ROLAND SCHMIDT

studierte Biologie sowie Geologie und Paläontologie an der Universität Innsbruck, wo 1974 seine Promotion in Botanik (Palynologie) erfolgte. 1982 habilitierte er sich für Palynologie, Vegetationsgeschichte und Paläolimnologie an der Universität Wien. 1984 wurde er zum Ao. Universitätsprofessor an der Universität Wien ernannt. Seit 1973 ist am Institut für Limnologie der ÖAW in Mondsee tätig.

JENS BOENIGK

studierte ab 1991 an der Universität Köln Biologie sowie Geologie und Paläontologie. Im Jahr 1998 beendete er sein Diplom in Biologie (Vegetationsökologie) und promovierte 2005 in Zoologie (Mikrobielle Ökologie). Seit 2001 ist er am Institut für Limnologie der ÖAW in Mondsee angestellt. Er habilitierte sich 2005 an der Universität Innsbruck für Protozoologie und Ökologie.

14 CLIM-LAND

In zwei interdisziplinären Studien wurden Sedimentbohrkerne der letzten zirka 11.000 Jahre (=Holozän) aus einem Hochgebirgssee in den Niederen Tauern, Österreich, zur Rekonstruktion der Klimageschichte und der Wechselbeziehung Klima/Mensch verwendet. Die in den datierten Sedimentschichten dieses Sees eingebetteten Indikatororganismen, wie etwa die in Bezug zu Klimavariablen geeichten Kiesel- und Goldalgen, geben zusammen mit Pollen und der Sedimentbeschaffenheit Aufschluß über die ehemaligen Klimaverhältnisse.

Gefördert durch: Alpenforschung, Global Change

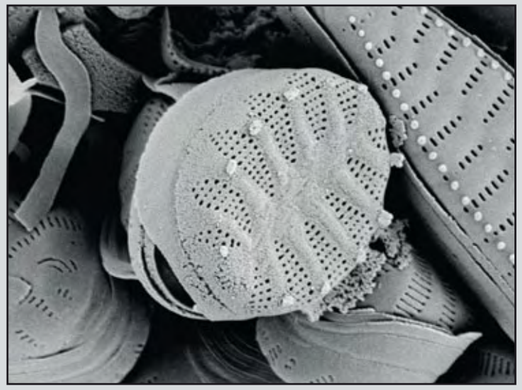
DANK | C. Kamenik (Universität Bern, Schweiz) A. Cheburkin, B. Shotyk (Universität Heidelberg, Deutschland), H.J.B. Birks, E. Heegaard (Universität Bergen, Norwegen), K. Nicolussi, R. Psenner, R. Tessadri (Universität Innsbruck), J. Knoll, H. Höllerer (ÖAW Institut für Limnologie, Mondsee), K. Weckström (Kopenhagen, Dänemark), R. Böhm, W. Schöner (ZAMG Wien), I. Heitzmann, K. Löcker, F. Scharinger (Lungau), R. Niederreiter (UWITEC Mondsee), Österreichische Bundesforste, Tamsweg (Lungau), Gemeinde Lessach (Lungau), FWF P 14912-B06, FWF P 19706-B06, FWF P 18315-B06 und FWF P 18767-B06

Jens Boenigk entnimmt mit dem Planktonnetz eine Wasserprobe zur ökologischen Untersuchung von Goldalgen und ihrer Dauerstadien. Über einen molekularbiologischen Abgleich werden diese ökologischen Daten mit den Befunden aus den Sedimentkernen verknüpft: „Wenn sich die Bedingungen für die Algen zum Schlechteren verändern, also beispielsweise der See sich im Sommer zu stark erwärmt oder durch einen Wintereinbruch abkühlt, bilden die Organismen Dauerstadien aus, also besondere Lebensformen, welche es ihnen ermöglichen, ungünstige Lebensbedingungen jahre- oder jahrzehntelang zu überleben. Das sind unsere Versuchsobjekte"

Herr Schmidt, Herr Boenigk, wir sitzen, mit einem unfassbar schönen Blick über dem Mondsee, vor dem Gebäude des Limnologischen Institutes der ÖAW im Ort Mondsee, um uns über Ihr Projekt zu unterhalten. Es nennt sich CLIM-LAND. Was ist das?

SCHMIDT| CLIM-LAND bedeutet „Seasonal CLimate IMpact on alpine LAND-use" und steht für „Klima und Landnutzung" oder genauer für die Erforschung des Zusammenhangs zwischen saisonalem Klima und der Landnutzung im alpinen Bereich, also der Almwirtschaft. Die Almweide hat in Österreich eine sehr lange Tradition und geht bis in die Jungsteinzeit zurück. Die Grundidee unseres Projekts war, zu erforschen, wie sich das Klima auf die Hochlagennutzung in den Niederen Tauern ausgewirkt hat.

F| Um welche Zeitspanne handelt es sich bei Ihrer Untersuchung? Wie kann ich mir das vorstellen, eine Rekonstruktion des Klimas. Wo schaut man da nach?



Überreste von Kieselalgen in einer Sedimentprobe unter dem Elektronenrastermikroskop in 20.000 facher Vergrößerung.

SCHMIDT| Vereinfacht gesagt, erbohren wir in einem Hochgebirgssee des Lungaus einen Bohrkern aus dem Sediment des Seegrundes. In den Ablagerungsschichten finden wir Indikatoren, das sind in unserem Falle Gold- und Kieselalgen, die uns Aufschluss über die ehemaligen Klimaverhältnisse geben. Weiters finden wir Pollen von Zeigerpflanzen, die uns Hinweise auf die Nutzung der umliegenden Landschaft durch den Menschen bringen. Mit dem Bohrkern können wir die Klimageschichte der letzten 10.000 Jahre erfassen, wobei uns in unserem Projekt die letzten 4.000 Jahre interessieren.

F| Bevor Sie mich in Ihre Arbeitswelt entführen, können Sie mir die Ausgangssituation dieses Projekts beschreiben?

SCHMIDT| Gern. Almwirtschaft ist so etwas wie ein Teil der österreichischen Identität. Jeder von uns kennt Almwirtschaft und die wunderbaren Almen. Aber es wissen sehr wenige, wie weit diese Art der Bewirtschaftung in die Vergangenheit zurückreicht, welche Geschichte sie hat. Es wird angenommen, dass es die ersten Vorläufer schon in der Jungsteinzeit vor zirka 5.000 Jahren gab. Almweide und Hochlagenwirtschaft kann man natürlich nur in Abhängigkeit vom Klima betreiben. Das heißt also, vereinfacht gesprochen, wenn das Klima besser ist, wenn wir Warmzeiten haben, können wir auch Almen in höheren Lagen betreiben. Wenn das Klima schlecht ist, dann müssen wir uns in tiefere Lagen zurückziehen. Die Grundidee des Projektes war also, Klimaentwicklung und Hochlagennutzung miteinander in Verbindung zu bringen. Wie wir heute wissen, und das ist auch eine der Kernaussagen, können wir das Klima nur verstehen, wenn wir auch die saisonalen Muster des Klimas verfolgen. Es ist wichtig, dass wir nicht nur Sommerklimata rekonstruieren, sondern auch jene von Frühjahr, Herbst und Winter. Der saisonale Verlauf der Temperaturen und der Niederschläge ist entscheidend für die Nutzung der Almen, nicht die Sommertemperatur alleine. Daher haben wir uns auf die Suche nach Indikatoren gemacht, die uns am besten Auskunft über solche saisonale Klimabezüge geben. Gefunden haben wir sie in den Kiesel- und Goldalgen beziehungsweise deren Dauerstadien, weil die Algenblüte sehr stark von den saisonalen Wassertemperaturen und damit vom Klima abhängt. Daher haben wir mit diesen Indikatoren die Möglichkeit, saisonale Klimaschwankungen zu rekonstruieren. Der erste Schritt ist das Aufsammeln und Auszählen unserer Indikatoralgen oder ihrer Dauerstadien in den Gebirgsseen. Methodisch trennen sich hier die Wege in die beiden Teilprojekte.

BOENIGK| Mit dem Planktonnetz nehmen wir Proben aus den Seen, bringen die Mikroorganismen ins Labor, zählen und kultivieren sie.

SCHMIDT| Für die Paläolimnologie verwenden wir dagegen die Häufigkeiten der Indikatoralgen in den Sedimenten.

BOENIGK| Die Algen sind grundsätzlich an die Bedingungen in den Hochgebirgsseen angepasst. Sie können also zumindest während bestimmter Jahreszeiten relativ gut wachsen. Wenn sich die Bedingungen für die Algen zum Schlechteren verändern, also beispielsweise der See sich im Sommer zu stark erwärmt oder durch den Wintereinbruch abkühlt, bilden die Organismen Dauerstadien aus. Das sind besondere Lebensformen, welche es ihnen ermöglichen, ungünstige Lebensbedingungen jahre- oder jahrzehntelang zu überleben. Das sind unsere Versuchsobjekte.

SCHMIDT| Der zweite Schritt in der Paläolimnologie ist die Kalibrierung oder Eichung. Wir müssen die Verbindung zwischen den aufgesammelten und gezählten Algen und ihren Dauerstadien und den Ansprüchen der Algen an das Klima herstellen. Wir haben zu diesem Zweck in 45 Seen in den Niederen Tauern Temperaturschreiber installiert, die in Zweistunden-Intervallen die Wassertemperaturen aufgezeichnet haben. Eine Messung einmal oder zweimal im Jahr würde für unsere Untersuchung nicht ausreichen, wir brauchen ein Kontinuum der Temperaturdaten. Wir wenden dann statistische Methoden an, die uns zeigen, welche Umweltvariablen die Verteilung dieser Organismen in den Seen am besten erklären. Dies erfolgt mit Hilfe unserer Temperaturdaten und der Verteilung der Organismen in den 45 Kalibrierseen. Das Ergebnis dieser statistischen Auswertung ist, dass für die Goldalgen die Temperatur des Frühlings ein entscheidender Faktor ist, während es für die Kieselalgen der Herbst ist. So versuchen wir über die Lebensansprüche der Arten und ihre Häufigkeiten mathematische Modelle – so genannte Transferfunktionen – für die Rekonstruktion des Klimas zu erstellen.

F| Das heißt, Sie fahren zu einem See, bohren in den Grund dieses Sees ein Loch, entnehmen einen Bohrkern und nehmen ihn mit ins Labor?

SCHMIDT| So könnte man das vereinfacht sagen. Der Obere Landschitzsee in den Niederen Tauern liegt allerdings auf über 2.000 Meter Seehöhe. Das heißt, wir mussten mehrere Stunden zu Fuß hinaufgehen und einen Großteil der Ausrüstung hinauftragen. Beim Bohrgerät selbst, das einige hundert Kilogramm wiegt, mussten wir natürlich auf den Hubschraubertransport zurückgreifen.

F| Warum gehen Sie denn in diese hochgelegenen Seen? Warum gehen Sie nicht vor die Haustür und bohren im Mondsee?

SCHMIDT| Je höher wir in die Alpen hinaufgehen, umso mehr können schon kleine Veränderungen bei chemischen und physikalischen Parametern große Auswirkungen haben. Diese Höhenlagen sind auch klimatisch ausgesprochen sensitiv. So reagiert beispielsweise die Waldgrenze sehr sensibel auf Klimaveränderungen. Dasselbe gilt für die Seen, da die Ökosysteme dieser Alpenseen sehr empfindlich und deshalb sehr verwundbar sind. Die Bohrkerne spiegeln die Geschichte in unserem Hochgebirgssee wider. Pro Jahr werden zirka 1,5 Millimeter Sediment abgelagert. Zuerst wird der Bohrkern längs aufgeschnitten und in bestimmten Abschnitten werden Sedimentproben entnommen. In diesem Fall war es so, dass wir zentimeterweise eine Sedimentprobe entnommen haben und damit Abschnitt für Abschnitt die letzten 4.000 Jahre abdeckten. Weiters muss der Kern altersdatiert werden, was mit der Radiokohlenstoff- oder ^{14}C-Methode erfolgt. Nun ist der nächste Schritt der, dass wir unsere Indikatoren, die Kiesel- und Goldalgen, die in dem Gemisch aller im Laufe des Jahres abgelagerten Stoffe eingebettet sind, „isolieren" müssen.

F| Warum suchen Sie gerade diese zwei Algengruppen? Ich vermute, dass es hunderte Arten von Mikroorganismen im Sediment gibt.

SCHMIDT| Es gibt selbstverständlich eine Vielzahl von Algengruppen in solchen Seen. Diese beiden Gruppen besitzen aber eine silikatische Schale, also eine mineralische Schutzhülle, die auch in unserem, bis zu 10.000 Jahre alten Bohrkernarchiv erhalten bleibt. Da natürlich sehr viel Störmaterial in den Proben vorhanden ist, müssen wir für die Isolierung unserer Algen eine chemische Aufbereitung durchführen. Mit Hilfe dieser chemischen Methoden, deren Beschreibung hier zu weit führen würde, können diese Störsedimente aufgelöst werden. Der Idealfall wäre natürlich der, dass wir nur die gesuchten Kieselalgen und Goldalgen übrig hätten. Es bleibt immer etwas Störmaterial in der zu untersuchenden Probe. Aber im Licht- beziehungsweise Elektronenmikroskop können wir die Proben zumeist auszählen. Was wir für jedes dieser Ein-Zentimeter-Zeitsegmente brauchen, ist das Prozentverhältnis der Algenarten zueinander. Das ist die Basis, mit der wir weiterarbeiten.

F| Wie funktioniert die eigentliche Eichung der Daten? Wie erhalten Sie die Daten über die Ansprüche der Algen an die Umwelt, an das Klima?

SCHMIDT| Hier sind wiederum die beiden getrennten Ansätze der Paläolimnologie und der rezenten Ökologie zu unterscheiden. Für die Transferfunktionen wurde aus den schon erwähnten Temperaturmessreihen aus den 45 Seen in den Niederen Tauern für jede Art ein Temperaturoptimum und ihr Toleranzbereich gegenüber der Temperatur errechnet. Umgekehrt können wir wiederum mit diesen Daten und den Häufigkeiten der fossilen Arten im Sedimentkern den saisonalen Verlauf der Wassertemperatur im See in den letzten 4.000 Jahren berechnen – und damit auf den Klimaverlauf schließen.

BOENIGK| Eine wichtige Information zu den Goldalgen muss ich noch vorausschicken: Als Algen werden viele Organismen zusammengefasst, die Photosynthese betreiben. Dabei fassen wir sehr verschiedene Organismengruppen zusammen, die gar nicht näher miteinander verwandt sind. Obwohl der Begriff Alge also ein falsches Bild der Verwandtschaftsverhältnisse nahelegt, bleiben wir bei dieser, nicht ganz korrekten Bezeichnung. Die Goldalgen sind in allen Seen häufig vorhanden, aber nicht dominant. Wesentlich ist bei den Goldalgen, dass sie unterschiedliche Ernährungsstrategien entwickeln können. Wir finden Arten, die sich wie eine Pflanze oder eine Alge verhalten und Sonnenlicht nutzen, also Photosynthese betreiben. Wir finden aber auch Arten, die diese Fähigkeit verloren haben und sich eigentlich wie kleine Tiere verhalten, die also Bakterien oder andere Einzeller fressen. Diese Arten können damit natürlich in Lebensräumen siedeln, die nicht mehr lichtabhängig sind, zum Beispiel im Boden, in den Bodensedimenten. Wir finden also eine sehr diverse Ernährungsstrategie und damit auch sehr unterschiedliche Anpassungen innerhalb einer sehr engen Verwandtschaftsgruppe vor. Das zu wissen, ist für ein genaues und haltbares Ergebnis des Projekts wesentlich. Wir müssen also zuerst klären, welche Dauerstadien zu welchen der beiden beschriebenen Lebensformen der Goldalgen gehören. Dazu schauen wir uns zum einen die planktische Form der Goldalgen an, also die wirklich lebenden Zellen, und versuchen herauszuarbeiten, welche Dauerstadien diese Organismen bilden. Zum anderen holen wir die Organismen aus dem See ins Labor und versuchen, sie unter dem Mikroskop zu isolieren und zu kultivieren, das heißt, zu züchten. Dabei setzen wir sie unterschiedlichsten Temperatur- und Lichtbedingungen, sowie pH-Werten aus, um herauszuarbeiten, in welchem Milieu diese Organismen besonders gut oder schlecht wachsen, wo wirklich ihre Lebensgrenzen sind und wann sie mit der Bildung von Dauerstadien beginnen. Wenn wir die Verknüpfung schaffen, die Arten den Dauerstadien zuzuordnen, dann können wir damit zur Rekonstruktion der Umwelt- und Klimaverhältnisse beitragen. Dann wissen wir, wenn eine bestimmte Art in einem bestimmten Abschnitt unseres Bohrkerns dominant ist, wie damals die Bedingungen im See gewesen sein müssen. Die Zuordnung der Dauerstadien kann in direktem Weg unter dem Mikroskop, durch Beobachtung und Klassifikation der Alge und ihrer Dauerstadien, stattfinden. Sehr oft, vor allem wenn eine Zuordnung unter dem Mikroskop nicht möglich ist, müssen wir aber einen Umweg über molekulare Methoden gehen. Dabei analysieren wir typische Gene in den vegetativen Zellen der Algen einerseits und in den Dauerstadien andererseits und können so die beiden Lebensformen einander eindeutig zuordnen. Natürlich müssen wir unsere Laborergebnisse immer wieder mit den Vorgängen in der Natur abgleichen. Dabei versuchen wir auch eine Frage zu klären, die sich immer wieder stellt: Wenn wir in den Sedimenten einen Anstieg dieser Dauerstadien finden, kann das

IN DEN ABLAGERUNGEN FINDEN WIR GOLD- UND KIESELALGEN, DIE UNS AUFSCHLUSS ÜBER DAS EHEMALIGE KLIMA GEBEN.

darauf zurückzuführen sein, dass wir entweder einen Anstieg dieser Art haben, dass es dieser Art in diesem See besonders gut ging und sehr viele Individuen jeweils einige Dauerstadien bildeten, oder es bedeutet, dass es dieser Art plötzlich besonders schlecht ging und sie aus der Not heraus Dauerstadien bilden musste. Beide Szenarien sind mögliche Erklärungsansätze, die Antworten versuchen wir in Experimenten herauszuarbeiten, und einige schöne Beispiele dazu haben wir auch schon gefunden.

F| Ist Ihnen die Kalibrierung demnach schon gelungen?

BOENIGK| Bei einigen Arten ist uns eine Zuordnung gelungen, für die Kalibrierung auf die sehr komplexen klimabezogenen Datensätze müssen wir aber noch wesentlich mehr Dauerstadien unterschiedlicher Arten untersuchen. Der Datensatz, der zur Kalibrierung benötigt

wird, befindet sich im Aufbau, aber es sind noch wesentlich mehr Daten notwendig, um wirklich gesicherte klimabezogene Aussagen machen zu können.

F| Also, das ist noch „work in progress"?

BOENIGK| Ja. Dazu muss ich erklären, wo die eigentliche Schwierigkeit bei der Arbeit mit Kleinstorganismen liegt: Diese schauen zum Teil sehr ähnlich, fast gleich, aus, und es ist oft schwierig zu beurteilen, ob zwei Individuen von der gleichen Art sind oder nicht. Wenn wir aber unterschiedliche Organismen haben, die nur sehr ähnlich ausschauen und diese als eine Art behandeln, dann werden uns unsere Modelle in die Irre führen, die Ergebnisse werden verfälscht sein. Wir haben bei einigen dieser Organismen – und das ist ein wichtiges Teilergebnis – bereits den Nachweis gebracht, dass unterschiedliche Arten sehr ähnliche Dauerstadien bilden. Das heißt, wir können schon genauer sagen, ob eine vorgefundene Variabilität als Verschiedenheit innerhalb einer Art angesehen werden muss oder ob das in Wahrheit unterschiedliche Arten sind. Unterschiedliche Typen oder Arten mit unterschiedlicher Aussagekraft differenzieren natürlich das Ergebnis einer Studie und schärfen die Aussagen. Es gibt ein wichtiges Ergebnis unserer Arbeit, fast würde ich sagen, ein Hauptergebnis: Wenn wir eine Probe mit Organismen nehmen und diese im Mikroskop anschauen wollen, müssen wir in der Regel eine Chemikalie zufügen, um die Organismen zu fixieren, damit sie uns während der Untersuchung nicht verderben. Bei der Fixierung werden die Organismen abgetötet. Wenn wir aber molekulare Daten gewinnen wollen, dann dürfen wir gerade solche Chemikalien nicht zusetzen, da dann unsere molekularen Methoden nicht mehr funktionieren. Wir mussten hier einen neuen Weg finden, wie wir diese mikroskopischen und die molekularen Befunde miteinander verknüpfen und das Unmögliche möglich machen. Es ist für uns ein sehr wichtiges Ergebnis, dass es uns gelungen ist, diese Brücke zu schlagen. Dass wir also jetzt aus Proben, die eigentlich für mikroskopische Analysen gedacht sind, trotzdem die molekulare Information, insbesondere über Gene, gewinnen können. Die Erklärung, wie die Methode funktioniert, wäre zu lang und ist nicht Gegenstand dieses Interviews, aber sie funktioniert. Dass dies eine wirklich bahnbrechende methodische Erfindung ist, zeigt ja auch die Resonanz, die es im internationalen Raum gegeben hat. Wir haben die Methode vor zirka einem Jahr publiziert und bald von vielen internationalen Arbeitsgruppen Anfragen zu unserer Vorgehensweise erhalten. Für diese Arbeitsgruppen und ihre Fragestellungen ist unsere Methodik eine sehr viel versprechende. Allein diese Resonanz zeigt schon, wie wichtig unsere Forschung ist. Schon die Methode alleine, unabhängig von den Ergebnissen, die noch kommen werden, hat weltweites Interesse ausgelöst. Die Arbeit ist noch nicht abgeschlossen, die Auswertungen laufen noch. Zurzeit werden die elektronenmikroskopischen Arbeiten fertig gestellt, die molekularen Arbeiten wurden gerade abgeschlossen. Jetzt geht es darum, diese Ergebnisse mit den paläolimnologischen Befunden, also den Werten aus den Bohrkernen, zusammenzufügen und zu verknüpfen. Wir erwarten uns schon in den nächsten Monaten sehr spannende Ergebnisse.

SCHMIDT| Die Paläolimnologie ist eine multidisziplinäre Wissenschaft. Wir brauchen natürlich Mitstreiter im Projekt, und das sind viele. Wir haben gute Kontakte zu anderen Institutionen auf dem Sektor der Geochemie, Mineralogie, Klimatologie, Archäologie und der Botanik, um nur allgemein einige zu nennen. Dazu muss ich noch ergänzend zur Pollenanalyse etwas sagen. Die historische Landnutzung wird am besten mit Hilfe von pollenanalytischen Daten erfasst. Die Pollenanalyse ist eine Methode, die den Blütenstaub der Pflanzen verwendet, um Rückschlüsse auf die Vegetationsverhältnisse zu verschiedenen Zeiten machen zu können. Der Blütenstaub wird vom Wind vertragen und auch im See abgelagert. Die Pollen werden in den Sedimenten eingebettet, zusammen mit den schon erwähnten Algenindikatoren. Sie können genauso ausgezählt werden wie die Algenreste, und wir können an Hand von Indikatorpflanzen sagen, welche Form der Landnutzung in bestimmten Perioden vorherrschte. Jede Art der Landnutzung fördert bestimmte Arten von Gräsern und Kräutern, die uns als Indikatorpflanzen dienen. So können wir mit Hilfe dieser Pollenanalyse letztendlich auch die Unterschiede in der Landnutzung rekonstruieren. Und das ist das interessante Ergebnis: Im wesentlichen hat es während der letzten 4.000 Jahre vier große Wellen der Hochlagennutzung gegeben. Die ersten Vorläufer der Almwirtschaft hat es schon in der Jungsteinzeit gegeben, die dann in der Bronzezeit intensiviert wurden. Dazu gibt es die Hypothese, dass die bronzezeitlichen Siedler ihre Weiden danach ausgesucht haben, wo

DIE BOHRKERNE SPIEGELN DIE GESCHICHTE IN UNSEREM HOCHGEBIRGSSEE WIDER. PRO JAHR WERDEN ZIRKA 1,5 MILLIMETER SEDIMENT ABGELAGERT.

sie wenig roden mussten. Mit dem Bronzewerkzeug war es nicht einfach, die damaligen Urwälder zu roden, in der folgenden Eisenzeit war es durch die größere Härte der Eisenwerkzeuge wesentlich weniger beschwerlich. Das heißt, die Menschen haben nach natürlichen Weiden gesucht, die sie an der Waldgrenze und knapp darüber gefunden haben. Die Almweide hat in den Höhenlagen begonnen und ist erst später, also mit den Möglichkeiten der Rodung mit besserem Werkzeug, in die tieferen Bereiche vorgedrungen. Diese Annahme wird von unserer Untersuchung bestätigt. In der Wärmezeit der mittleren Bronzezeit vor zirka 3.700 Jahren, liegt eine erste Intensivierung dieser Hochlagennutzung vor. Die zweite Welle der Hochlagennutzung erfolgte in der Hallstattzeit vor zirka 2.800 Jahren. Allerdings scheint in dieser Periode der Salzhandel wichtiger gewesen zu sein, und die Hochlagennutzung hatte nicht mehr die Bedeutung wie in der Bronzezeit. Die nächste Blüte der Almnutzung erfolgte in der Römerzeit. Das war eine besonders warme Periode. In der Völkerwanderungszeit werden die Anzeichen für eine Almwirtschaft deutlich weniger, das Klima war auch deutlich rauer. Die bedeutendste Welle erfolgte in der Wärmezeit des Hochmittelalters, die kulturell schon direkt mit unserer heutigen Almkultur verknüpft ist. Die schon angesprochenen paläolimnologischen Befunde bestätigen wiederum die enge Koppelung zwischen Klima und Hochlagennutzung – hier schließt sich der Kreis.

BOENIGK| Das Projekt im engeren Sinn, über das wir hier reden, ist im Prinzip bald abgeschlossen. Aber die Fragestellung wird natürlich im Rahmen von Folgeprojekten weiter bearbeitet werden und sicherlich noch einige Jahre weiterlaufen. Die Beantwortung vieler Fragen wird sich erst ergeben, wenn wir die Daten mit Befunden aus anderen Seen verknüpfen, und die Bearbeitung dieser anderen Seen dauert zur Zeit noch an. Es wird sicher noch einige Jahre dauern, bis die Daten endgültig ausgewertet sind. •••

Roland Schmidt entnimmt eine Sedimentprobe aus einem Bohrkern für die chemische Aufbereitung im Labor.
Nächste Seite | *Jens Boenigk konserviert eine Wasserprobe für die mikroskopische Analyse der Algenzusammensetzung.*