Radiokohlenstoff-datierungen in Archäologie und Klimaforschung – ein Laborbesuch

Am 30. Oktober 2021 bot sich, im Rahmen der Veranstaltungsreihe «Zeitreisen», einer Gruppe von NGB-Mitgliedern die Möglichkeit, nach einem Kurzvortrag das Labor zur Analyse von Radiokohlenstoff mit AMS[1] (LARA) von Prof. Dr. Sönke Szidat zu besuchen, das zum Departement für Chemie, Biochemie und Pharmazie (DCBP), aber auch zum Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR) gehört. Die stellvertretende Kantonsarchäologin Dr. des. Regine Stapfer vom Archäologischen Dienst des Kantons Bern präsentierte einige Funde vom Schnidejoch in der Wildhornregion und erläuterte anhand dieser Gletscherfunde Anwendungen der ^{14}C-Datierung in der Archäologie.

Autor

Matthias Giger

Eine ausführliche Abhandlung über die Radiokarbonmethode und deren Anwendungen in der Archäologie findet sich in den NGB-Mitteilungen von 2018 (Szidat und Stapfer; 2018). Einige wichtige Grundlagen, die im Rahmen des Laborbesuches eine Rolle spielten, werden nachfolgend kurz rekapituliert.

Die Quelle des Radiokohlenstoffs befindet sich in der Stratosphäre. Durch hochenergetische Teilchen der kosmischen Strahlung, werden in der oberen Atmosphäre Atomkerne «zerschmettert» (Spallation). Durch Spallation von Atomkernen können freie, thermische[2] Neutronen entstehen. Nimmt das in der Erdatmosphäre häufigste Isotop, das Stickstoffisotop ^{14}N, ein Neutron auf, wird es in ein ^{14}C umgewandelt und aktiviert. Das ^{14}C wird oxidiert zu $^{14}CO_2$ und so Teil des Kohlendioxidkreislaufs. $^{14}CO_2$ sinkt schliesslich in die Troposphäre («Wetterschicht» der Atmosphäre) hinunter, wo es in Biomasse oder Carbonate eingebaut wird.

Die klassische Datierungs-Methode detektiert die Beta-Aktivität des in organischen und anorganischen Materialien eingebauten ^{14}C, dies in gut abgeschirmten Zählrohren. Da ^{14}C eine Halbwertszeit von 5730 ± 40 Jahren hat, nimmt die Beta-Aktivität im Laufe der Zeit ab[3]. Es wird also zu einem bestimmten Zeitpunkt die Restaktivität des, in das organische Material oder Car-

1 AMS heisst accelerator mass spectrometry; auf Deutsch: Beschleuniger-Massenspektrometer.
2 Thermische Neutronen sind «langsam», d.h. sie haben eine kleine kinetische Energie, die in etwa der Energie der Wärmebewegung am Entstehungsort entspricht.
3 Es lassen sich noch Objekte datieren, deren Alter etwa 10 Halbwertszeiten entspricht (50 000 bis 60 000 Jahre).

bonat, eingebauten ^{14}C gemessen. Der Nachteil dieser klassischen Methode ist, dass es relativ viel Probenmaterial (im Grammbereich) braucht, um eine aussagekräftige Datierung durchzuführen. Dies erhöht den Aufwand für die Probenaufbereitung und nicht in jedem Fall stehen genügend grosse Probenmengen zur Verfügung.

Die Begrenzungen der klassischen Methode können überwunden werden durch ein Beschleuniger-Massenspektrometer, englisch AMS. Dessen genauer Aufbau und die Funktion wird von Szidat und Stapfer (2018) ausführlich erklärt. Dieses Gerät kann einzelne Ionen einer bestimmten Masse (bzw. Masse zu Ladung) zählen und diese Methode ist rund 10 000-mal empfindlicher als die klassische Detektion mittels Beta-Strahlung des ^{14}C. Somit sind auch die notwendigen Probenmengen viel kleiner, nämlich in der Grössenordnung eines Milligramms Kohlenstoff. Für bestimmte Anwendungen kann die Probenmenge sogar auf weniger als 10 Mikrogramm reduziert werden. Die technische Entwicklung der AMS erlaubt es heute, kleinere, kostengünstigere Systeme (Flächenbedarf etwa 7,5 m^2) mit geringeren Energien (0,2 MV) zu betreiben. AMS-Systeme der neuesten Generation sind zudem benutzerfreundlich und es braucht für den Betrieb nicht dauernd anwesende Spezialisten (Physiker, Elektroniker usw.). In der Schweiz gibt es zwei Labore, die Radiokohlenstoff mit AMS messen, nämlich in Bern und in Zürich (ETH). Weltweit haben etwa 100 Labore diese Fähigkeit.

Radiokohlenstoffdatierung ist weltweit in etwa 100 Laboren möglich

Die Funktion des AMS kann man beschreiben als eine Reihe hintereinander geschaltete Filter, welche die Aufgabe haben, stören-

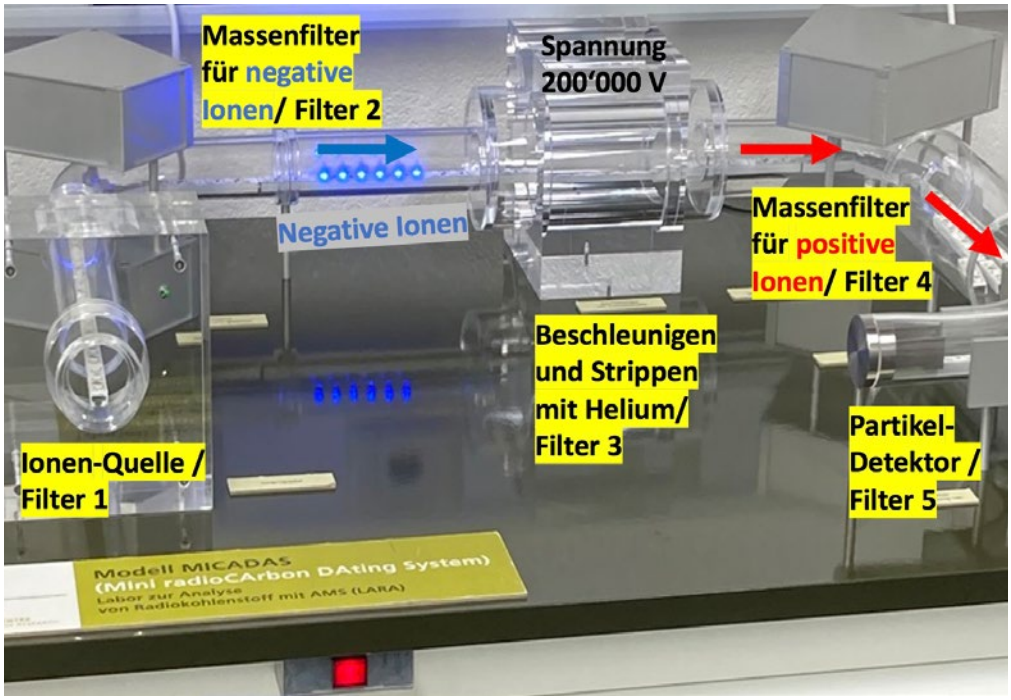

Abb. 1: Das Modell des AMS zeigt den Weg der Ionen von der Quelle mit der Probe (links), die zugleich das erste Filter ist (selektive Ionisation). Danach folgt das Massenfilter für negative Ionen (blau dargestellt). Nach der Beschleunigung und dem Stripping-Prozess (dritter Filter) sind die Ionen positiv (rot dargestellt) und durchlaufen einen weiteren Massenfilter, um schliesslich detektiert zu werden. Bild: Matthias Giger

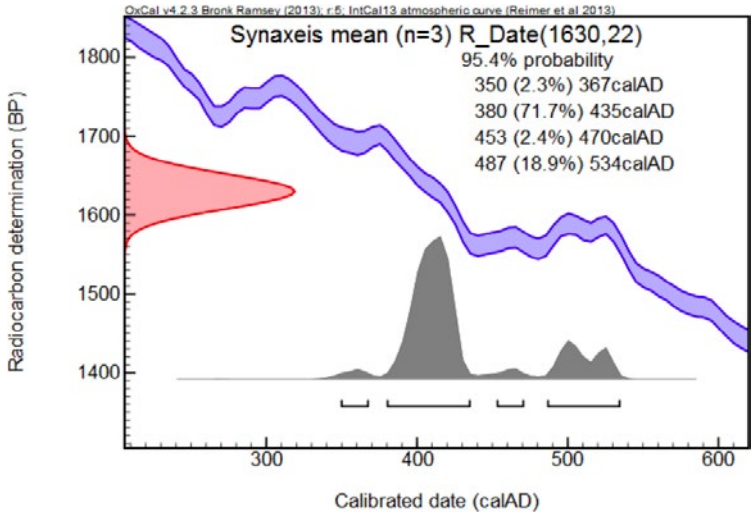

Abb. 2: Die Abbildung zeigt ^{14}C-Daten eines frühchristlichen Papyrus. Das konventionelle ^{14}C-Alter (rot) liegt bei 1635 +/– 30 Jahren (1 sigma). Die violette Kalibrationskurve zeigt die zu erwartenden effektiven ^{14}C-Werte zwischen rund 200 und 600 n. Chr. Der Abgleich des konventionellen ^{14}C-Alters mit der violetten Kalibrationskurve zeigt, dass die Probe mit hoher Wahrscheinlichkeit von etwa 400 n. Chr. stammt, aber auch rund 100 Jahre jünger oder 50 Jahre älter sein könnte. Wenig wahrscheinlich ist dagegen ein Alter um 440 oder 470 n. Chr. (cal AD). Es gibt also hier Lücken zwischen den wahrscheinlicheren Altersbereichen. Bild: Samuel N.C. Lieu et al. (Editors), Manichaeism East and West (Turnhout: Brepols, 2017), S. 28, Abb. 8.

de Ionen (Interferenzen) auszufiltern (siehe *Abb. 1).* Als wichtige, isobare[4] Interferenzen sind zu nennen ^{14}N sowie die Molekül-Ionen $^{12}CH_2$ und ^{13}CH. Eine weitere Interferenz gibt es zwischen $^{14}CO_2$ und dem Stickoxid $^{14}NO_2$. Im ersten Filter wird das Target (d.h. die aufbereitete Probe in der Kohlenstoff-Modifikation Graphit) mit Cäsium (Cs)-Ionen beschossen, wodurch negativ geladene Ionen entstehen. Allerdings kann der Stickstoff so nicht ionisiert werden, sodass die Bildung von ^{14}N-Ionen durch diese Art Ionisation bereits vermieden wird. Nachdem die negativen Ionen das Magnetfeld eines ersten Sektor-Massenfilters durchlaufen haben, gelangen sie in den Beschleuniger. Dort werden sie mit 200 000 V (0,2 MV) beschleunigt und treffen auf Spuren des Stripping[5]-Gases (Helium). Kollisionen mit dem Heliumgas bewirken, das Molekül-Ionen zerbrechen und dabei von allen Protonen befreit werden, womit weitere wichtige isobare Interferenzen fast ganz unterdrückt werden können. Zudem verlieren beim Stripping die Kohlenstoff-Ionen Elektronen und verlassen nun als positiv geladene Ionen ($^{12}C^+$, $^{13}C^+$ und $^{14}C^+$) den Beschleuniger. Sie durchlaufen danach das Magnetfeld des zweiten Sektor-Massenfilters und werden schliesslich detektiert, das Nuklid ^{14}C von einem besonderen Partikel-Detektor. 38 Proben können in rund drei Tagen gemessen werden, bei einer durchschnittlichen Messzeit pro Probe von 1 bis 1,5 Stunden.

Probenaufbereitung entscheidet über die Qualität der Resultate

Der Schlüssel für eine gute Messung ist eine standardisierte Probenaufbereitung, was im Labor ebenfalls demonstriert werden konnte. In einem ersten Schritt müssen aus organischem Material, z.B. Holz, die stabilsten, kohlenstoffhaltigen Materialien isoliert werden. Das ist beim Holz die Cellulose, die von weniger stabilen Holzkomponenten wie Hemicellulose, Lignin oder dessen Abbauprodukten getrennt werden muss. Die weniger stabilen Holzkomponenten verändern sich («verwittern») über die Zeit, sodass deren ^{14}C-Gehalt zu hoch sein kann oder sogar «moderne» Werte[6] anzeigt. Als ideales Ausgangsmaterial eignen sich auch Holzkohle, Kollagen (Struktur-Protein, z.B. aus Knochen und Knorpel), vorgereinigte Carbonate (Salze der Kohlensäure; enthalten in Korallen, Stalagmiten, Gehäusen von Schnecken oder Muscheln und sogar im Mörtel von Gebäuden) sowie Luftproben (z.B. Einschlüsse im Eis). Das chemisch stabile, organische Ausgangsmaterial wird in Sauerstoff bei hoher Temperatur zu Kohlendioxid CO_2 ver-

4 Isobar nennt man Nuklide von verschiedenen chemischen Elementen (unterschiedliche Kernladungszahl) mit gleicher Massenzahl (gleiche Nukleonenzahl).
5 Stripping ist ein Kollisionsprozess, der alle Bindungspartner eines Moleküls (z.B. Protonen) entfernt, sodass nur noch Atomrümpfe übrigbleiben.
6 Als «moderner» Wert gilt der ^{14}C-Gehalt einer Vergleichsprobe (Standard) von 1950.

brannt. Dieses Kohlendioxid wird in Wasserstoffgas durch Reduktion in die Kohlenstoffmodifikation Graphit umgewandelt und auf Eisenpulver abgelagert (Graphittarget für das AMS). Auch eine Direktmessung als CO_2-Gas[7] ist möglich.

Die Interpretation von ^{14}C-Alter braucht Expertenwissen und viele Daten

Die Interpretation von ^{14}C-Daten ist nicht ganz einfach, wie die *Abb. 2* zeigt. Die Zerfallskurve kann einerseits als stetige Kurve gerechnet werden und ergibt ein sogenanntes konventionelles ^{14}C-Alter (basierend auf einer ^{14}C-Halbwertszeit von 5730 ± 40 Jahren). Die Bildungsrate von ^{14}C in der Stratosphäre ist aber nicht konstant, sondern abhängig von der Sonnenaktivität, welche die kosmische Strahlung modifiziert und von der Stärke des Erdmagnetfeldes (dieses unterliegt längerfristigen Schwankungen). Durch den Vergleich von Dendrochronologie (Jahrringzählungen von Hölzern) und Radiokarbondaten erhielt man eine Kalibrationskurve basierend auf den effektiven ^{14}C-Gehalten zu verschiedenen Zeiten. Diese Kalibrationskurve zeigt zwar auch einen Trend zur generellen Abnahme von ^{14}C mit der Zeit, zeigt aber verschiedene «wiggles» («Wackeln»; auf und ab) und ist somit keine stetige Kurve. Somit ist der gleiche ^{14}C-Gehalt zu verschiedenen Zeiten möglich (siehe *Abb. 2).*

Sowohl konventionelle ^{14}C-Alter (berechnet aufgrund der Halbwertszeit von ^{14}C) als auch mit Dendrochronologie kalibrierte ^{14}C-Alter sind mit einer analytischen Unsicherheit behaftet. Wiederholte Messungen einer Probe können in einem Histogramm dargestellt werden. Bei einer genügend grossen Anzahl von Wiederholungen einer Messung (z. B. 60) ergibt sich eine Gauss-Kurve. Die Gauss-Kurve für das konventionelle Alter ist in der *Abb. 2* rot dargestellt. Aufgrund der analytischen Unsicherheit kann die 1-sigma- oder 2-sigma-Standardabweichung[8] auch für das Alter angegeben werden, so kommt man zur Aussage «+/– Jahre». Auch die kalibrierten Daten sind mit einer analytischen Unsicherheit behaftet, wodurch in der *Abb. 2* keine Linie, sondern ein violettes Band resultiert. Wird der gemessene ^{14}C-Wert (konventionelles Alter) mit dem kalibrierten Alter (violettes Band) verglichen, kann man die Wahrscheinlichkeiten für eine Übereinstimmung (Überlappung) ableiten. Diese Wahrscheinlichkeiten werden in der *Abb. 2* als graue Flächen oberhalb der X-Achse dargestellt. Nicht immer lassen sich aufgrund von ^{14}C-Daten (Laborresultat) allein schon klare Aussagen machen, womit bei der Interpretation auch archäologisches oder z. B. sedimentologisches Expertenwissen, beispielsweise zur relativen Einordnung der Funde, gefragt ist (siehe weiter unten).

Viele Anwendungen der ^{14}C-Methode

Die Datierung von prähistorischen Fundgegenständen ist nicht die einzige Anwendung der ^{14}C-Methode. Auch limnologische Untersuchungen können durch die Datierung von Seesedimenten unterstützt werden, so konnten für Sedimentbohrkerne aus dem Moossee (Gemeinde Moosseedorf) maximale Ablagerungsalter von 3800 bis 7000 Jahren ermittelt werden. Die Methode lässt sich auch auf organischen Feinstaub in Eisbohrkernen anwenden, wodurch z. B. kalte und alte Alpengletscher, so am Colle Gnifetti auf 4455 m (Monte Rosa), datiert werden konnten. Das älteste Eis ist dort in 80 m Tiefe wohl über 15 000 Jahre alt, das älteste Alter von ungestört lagernden Eisproben[9] liegt dort bei rund 7600 bis 8700 Jahren. Auch Hölzer aus alten Gletscher-Moränen wurden datiert, womit frühere Gletschervorstösse erfasst werden können. So konnten viele Beiträge zur nacheiszeitlichen Klimageschichte geliefert werden.

7 Carbonate werden in Säure aufgelöst wodurch CO_2 entsteht (Messung als Gas nicht als Feststoff).
8 Bei einer Gauss-Kurve liegen 68,3 % der Realisierungen im Bereich +/– 1 sigma (Standardabweichung). In den Bereich +/– 2 sigma fallen sogar 95,4 % aller Realisierungen.
9 In den tiefsten Teilen von Eisbohrkernen ist das Eis oft durch den Druck deformiert, die Lagerung gestört.

Abb. 3: Situation im Wildhorngebiet und am Schnidejoch (Passübergang links der Bildmitte). Die NE Flanke des Wildhorns (3250 m; rechts der Bildmitte) ist immer noch vergletschert. Archäologische Gegenstände wurden am Rande der zwei grösseren Eisflecken unterhalb der Schnidejochs gefunden (auffallend ist vor allem der grössere, dreieckige Eisfleck links unterhalb der Bildmitte). Panorama vom ADB (Archäologischer Dienst des Kantons Bern).

Eine weitere interessante Anwendung ist die Quellenzuordnung von Feinstaub und CO_2. Fossile Brennstoffe enthalten kein messbares ^{14}C, erneuerbare Brennstoffe (z. B. Holz für Holzheizungen) liefern Verbrennungsprodukte mit höheren, modernen ^{14}C-Werten. Interessant ist auch der Vergleich von Messstationen. So sind die fossilen Beiträge auf dem Schauinsland (Schwarzwald) etwas höher als jene auf dem Jungfraujoch. Auch Methanquellen lassen sich so unterscheiden: Methan als rezentes Sumpfgas hat deutlich höhere ^{14}C-Gehalte als das (fossile) Erdgas aus geologischen Formationen.

Radiokarbon wird auch im Rahmen der Überwachung der Emissionen von künstlichen ^{14}C-Quellen (KKW u. a.) gemessen. Zuständig ist dafür das BAG (Bundesamt für Gesundheit).

Neue Erkenntnisse zu archäologischen Funden vom Schnidejoch

Frau Stapfer vom Archäologischen Dienst des Kantons Bern erklärt, dass bei der Deutung von Funden auch relative Alterskriterien zu berücksichtigen sind, also die Stratigraphie (Schichtabfolge; bei ungestörter Lagerung sind ältere Gegenstände unten, jüngere oben), die Fundvergesellschaftung (welche Art von Gegenständen kommen zusammen in der gleichen Schicht vor) sowie die Typologie (Zuordnung von Gegenständen zu bekannten Kulturepochen).

Für die absolute Datierung eignet sich die Dendrochronologie, also die Vermessung der Breite der Jahrringe von Bäumen und Korrelation der Jahrringmuster mit datierten Vergleichskurven (vgl. Bolliger, 2018, NGB Mitteilungen). Die Dendrochronologie wurde zur Datierung der prähistorischen Seesiedlungsreste («Pfahlbauten») der Fundstelle Biel, Campus angewandt. Doch die ausgegrabene Schichtabfolge zeigte neben den anhand von Pfählen dendrochronologisch datierbaren Siedlungsphasen aus dem Neolithikum um 3800 v. Chr. sowie um 2700 v. Chr. weitere Spuren menschlicher Aktivität: Dank der ^{14}C-Methode konnte nachgewiesen werden, dass die umfangreiche Schichtablagerung zwischen 10 400 und 1700 v. Chr. entstand, also vom Spätpaläolithikum bis in die Bronzezeit.

Auch wenn die Dendrochronologie unschlagbar gute Datierungen für die zwei Siedlungphasen der Jungsteinzeit liefert, zeigt die umfangreiche Schichtabfolge dieses Siedlungsplatzes auch deren Nachteile auf: Für die Jahrringdatierung geeignete Hölzer stammen nur aus den Zeitabschnit-

ten mit Bauten (Häuser/Stege) und fehlen in den Epochen davor, dazwischen und danach. Dendrochronologisch können also nur einzelne Schichten datiert werden. Die ^{14}C-Datierungen bilden somit eine wichtige Ergänzung zur Rekonstruktion der Geschichte der Fundstelle in Biel.

In den vergangenen Hitzesommern sind Firn- und Gletscherfelder derart stark zurückgegangen, dass ab 2003 am Schnidejoch (2756 m) im Wildhorngebiet immer wieder unterschiedlich alte Fundgegenstände aus dem Eis freigeschmolzen wurden. Auch am Lötschenpass (2684 m) wurden alte Gegenstände geborgen. Mittlerweile bildet die «Eisarchäologie» eine wichtige Quelle zur Erforschung der Vergangenheit in den Alpen. Doch das Zeitfenster für Untersuchungen ist auch in sehr warmen Sommern kurz, geeignet ist vor allem der Monat September, wenn der meiste Schnee geschmolzen und noch kein neuer gefallen ist. Insgesamt konnten von 2003 bis heute rund 900 Objekte bzw. Fragmente aus rund 6500 Jahren Menschheitsgeschichte aus den beiden Fundstellen sichergestellt werden!

Die ersten Funde am Schnidejoch wurden im Hitzesommer 2003 gemacht, weitere Funde folgten bereits in den darauffolgenden Jahren 2004 und 2005 *(Abb. 4)*. Einige Funde stammen aus dem Neolithikum, so ein Bogenfutteral aus Birkenrinde, ein Pfeilbogen und mehrere vollständige Pfeile. In der Presse wurde das Bogenfutteral und einige Pfeile als Jagdausrüstung einem Menschen namens «Schnidi» (Name analog zum «Ötzi») zugeordnet. Da es sich um Einzel-

Abb. 4: «Eisarchäologie» – Fundsituation im Gelände. Am Rande eines auftauenden Eisfelds wurde im Jahre 2005 ein neolithisches Bogenfutteral (rechts unten) gefunden. Die Fundstelle wird hier dokumentiert. Bild: ADB (Archäologischer Dienst des Kantons Bern).

Abb. 5: Fragmente von Holzpfeilen aus dem Neolithikum (Jungsteinzeit). Das Objekt a (links) ist erstaunlich alt und stammt aus der Mitte des 5. Jahrtausends v. Chr. Die Objekte b bis d (Mitte bis rechts) werden als Teil der Ausrüstung des hypothetischen «Schnidi» angesehen und stammen aus dem Endneolithikum, also aus dem 3. Jahrtausend v. Chr. Bild: ADB (Archäologischer Dienst des Kantons Bern).

funde handelt und die Schichtabfolge somit nicht bekannt ist, konnten nur Radiokarbon-Datierungen mehr Klarheit über das Alter und die Zusammengehörigkeit der Funde schaffen.

Die ältesten Holz-Gegenstände stammen demnach aus dem 5. Jahrtausend vor Christus (kalibrierte ^{14}C-Alter rund 4600 Jahre v. Chr.; siehe *Abb. 5),* was eine Sensation ist, da diese über 1000 Jahre älter sind als die Gletschermumie «Ötzi»[10] und deren Begleitfunde! Dass das Holz so lange und so gut konserviert wurde, ist nur der Jahrtausende langen Einbettung in Eis zu verdanken!

2019 wurde weiteres sehr altes Material gefunden, so ein Lindenbastgeflecht (möglicherweise eine Tasche). Das kalibrierte ^{14}C-Alter beträgt 4342 bis 4251 Jahre v. Chr. Ein Vergleich des Alters der gefundenen Gegenstände weist darauf hin, dass zu gewissen Zeiten im Neolithikum die Klimagunst eine häufige Begehung des Übergangs am Schnidejoch ermöglichte. Permanente, neolithische Siedlungen aus diesen Zeiten sind aber nur im Wallis bekannt, z. B. beim Château de la Soie bei Savièse, auf dem Hügel Tourbillon (Sion) oder beim Heidnischbühl in Raron. Nördlich des Passübergangs wurden bisher noch keine permanenten Siedlungen aus dieser Zeit entdeckt.

Weitere Gegenstände stammen aus dem späten Neolithikum (Endneolithikum), so auch die Ausrüstung (Bogenfutteral und Pfeile) von «Schnidi» (kalibriertes ^{14}C-Alter 2880 bis 2760 v. Chr.; Wahrscheinlichkeit 88 %). Siehe auch *Abb. 5.*

Weitere Funde am Schnidejoch stammen aus der Bronzezeit z. B. eine bronzene Scheibennadel, eine Spanschachtel, geflochtene Ringe von Zäunen oder die Reste eines Lederschuhs. Nach ^{14}C-Datierungen ergeben sich für den Schuh kalibrierte Alter von 2028 bis 1614 v. Chr.; 1-sigma Abweichung). Siehe dazu auch *Abb. 6.*

Auch später wurde der Passübergang genutzt. Aus römischer Zeit stammen beispielsweise Schuhnägel der Caligae (Sandalen der römischen Soldaten), Münzen, so

10 Für den Ötzi wird ein Mittelwert der kalibrierten ^{14}C-Daten von 3258 ± 89 Jahren v. Chr. angegeben.

von Marcus Antonius (32 oder 31 v. Chr.), sowie eine römische Scharnierfibel. Aus dem Mittelalter wurden Gegenstände gefunden, so Lederfragmente von Schuhsohlen. Ihr Alter liegt bei 1000 Jahren (vor heute). Später verhinderte die «Kleine Eiszeit» des Spätmittelalters und der Neuzeit (von ca. 1400 bis 1800 n. Chr.) eine leichte Begehung des Schnidejochs.

Fazit: Die zahlreichen Funde aus verschiedenen Epochen zeigen, dass der Übergang des Schnidejoch über lange Zeit in relativ warmen Phasen (Neolithikum, Frühbronzezeit, Römerzeit, Frühmittelalter) begangen wurde. Die dabei verlorenen oder zurück gelassenen Gegenstände bilden einen Teil der Geschichte des Passübergangs ab.

Abb. 6: Fundsituation des frühbronzezeitlichen Lederschuhs am Eisrand. Es handelt sich um Leder mit Haarresten.
Bild: ADB (Archäologischer Dienst des Kantons Bern).

Literatur

Bolliger, M. Dendrochronologie. Geschichte und Anwendungsbereiche. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern 2018, 40–59.

Flyer Archäologie auf dem Schnidejoch. ADB (Archäologischer Dienst des Kantons Bern). 2019. Kann als *.pdf-File heruntergeladen werden von folgender Web-Seite: www.be.ch/archaeologie. Dort in Suchfunktion «Schnidejoch» eingeben.

Szidat S. und Stapfer R.: Radiokohlenstoffdatierungen heute. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern 2018, 20–39.

Dank

Sönke Szidat und Regine Stapfer danken wir für die Laborführung, die Präsentation der Funde sowie für die fachliche Überprüfung des Manuskripts. Beatrice Giger sei gedankt für das sorgfältige Korrigieren der Orthographie.

Matthias Giger

Matthias Giger, Jahrgang 1954, promovierte in Isotopengeologie an der Universität Bern. Danach Tätigkeit als Gymnasiallehrer für Geographie sowie Chemie und später als wissenschaftlicher Mitarbeiter für Bevölkerungsschutz (Kanton Bern), wo auch Naturgefahren ein Thema waren. Von 2001 bis 2019 wirkte er als Fachlehrer für Chemie im ABC Zentrum Spiez.

Kontakt: aries1@bluemail.ch