide. From this in turn it can be deduced the volume of transported material. In addition the model results show, that remnants of an old landslide and a large soil landfill from 1968 on the toe of the slope have influenced extent and direction of the movement. During several field surveys, these findings could be confirmed. It appeared that a forest road that crossed the steep upper part of the slide and its drainage system contributed to triggering of the landslide. Sedimentological and geophysical investigations are underway in order to determine the certain influence of the landfill and the structure of the whole landslide complex for a better understanding of past and present movements.

Ein Bergsturz am Mieminger Plateau oder wie aus einer "postglazialen Moräne" ein holozäner Bergsturz wurde

Florian Westreicher¹, Hanns Kerschner¹, Kurt Nicolussi¹, Susan Ivy-Ochs², Christoph Prager³

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, florian.westreicher@uibk.ac.at; ² Laboratory of Ion Beam Physics, ETH Zürich; ³alpS – Centre for Natural Hazard and Risk Management, Innsbruck

Im Gemeindegebiet von Mieming, Tirol befindet sich an der Südseite der Mieminger Kette ein ca. 3,4 km² großer und ca. 23 Mio. m³ mächtiger Bergsturzkomplex, der von Penck & Brückner (1901/1909), Ampferer (1905), Machatschek (1933) und Senarcens-Grancy (1938) als Moräne aus dem Gschnitzstadial beschrieben worden ist. Durch Geländearbeit und Datierungen ergab sich, dass die Formen am Hochbichlig und im Bereich des Steinrigs, die zum Teil sehr stark an Moränenwälle erinnern, Teil eines holozänen Bergsturzereignisses sind und sich wesentlich weiter nach Süden erstrecken als bisher angenommen. Eine ¹⁴C Datierung eines Baumstammes, der im distalen Bereich des Ablagerungskomplexes überlagert wurde, ergibt ein Alter von 3730 – 3980 cal. BP (2-sigma-Bereich). Eine weitere Datierung von drei großen Wettersteinkalkblöcken aus dem Hochbichligbereich mit ³⁶Cl (Kerschner & Ivy Ochs, unpubl.) ergeben Alter von ca. 4.0 ka.

Beschreibung des Bergsturzes: Die Abbruchfläche befindet sich in der so genannten Stöttlwand südlich der Griesspitzen und hat eine Höhenerstreckung von 740m. Die Abbruchfläche wird durch glazial überprägte Bereiche abgegrenzt. Im östlichen Bereich der Abbruchfläche finden sich stark verkarstete Platten, welche auf Kluftsysteme hindeuten, die nach Abbruch an die Oberfläche gelangten. Im unteren Bereich der Kontaktzone der Wettersteinformation und den Gesteinen aus dem Raiblerkomplex finden sich zahlreiche Quellaustritte, die rezent den Stötlbach speisen. Die höchstgelegenen Ablagerungen sind als 30-40 Meter mächtige Wälle ausgebildet, welche auf der Bachseite wieder eingeschnitten worden sind. Die Sturzmasse hat eine Engstelle durchglitten und hat im Bereich des Hochbichligs einen sehr mächtigen heterogenen Schuttkörper geformt. An das Hochbichlig schließt eine Wallstruktur an, die von Penck und Brückner als Moränenwall bezeichnet wurde. Hierbei dürfte es sich um eine sekundäre Ableitung handeln, wobei die Genese dieser Oberflächenformen zeitlich nicht vom Bergsturz zu trennen ist. Es finden sich im distalen Bereich der Sackung keine organischen Reste oder fossilen Bodenhorizonte, die auf ein zeitlich späteres Abgleiten hindeuten. Ein möglicher Grund könnte ein Stau des Stötlbaches durch den Bergsturzkörper und damit einhergehender Durchfeuchtung dessen gewesen sein. Ab einer Höhe von ca. 970 m dünnnt die Sturzmasse nach Süden hin aus, es ist anzunehmen, dass sie nur mehr wenige Meter mächtig ist. Dies erstreckt sich bis hin

zum distalen Ende der Ablagerungsmasse im Bereich der Bundesstraße, wo die Mächtigkeit zunimmt und mindestens 15 Meter beträgt und einen Endwall formt. In diesem Bereich ist die Sturzmasse in einen holozänen See eingelitten. Im Zuge von Bauarbeiten wurden an dieser Stelle mehrere fossile Baumstämme gefunden, die im rechten Winkel auf die Bergsturzmasse von dieser überfahren wurden. Im distalen Bereich besteht die Bergsturzmasse zu 97 Prozent aus hellweißen Kalken der Wettersteinformation, der Rest ist dem Raiblerkomplex zuzuordnen. Der Ablagerungskörper wurde schon von Prager et al. (2012) beschrieben, hinzu kommen noch Ergänzungen durch mehrere Aufschlusssituationen und mehrere Begehungen. Der Endbereich des Ablagerungskörpers ist weiter südlich zu finden. Da er teilweise von Seesedimenten überdeckt wurde, sind die Bergsturzablagerungen aus den Lidardaten nicht abzuleiten. Am südwestlichen Ende überdeckt der Bergsturz nicht mehr den Schwemmkegel des Stöttlaches, sondern die Grundmoräne des Inngletschers. An einer Stelle konnte man den Aufgleitprozess und das Zerreißen der lehmigen Moränendecke nachweisen. Leveeähnliche Strukturen geben dem Ablagerungskomplex sehr kleinräumige heterogene Mächtigkeiten. Die Ablagerungsformen lassen auf einen murähnlichen Sturzprozess schließen. Im oberen Bereich des Ablagerungskörpers ist ein Aufschluss gegeben, wo der darunter liegende Schwemmkegel des Stöttlachs gut einsehbar ist. Hier sind zum Teil gut gerundete Gesteine zu finden. Hier ist keine Interaktion von Sturzmasse und Untergrund zu erkennen. Dieser Schwemmkegel findet sich auch im Bereich der Biberseesiedlung wieder, wo das Auflager des Bergsturzes zwischen 0.5m und 4m mächtig ist.

Die heterogene Massenbewegung am Hochbichlig ist auf mehrere Faktoren zurück zu führen (Prager et al. 2012). Einerseits die lithologische Prädisposition durch die Lage der steilen Wandflucht an der Kontaktstelle von Wettersteinkalken und Schichten des Raiblerkomplexes, andererseits Bergwasserspiegel und Wasser in Kluftsystemen. Ebenso befindet sich eine tektonische Störungszone, die in direktem Kontakt durch die Abbruchnische zieht.

Zitate

- Ampferer, O. (1905): Über die Terrasse von Imst – Tarrenz. *JB. Geolog. B.A.* 55. 369 – 374.
- Machatschek, F. (1933): Tal- und Glazialstudien im oberen Inngebiet. *Mitteilungen geographischen Gesellschaft* 76, 5 – 48.
- Senarcens Grancy, W., (1938): Stadiale Moränen in der Mieminger Kette und im Wetterstein. *JB. Geolog. B.A.* 88: 1-12.
- Prager, C.; Zangerl, C.; Kerschner, H. (2012): Sedimentology and mechanics of major rock avalanches: implications from (pre-)historic Sturzstrom deposits (Tyrolean Alps, Austria). In: Eberhardt, E.; Froese, C.; Turner, K.; Leroueil, S.: *Landslides and Engineered Slopes*. Protecting Society through Improved Understanding. Boca Raton – [u.a.]: CRC Press, ISBN 978-0-415-62123-6, Bd. 2, 895 – 900

Formationsgliederung im Rheinsystem – genetische Szenarien

Ulrike Wielandt-Schuster¹, Dietrich Ellwanger¹, Christian Hoselmann² und Michael Weidenfeller³

¹Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau im Regierungspräsidium Freiburg, ulrike.wielandt-schuster@rpf.bwl.de und dietrich.ellwanger@rpf.bwl.de, ²Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, christian.hoselmann@hlug.hessen.de, ³Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, michael.weidenfeller@lgb-rlp.de

Die lithostratigraphische Gliederung der quartären Lockersedimente des Rheinsystems in Formationen und Subformationen ist inzwischen vom Bodenseeraum bis in das Niederrheingebiet vollständig vorhanden (vgl. LithoLex). Wir stellen verschiedene Szenarien vor, die den geologischen und landschaftlichen Werdegang skizzieren und interpretieren. Geogenetische Szenarien sind für die Lithostratigraphie ähnlich wichtig wie Zeitmarken für die Chronostratigraphie. Genese und Datierung bilden eine Art Klammer, um Einzelbefunde in einem Kontext zu ordnen. Von beiden sind nie genug vorhanden, mal passen sie, mal nicht, mitunter mangelt es aber auch an klaren Definitionen und Klassifikationen (z. B. der geogenetischen Prozesse, Räume, Milieus).

Die mit den Eiszeiten einhergehende, extrem starke Erosion (z. B. bis zu 1.000 m glaziale Übertiefung im Alpenvorland, bis zu 250 m Tiefenerosion im Mittelrheintal) hinterließ Sedimentfallen (z. B. Hasenweiler Becken, Neuwieder Becken), die hernach zum mindest teilweise verfüllt wurden; also einerseits Relief und andererseits Sedimentkörper. Die Doppelfunktion, Reliefelement und Sedimentkörper betrifft unterschiedliche Zeitscheiben; dies sollte bei der genetischen Klassifikation nicht vermischt werden (hier Relief vs. Sediment, ähnlich Petrographie vs. Genese etc.).

Zur Orientierung kurz die generelle Einteilung (Ellwanger et al. 2011 & 2012): im jüngeren Quartär sind die Landschaften Bodensee-Oberschwaben, Hochrheintal und südlicher Oberrheingraben vorherrschend durch klimagesteuerte Prozesse geprägt, der nördliche Oberrheingraben und das Mittelrheintal mehr durch Tektonik, noch weiter nördlich spielen Meeresspiegelschwankungen eine Rolle, also wieder stärker klimagesteuert. Das Ausmaß früher Meeresspiegelschwankungen (Klima) ist heute in der Nordsee verborgen, wohingegen die frühpleistozänen Deckenschotter am Alpenrand aus einer fluvialen Umlagerung als Reaktion auf die Alpenhebung (Tektonik) resultieren.

Im Vortrag wird diese Formationsgliederung in drei Szenarien anhand von Cartoons vorgestellt, die teilweise für und in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart erarbeitet wurden:

Vergletscherung im Alpenvorland mit und ohne Übertiefung = Tieferlegung der Landschaft (Fiebig 1995, Wielandt-Schuster et al. 2012): Bilderfolge (1) vor der Eiszeit, (2) Gletschervorstoß und Regression, (3) Gletscher-Maximalstand, beginnender Permafrost, Stauchendmoräne, (4) Kältewüste, Sublimationsphase, tiefer Permafrost, (5) Wiedervorstoß während beginnender Erwärmung, (6) unter dem Gletscher nebeneinander Drumlinbildung (a) und Beckenausräumung (b), (7) Eisstauseephase, (8) nach der Eiszeit randalpine Amphitheater und übertiefte Seebecken. – Die vollständige Bilderfolge illustriert einen glazialen Doppelzyklus (zwei Vorstöße in einer Eiszeit) und die Bildungsbedingungen für Formationen und Subformationen im Rheingletschergebiet (z. B. Hasenweiler-Fm mit Tettnang-Sfm, Kisslegg-Sfm, Scholterhaus-Sfm u.a.). – Ein einfacher Zyklus (erstes, zweites und zurück zum ersten Bild) überdeckt die Landschaft konform, ist selten erhalten und gibt oft Anlass zu heftiger Diskussion (reziprok zu seiner landschaftsgenetischen Bedeutung), z. B. Saulgau etc.

Eventstratigraphische Korrelation von Oberschwaben durch den Oberrheingraben bis zum Meer: Oberschwaben und Oberrheingraben sind durch das Schwellengebiet des Hochrheintals getrennt. Umlagerungs-Events verknüpfen tiefe Becken in Oberschwaben, große Terrassenniveaus im Hochrheintal und Groblagen im Südgraben. Die kurze Dauer der Events (quasi Isochronität) gibt den Rahmen für die Gliederung der Sedimente in Formationen und Subformationen (im Hochrheintal und Oberrheingraben: Rheingletscher-Terrassenschotter-Fm, Neuenburg-Fm, Hartheim-Sfm etc.). Die weitere Verbindung zum Meer ist über die Mittel- und Niederrhein-Hauptterrassen-Formationen (LithoLex) belegt und setzt sich in den Niederlanden mit sechs Formationen fort (Westerhoff et al. 2003).

Übertiefung und beschleunigte Hebung (z. B. Sternai et al. 2012): Die Bilderfolge illustriert das Entwicklungspotential im alpinen Einzugsgebiet. In den verwendeten Quellen gilt die unterschiedliche Erosionsgeometrie fluvialer und glazialer Talformen als Auslöser für die Entwicklung (Hebung). Hinsichtlich der oberschwäbischen Deckenschotter ist der Provenienz-Unterschied von Günz- und Mindel-Deckenschottern (beide Subformationen der Oberschwaben-Deckenschotter-Fm) von Interesse: Wie wirkt sich ein neues alpines Haupttal (Alpenrhein zwischen Sargans und Bregenz) auf die Hebung aus, im Gegensatz zur geometrischen Modifikation vorhandener Täler?

Die drei dargestellten Szenarien veranschaulichen die von uns lithostratigraphisch neu definierten Formationen und Subformationen, die auf aktuellen geologischen Karten dargestellt sind. Sie werfen aber auch neue Fragen auf, sowohl grundsätzlicher Art als auch den morphogenetischen Entwicklungsgang betreffend.

Zitate

- Ellwanger D, Franz M & Wielandt-Schuster U. 2012: Zur Einführung: Heidelberger Becken, Oberschwaben-Oberrhein, Geosystem Rhein. *LGRB-Informationen* 26: 7-24
- Ellwanger D, Wielandt-Schuster U, Franz M & Simon T. 2011: The Quaternary of the southwest German alpine foreland (Bodensee-Oberschwaben, Baden-Württemberg, Southwest Germany). *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter u. Gegenwart)* 60/2: 306-328
- Fiebig M. 1995: Pleistozäne Ablagerungen im süddeutschen und im neuseeländischen Alpenvorland – ein Vergleich. *Inaugural Dissertation Universität Freiburg* 122 Seiten
- Litholex: <http://www.bgr.de/app/litholex/index.php>
- Sternai P, Herman F, Champagnac JD, Salcher B, Fox MR & Willett SD. 2012: The pre-glacial topography of the European Alps. *Geology* 40 (12): 1067-1070
- Westerhoff WE, Wong TE & Geluk MC. 2003. De opbouw van de ondergrond. In: De Mulder EFJ, Geluk MC, Ritsema I, Westerhoff WE & Wong TE (eds). *De ondergrond van Nederland. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. Geologie van Nederland* 7: 247-352
- Wielandt-Schuster U, Ellwanger D, Frechen M, Hoselmann C & Weidenfeller M. 2012: Correlation along the Rhine. *Abstract Book, INQUA-SEQS Sardinia Sept. 26th-30th, 2012*

Genetische Klassifizierung von Lockergesteins-Einheiten

Ulrike Wielandt-Schuster¹, Christian Hoselmann², Michael Weidenfeller³,
Dietrich Ellwanger¹

¹Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau im Regierungspräsidium Freiburg, ulrike.wielandt-schuster@rpf.bwl.de und dietrich.ellwanger@rpf.bwl.de, ²Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, christian.hoselmann@hlug.hessen.de, ³Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, michael.weidenfeller@lgb-rlp.de

Eine aus der Praxis der geologischen Landesaufnahme entstandene Klassifizierung genetischer Lockergesteins-Einheiten wird zur Diskussion gestellt. Um Sedimente zu charakterisieren gehen wir von Petrographie, Genese und Stratigraphie als die drei grundlegenden Techniken aus. Man bearbeitet ein Sediment, indem man es petrographisch beschreibt, genetisch interpretiert und stratigraphisch einstuft. Für alle drei Techniken gibt es ein vielfältiges Inventar an Definitionen. Wie sauber sich diese Definitionen jeweils begründen lassen, hängt nicht zuletzt von den jeweiligen Klassifikationsschemata ab, in die sie eingebunden sind.

Für die Stratigraphie wurden von Steininger & Piller 1999 unter Mitarbeit der Stratigraphischen Kommissionen von Deutschland und Österreich weithin beachtete Richtlinien zur Klassifikation vorgeschlagen. Sie unterscheiden die Zeitgliederung (Chronostratigraphie, Geochronologie) von Korrelationsmethoden, zu denen vor allem Litho-, Bio-, Klima- und Sequenzstratigraphie gehören. Zu letzterer gehören Event-, Allo- und Morphostratigraphie, die Einheiten über Unkonformitäten verknüpfen. Grundlage für die geologische Kartierung ist die Lithostratigraphie (Ad-Hoc-AG Geologie 2002); die darzustellenden Einheiten (v. a. Formationen und Subformationen) werden im deutschsprachigen Raum nach Prüfung durch die Stratigraphischen Subkommissionen nach einem einheitlichen Schema definiert und im Online-Lexikon LithoLex publiziert.

Für die Petrographie ist die Anwendung der Norm „Klassifikation von mineralischen Lockergesteinen“ (DIN 4022, fortgeschrieben als EN ISO 14688 ff.) verpflichtend. Verschiedene Einheiten werden vor allem nach granulometrischen Parametern unterschieden. Diesem analytischen Verfahren gegenüber steht die aggregierende Lithofaziesbeschreibung, die von Miall 1978 und Eyles et al. 1983 begründet wurde. Fiebig 1999 enthält eine Gegenüberstellung und Bewertung beider Methoden, in welche die Erfahrungen jahrelanger Anwendung am Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg eingeflossen sind und in der die große Bedeutung von Lithofaziesprofilen für verschiedene Formen der Weiterverarbeitung der petrographischen Daten dargestellt wird.

Eine ähnlich weithin anerkannte Klassifizierung für Genese fehlt bisher. Unser Vorschlag berücksichtigt zwei grundlegende Zusammenstellungen. Zum einen die „Geogenetischen Definitionen quartärer Lockergesteine“ (Hinze et al. 1989), ein Kompendium von Begriffen aus vier Jahrzehnten geologischer Spezialkartierung. Zum anderen die „Genetic Classification of Glacigenic Deposits“ (Goldthwait & Matsch 1989), eine prozessbasierte Einteilung glazialer Sedimente, die in mehreren INQUA-Arbeitsgruppen entwickelt wurde. Beide wurden seither fortgeschrieben z. B. in Ad-Hoc-AG Geologie 2008, zum anderen Menzies 2002, Elias & Mock 2013. Wir versuchen beiden Ansätzen im Sinne einer Synthese gerecht zu werden. Ziel ist, die verschiedenen genetischen Einheiten zu klassifizieren und gegenüber Petrographie und Stratigraphie abzugrenzen, um eine Vermischung verschiedener Kategorien wie Relief vs. Sediment, petro-,pedo-, stratigraphisch-genetische und andere Mischformen soweit möglich zu vermeiden. Anknüpfend an die Geologische Kartieranleitung (Ad-Hoc-AG Geologie 2002 und 2008) unterscheiden wir drei Ebenen: Bildungsprozess, Bildungsraum und Bildungsmilieu. Dabei verstehen wir unter Bildungsprozess eine eher allgemeine Definition der Ablagerungsbedingungen. Nimmt man Bildungsraum dazu, kommt man zu räumlichen Variationen dieser Prozesse, z. B. als Abfolge von proximalen bis distalen Fazieseinheiten, die zusammen eine Faziessequenz (genetische Sequenz) bilden. Und schließlich ist dabei jede einzelne Fazieseinheit an ein bestimmtes Bildungsmilieu gebunden, das einen bestimmten Prozess an einer bestimmten Stelle repräsentiert. Insoweit entsprechen Prozess, Raum und Milieu drei genetischen Qualitäten, die in einem hierarchischen Verhältnis stehen. Zugleich stehen die drei Qualitäten auch in einer Art horizontalem Verhältnis, zwischen Petrographie und Stratigraphie. Der Bildungsprozess in der Mitte fokussiert ausschließlich genetische Merkmale. Auf der einen Seite genetische Sequenzen im Bildungsraum, wo mehrere Fazieseinheiten eine Entwicklung verkörpern, die auch in allo- oder lithostratigraphischen Begriffen dargestellt werden kann. Auf der anderen Seite Fazieseinheiten, die ein bestimmtes Bildungsmilieu repräsentieren und meist mit einer bestimmten Lithofazies oder Lithofazies-Assoziation verknüpft sind.

Das obens skizzierte Schema zur Klassifikation wird im Poster an Beispielen illustriert:

- Glaziale Sedimente (aus Eis austretend): Till/Tillsequenz/Setztill, Ausschmelztill
- Glaziale Formen (Eiskontakt): Moräne / Landschaftssequenz/Stauchmoräne, Drumlin, Os
- Fluviale Sedimente (Transport-sortiert): Kiesteppich/Boden-/Misch-/Suspensionsfracht
- Fluviale Formen: Alluvialfächer, Sander/Rinne (braided – mäandrierend – anastomosierend)

Viele der hier präsentierten Inhalte sind nicht neu. Wir finden jedoch, dass Genese eine ähnlich weithin anerkannte Klassifizierung verdient, wie Stratigraphie und Petrographie, und wir glauben, mit dem hier vorgelegten Vorschlag einen sinnvollen Schritt in diese Richtung zu gehen.

Zitate

- Ad-Hoc-AG Geologie (Hrsg.) 2002: Geologische Kartieranleitung. *Geologisches Jahrbuch G* 9: 135 Seiten.
- Ad-Hoc-AG Geologie 2008: Geologische Kartieranleitung (Teil 2): <http://portale.wisutec.de/gka/Startseite.aspx>
- Elias S & Mock C. (eds.) 2013: Encyclopedia of Quaternary Science, 2nd Edition. Elsevier: 3888 pages.
- Eyles N, Eyles CH & Miall AD. 1983: Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology* 30(3): 393-410.
- Fiebig M. 1999: Zur geologischen Aufnahme von quartären Lockergesteinen. *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften* 27(1/2): 135-152.
- Goldthwait RP & Matsch CL. (eds.) 1989: Genetic Classification of Glacigenic Deposits. Balkema: 304 pages.
- Hinze C, Jerz H, Menke B & Staude H. 1989: Geogenetische Definitionen quartärer Lockergesteine für die geologische Karte 1:25 000 (GK 25). *Geologisches Jahrbuch A* 112: 243 Seiten.
- LithoLex: <http://www.bgr.de/app/litholex/index.php>
- Menzies J. 2002: Modern and Past Glacial Environments: Rev. Student Ed.. Butterworth-Heinemann, kindle edition: 543 pages.
- Miall AD. (ed.) 1978: Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5: 850 pages.
- Steininger FF, Piller WE. 1999: Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der Stratigraphischen Nomenklatur. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 209: 1-19

Kopplung von $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$ Biomarkeranalytik in der terrestrischen Klimaforschung: Potential, konzeptionelles Modell, Validierung und erste Anwendung

Michael Zech & Coautoren

Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Geomorphologie und Abteilung Bodenphysik & Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Abteilung Bodenbiogeochemie, michael_zech@gmx.de

Biomarkeranalytik ist eine relativ junge aber viel versprechende Disziplin in der terrestrischen Quartärforschung (Zech et al., 2011). In Löss, der aufgrund von Oxidationsprozessen kaum und meist nur schlecht erhaltene Pollen aufweist, können beispielsweise Pflanzenwachs-bürtige Alkanbiomarker oder Harz-bürtige Terpenoidbiomarker als molekulare Fossilien dienen, anhand derer ein Beitrag zur Vegetationsrekonstruktion geleistet werden kann. In den vergangenen Jahren wurde kontrovers und teilweise leidenschaftlich diskutiert, ob Alkane in Löss-Paläoboden Sequenzen signifikant postsedimentär durch Wurzeleinträge kontaminiert sind; neueste Ergebnisse basierend auf dem Vergleich von substanz-spezifischen ^{14}C -Altern von Alkanen mit Lumineszenz-Altern beantworten diese Frage, indem die Alkane synsedimentäre Alter aufweisen (Häggi et al., 2014).

Noch faszinierender ist jedoch das Potential für die terrestrische Quartärforschung welches in der Kopplung von Biomarkeranalytik mit Stabilisotopenanalytik liegt. Grundlage hierfür ist, dass die Sauerstoff- und Wasserstoffisotopie von Niederschlag ($\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$) im Wesentlichen von klimatischen Bedingungen (v. a. Temperatur und Niederschlagsmenge) abhängt und das Isotopensignal des Niederschlags bei der Biosynthese in die pflanzlichen Biomarker eingebaut wird (Zech et al., 2014). Damit eröffnet sich die Möglichkeit der Erstellung von quasi-kontinuierlichen ^{18}O und ^2H Klimakurven für Löss-Paläoboden Sequenzen.

Einen entscheidenden Vorteil liefert dabei die Kombination von $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$ Biomarkeranalysen, da nur dann zwischen dem Isotopensignal des Niederschlags und der Isotopenreicherung des Blattwassers durch Verdunstung differenziert werden kann. In geeigneten Archiven und Untersuchungsgebieten erlaubt dieser Ansatz die Rekonstruktion sowohl von Temperaturschwankungen als auch Veränderungen der relativen Luftfeuchte (Zech et al., 2013). Im Vortrag wird das entsprechende konzeptionelle Modell, eine Klimatransektstudie zur Validierung und eine erste Anwendung auf eine Paläobodensequenz vorgestellt. Die ermittelte terrestrische ^{18}O -Klimakurve wird mit den ^{18}O -Klimakurven des benachbarten Kratersees El'Gygytgyn, grönländischen Eisbohrkernen und der Insolationskurve verglichen.

Zitate

- Häggi C, Zech R, McIntyre C, Zech M, Eglinton T. 2014: On the stratigraphic integrity of leaf-wax biomarkers in loess paleosol. *Biogeosciences* 11: 2455-2463.
- Zech M, Mayr C, Tuthorn M, Leiber-Sauheitl K, Glaser B. 2014: Oxygen isotope ratios ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) of hemicellulose-derived sugar biomarkers in plants, soils and sediments as paleoclimate proxy I: Insight from a climate chamber experiment. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 126: 614-623.
- Zech M, Tuthorn M, Detsch F, Rozanski K, Zech R, Zöller L, Zech W, Glaser B. 2013: A 220 ka terrestrial $\delta^{18}\text{O}$ and deuterium excess biomarker record from an eolian permafrost paleosol sequence, NE-Siberia. *Chemical Geology* 360-361: 220-230.
- Zech M, Zech R, Buggle B, Zöller L. 2011: Novel methodological approaches in loess research – interrogating biomarkers and compound-specific stable isotopes. *Eiszeitalter & Gegenwart – Quaternary Science Journal* 60 (1): 170-187.

Stabile Isotope holozäner Baumjahrringe aus den Schweizer Alpen

Malin Michelle Ziehmer^{1,2}, Kurt Nicolussi³, Christian Schlüchter^{2,4}, Markus Leuenberger^{1,2}

¹ Universität Bern, Physikalisches Institut, ziehmer@climate.unibe.ch, ² Universität Bern, Oeschger-Zentrum für Klimaforschung, ³ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, ⁴ Universität Bern, Institut für Geologie

Das Ökosystem der Alpen reagiert sensibel auf Temperatur- und Niederschlagsveränderungen, was sich im derzeitigen Rückgang der Gletscher im Zuge des globalen Klimawandels und der damit verbundenen globalen Erwärmung widerspiegelt. Diese Reaktion der alpinen Gletscher verdeutlicht deren Rolle als wesentliches klimatisches Archiv, welches bereits seit Jahrzehnten genutzt wird, um die Entwicklung des Klimas während des Holozäns zu erfassen und zu verstehen. Neuerliche Funde langlebiger Bäume in Gletschervorfeldern verändern jedoch dieses Konzept der alpinen Gletschervariabilität und somit das Verständnis der holozänen Klimadynamik und zeigen, dass die natürliche Variabilität des postglazialen Klimas noch nicht gänzlich verstanden ist. Jedoch ist genau dieses Verständnis der natürlichen Klimavariabilität zur Speisung der Klimamodelle notwendig, um so die natürliche und anthropogenen Klimavariabilitäten noch klarer als bisher voneinander trennen zu können.

Die Entwicklung des Klimas im Holozän wurde hauptsächlich anhand von niedrigfrequenten Archiven wie etwa den Schwankungen der Baumgrenze und der Alpinen Gletscher über lange Zeiträume hinweg rekonstruiert. Holozäne Datenreihen aus den Alpen von jährlich aufgelösten Proxies wie etwa Stalagmiten und Baumjahrringen wurden erst kürzlich zugänglich. Beim Vergleich von niedrig- und hochfrequenten Datenreihen ergeben sich jedoch signifikante Unterschiede. Während die niedrigfrequenten Proxies wie Schwankungen der Gletscher und der Baumgrenze eine Entwicklung von einem warmen frühen und mittleren Holozän zu einem relativ kalten späten Holozän beschreiben, zeigen hochaufgelöste Datenreihen keinen durchgängigen Langzeittrend. Die Gründe hierfür sowie die zugrundeliegenden Mechanismen sind noch nicht gänzlich verstanden.

Das Wissen zu den Umweltbedingungen im Holozän sowie die damit verbundene natürliche Klimavariabilität sollen im Rahmen des Projektes „Alpine Holocene Tree Ring Isotope Records“ verbessert werden. Dazu werden hochaufgelöste Zeitreihen stabiler Isotope holozäner Baumjahrringe erstellt, welche mehrere tausend Jahre des Holozäns abdecken. Mittels Chronologien stabiler Isotope

erstellte Rekonstruktionen können so mit ähnlich hochauflösten Proxy-Daten verglichen werden.

Die Datenreihen stabiler Isotope werden anhand von kalenderdatierten Holzfunden aus Schweizer Gletschervorfeldern wie etwa dem des Mont Miné oder des Tschierva erstellt. Hierbei werden aus den Stammscheiben der Holzfunde Keile gesägt, und die Baumjahrringe in 5-Jahres-Blöcken voneinander getrennt. Da die Messung der stabilen Isotope an Zellulose durchgeführt wird, wird diese aus den Baumjahrringblöcken mittels eines standardisierten Verfahrens extrahiert und in Folge mit Hilfe von Ultraschall homogenisiert (Boettger 2007, Laumer 2009). Im Anschluss werden die stabilen Isotope von Kohlenstoff (^{13}C), Wasserstoff (^2H) und Sauerstoff (^{18}O) durch eine kürzlich entwickelte Messmethode simultan gemessen. Die Datenreihen der stabilen Isotope dienen dann unter Anwendung von Multi-Proxy Methoden zur Erstellung von Klimarekonstruktionen.

Im Fokus steht zu Beginn des Projekts die Analyse von Optima und Minima Perioden während des Holozäns, die sich durch Warmphasen oder signifikante Abkühlung auszeichnen. Ein maßgebliches Beispiel ist das gut dokumentierte 8.2 ka BP Event, welches durch eine Phase abrupter Abkühlung charakterisiert ist. Daher eignet es sich hervorragend, um die Reaktion der verschiedenen Jahrringparameter zu quantifizieren und deren Korrelation zu analysieren. Die Holzfunde aus dem Gletschervorfeld des Mont Miné decken den Zeitraum zwischen 8880 bis 7276 a BP ab, anhand welcher die ersten Messungen und Resultate im Rahmen des Projektes ermittelt wurden.

Zitate

- Boettger, T. et. al. 2007: Wood cellulose preparation methods and mass spectrometry analysis of delta C-13, delta O-18, and nonexchangeable delta H-2 values in cellulose, sugar, and starch: An interlaboratory comparison. *Analytical Chemistry* 79(12): 4603-4612.
- Laumer W., Andreu L., Helle G., Schleser G. H., Wieloch T., Wissel H. 2009; A novel approach for the homogenization of cellulose to use micro-amounts for stable isotope analyses. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23(13): 1934-1940.

TL-Datierung des quartären Eifel-Vulkanismus: Probleme und erste Erfolge

Ludwig Zöller, Philip Klinger, Daniel Richter

Universität Bayreuth, Lehrstuhl Geomorphologie ludwig.zoeller@uni-bayreuth.de , philip.klinger@arcor.de , daniel.richter@uni-bayreuth.de

Der mittel- und jungquartäre Eifelvulkanismus steht in engem Zusammenhang mit der Quartärstratigraphie im Rheinischen Schiefergebirge und seiner Umgebung. Die physikalische Datierung des quartären Eifelvulkanismus gestaltet sich jedoch nach wie vor schwierig, besonders für Vulkanite <200 ka, sofern wie bei den meist basischen Magmen keine Sanidine enthalten sind. Der Einsatz der Ar/Ar-Datierung stößt dann wegen der langen Halbwertszeit von ^{40}K (1,23 Mrd. a) bei Vulkaniten <200 ka an seine Grenzen oder ist mit sehr großen Unsicherheiten behaftet.

Deshalb wurde in einem DFG-geförderten Projekt versucht, die TL-Methode einzusetzen. Die direkte TL-Datierung vulkanischer Mineralphasen bereitet aus verschiedenen Gründen, besonders wegen des „anomalen Ausheilens“ (anomalous fading) der TL von vulkanischen Mineralen, große Probleme, die zu signifikanten Altersunterschätzungen führen. Zöller & Blanchard (2009) versuchten daher, ausgeheizte Krustenxenolithe mittels TL (polymimetalische Feinkorntechnik) zu datieren, konnten aber das Problem des „anomalen Ausheilens“ nicht restlos überwinden.

Anomales Ausheilen der TL und OSL von Quarzen wird in der Literatur nur für Ausnahmefälle berichtet. So lag es nahe, nur die reine Quarzfaktion aus Krustenxenolithen für die TL-Datierung zu nutzen. Da die üblicherweise für Quarze benutzte blaue oder UV-Emission der TL bzw. OSL wegen ihrer niedrigen Sättigungsdosis eine niedrige Datierungsobergrenze in der Größenordnung von einigen 10^4 bis 10^5 a erwarten ließ, wurde nun die orange-rote (620 nm) Emission (R-TL) erhitzter Quarze getestet, die nach Literaturangaben eine um etwa den Faktor 100 höhere Sättigungsdosis aufweist. Die Detektion der R-TL ist aber durch ein weitaus ungünstigeres Signal/Untergrund-Verhältnis charakterisiert, was neue Herausforderungen an die Detektionseinheit stellte. Zur Überprüfung der R-TL-Alter wurden von etlichen für TL beprobten Vulkaniten auch kleine, ideomorphe Phlogopitkristalle beprobzt und im GEOMAR-Institut (Kiel) von Dr. Paul von den Bogaard einer „LA stepwise heating“ Ar/Ar-Datierung unterzogen.

Überraschenderweise zeigten die Quarze aus einigen Proben einen zeitabhängigen TL-Verlust nach der Beta-Bestrahlung im Labor, der „anomalem Ausheilen“ gleichkommt und signifikante Unterschätzung der TL-Alter gegenüber den

Ar/Ar-Altern bewirkte. Unsere Beobachtungen nährten den Verdacht, dass die Quarze dann diese Langzeitinstabilität der TL aufweisen, wenn sie während der Eruption zu heiß geworden waren. Eine Bildung der irreversiblen Hochtemperatur-Modifikation Tridymit in den erhitzten Krustenxenolithen konnte durch röntgendiffraktometrische Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Ob der Tiefquarz-Hochquarz-Übergang (573°C) für die Änderung der Lumineszenzeigenschaften verantwortlich ist, bedarf momentan noch weiterer Klärung. Ein „Fadingtest“ sollte einstweilen auch bei der TL-Datierung erhitzter Quarze routinemäßig vorgeschaltet werden.

Trotz der aufgetretenen unerwarteten Probleme können erste erfolgreiche R-TL-Datierungsversuche aus dem Westeifeler und dem Osteifeler Vulkanfeld vorgestellt werden, die den Zeitraum von ca. 40 ka bis >600 ka abdecken.

Zitat

Zöller L, Blanchard H. 2009: The partial heat – longest plateau technique: Testing TL dating of Middle and Upper Quaternary volcanic eruptions in the Eifel Area. *E&G Quaternary Science Journal* 58: 86-106.