KARL KRAINER

wurde 1956 in Klagenfurt geboren. Er studierte Geologie, Paläontologie und Mineralogie an der Universität Innsbruck, wo er Im Juni 1981 zum Dr. phil. promovierte. 1997 wurde er zum Ao. Univ.-Prof. an der Universität Innsbruck ernannt. Seine Forschungsschwerpunkte sind Sedimentgeologie, Regionale Geologie und Quartärgeologie, mit breit gestreuten Interessen, die vom Jungpaläozoikum in den Karnischen Alpen und in New Mexiko bis zur geologischen Betreuung des Nationalparks Hohe Tauern reichen. Darüberhinaus befasst er sich seit über 10 Jahren mit dem Alpinen Permafrost im westlichen Österreich und in Südtirol.

PERMAFROST TEIL I

Die Studie „Permafrost in Österreich" beschäftigt sich mit der Erforschung der Permafrostzonen Österreichs und mit den Folgen eines zu erwartenden verstärkten Auftauens dieser Bereiche. Mit unterschiedlichsten Meßmethoden wird dieses noch weitgehend unerforschte Gebiet analysiert und auf Folgen für Mensch und Umwelt hingewiesen.

Gefördert durch: International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)

DANK | Ewald Brückl, Helmut Hausmann (alle Institut für Geodäsie und Geophysik der TU Wien)

Karl Krainer: „Unter Permafrost versteht man dauerhaft gefrorenen Boden, der auch im Sommer nicht auftaut. Es gibt eine Bohrung in Sibirien, wo der Permafrost bis in 1.500 Meter hinunterreicht. In den Alpen finden wir Permafrost bis in 100 Meter Tiefe. Jede Art des Permafrosts bedeutet, dass im Untergrund Eis vorhanden ist. Die geringsten Eismengen sind im Bereich des Spaltenfrostes zu finden, die höchsten Eisgehalte in den Blockgletschern zu erwarten. Diese besitzen einen massiven Eiskern."

Herr Krainer, wir sind im Kaunertal im Tiroler Oberland. Während die einen zum Schi fahren den Berg hinauf sind, sind wir knapp vor den Schiliften stehen geblieben, rechts ins Gelände hineingegangen, um ein Permafrostgelände aufzusuchen. Was erforschen Sie da oben?

AI Wir untersuchen im hinteren Kaunertal den alpinen Permafrost. Alpinen Permafrost gibt es in drei Arten: Die Blockgletscher sind die häufigste Form des alpinen Permafrosts. Blockgletscher sind Bodeneiskörper, deren Eis großteils von Felsblöcken und Schutt bedeckt ist. Sie kommen in vielen Hochgebirgen der Erde vor, sind aber äußerlich oft kaum von Schutthalden zu unterscheiden. Es gibt zweitens Permafrost außerhalb der Blockgletscher im Lockergestein. Die dritte Art des Permafrosts ist der Spaltenfrost. Vor allem der Spaltenfrost bereitet uns derzeit große Probleme. Er tritt in den Spalten und Rissen von schattigen, steilen Felswänden auf und ist sehr schwer zu untersuchen. Grundsätzlich ist es so, dass wir nicht wissen, wo im Hochgebirge überall Permafrost verbreitet ist. Wir wissen auch nicht, wie mächtig die Permafrostbereiche eigentlich sind. In Österreich gibt es bisher keine Untersuchungen über die Mächtigkeiten, und wir wissen auch nicht, wie viel Eis überhaupt im Permafrost gebunden ist. Durch die verstärkte Erwärmung der letzten Jahre kommt es natürlich auch zu einem verstärkten Abschmelzen des Permafrosteises. Inwieweit dadurch die Abflusssituation im Hochgebirge beeinflusst ist, ist auch Gegenstand unserer Untersuchungen.

FI Jetzt weiß ich als Laie, dass es in die Erde hinein immer wärmer wird. Wie tief kann denn so ein Permafrostboden gehen, bis es ihm „zu warm" wird?

AI Unter Permafrost versteht man dauerhaft gefrorenen Boden. Boden oder Untergrund, der auch im Sommer nicht auftaut. Da taut er zwar oberflächlich auf, normalerweise ein bis zwei Meter, darunter ist der Untergrund auch im Sommer vollständig gefroren. In den klassischen Permafrostgebieten wie Sibirien oder Alaska reicht der Permafrost mehrere 100 Meter in die Tiefe. Es gibt eine Bohrung in Sibirien, wo der Permafrost bis in 1.500 Meter hinunterreicht. In den Alpen gibt es Bohrungen in der Schweiz. Dort hat man festgestellt, dass Permafrost bis zu 100 Meter in die Tiefe reicht. Jede Art des Permafrosts bedeutet, dass im Untergrund Eis vorhanden ist. Die Eismengen werden natürlich variieren. Die geringsten Eismengen sind im Bereich des Spaltenfrostes zu erwarten, weil diese Spalten meistens nur sehr eng sind und auch nicht sehr häufig auftreten. Aber auch darüber gibt es keine Untersuchungen. Die höchsten Eisgehalte sind, was ich bis jetzt aus Erfahrung sagen kann, in den Blockgletschern zu erwarten. Dort sind zum Teil richtig massive Eiskerne enthalten. Und zwar in jenen Blockgletschern, die sich aus Kargletschern entwickelt haben, aus schuttbedeckten Kargletschern. Diese besitzen einen massiven Eiskern.

FI Wie ist der gegenwärtige Wissensstand über das Permafrosteis in Österreich?

AI Bevor wir vor zehn Jahren mit diesen Untersuchungen begonnen haben, wussten wir sehr wenig. Es gab einige wenige Studien in den Ötztaler Alpen über die Bewegungen der Blockgletscher. Ein Team aus Graz hat in der Schobergruppe vor allem morphologische, aber keine geophysikalischen Untersuchungen durchgeführt. Wir haben begonnen, intensiver in diese Materie einzudringen und mit allen zur Verfügung stehenden Methoden möglichst viele Informationen über den Permafrost zu bekommen. Die erste Frage ist, mit welchen Methoden man Permafrost am kostengünstigsten und am schnellsten nachweisen kann. Weiters haben wir vor, einen Blockgletscherkataster für Tirol, wenn möglich auch für ganz Österreich, zu erstellen, wo sämtliche Blockgletscher erfasst werden. Der Hydrographische Dienst des Landes Tirols oder auch die Wildbach- und Lawinenverbauung zeigen großes Interesse an derartigen Ergebnissen. Ein solcher Kataster ist notwendig, damit wir überhaupt einmal wissen, wie viele Blockgletscher es gibt, und welche Flächen diese Blockgletscher einnehmen. Damit könnte berechnet werden, wie viel Eis in den Blockgletschern österreichweit gespeichert ist. Das ist ein Ziel, das wir uns gesetzt haben, und ich glaube auch ein Ziel, das für die Allgemeinheit ganz interessant sein könnte.

FI Diese Blockgletscher fallen einem ja als Wanderer nicht als Gletscher auf. Sie sehen aus wie Schutt oder eine Moräne. Jetzt sagen Sie selbst, man weiß nicht, wie viele dieser Blockgletscher es in Österreich gibt. Was vermuten oder wissen Sie? Sind das Hundert oder sind das Tausende?

AI Ein Kollege aus Graz, Gerhard Lieb, hat vor einigen Jahren in den österreichischen Alpen so eine Erhebung gemacht und hat circa 1.400 Blockgletscher erfasst, wobei einige hundert davon aktiv sind. Aktive Blockgletscher enthalten Eis und die bewegen sich langsam, mit Geschwindigkeiten von Zentimetern bis zu mehreren Metern pro Jahr, den Hang hinunter. Es gibt weiters inaktive Blockgletscher, die sich nicht mehr bewegen, aber noch Eis enthalten. Und es gibt fossile Blockgletscher, die eisfrei sind. Durch ein längeres Anheben der Permafrost-Klimagrenze im Zuge des natürlichen Klimawandels, verlieren tief liegende Blockgletscher ihr Eis. Beim Hochebenkar-Blockgletscher bei Obergurgl wurden maximale Geschwindigkeiten bis zu fünf Meter pro Jahr gemessen. Im Kaunertal im Bereich der Ölgrube haben wir Geschwindigkeiten bis zu zwei Meter gemessen, ebenso im Ötztaler Reichenkar, wo sich der Reichenkarblockgletscher in den letzten Jahren um etwa drei Meter pro Jahr bewegt hat. Alle österreichischen aktiven, inaktiven und fossilen Blockgletscher sind erfasst, mit einer großen Ausnahme: Die in Nordtirol gelegenen sind nicht dabei. Gebirgsgruppen wie Stubaier Alpen, Ötztaler Alpen, Silvretta, Verwallgruppe, wo unzählige Blockgletscher vorhanden sind, sind in dieser Statistik nicht erfasst. Hier sind noch einige hundert Blockgletscher zu kartieren. Im Gletscherkataster sind sämtliche sichtbaren Gletscher erfasst. Es sind zirka 900, und mindestens so viele aktive Blockgletscher gibt es in Österreich. Deren Fläche ist allerdings etwas geringer, weil die Blockgletscher in der Regel doch kleiner sind als die Gletscher. Es gibt doch einige große Gletscher wie den Gepatschferner oder die Pasterze, die flächenmäßig einige Quadratkilometer umfassen. Die größten Blockgletscher sind etwa 1,5 Kilometer lang und bis zu mehreren hundert Meter breit, bedecken also eine Fläche von maximal einem halben Quadratkilometer. Hochgerechnet mit der Anzahl der vorhandenen Blockgletscher, kommt man auf beachtliche Flächen und natürlich auch auf beachtliche Eismassen. Es gibt ja, wie schon erwähnt, auch Permafrost außerhalb der Blockgletscher, und diese Fläche zu erfassen, ist unheimlich schwierig, weil man ja an der Oberfläche überhaupt nichts sieht. Man sieht nicht, ob im Untergrund Eis vorhanden ist oder nicht.

FI Warum interessiert Sie das?

AI In den letzten Jahren, sind im Zuge der Klimaerwärmung, im Zusammenhang mit Permafrost oder besser gesagt, mit dem Abtauen des Permafrosts, verstärkt Probleme aufgetreten. Vor allem ist es die deutlich erhöhte Steinschlagaktivität. Was uns auch interessiert, ist, dass neben dem Gletschereis auch sehr viel

Arbeitsalltag im Permafrost: Abflussmessungen, Messdaten auslesen, Temperatursonden installieren und vor allem – weit gehen.

Permafrosteis in den Alpen vorhanden ist, das durchaus als Trinkwasserspeicher zu betrachten ist. Eine Untersuchung geht dahin, inwieweit diese Blockgletscher als Trinkwasserspeicher nutzbar sind. Es gibt Blockgletscher, deren Wasser bereits für Trinkwasserversorgungen genutzt wird. Ich kenne ein Beispiel aus Tirol, die Gemeinde Nauders am Reschenpass. Sie bezieht einen Teil ihres Trinkwassers aus einer Blockgletscherquelle. Allerdings aus einem fossilen Blockgletscher, der kein Eis mehr enthält. Dieser fossile Blockgletscher hat aber eine so hohe Porosität, dass genügend Wasser in dessen Schuttmaterial gespeichert werden kann.

FI Die Untersuchungen, die Sie eingangs genannt haben, hören sich nach großer Technik an. Sie gehen ja nicht unbedingt auf Wanderwegen, sondern in ganz unwegsames, sehr schwieriges Gelände?

AI Ja, das ist richtig. Die Messgeräte und die Ausrüstung sind hinauf zu tragen. Ich brauche dabei natürlich Hilfe. Diese Hilfe bekomme ich vor allem von Studenten. Einige unserer Themen werden ja auch im Rahmen von Diplomarbeiten bearbeitet. Zusätzlich müssen wir immer wieder Studenten engagieren, die uns helfen, die Gerätschaften hinauf zu tragen, was schon einen großen Aufwand bedeutet. Das Georadar beispielsweise hat ein Gewicht von 50 bis 60 Kilogramm. Das Georadar wird, in tragbare Einheiten zerlegt, transportiert. Wir brauchen weiters einige Akkus für die Stromversorgung. Die alleine wiegen schon zirka zwanzig Kilogramm. Das Gerät wird zur Messstelle hinaufgetragen und dort zusammengebaut. Für die Messung selbst braucht man mindestens drei Personen: Eine am Sender, eine am Empfänger und eine Person, die das Steuergerät trägt und es bedient. Mit dem Georadar werden elektromagnetische Wellen in den Untergrund geschickt. Diese Wellen werden an Grenzflächen reflektiert. Die reflektierten Wellen werden dann am Empfänger wieder aufgezeichnet. Über die Zeitspanne, die die Wellen vom Sender zum Empfänger brauchen, kann rückgerechnet werden, in welcher Tiefe diese ausgesendeten Wellen reflektiert werden. Eine Grenzfläche kann zum Beispiel die Grenzfläche zwischen der ungefrorenen Schuttauflage und dem Eiskörper sein, oder es ist der Übergang vom Eis zum Felsuntergrund. Auch dort werden diese Wellen reflektiert. Mit Hilfe des Georadar kann also die Dicke der Blockgletscher erfasst werden, aber auch interne Strukturen. Wir können mit dem Georadar die Scherflächen im Eiskörper erfassen. Diese Grenzflächen werden auf dem Steuergerät aufgezeichnet. Mit speziellen Programmen können diese Daten bearbeitet und besser sichtbar gemacht machen, sodass wir letztlich einen sehr guten Eindruck über die innere Struktur eines Blockgletschers bekommen. Diese Georadaruntersuchungen werden ergänzt durch eine weitere geophysikalische Methode, durch die Seismik, wobei ebenfalls Wellen produziert werden. Wir erzeugen diese seismischen Wellen einerseits durch Sprengungen, andererseits mit Hammerschlag. Die seismischen Wellen dringen, ähnlich wie die elektromagnetischen Wellen, in den Untergrund ein und werden genauso an Grenzflächen reflektiert. Das ist eine weitere Methode, um den internen Aufbau und die Mächtigkeiten von Blockgletschern zu erfassen. Aber nicht nur von Blockgletschern, sondern auch von Permafrostbereichen außerhalb der Blockgletscher. Wenn im Untergrund, im Lockersediment, Permafrosteis vorhanden ist, kann es mit dieser Methode erfasst werden. Eine andere geophysikalische Methode, die wir erfolgreich eingesetzt haben, ist die Gravimetrie. Die Kollegen am Institut für Geodäsie und Geophysik der Technischen Universität Wien, mit denen wir diese Untersuchungen durchführen, besitzen ein hoch auflösendes Gravimeter, das wir auf unsere Blockgletscher hinaufgetragen haben. Mit einem Gravimeter werden Dichteunterschiede im Boden erfasst. Eis hat bekanntlich eine sehr geringe Dichte, eine viel geringere als Gestein. Bei der Messung kommen diese Dichteunterschiede und damit der Eisgehalt, gut zum Ausdruck. Mit Hilfe der Gravimetrie war es uns möglich, Aufschluss über den Eisgehalt im Blockgletscher zu erhalten. Eine weitere Möglichkeit um nachzuweisen, ob im Untergrund Eis vorhanden ist, bieten uns Temperaturmessungen. Dazu positionieren wir im Herbst Temperatursonden an der Oberfläche im Schutt und lassen sie einschneien. Wenn im Winter eine genügend mächtige Schneedecke am Blockgletscher liegt, kann die Außentemperatur, also die der Luft, nicht mehr in den Untergrund eindringen. Die Temperatur an der Basis der Neuschneedecke wird dann vor allem von unten beeinflusst. Die Sonde zeichnet dann nur mehr die Temperaturen auf, die aus dem Untergrund abgestrahlt werden. Wenn im Untergrund Eis vorhanden ist, finden wir an der Basis der winterlichen Schneedecke deutlich geringere Temperaturen, als dort, wo im Untergrund kein Eis vorhanden ist. Die Temperaturunterschiede liegen im Bereich von drei bis vier Grad Celsius. Das Verfahren kann man auch bei der Messung der Quelltemperaturen anwenden. Bei aktiven Blockgletschern entspringt in der Regel im Stirnbereich eine Quelle und aktive Blockgletscher enthalten Eis. Das Schmelzwasser kommt im Sommer im Blockgletscher in Kontakt mit dem Eis und entspringt im Stirnbereich mit einer entsprechend niedrigen Temperatur, die in der Regel knapp unter plus ein Grad liegt. Auch damit ist es möglich, indirekt nachzuweisen, ob bei einer Quelle Eis im Untergrund vorhanden ist.

FI Das waren jetzt schon fünf verschiedene Methoden zur Untersuchung der Permafrostzonen. Gibt es noch weitere?

AI Was wir bis jetzt noch nicht versucht haben, ist die Geoelektrik. Dabei wird der elektrische Widerstand des Bodens zwischen mehreren elektrischen Polen gemessen. Unterschiedliche Böden haben, vor allem wenn Wasser im Spiel ist, unterschiedliche elektrische Widerstände. Auch hier wollen wir testen, inwieweit diese Methode hilfreich ist, um Eis im Untergrund zu erfassen. Durch die Kombination dieser verschiedenen geophysikalischen Methoden ist es möglich, einen guten Einblick in den inneren Aufbau, in die internen Strukturen und eine genaue Vorstellung über die Mächtigkeiten dieser Permafrosterscheinungen zu erhalten. Es ist unser Ziel, möglichst gut zu erfassen, wie mächtig bei uns der Permafrost ist. Wie viel Eis ist im Permafrost gespeichert, und wie mächtig ist die Auftauschicht. Im Sommer ist es ja so, dass die oberste Schicht bis in eine Tiefe von wenigen Metern auftaut. Aber das Eis sieht man an der Oberfläche nicht, und mit Hilfe dieser Methoden ist es möglich, Aufschluss zu bekommen, wie es im Untergrund ausschaut.

FI Es ist Allgemeinwissen, dass die Gletscher in den Ostalpen dramatisch abschmelzen und kleiner werden. Trifft das auch auf die Blockgletscher zu?

AI Unsere Messungen, mit welchen wir auch die Seehöhe der Gletscheroberfläche sehr exakt vermessen können, haben gezeigt, dass die Blockgletscher zwar auch abschmelzen, aber die Abschmelzraten wesentlich geringer sind als bei den Gletschern. Und zwar deshalb, weil auf den Blockgletschern das Eis normalerweise durch eine mehrere Meter mächtige Schuttdecke vor der direkten Sonneneinstrahlung geschützt wird. Das Eis schmilzt also, im Vergleich zu einem Gletscher, sehr langsam ab. Wir haben bei Gletschern im Sommer Ablationsraten, also Abtauraten von einigen Metern. Auf Blockgletschern haben wir dagegen Ablationsraten von maximal zwanzig Zentimetern, also ein großer Unterschied. Dazu kommt noch ein Faktor: In der kalten Jahreszeit kann im Blockgletscher Eis wieder neu entstehen. Zu Beginn der Schneeschmelze, wenn die Schneedecke beginnt oberflächlich aufzutauen, sickert das Schmelzwasser ein. Zu dieser Zeit herrschen aber in der Schuttlage noch Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Das einsickernde Wasser gefriert, und es kann Eis nachgebildet werden. Allerdings wissen wir nicht, wie viel Eis jedes Jahr nachgebildet wird. Das versuchen wir, durch Messungen des Abflusses bei Blockgletschern zu klären. Wir haben Pegelstationen errichtet, um zu messen, wie viel Wasser im Sommer vom Blockgletscher abfließt. Dabei ist natürlich der größte Anteil Schneeschmelze, ein Teil ist Niederschlagswasser, das im Sommer in Form von Regen fällt. Und ein sehr geringer Teil, wir wissen das auch aus Isotopenuntersuchungen, ist Schmelzwasser, das vom Eis im Blockgletscher stammt.

FI Wenn Sie in diese Permafrostzonen aufbrechen, wie wählen Sie denn Ihre Messpunkte aus?

AI Zunächst werden die Gebiete, die uns interessieren, geologisch und geomorphologisch im Detail kartiert. Wir müssen das Gestein berücksichtigen, wir müssen alle geomorphologischen Erscheinungsformen wie Moränen oder Hangschutt berücksichtigen. Im Zuge dieser Kartierungsarbeiten bekommen wir ein sehr genaues Bild über die Situation in den einzelnen Karen. Dadurch wissen wir schon ziemlich genau, wo es am günstigsten ist, einen Pegel zu installieren oder Temperaturmessungen durchzuführen. Wir nehmen auch Gesteinsproben und Sedimentproben, um Korngrößenanalysen durchzuführen, und wir wissen dadurch auch, wo es am günstigsten ist, physikalische Untersuchungen vorzunehmen oder Profile über einen Blockgletscher zu legen. Natürlich kommt dazu auch noch das Studium von Luftbildern, die sehr hilfreich sind. Wenn es um die Installation eines Pegels geht, ist es auf jeden Fall wichtig, dass der Pegel dort installiert wird, wo es ein klar definiertes Bachbett gibt, welches sich durch die unterschiedliche Wasserführung im Laufe des Jahres möglichst nicht verändert. Der Pegel soll dann so installiert sein, dass bei einem eventuellen Hochwasser nicht alles weggerissen wird. Er soll auch für Wanderer oder Touristen nicht einsichtig sein. Die Leute sind neugierig, probieren an den Geräten herum, nehmen Teile mit. Das verändert dann die Untersuchungsergebnisse oder macht sie überhaupt unbrauchbar. Einerseits liefern uns Luftbilder sehr wertvolle Hinweise. Dazu kommt natürlich auch die Erfahrung. Wir arbeiten schon seit über zehn Jahren im Hochgebirge und beschäftigen uns mit dem Permafrost. Zu Beginn haben wir selbstverständlich auch Fehler gemacht. Aus diesen Fehlern haben wir gelernt. Heute wissen wir genau, welche Fehler wir nicht machen dürfen, wenn wir einen Pegel installieren oder wenn wir Temperatursonden setzen. Man darf nicht vergessen, dass im Winter diese Messstellen durch Lawinen gefährdet sein könnten. Solche Faktoren müssen wir bereits vor der Installation mitberücksichtigen. Das könnte man wissenschaftliche Lebenserfahrung nennen.

FI Eines der Hauptziele ist die Untersuchung, wie weit die Gletscher, die sich unter den massiven Steindecken verbergen, als Wasserspeicher herangezogen werden können. Das Wasser hier oben ist kristallklar.

AI Es ist in den meisten Fällen kristallklares Wasser. Aber es kann durchaus vorkommen, dass nach einem starken Niederschlag im Sommer das Wasser auch getrübt ist, was aber normal ist. Wir haben vor zwei Jahren begonnen, diese Wässer auch chemisch zu analysieren. Dabei sind wir auf ein Phänomen gestoßen, das wir noch nicht ganz erklären können. Nämlich, dass einige Blockgletscherquellen und Gletscherbäche extrem hohe Nickelgehalte enthalten, wobei wir nicht wissen, woher dieses Nickel stammt. Es ist ziemlich sicher, dass dieses Nickel nicht aus dem Festgestein freigesetzt wird, es muss also irgendwie über den atmosphärischen Eintrag in das Eis gelangt sein, aber wir wissen nicht wie. Theoretisch könnte es ein Meteoritenschauer gewesen sein, auch durch die Verbrennung kann Nickel freigesetzt werden. Um die Ursachen des Eintrags zu klären, wäre es notwendig, an das Permafrosteis heranzukommen, an das Eis der Blockgletscher. Wir haben im Rahmen eines anderen Projektes vor, im heurigen Jahr in Südtirol Bohrungen auf zwei Blockgletschern durchzuführen, um das dortige Eis zu erbohren. Dieses Eis können wir dann analysieren. Wir wollen natürlich auch klären, wie alt dieses Eis ist. Wir wissen bis jetzt nicht, wie alt das Permafrosteis wirklich ist. Das kann einige tausend Jahre alt sein oder auch nur einige hundert Jahre, das ist nicht bekannt. Die chemische Zusammensetzung dieses Eises ist ein weiteres Forschungsfeld. Wir werden das Eis chemisch analysieren und auch die Pollen untersuchen, die ziemlich sicher im Eis enthalten sind. Vielleicht bekommen wir sogar genügend organisches Material, um eine ^{14}C-Datierung durchführen zu können. Wir sind also drauf und daran, über das Eis im Permafrost noch deutlich mehr Information zu erhalten.

FI Wenn jetzt mehrere Kommunen daran denken würden, aus diesen Gletschern Trinkwasser zu beziehen, wie entnimmt man das Wasser?

> DIESE ART DES PERMAFROSTES IST AM SCHWIERIGSTEN ZU UNTERSUCHEN, WEIL IN DEN STEILEN FELSFLANKEN, WO DER SPALTENFROST AUFGEHT, DIE FORSCHUNGEN LEBENSGEFÄHRLICH SIND.

AI Man nimmt das Wasser, das im Bereich der Blockgletscherquelle entspringt. Diese Quelle würde man fassen, wie eine andere Quelle auch, und dieses Wasser dann als Trinkwasser nutzen. Theoretisch eine sehr bequeme Art und Weise. Allerdings ist es so, dass die aktiven Blockgletscher sehr hoch liegen, in Seehöhen von über 2.300 Metern. Es gab schon vor Jahren Untersuchungen in den Niederen Tauern, um herauszufinden, inwieweit solche Quellen für Trinkwasserzwecke geeignet sind. Dabei hat sich gezeigt, dass größere fossile Blockgletscher durchaus als Trinkwasserspeicher geeignet sind, weil die fossilen Blockgletscher viel tiefer in Richtung Täler reichen. Sie werden daher für Gemeinden interessant.

FI Halten Sie das auch für ökonomisch interessant und machbar?

AI Natürlich. Gerade in den Kristallingebieten, also in jenen Gebieten, die aus metamorphen Gesteinen aufgebaut sind, wo es wenig gute Quellen gibt, ist es sinnvoll, dass man solche Quellen nutzt. Man muss das Wasser in jedem Fall vorher chemisch analysieren, ob es nicht Verunreinigungen durch Schwermetalle, etwa im Bereich von alten Bergwerken, oder durch oben liegende Viehweiden gibt.

FI Wenn ich Sie recht verstanden habe, gilt dem Spaltenfrost innerhalb dieses Forschungsprojekts ein spezielles Interesse?

AI Der Spaltenfrost ist insofern von großem Interesse, weil diese Art des Permafrostes momentan die größten Probleme bereitet. Wir haben in den letzten Jahren in steilen Felswänden eine spürbare Zunahme an Steinschlagaktivität beobachtet, vor allem in nordexponierten Felswänden. Und diese erhöhte Steinschlagaktivität, bis hin zu kleinen Felsstürzen, ist auf das verstärkte Abschmelzen des Spaltenfrostes zurückzuführen. Diese Art des Permafrostes ist allerdings am schwierigsten zu untersuchen, weil in diesen steilen Hängen, in

Das Hintere Kaunertal in den Ötztaler Alpen: Weiß die Zunge des Gepatschferners, grau der Blockgletscher in der Inneren Ölgrube.

diesen steilen Felsflanken, wo der Spaltenfrost aufgeht, die Forschungen lebensgefährlich sind. Es ist sehr schwierig, diese Spalten oder das Eis in diesen Spalten direkt zu untersuchen, weil es ja oberflächlich auftaut, und das Eis erst in zwei bis fünf Metern Tiefe anzutreffen ist. Wir versuchen jetzt zuerst jene Bereiche zu kartieren, in welchen vermehrt eine erhöhte Steinschlagaktivität festzustellen ist. Wir versuchen auch, die Kämme dieser Gebirge zu begehen. Dort wurde auch tatsächlich Spalteneis gefunden. Es ist zwar sehr schwierig, aber wir wollen mit Temperaturmessungen versuchen, diesen Spaltenfrost etwas näher zu ergründen. So trachten wir, zunächst mit einfachen Mitteln, zu erfassen, welche Bereiche durch Spaltenfrost charakterisiert sind und bei einem eventuellen Abschmelzen durch den zu erwartenden Steinschlag gefährdet sind. Aufgrund dieser verstärkten Steinschlagaktivitäten mussten ja bereits Wege im Hochgebirge gesperrt werden. Auch im Tiroler Kaunertal ist das passiert. Natürlich werden wir unsere Informationen an die Orte und Gemeinden weitergeben.

F| Bei unserer Exkursion sind mir zwei Phänomene aufgefallen, die ich vorher noch nie gesehen habe. Das waren fast kreisrunde im Boden eingesunkene Steinformationen und auch, fast wie in einem japanischen Garten, sehr schöne Steinstreifen, als hätte eine überdimensionale Hand den Schutt geordnet. Was ist das?

A| Im Hochgebirge gibt es eine Reihe von so bezeichneten Strukturböden, die darauf hinweisen, dass hier im Boden verstärkte Frostaktivität vorhanden ist. Zu diesen Strukturböden zählen einerseits die Steinstreifen. Dabei handelt es sich um streifenförmige Ausrichtungen von Schutt, die einmal aus grobkörnigem Material bestehen, daneben sind Streifen aus feinkörnigem, dann wieder Streifen aus grobkörnigem Material. Ursache ist das stetige Auftauen und Frieren des Bodens bei einer gewissen Neigung des Geländes. Die Auftauschicht des Bodens ist meist wassergesättigt. Das Wasser setzt die Reibung im Bodensubstrat herab, was eine hangabwärts gerichtete Bewegung der Steine zur Folge hat. Durch jedes Gefrieren und neuerliche Auftauen wandern die Steine ein Stück weiter. Das führt zu einer gewissen Materialsortierung, die die Linienstruktur ergibt. Die zweite Form sind die Steinringe. Diese erscheinen als kreisähnliche Anhäufung von Grobmaterial, in deren Zentrum sich überwiegend Feinmaterial befindet. Im Winter produziert der Frosthub ein Aufbeulen des Untergrundes. Das führt dazu, dass die gröberen Steine von der Frostblase abgleiten und sich rund um den feinkörnigen Bereich ansammeln. Wir wissen allerdings nicht, ob es sich dabei um Permafrostboden handelt oder ob es sich hier nur um Phänomene handelt, die mit dem Frieren im Winter und dem Tauen im Sommer zu tun haben. Wir möchten auch diesem Phänomen nachgehen und versuchen, durch das Messen der Bodentemperatur herauszufinden, ob es sich hier um echten Permafrostboden handelt oder nicht. Dieses interessante Phänomen ist uns sonst nur aus arktischen Bereichen bekannt. Es wurde in den Alpen hin und wieder beschrieben, aber genauer untersucht wurde es bei uns noch nicht. Es gibt im Kaunertal Bereiche, wo Strukturböden auftreten, und wir haben begonnen, uns intensiver damit zu befassen, diese genau zu beschreiben, das Material genau zu analysieren, vor allem von der Korngröße her. Wir haben letzten Sommer einige Temperatursonden in den Böden installiert und über die Bodentemperaturen wollen wir herausfinden, ob in diesen Bereichen im Untergrund das Eis auch im Sommer nicht auftaut oder ob es sich hier einfach um verstärkte Frostaktivität handelt. Sie sehen, in Summe finden wir bei der Untersuchung der Permafrostböden Österreichs ein sehr großes, vielschichtiges Aufgabengebiet vor, das wir mit einer Reihe unterschiedlicher Analyse- und Messmethoden zu ergründen trachten und das uns noch lange beschäftigen wird. •••

Nächste Seite | *Zur Messung der Durchflussmenge des Krummgampenbaches wird eine bestimmte Menge Salz in einem Eimer gelöst und dann oberhalb der Messstelle in den Bach geleert. Über den Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit an der Messstelle kann dann die Durchflussmenge bestimmt werden.*