HANS PETER SCHÖNLAUB

wurde 1942 in Güstrow/Deutschland geboren. Er ist ao. Professor für Historische Geologie an der Universität Salzburg und Direktor der Geologischen Bundesanstalt i.R. Seit 2002 ist Schönlaub wirkliches Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften sowie Leiter des Geowissenschaftlichen Zentrums der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Neben der Grundlagenforschung ist ihm die populäre Vermittlung der Erdwissenschaften ein besonderes Anliegen.

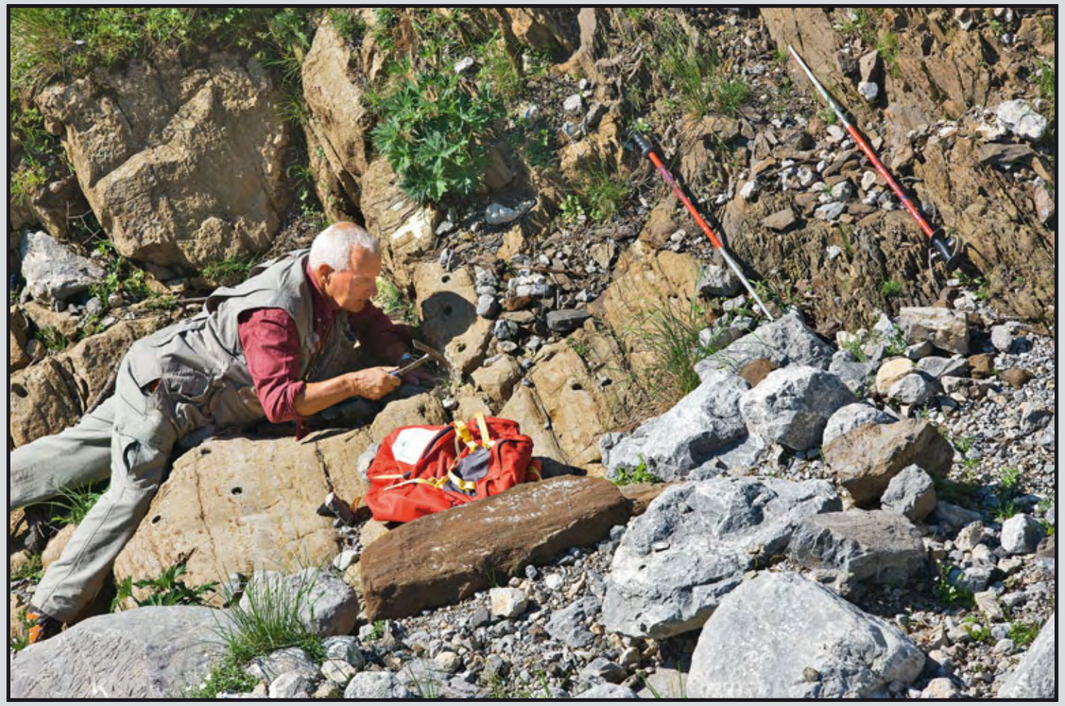
CELLONETTA

Dieses Projekt setzte sich zum Ziel, sogenannte Bioevents der Erdgeschichte, das sind große Aussterbeereignisse und das folgende, markante Auftreten von neuen Lebensformen, zu analysieren. Darüber hinaus wurden Veränderungen der Biodiversität und der Biogeographie am Rande Nordgondwanas im Verlauf des mittleren Paläozoikums, vor 460 bis 320 Millionen Jahren, untersucht. Der wohl am besten für solche Forschungen geeignete Ort in Österreich ist die Cellonetta-Lawinenrinne in den Karnischen Alpen, wo nahezu 500 Millionen Jahre Erdgeschichte an einem Ort zu finden sind.

Gefördert durch: International Geoscience Programme (IGCP)

DANK | Kathleen Histon (Varese, Italien), A. Ferretti (Universitá di Modena, Italien), Raimund Feist (Montpellier, Frankreich), D. Korn (Berlin, Deutschland), J. Kříž, P. Štorch (Prag, Tschechien)

Hans Peter Schönlaub: „Geologie und Zeit, das ist ein Vorstellungsproblem. In der Cellonetta können wir auf fast 500 Millionen Jahre zurück blicken, das ist ein Neuntel der Erdgeschichte von 4.567 Millionen Jahren. In den Naturwissenschaften ist die Zeit eine Dimension unseres Universums, eine zentrale messbare Größe, in die das gesamte materielle Geschehen eingebettet ist.“



Man kann viele Informationen aus den Steinen herauslesen. Sind sie im Meer entstanden und wenn ja in welcher Tiefe? Welchen Salzgehalt hat das Meer gehabt, hat es Strömungen gegeben oder war der Ozean dunkel oder hell?

Herr Schönlaub, wir sitzen unter dem Cellon, einem Berg der Karnischen Alpen, an der Grenze zwischen Kärnten und Friaul. Vor uns öffnet sich wie eine „Wunde" im Gebirge, die Cellonetta, eine Lawinenrinne, die uns den Blick in die geologische Geschichte der Erde eröffnet. Wie viele Millionen Jahre sehen wir denn da zurück?

AI Wir blicken hier auf beinahe 500 Millionen Jahre zurück, und doch ist das nur ein Bruchteil der gesamten Erdgeschichte. Nach den neuesten Daten ist die Erde 4.567 Millionen Jahre alt. Wir sehen hier, in der Cellonetta aber nur rund 1/9 der Erdgeschichte, was trotzdem eine unglaublich lange Zeitspanne ist, die der Laie sehr schwer versteht. Geologie und Zeit, das ist ein Vorstellungsproblem. Wie schaut die gedankliche Uhr des Geologen aus? Wenn man sich dem abstrakten Begriff der Zeit nähert, so kann man ihn von verschiedenen Seiten sehen. Etwa aus der Sicht der Philosophie, aus der Sicht der Psychologie, aus der Sicht der Ökonomie oder auch aus der Sicht der Naturwissenschaften. Hier wiederum aus der Sicht des Physikers, des Astronomen oder des Geologen. Wer sich mit dem Wesen der Zeit beschäftigt wird üblicherweise auf den bekannten Kirchengelehrten und Philosophen Augustinus stoßen, der um 420 nach Christus folgende Frage stellt: „Was also ist die Zeit? Wenn niemand mich danach fragt, dann weiß ich es. Will ich es aber einem Fragenden erklären, weiß ich es nicht." An dieser Feststellung hat sich bis heute nichts geändert. Als Zeit wird gewöhnlich die vom menschlichen Bewusstsein wahrgenommene und scheinbar kontinuierlich fortschreitende Ordnung im Auftreten von Ereignissen bezeichnet. Das menschliche Empfinden von Zeit ist von ihrem Vergehen geprägt, einem Phänomen, das sich einer naturwissenschaftlichen Beschreibung bisher entzogen hat. Es ist das Fortschreiten der Gegenwart von der Vergangenheit kommend zur Zukunft hin. So kann man Zeit wahrnehmen. In den Naturwissenschaften ist die Zeit eine Dimension unseres Universums, nämlich eine zentrale messbare Größe, die zusammen mit dem Raum das Kontinuum bildet, in das das gesamte materielle Geschehen eingebettet ist. Die Philosophie hingegen erkundet das Wesen der Zeit, die Psychologie die Zeitwahrnehmung und das Zeitgefühl. Auch die Ökonomie beschäftigt sich mit der Zeit. Aber dort ist die Zeit mehr oder weniger ein Wertgegenstand. In seinem Buch „Der Abgrund der Zeit" schreibt das ÖAW-Mitglied Helmut Flügel „... dass im Übergang vom Barock zur Aufklärung die Vertreter des gebildeten Bürgertums und des Adels allmählich die stumme Schrift der Steine und Fossilien lesen lernten und so den Blick auf den dunklen Abgrund der irdischen Zeit von insgesamt 4,5 Milliarden Jahren freigegeben haben." Die Geschichte der Erde und des Lebens - und das finde ich einen sehr guten Ausdruck - führte zu einer Verzeitlichung der Natur, und sie schuf das Weltbild der ständigen Veränderungen auf der Erde. Eine Antwort auf die Frage, was nun die Zeit in der Geologie ist, fällt auch heute noch schwer. Wir reden gewöhnlich über Sekunden, Stunden, Tage und Jahre. Das sind Maßeinheiten der Zeit. Jenseits dieses Zeitbegriffes gibt es noch einen anderen Zeitbegriff, der an gesetzmäßig angeordnete, zyklische Bewegungen von Himmelskörpern gebunden ist, die die Grundlage der Zeitmessung bilden. Nicht von ungefähr hat eine Schweizer Autorengemeinschaft einmal gemeint: „Der Himmel ist die Uhr, nach der sich alle Uhren richten." Ich finde diesen Ausdruck ganz wunderbar passend.

FI Der Ausdruck ist wirklich wunderbar. Jetzt könnte ich natürlich zwischenfragen: „Wonach richten Sie sich, wenn Sie sich ständig mit 200 oder 300 Millionen Jahren beschäftigen?"

AI Ich habe das Glück, dass ich „Steine lesen" gelernt habe, und da habe ich auch einen schönen Spruch gefunden: „Steine sind das älteste und sicherste Speichermedium der Erdgeschichte. Jedem Computer weit überlegen". Neben vielen anderen Merkmalen geben Steine Auskunft über den Zeitpunkt ihrer Entstehung. Aber man kann auch andere Informationen aus den Steinen herauslesen. Man kann beispielsweise den Ort ihrer Entstehung erfahren. Sind sie im Meer entstanden, als Ablagerungsgesteine, sind sie tiefer in der Kruste entstanden und sind dann durch Kräfte aus dem Inneren an die Oberfläche transportiert worden? In welchen Tiefen im Meer sind sie entstanden und welchen Salzgehalt hat das Meer gehabt? Gab es Strömungen? War der Ozean dunkel oder hell? Gesteine enthalten unglaublich viele Informationen. Eine der wichtigsten Informationen ist natürlich das Alter, von dem alles ausgeht. Die Klärung der Altersfrage vollzieht sich nach bestimmten Regeln, die im Laufe der Jahrhunderte und der letzten Jahrzehnte immer verfeinert worden sind. Es werden fortlaufend neue Methoden entwickelt, um Gesteine zu datieren, also ihr Alter festzustellen und den unendlich lang scheinenden Zeitpfeil immer feiner zu untergliedern. Man hat jetzt nicht mehr nur hunderte Millionen Jahre lange Zeitabschnitte, sondern man geht in Details. Je älter die Erdgeschichte ist, umso länger sind natürlich die Zeiträume, in die man die Epochen hierarchisch untergliedern kann. Wir sind bei hunderte Millionen Jahre alten Gesteinen heute sehr froh, wenn wir Zeitabschnitte von einigen 100.000 Jahren bis einer Million Jahre datieren können. Das ist natürlich in jüngeren Ablagerungen viel zu ungenau, beispielsweise für das Eiszeitalter. Bei der Cellonrinne ist es ganz wichtig, möglichst viele Informationen mit den heutigen Möglichkeiten der Biostratigraphie, also der Alterseinstufung von Gesteinen mit Hilfe von Fossilien, zu gewinnen. Aber wir wollen weitere Informationen. Wir wollen auch Informationen zum Chemismus, zur Tiefe der Ablagerung, zu Meeresspiegelschwankungen, zu Lücken in der Sedimentation erhalten. Es wurde ja nicht ständig Sediment am Meeresgrund abgelagert, sondern da gab es auch Pausen. Was war die Ursache der Pausen? Warum wechselt das Gestein von dieser zu jener Farbe? Warum lagern sich da Schiefer zwischen zwei Kalkbänken ab? Gibt es Hinweise auf Vulkanismus in dieser Zeit, also Ablagerungen von Aschentuffen oder anderen vulkanischen Produkten? Vulkanismus gibt seinerseits wieder Hinweise über die Krustendynamik zu dieser Zeit. Was hat sich im Hinterland getan, was hat sich im Meer zu dieser Zeit ereignet? Allen diesen Fragen gehen wir nach. Wir suchen möglichst viele Informationen aus den Gesteinen herauszulesen, zu analysieren, um den Planeten Erde besser zu verstehen. Fragen zur Klima- und Umweltgeschichte, zu Meeresspiegelschwankungen, zur Paläogeographie, zu den in Raum und Zeit bestehenden systemstabilisierenden Vernetzungen zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Stoffkreisläufen auf der Erde. Es ist also eine Fülle von Aufgaben, die dem modernen Geologen viele Fragen stellen. Wir versuchen die Antworten zu finden und das gelingt letzten Endes nur in einem Team. In interdisziplinären Arbeiten mit Spezialisten versuchen wir, alle Informationen die das Gestein birgt, zu erforschen. Auf je mehr Evidenzen wir uns stützen können, umso aussagekräftiger, umso fundierter sind die Aussagen, die wir über ein Gebiet, wie es die Cellonrinne darstellt, machen können.

FI Wie lange wird denn in der Cellonetta eigentlich schon geforscht? Wann ist diese Lawinenrinne von den Geologen entdeckt worden?

AI Ja, ich muss hier ein bisschen in die Vergangenheit blicken. Die Cellonrinne ist seit dem Jahre 1894 durch geologische Aufnahmearbeiten bekannt. Sie ist eine Legende und gleichzeitig auch ein Mekka der Geologie geworden. Es ist dies ein weltbekannter Ort der Geologie, nicht nur für Österreich, sondern auch international gesehen. Diese Rinne zieht nach wie vor viele Forscher von vielen Universitäten an, die Exkursionen in dieses Gebiet machen. Andererseits versuchen wir die Besonderheiten dieses Gebietes auch öffentlich einem breiteren Kreis bekanntzumachen. Wir haben in der Cellonrinne Gesteinsbeschreibungstafeln aufgestellt, mit Texten versehen, und wir versuchen hier, die Bedeutung dieses Fundpunktes auch der Allgemeinheit bekannt zu machen. In den letzten 20 Jahren ist, auf mein Betreiben hin und mit meiner Hilfe, ein sogenannter Geo-Trail eingerichtet worden. Wir haben in den gesamten Karnischen Alpen etwa 65 geologisch interessante Standorte ausgewählt, mit informativen Tafeln bestückt und wollen sie einer breiteren Öffentlichkeit bekannt machen, damit sie über die Besonderheiten dieser Region besser Bescheid weiß. Das ist auch ein Teil der Identitätsstiftung für die heimische Bevölkerung, was uns sehr wichtig ist. Wir wollen auch ein kleines Besucherzentrum in der Cellon-Lawinenrinne einrichten. Was nicht ganz einfach ist, denn diese Rinne ist von November bis Mitte Juli mit Schnee gefüllt, mit Lawinenschnee, der über hunderte Meter von der Wand herabstürzt und diese Rinne auffüllt. Trotzdem wollen wir versuchen, in geschützter Lage ein Besucherzentrum zu erbauen, um die alten und neuen Erkenntnisse an die Besucher weiterzugeben. Ich denke, das wäre für die Zukunft wirklich eine schöne und lohnende Sache.

FI Bei den Worten „wir" und „uns" fällt mir eine wichtige Frage ein, die ich immer stellen möchte: Wer sind die wichtigsten Mitarbeiter in diesem, noch zu besprechenden Projekt?

AI Meine wichtigsten Mitarbeiter sind derzeit Kollegen von der Universität Graz und der ÖAW, etwa der junge Kollege Thomas Suttner, der in erster Linie im Devon forscht.

FI Sie reden sehr leicht über die Zeit. Ich kann mir trotzdem nicht wirklich eine Vorstellung über diese gewaltigen Zeitspannen machen.

> ICH HABE DAS GLÜCK, DASS ICH „STEINE LESEN" GELERNT HABE: STEINE SIND DAS ÄLTESTE UND SICHERSTE SPEICHERMEDIUM.

AI Ja, diese Frage stellt sich schon lange: "Wie können wir die Zeit auch für den menschlichen Alltag fassbar und begreifbar machen?" Da haben sich die Geowissenschaftler zusammen mit Pädagogen Vergleichsmodelle ausgedacht, um die vergangenen Zeiten irgendwie auch für Laien verständlich zu machen. Es sind verschiedene Hilfsmittel ausgearbeitet worden, die gewaltigen Zeiträume, die die gesamte Erdgeschichte umfassen, bildhaft darzustellen. So ist zum Beispiel der Vergleich des Erdzeitalters mit einem 24-Stunden Tag vorgeschlagen worden. In diesem 24-Stunden Tag tauchen die ersten Organismen um 9 Uhr am Vormittag auf. Die Photosynthese setzt um 13 Uhr am Nachmittag ein, die Säugetiere erscheinen um 23 Uhr und den modernen Menschen gibt es in diesem 24-Stunden Tag erst in den letzten zwei Sekunden. Man sieht daraus, was für einen verschwindend

kurzen Zeitraum die Menschheit auf der Erde einnimmt, im Vergleich zu den gewaltigen Zeitdimensionen, die das gesamte Erdenalter beansprucht. Ein anderes Mittel, die langen Zeiträume plausibel darzustellen, ist der Vergleich mit einem Kalenderjahr. Hier dauert das Präkambrium, also die Zeit, in der es zwar, schon Leben gegeben hat, aber noch keine mineralisierten Skelette wie etwa Muschelschalen, vom Jahresbeginn bis zum 16. November. Das anschließende Paläozoikum oder Erdaltertum dauert bis zum 13. Dezember und das Mesozoikum oder Erdmittelalter, mit dem todbringenden Einschlag eines zehn Kilometer großen Meteoriten und dem folgenden Aussterben der Dinosaurier, geht am Abend des 25. Dezembers zu Ende. Auch bei diesem Vergleich würde der Mensch erst in den letzten Minuten oder Sekunden erscheinen. Dann gibt es noch ein weiteres Vergleichsmodell, das in erster Linie Schulen anwenden, und von einer Pädagogin vorgeschlagen wurde. Maria Montessori, eine Italienerin, hat in Indien den Vergleich eines schwarzen Bandes mit dem gesamten Erdalter entwickelt. Mit Hilfe dieses schwarzen Bandes wird versucht, Kindern eine umfassende Sicht der Welt zu vermitteln und gleichzeitig auch die Vorstellungskraft der Kinder zu wecken. Das Band hat eine Länge von 50 Metern und stellt in seiner Länge fünf Milliarden Jahre dar, das heißt, jeder Zentimeter entspricht einer Million Jahre. Der letzte Zentimeter besteht aus einem roten Streifen und symbolisiert das Erscheinen und die Entwicklung des Menschen. Die einzelnen Epochen werden von den Kindern mit beschrifteten und bemalten Papierstreifen am Band markiert. Am Anfang ist das aufgerollte, schwarze Band leer, um die unendliche Dimension der Zeit zu veranschaulichen, aber je weiter man in die Gegenwart kommt, umso enger werden die Papierstreifen und umso genauer kann man die einzelnen Zeitepochen gliedern und den Kindern verständlich machen. Auf diese Weise kann die, für den Geologen so selbstverständliche, Zeitdimension auch Laien bewusst gemacht werden.

F| Langsam bekomme ich durch diese Vergleiche auch eine Vorstellung von den Zeitabschnitten. Wie kommen die Geologen aber zu einer absoluten Zeit, wie kommt man auf ein bestimmtes Alter von zum Beispiel 65 Millionen Jahren?

A| Es gibt eine relative Zeitgliederung der Stratigraphie, und es gibt eine absolute Altersdatierung in der Geochronologie, um Zeiträume und Ablagerungen zu untergliedern. Das Verhältnis zwischen relativer Alterseinstufung im Kalender des Geologen und den absoluten Angaben in Millionen Jahren ist das große Anliegen der Geologie. Hier kommt der Geologie der radioaktive Zerfallsprozess natürlicher Radioisotope zugute. Bei dieser Methode wird das Verhältnis der Tochterisotope eines Elementes zum verbliebenen Anteil des Mutterisotops unter Kenntnis der Halbwertzeit des Mutterisotops bestimmt. Wenn sich beispielsweise vulkanische Tuffe, die Mineralien mit radiogenen Isotopen enthalten, in einer durch Fossilien relativ datierten Abfolge von Gesteinen zwischenschalten, dann können wir nicht nur das relative Alter dieser Versteinerungen angeben, sondern auch ihr absolutes Alter. Dadurch kann man einerseits das Alter dieses Vulkanismus feststellen und andererseits auch das Alter der Versteinerungen, die in einer solchen Schicht darunter und darüber vorkommen. In diesem Zusammenhang hat sich unsere Kollegin Kathleen Histon aus Irland mit millimeterdünnen, hellen, tonigen Einlagerungen in den Sedimenten in der Cellonrinne beschäftigt. Wir sind der Frage nachgegangen, was diese dünnen Einlagerungen darstellen. Auch in anderen Gebieten der Erde hat man in jüngster Zeit in Ablagerungen des Silurs Hinweise auf Vulkanismus gefunden, etwa in Skandinavien, in England und in den Appalachen. Tatsächlich sind diese dünnen Lagen vulkanische Aschelagen, die von Vulkanen stammen, die einige 100, vielleicht 1.000 Kilometer entfernt waren. Wir haben solche millimeterdünnen Lagen an elf Stellen im Cellonprofil gefunden. Darin konnten wir vulkanische Quarze und vulkanische Zirkonkristalle finden, die eindeutig belegen, dass es sich hier um ein vulkanisches Auswurfsprodukt handelt.

F| Das heißt, diese sehr dünnen Schichten waren außerordentlich hilfreich bei der Datierungsarbeit?

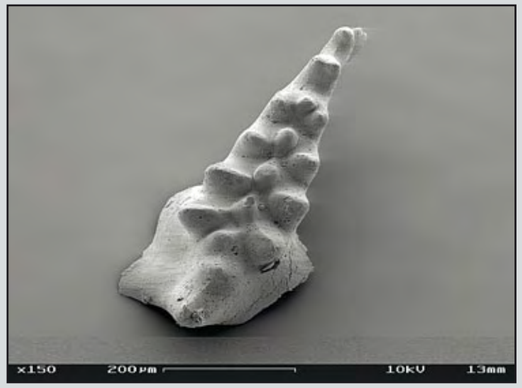
A| Ja, diese Arbeit war etwas ganz, ich möchte sagen, Sensationelles, denn das war eine akribische Detailarbeit. Man muss hier das feste Gestein wirklich Millimeter um Millimeter durchschneiden, um auf solche Lagen zu stoßen, und die müssen dann natürlich analysiert werden, um mit altersgleichen Gesteinsschichten in anderen Gebieten gesichert parallelisiert werden zu können. Die Chemo- oder Isotopenstratigraphie erlaubt zudem eine Gliederung dieser Schichtfolge an Hand von unterschiedlichen Isotopenverhältnissen von Sauerstoff, Kohlenstoff oder Schwefel. Auch wenn es sich nur um millimeter-dünne Lagen handelt, geben sie eine unglaubliche Fülle von Erkenntnissen frei, die in keinem Verhältnis zur Größe des Aufschlusses stehen, aber doch einen Erkenntnisgewinn darstellen, der erstaunlich ist. Das ist das Schöne im Cellonprofil, wo es nicht nur eingeschlossene Fossilien, die man mit freiem Auge sehen kann, gibt, wie verschiedene Vorläufer der Tintenfische, Muscheln, Brachiopoden, Trilobiten, sondern auch winzige Mikrofossilien oder Nanofossilien, die nur Bruchteile von Millimetern klein sind. Diese sind in den letzten Jahren sehr detailliert untersucht worden, sodass es heute eine lange Liste von Teilbereichen der Geologie gibt, die Paläontologie oder die Stratigraphie, die hier eine Fülle von Datenmaterial zusammen getragen hat. So ist das Buch der Erdgeschichte über diesen Zeitabschnitt zu einem unglaublich dicken Wälzer geworden.

F| Nachdem wir jetzt so viel über die Zeit und Methoden, sie in den Griff zu bekommen, geredet haben, reden wir über das aktuelle Projekt. Wie ist die Ausgangssituation?

A| Dieses IGCP-Projekt heißt mit vollem Titel „North Gondwanan midpalaeozoic bioevent/biogeography patterns in relation to crustal dynamics ". Es gibt in der Erdgeschichte so genannte Bioevents, das sind Aussterbeereignisse und eben das Gegenteil, das Erscheinen von neuen Lebensformen. Diese Vorgänge sollten hier analysiert werden, auch die Änderung der Biodiversität sollte studiert werden sowie die biogeographischen Veränderungen am Rande von Gondwana. Und zwar vom jüngeren Ordovizium vor 460 bis in das Unterkarbon vor 320 Millionen Jahren. Wir wissen, dass eines der fünf großen Massenaussterben und in der Folge das Erscheinen neuer Arten im jüngeren Ordovizium stattfand. Wir wussten schon lange Zeit, dass diese Schichten des jüngeren Ordoviziums in den Karnischen Alpen voll entwickelt sind, und man nur fokussiert bestimmte Abschnitte dieses Profils untersuchen musste. Auch was die Änderung der Biodiversität betrifft, haben wir durch den Fossilienreichtum in diesem Profil die Möglichkeit, detailliert für die eine oder andere Fossilgruppe gezielt nach mehr Daten zu suchen. Wann sind bestimmte Formen ausgestorben, und wie ist das Verhältnis zum Erscheinen neuer Formen? Und bezüglich der Paläogeographie haben wir in den Gesteinen Hinweise, die Rekonstruktionen auf die ursprüngliche, paläogeographische Breite dieses Gebietes erlauben. Ist diese Schicht nahe dem Äquator abgelagert worden oder in höheren Breiten? Wo befanden sich die Karnischen Alpen etwa im späten Ordovizium, im Silur, im Devon und dann im Karbon? Wir konnten sehr interessante und aufschlussreiche Ergebnisse erzielen, die nun mit Gebieten, in denen gleichaltrige Gesteine vorkommen, verglichen werden können. Das sind etwa Sardinien, Südfrankreich, Spanien oder die Umgebung von Prag. Und da zeigte es sich durch die Analyse von Fossilresten, aber auch der Gesteine, dass die Karnischen Alpen eine Reise um den halben Globus hinter sich haben. Im ausgehenden Ordovizium waren sie in geographischen Breiten von etwa 50° auf der Südhemisphäre beheimatet.

F| Da muss ich Sie kurz unterbrechen. 50° südlich, das heißt ungefähr so weit im Süden wie wir jetzt im Norden sind? Also ungefähr diese Breite, wo heute Argentinien liegt?

A| Ja, diese Breite. Man muss sich vorstellen, dass im Laufe von 450 Millionen Jahren die Karnischen Alpen von dieser Position weit im Süden des Äquators gegen den Äquator gewandert sind, den Äquator überquert haben und erst in der jüngsten Gegenwart hier auf 47° nördlicher Breite gelandet sind. Vor 350 Millionen Jahren waren sie in Breiten der heutigen Karibik. Da hat es Riffe, Lagunen und warmes Wasser gegeben. Das Meer war erfüllt von allen Organismen, die es damals auf der Erde gegeben hat. Die verschiedensten Tiergruppen waren ja schon längst erschienen. Tatsächlich haben wir hier die gesamte Architektur eines Riffkomplexes rekonstruieren können. Wir haben den Riffkern, auf der Rückseite des Riffes die Lagunenablagerungen, wir haben auf der Vorderseite des Riffes das Vorriff, und wir haben den Übergang zu tieferen Meeresbereichen. Das alles finden wir, wie in einem Lehrbuch, beispielhaft in den Karnischen Alpen verwirklicht. Diesen Riffkomplex zu rekonstruieren war nicht einfach,



Conodonten, der Schlüssel zur Zeit. Die kleinen Zähnchen der Tiere zeichnen sich durch charakteristische Merkmale aus, die vom Kambrium bis in die Trias - einer Zeitspanne von etwa 300 Millionen Jahren – jeweils anders entwickelt sind.

denn man darf nicht vergessen, dieses Gebiet hat zwei Gebirgsbildungen mitgemacht. Eine in der Steinkohlenzeit und dann die alpidische Gebirgsbildung. Da ist es leider so, dass die einzelnen Gesteinseinheiten oft durcheinander gewirbelt, verschoben, verfaltet und disloziert wurden. Um diese ursprüngliche Anordnung des Riffkomplexes zu rekonstruieren, muss man sehr viele geologische Schichtprofile untersuchen und sie der ursprünglichen Anordnung wieder richtig zuordnen. Das erfordert eine akribische Geländearbeit. Durch dieses Projekt war es möglich, nicht nur die Paläogeographie im Verhältnis zur Anordnung, in welchen Breiten die Gesteine gebildet wurden zu rekonstruieren, sondern auch die Zusammengehörigkeit dieser verschiedenen, durch junge Tektonik isolierten Vorkommen, wieder zu einem Ganzen zusammenzufügen. Die Schwerpunkte des insgesamt sechs Jahre dauernden Projektes lagen in den Karnischen Alpen in folgenden Zeitepochen: Das jüngere Ordovizium, dann die Grenze der Zeitepoche zwischen Ordovizium und Silur, weiters im Silur und im Devon. Zusätzlich wurden auch die Ablagerungen aus der Devon-Karbon Grenze analysiert. Im Ordovizium haben wir uns in erster Linie mit der Aufsammlung von ordovizischen Versteinerungen beschäftigt, denn hier sind seit den 1930er Jahren keine neuen Materialien gefunden worden. Wir haben also versucht, systematisch Anhaltspunkte über das Ordovizium zu bekommen, haben in verschiedenen Profilen gezielt aufgesammelt. In erster Linie auch wieder in der Umgebung der Cellonrinne. Dabei haben wir nicht nur Trilobiten gefunden, sondern auch Brachiopoden, Muscheln und Schnecken. Eine unerwartet reiche Ausbeute. Diese ersten Funde erlauben nun eine sehr detaillierte Parallelisierung mit gleich alten Schichtfolgen in Sardinien, Südfrankreich, Spanien und Böhmen. Wir können sogar einzelne Abschnitte der Schichtfolge in Sardinien 1:1 in die Karnischen Alpen übertragen. Auch in China oder Marokko kennen wir Faunengemeinschaften, die völlig ident mit den hiesigen sind. Das bedeutet natürlich, dass hier ein Faunenaustausch über Ozeane hinweg stattgefunden haben muss, und bestimmte Faunengemeinschaften bezeugen, dass es sich in unserem Falle um ein tieferes Wasser gehandelt hat, also etwas küstenfernere Bedingungen geherrscht haben. Es hat allerdings in unserem Gebiet einen gewissen Kälteeinfluss gegeben, denn die Organismen, die man bei uns im Ordovizium gefunden hat, sind wesentlich kleiner als zum Beispiel jene aus China, das dem tropischen Bereich näher gelegen war. Hier im Ordovizium gehen die Arbeiten weiter. Gerade im Sommer 2008 haben wir umfassende, reiche Neuaufsammlungen gemacht, die sehr vielversprechend sind.

F| Das ist ja eine unglaubliche Fülle an Ergebnissen und von Ihnen ausgesprochen plastisch und attraktiv dargestellt. Zu wissen, dass hier einmal Riffe zu finden waren, finde ich sehr reizvoll.

A| Ja, das war aber nicht immer so. Eine Fragestellung des Projekts war es, die schon seit den 1960er Jahren bekannte Vereisungsperiode im späten Ordovizium in den Karnischen Alpen, zu prüfen. Welche Auswirkung hatte diese Vereisung bei uns, die man nun in Nordafrika, in Südamerika, im Nahen Osten und in Westeuropa an vielen Stellen nachgewiesen hat? Durch den Fund von fossilen Moränen haben wir auch in den Karnischen Alpen Zeugnisse der Vereisung, die zwischen 300.000 und 500.000 Jahren gedauert hat. Diese Periode zeigt sich im Profil in der Cellonrinne in Form eines 40 Zentimeter dicken Schieferpaketes. Wir finden unter der Schieferschicht Versteinerungen, die besagen, dass es vorher noch normale Lebensbedingungen gegeben hat. Über diesen 40 Zentimetern haben wir Leitfossilien, die beweisen, dass da die Vereisung schon vorbei war, das Eis abgeschmolzen war, der Meeresspiegel angestiegen ist. Dazwischen kommen 40 Zentimeter dicke, grünliche Schiefer vor. Diese Schiefer deuten wir als periglaziales Sediment. Bis zum heutigen Fundort hat der Gletscher nicht gereicht, aber es hat natürlich Schmelzwässer am Rande dieses ausgedehnten Eisfeldes gegeben, die Tontrübe in das angrenzende Meer transportiert haben, aus dem schließlich unsere Schiefer gebildet wurden. Die Vereisung, so wird nach neuesten Untersuchungen geschätzt, hat eine Fläche von 30 Millionen Quadratkilometern bedeckt, also eine gewaltige Ausdehnung. Dieses Eis hat natürlich viel Wasser gebunden, und man nimmt an, dass während dieser Vereisung der Meeresspiegel um bis zu 80 Meter abgesenkt wurde. Zurzeit weiß man noch nicht, was die Ursache für die Vereisung war, man weiß auch nicht, was die Ursache dafür war, dass dieser Gletscher wieder verschwunden ist. Jedenfalls ist danach der Meeresspiegel wieder sehr schnell angestiegen. Es ist schnell wärmer geworden, und es haben sich andere Sedimente abgelagert. Es ist ganz logisch, dass in einer Kälteperiode andere Organismengruppen erschienen sind als in einer wärmeren und dass dadurch auch die Sedimente sehr verschieden sind. Es ist uns gelungen, die Zeugnisse dieser Vereisung im Rahmen dieses Projektes nachzuweisen.

F| Herr Schönlaub, können wir neben den Nachweisen für die Vereisung auch ein bisschen über alle anderen Ergebnisse reden?

A| Gern. Für all diese Arbeiten, nicht nur in der Cellonrinne, sondern für die verschiedenen Zeitabschnitte, sind wissenschaftliche Arbeiten verfasst worden. In nationalen und internationalen, wissenschaftlichen Zeitschriften, auch in Zeitschriften mit Peer-Review, das sind solche, wo Inhalte von unabhängigen, fachgleich ausgebildeten Wissenschaftlern geprüft werden. Für das Ordovizium gibt es drei Publikationen, für das Silur haben wir auch mehrere Publikationen veröffentlicht. Etwa von Kathleen Histon, die die Bentonite, die vulkanischen Aschen, untersucht hat. Oder Annalisa Ferretti aus Italien, die sich mit paläoökologischen Fragen beschäftigt hat, auch mit bestimmten bathymetrischen Fragen wie beispielsweise den Tiefenverhältnissen von Faunengemeinschaften von Nautiloideen, die entfernte Verwandte der Tintenfische darstellen. Es wurde im Jahre 1994, als der Startschuss für dieses Projekt fiel, ein internationales Symposium in Wien abgehalten, und anschließend wurden die Exkursionsteilnehmer in die Karnischen Alpen geführt. 36 Länder haben sich an diesem IGCP-Projekt beteiligt, und wir sind sehr stolz darauf, dass es in Österreich begonnen hat. Ich meine, dass wir heute einen unglaublich reichen Datenschatz über den Zeitabschnitt vom Ordovizium bis ans Ende des Devons besitzen. Diese Datenbasis war noch vor 10 Jahren unvorstellbar, und das ist durch die internationale Zusammenarbeit, aber auch durch die vielen nationalen Initiativen ermöglicht worden. Es war vorher undenkbar, dass wir so viele Kollegen interessieren konnten hier mitzuarbeiten, in dieses Gebiet zu kommen, um selbst Forschungen zu betreiben. Das ist durch dieses Projekt möglich geworden und hat mit dazu beigetragen, dass wir so grundlegende, neue Erkenntnisse gewinnen konnten.

F| Und dieses Netzwerk wirkt bis heute fort?

A| Ja, ich bin überzeugt, dass dieses Netzwerk sich noch vergrößern wird, denn es werden diese vielen, neuen Ergebnisse erst allmählich bekannt gemacht werden. Wenn man im Gelände arbeitet, kann man ja nicht sofort im darauffolgenden Winter alle Ergebnisse publizieren. Das geschieht erst im Laufe von einigen Jahren. Gerade was die Veröffentlichung dieser Einzelergebnisse betrifft, so ist noch kein Abschluss erreicht. Das führt natürlich dazu, dass auch andere Forschergruppen auf dieses Gebiet aufmerksam werden und selbst diese Gegend besuchen wollen und - wie ich jetzt schon gehört habe - selbst interessiert sind, hier Forschungen zu betreiben. Was die Silurablagerungen betrifft, so tendiert man immer mehr dazu, noch kürzere Zeitabschnitte zu analysieren und mit anderen Gebieten zu vergleichen. Und gerade hier bieten sich die Karnischen Alpen an, um einen Vergleich mit dem Welsh Borderland zu machen, also im Grenzgebiet zwischen England und Wales, wo es zeitgleiche Ablagerungen gibt. Und jetzt will man die Ablagerungen dort und hier wirklich im Zentimeterbereich miteinander vergleichen, um die Bewegungen des Untergrundes miteinander vergleichen und besser verstehen zu können. Man will sehr detaillierte Meeresspiegelschwankungskurven rekonstruieren und herausfinden, ob sich der Meeresboden tatsächlich im Gleichklang über Kontinente hinweg gehoben und gesenkt hat. Also wieder ein ganz neues Themengebiet, das sich mit der Ereignisstratigraphie und der Sequenzstratigraphie beschäftigt.

F| Zeit war der rote Faden für dieses Gespräch, Zeit ist auch ein Parameter für die Länge dieses Gesprächs. Es war viel von der Vergangenheit die Rede. Am Beispiel dieser wunderbaren Möglichkeiten, die den zeitlich späten Auftritt des Menschen innerhalb der Erdgeschichte erklären, hat mir eine Facette gefehlt, nämlich die Zukunft. Was glaubt die Wissenschaft, wie lange es diesen Globus geben wird?

A| Wenn ich, wie so oft, geologische Führungen in den Karnischen Alpen mache und Laien verständlich zu machen versuche, wie es weitergeht, dann wird immer wieder die Frage gestellt: „Wir wissen, dass die Alpen noch weiter gehoben werden, aber sie werden auch gleichzeitig wieder abgetragen. Was ist nun das dominierende Geschehen? Überwiegt die Hebung oder überwiegt die Abtragung?" Eine Antwort dazu ist nicht einfach. Wir müssen uns vor Augen halten, was für riesige Schuttmengen allein nach der letzten Vereisung von den Bergen in die Niederungen transportiert wurden, die tiefe Täler aufgefüllt haben. Auf der anderen Seite wissen wir aber auch, dass die Dynamik

> DER MENSCH WIRD LEDIGLICH EINE DÜNNE SCHICHT SEDIMENT HINTERLASSEN – UND DIESE WIRD NICHT MÄCHTIGER SEIN, ALS EINIGE ZENTIMETER.

der Erde weiter anhält. Die Südalpen schieben sich immer noch ständig nach Norden und die Folge ist, dass in einigen wenigen Millionen Jahren, das Mittelmeer verschwunden und eine Landmasse sein wird. Allerdings schiebt sich Afrika weiter nach Norden und mit ihm alle vorgelagerten Gesteinszonen und geologisch scheinbar „stabile Gebiete". Es ist aber kein Gebiet stabil, auch Europa nicht.

F| Das heißt, unsere Sorgen um Küstenstädte sind unbegründet, ihr langfristiges Schicksal ist besiegelt.

A| Das Schicksal ist besiegelt, und am Ende steht natürlich die Abtragung der Alpen. So wie in der Vergangenheit Gebirge hochgehoben wurden, sind sie im Laufe von Jahrmillionen durch Erosion abgetragen worden. So wird es auch den Alpen ergehen. In welchem Zeithorizont das sein wird, ist schwer anzugeben, aber auch die Alpen sind von der Zerstörung durch geologische Ereignisse, durch geologische Kräfte bedroht. Die Frage nach dem Bestand der Erde ist eine Frage nach der Dauer unseres Sonnensystems. Die Erde wird es sicher noch Milliarden von Jahren geben, das ist überhaupt keine Frage. Nur, dann wird es keinen Menschen mehr geben. Der Mensch ist letzten Endes das beste Leitfossil, das die Erde je besessen hat. Wenn wir uns vor Augen halten, dass verschiedene Arten von Organismen in der lange zurückliegenden Vergangenheit rund eine Million Jahre gelebt haben und wenn wir uns das Alter der Menschheit auch mit einer Million Jahre vergegenwärtigen, so wird in etlichen Millionen Jahren das Geschlecht des Menschen lediglich eine dünne Schicht in den Ablagerungen hinterlassen haben. Und diese Schicht wird nicht mächtiger, nicht dicker sein, als einige Millimeter oder vielleicht Zentimeter. Also eine verschwindend kleine Lage innerhalb eines tausende Meter dicken Sedimentstapels und zugleich eine verschwindend kurze Zeitspanne in der Gesamtentwicklung der Erde, die durch den Menschen charakterisiert sein wird. •••

Die Cellonrinne ist seit dem Jahre 1894 durch geologische Aufnahmearbeiten bekannt. Sie ist eine Legende und gleichzeitig auch ein Mekka der Geologie geworden, ein weltbekannter Ort, der von der Geschichte der Erde erzählt.