

Trotzt der Karakorum dem Klimawandel?

Im Gegensatz zu anderen Weltregionen sind die Gletscher im Karakorum anscheinend stabil oder sogar auf dem Vormarsch. Ersten Resultaten einer neuen Expedition zufolge trügt dieser Eindruck jedoch.

Von Jacopo Pasotti



JACOPO PASOTTI

Es handelt sich um das gletscherreichste Gebiet der Erde außerhalb der Polarzonen, daher auch sein Beinamen »dritter Pol«. Zugleich aber gehört es zu den am wenigsten erforschten Regionen weltweit. Der Gebirgszug, der sich vom afghanischen Hindukusch über den pakistanischen Karakorum bis zum indischen Himalaja erstreckt, enthält die höchsten Berge unseres Planeten und ist äußerst dünn besiedelt, grenzt jedoch an einige der bevölkerungsreichsten Länder der Erde. So hängt das Leben von mindestens 70 Millionen Menschen im Indusbecken von ihm ab.

Die spärlichen Kenntnisse über Geografie, Klima und Umwelt des Karakorums hält auch der Weltklimarat, das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), für problematisch. In seinem letzten Bericht von 2013 heißt es: »Das asiatische Hochgebirge umfasst eine große Vielfalt an

Gletschern, deren Eigenschaften jedoch noch weitgehend unbekannt sind« und deren zukünftige Entwicklung daher »äußerst ungewiss« sei.

Rätsel gibt vor allem der Baltoro-Gletscher auf, weil er im Gegensatz zu den meisten nichtpolaren Eiszungen offenbar stabil ist und nicht schrumpft. Die Gletscherfront verharrt vermutlich schon seit 150 Jahren an derselben Stelle. Ähnliches gilt für die gesamte Karakorum-Kette. Digitale Geländemodelle und neuere Satellitendaten lassen teils sogar ein Vordringen der Eiszungen vermuten. Das Phänomen ist so ungewöhnlich, dass Wissenschaftler bereits von der »Anomalie des Karakorums« sprechen – ein Ausdruck, den Kenneth Hewitt von der Wilfrid Laurier University in Waterloo (Kanada) 2005 geprägt hat.

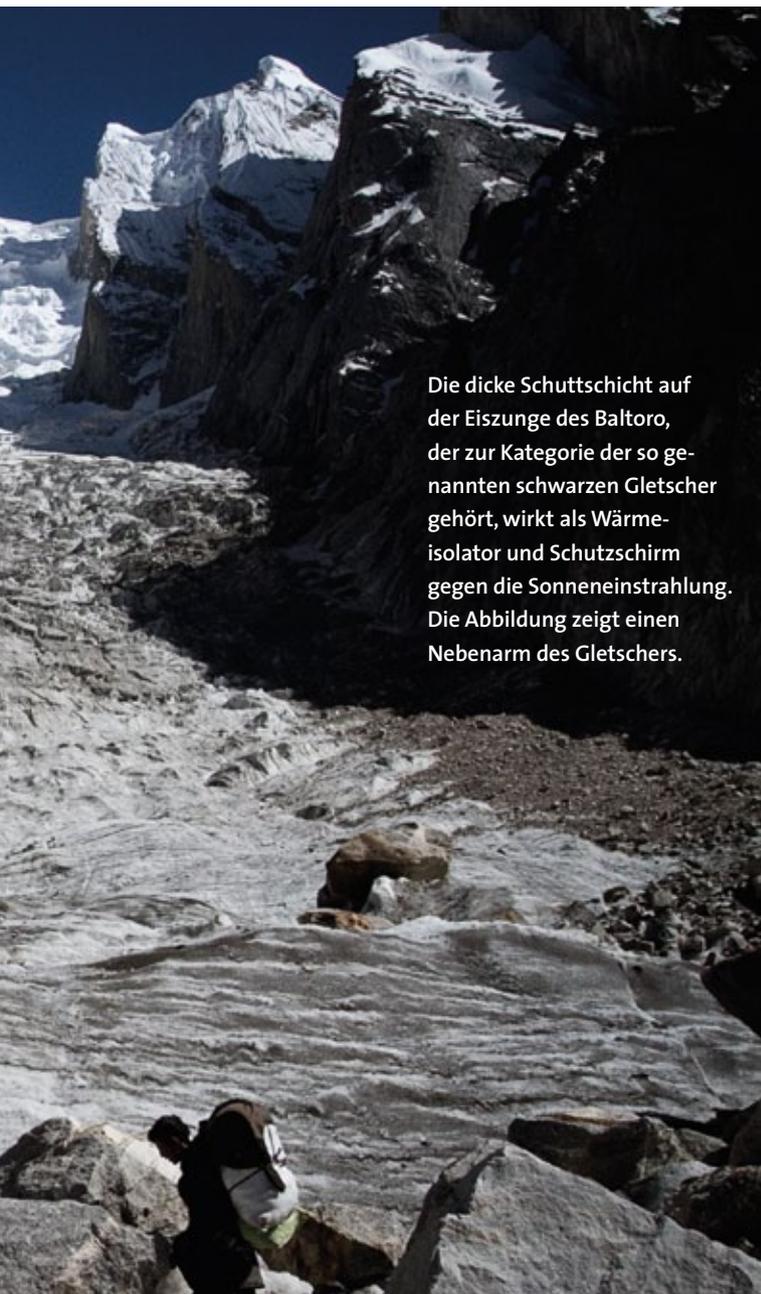
Während Glaziologen und Klimaforscher weltweit intensiv darüber debattieren, wie diese Anomalie zu bewerten ist, haben diejenigen, welche die Existenz des Klimawandels bestreiten, den Sachverhalt schon aufgegriffen, um ihn für ihre Propagandazwecke auszuschlachten. Ergebnisse einer 2013 durchgeführten Expedition zum Baltoro lassen das Phänomen jedoch in einem anderen Licht erscheinen. Demnach hat die Erderwärmung auch bei den Gletschern im Karakorum ihre Spuren hinterlassen. Zwar sind sie nicht geschrumpft, aber vor allem in ihren oberen Bereichen dünner geworden.

Knautschzone beim Zusammenstoß zweier Kontinente

Entstanden ist das System Hindukusch-Karakorum-Himalaja gewissermaßen als Knautschzone bei der Kollision der indischen mit der eurasischen Kontinentalplatte. Es handelt sich um das höchste Gebirgsmassiv der Welt. Zwischen steil aufragenden schnee- und eisbedeckten Gipfeln erstrecken sich Trockentäler mit vereinzelt Oasen. Im Karakorum befinden sich 5 der 14 Achttausender auf der Erde sowie Hunderte von Gletschern, deren Verhalten noch fast völlig unerforscht ist.

Vor etwas mehr als 100 Jahren unternahm Filippo De Filippi (1869–1938) seine berühmte wissenschaftliche Karakorum-Expedition. Der Arzt und Entdeckungsreisende aus Pavia hatte den Ehrgeiz, als Erster die noch weitgehend unbekannt Bergregion zu erkunden und möglichst viel darüber in Erfahrung zu bringen. Begleitet wurde er von Experten für Schwerkraft, Magnetismus, Sonneneinstrahlung, Luftzirkulation, Geologie und Geomorphologie sowie von Kartografen, welche die Topografie dieses Teils des Himalaja vermessen sollten, der bis dahin auf Landkarten nur vage skizziert worden war.

Die Expedition brach im Sommer 1913 auf und kehrte im Dezember 1914 nach Italien zurück. Mit dem Ausbruch des Ersten Weltkriegs geriet ihr wissenschaftlicher Ertrag, darunter 17 Bände mit Aufzeichnungen und 4000 Fotos, fast völlig in Vergessenheit. 1954 leitete der Geologe Ardito Desio (1897–2001) dann eine weitere wissenschaftliche Expedition, die in der Erstbesteigung des K2 durch Lino Lacedelli und Achille Compagnoni gipfelte. Anschließend blieb Desio noch zwei Monate im Karakorum, um geologische, glaziologische, geo-



Die dicke Schuttschicht auf der Eiszunge des Baltoro, der zur Kategorie der so genannten schwarzen Gletscher gehört, wirkt als Wärmeisoliator und Schutzschirm gegen die Sonneneinstrahlung. Die Abbildung zeigt einen Nebenarm des Gletschers.

JACOPO PASOTTI

Spuren von Leben im Eis

Außer Klimaforschung und Glaziologie standen bei der italienischen Expedition 2013 erstmals auch biologische Fragestellungen auf dem Programm. Roberto Ambrosini, Biologe an der

Der Biologe Roberto Ambrosini begutachtet eine Schlammprobe für mikrobiologische Untersuchungen.



JACOPO PASOTTI

Università degli Studi di Milano-Bicocca, entnahm 63 Schlammproben für mikrobiologische Analysen (Bild). Über Ökosysteme unter Gletscherbedingungen ist, wie er sagt, wenig bis gar nichts bekannt. Bisher habe sich die Forschung auf diesem Gebiet fast ausschließlich auf die Polarregionen konzentriert, während sich für die gemäßigten Zonen kaum jemand interessierte, erst recht nicht für Gletscher mit Schuttbedeckung.

Deshalb betrat Ambrosini mit seinen mikrobiologischen Untersuchungen praktisch Neuland. Zu seiner eigenen Überraschung fand er selbst in sehr großer Höhe und unter extremen Wetterbedingungen – bei Schneefall, klirrender Kälte und bedecktem Himmel – Anzeichen von Fotosyntheseaktivität. Ermutigt von diesem Ergebnis, will er sich nun näher mit der Frage der Artenvielfalt und der Variabilität von biologischen Gemeinschaften auf einem Himalajagletscher beschäftigen. »Aus dieser Arbeit könnten sich interessante Anwendungen ergeben; viele extremophile Bakterien produzieren nämlich Substanzen, die medizinisch und pharmakologisch von Bedeutung sind«, erklärt der Biologe.

physische, zoologische und botanische Studien durchzuführen. Mit gravimetrischen Methoden bestimmte er die Dicke des Baltoro-Gletschers auf 830 Meter, was recht gut mit dem 2013 per Georadar gemessenen Wert von etwa 800 Metern übereinstimmt. Seine Untersuchungen bildeten die Grundlage für alle weiteren wissenschaftlichen Erkundungen des Karakorums.

Gemeinsam mit dem Alpinisten Agostino Da Polenza gründete Desio 1987 mit Unterstützung des nationalen Forschungsrats von Italien (Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR) das Komitee Ev-K2-CNR, welches das Untersuchungsgebiet vom Karakorum auf Nepal sowie den afrikanischen Ruwenzori ausweitete (Ev steht für Everest). Das pakistanische Umweltministerium betraute das Komitee mit der Planung des 1993 gegründeten Nationalparks Zentralkarakorum.

Überraschend stabil

Dass die Karakorum-Gletscher zumindest dem Anschein nach nicht abschmelzen, ist seit 2000 bekannt. Doch damit nicht genug: 2012 erschien in der Fachzeitschrift »Nature« eine Studie, wonach sie sich sogar leicht auszudehnen scheinen. Durch Vergleich zweier digitaler Geländemodelle der Region kam eine Forschergruppe der Université de Grenoble und des CNRS Toulouse zu dem Schluss, dass die Massenbilanz der Karakorum-Gletscher, das heißt das Verhältnis von Eiszufluss (Akkumulation) und -verlust (Ablation) pro Jahr, positiv ist. Von 1999 bis 2008 sind die Gletscher demnach im Mittel um elf Zentimeter pro Jahr dicker geworden. Außerdem hat sich den Analysen zufolge die vom Eis bedeckte Fläche vergrößert und die Wasserführung einiger Flüsse verringert: kein dramatischer Rückgang, aber immerhin so

AUF EINEN BLICK

UNMERKLICHER GLETSCHERSCHWUND

- 1 Die **Gletscher im Karakorum**, vor allem der Baltoro, scheinen im Widerspruch zum globalen Trend nicht zu schrumpfen, sondern nach neueren Auswertungen von **Satellitendaten** sogar vorzurücken.
- 2 Eine italienisch-pakistanische Expedition suchte nun vor Ort nach möglichen Gründen für diese **Anomalie**.
- 3 Die ersten Resultate wecken Zweifel an der **Stabilität des Baltoro**. Demnach schmilzt er zwar an seinem unteren Rand nicht verstärkt ab, weil die Eiszunge dort von einer **isolierenden Schuttschicht** bedeckt ist, wohl aber in den oberen Höhenlagen.

viel, dass er sich auf den errechneten Anstieg des Meeresspiegels auswirkte.

Ebenfalls anhand von Satellitendaten konstatierte die Forschergruppe des Ev-K2-CNR einen Rückgang der Sommertemperaturen und einen Anstieg der Niederschläge im Winter, vielleicht ein Grund für die Stabilität der Gletscher. Dennoch geht das Team nicht davon aus, dass sich der Karakorum im Hinblick auf die globale Erwärmung grundlegend vom Himalaja unterscheidet; vielmehr habe das ungewöhnliche Verhalten der Karakorum-Gletscher vermutlich lokale klimatische und morphologische Ursachen. Das Geheimnis ihrer Langlebigkeit besteht möglicherweise in der natürlichen Schuttschicht auf den Zehrgebieten an ihrem unteren Ende: Etwa 30 Prozent der Gletscheroberfläche sind mit einer dicken Lage aus Steinen, Kies und Schlamm bedeckt.

Das gilt auch für den Baltoro; tatsächlich sieht er aus der Luft eher wie eine schwarze, erstarrte Steinlawine aus. »Die



Bei ihrer jüngsten Expedition in den Karakorum errichteten italienische Forscher auf dem Baltoro-Gletscher drei Wetterstationen, darunter diese beim Lagerplatz in Urdukas.

JACOPO PASOTTI

dicke Schuttschicht wirkt als Wärmeisolation für das Eis und schützt es vor der Sonnenstrahlung, so dass es langsamer abschmilzt«, erklärt der Glaziologe Claudio Smiraglia von der Università degli Studi di Milano. Dadurch würden die Auswirkungen des Klimawandels kaschiert.

Satellitendaten reichen zur Beurteilung der Situation jedoch nicht aus. Nach Ansicht der Wissenschaftler seien vielmehr vor Ort langfristige Messungen der Massenbilanz vorzunehmen. Und dies gelte, so die Experten vom IPCC, nicht nur für den Baltoro, sondern für die gesamte Bergkette. Auch aus diesem Grund führt das Ev-K2-CNR-Team seit Jahren Forschungen im Norden Pakistans durch.

Ein riesiger Gletscher mit symbolischer Bedeutung

Im Mittelpunkt steht dabei der Baltoro-Gletscher. Denn dieser ist neben dem K2 so etwas wie das Wahrzeichen des Karakorum. Mit einer Länge von 69 Kilometern und einer Ausdehnung von 500 Quadratkilometern lockt er nicht nur Wissenschaftler an, sondern auch Scharen von Bergsteigern und Touristen aus aller Herren Länder. Laut Smiraglia, der seit Jahren das Gebiet erkundet, sind es mehrere tausend im Jahr. »Der Baltoro gehört wegen seiner natürlichen Lage als Pforte zum K2 und des spektakulären Panoramablicks auf schneebedeckte Achttausender zu den meistbegangenen Gletschern der gesamten Bergkette«, sagt der Glaziologe. Auch er bestätigt im Übrigen, dass im Gegensatz zur Situation im Zentral- und Osthimalaja beim Baltoro ebenso wie bei den anderen Gletschern im Karakorum keine Anzeichen von Rückzug zu erkennen seien. »Im Gegenteil, einige seiner Quellgletscher sind sogar auf dem Vormarsch.«

Grund dafür ist womöglich das so genannte »surge«-Phänomen: Wenn sich unter den Eiszungen Schmelzwasser ansammelt, geraten sie nach längeren Jahren des Stillstands mitunter in Bewegung und vollführen wahre Rutschpartien, die ein paar Jahre dauern können, bevor sie wieder zum Stehen kommen. Dabei stößt der Vorderrand teils um mehrere hundert Meter im Jahr vor. Ein spektakuläres Beispiel bot der Kutiah im Karakorum, der zwischen März und Juni 1953 ungefähr zwölf Kilometer zurücklegte.

Um Licht in die rätselhafte Stabilität des Baltoro zu bringen, organisierte der CNR vor zwei Jahren die jüngste wissenschaftliche Expedition zu dem Gletscher, an der ich als Journalist teilnahm. Ein solches Unternehmen verlangt den Beteiligten eine Menge ab. Schon die Anreise ist eine ziemliche Strapaze. Man braucht allein acht Stunden im Jeep und drei Tage Trekking, um vom nächsten Flughafen bis zum unteren Gletscherrand zu gelangen. Dann folgen noch einmal zwei Tage Fußmarsch bis zum Concordia-Plateau auf 4900 Meter Höhe am Fuß des K2 und weitere zwei Tage bis zu den höchsten Lagern. Überdies führt die gesamte Route durch militärisches Gebiet. Unter diesen Bedingungen ist selbst das Heranschaffen der wissenschaftlichen Ausrüstung eine Herausforderung der besonderen Art, und es wäre ein Wunder, wenn sämtliches Material termingerecht, vollständig und unverseht ankäme.

Der übliche Ausgangspunkt von Expeditionen zum K2, Broad Peak und anderen, weniger bekannten Gipfeln ist die Oase Askole. Von dort machten sich auch in unserem Fall etwa 60 Träger mit Dutzenden von Maultieren und Pferden auf den Weg. Über Stock und Stein kraxelte die Karawane in stetem Auf und Ab durch das unwegsame Gelände, bei dessen

Anblick man sich an ein aufgewühltes, urplötzlich versteinertes Meer erinnert fühlte. Der Baltoro ist übersät mit eiskalten, trüben Tümpeln und reißenden Bächen, die in tiefe, bis zum Untergrund reichende Gletschertöpfe münden. Hier und da lauern tückische Spalten. Für die Organisation und Sicherheit der Expedition war der erfahrene Bergführer Daniele Bernasconi verantwortlich, der schon mehrere Touren auf dem Baltoro absolviert hatte. Er betreute auch das wissenschaftliche Team, das aus acht Europäern – Mitarbeitern der beiden Mailänder Universitäten Bicocca und Statale, der Università degli Studi dell'Insubria in Varese, der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München und der lombardischen Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) in Mailand – sowie aus fünf pakistanischen Forschern bestand.

Um fundamentale Klimadaten zu ermitteln und daraus ein verlässliches regionales Klimamodell zu erstellen, richtete das Forscherteam im Baltoro-Tal drei Wetterstationen ein, die täglich Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Sonneneinstrahlung, Niederschlagsmenge und Schneehöhe maßen. Die Wartung und Instandhaltung der empfindlichen Instrumente lag in den Händen von Marcello Alborghetti. »Manchmal sind neue Sensoren schon beschädigt, wenn sie hier eintreffen«, klagte der Techniker, »oder sie kommen erst gar nicht an, sondern gehen unterwegs verloren.«

Bis zur ersten Zwischenstation in Askole wurde die Ausrüstung im Geländewagen transportiert. Dann ging es mit Lasttieren weiter zur zweiten Station in Urdukas auf 3900 Meter Höhe, etwa 20 Kilometer oberhalb der Gletscherfront. Schon hier kam ein Teil des Materials entweder gar nicht oder so verspätet an, dass der Zeitplan der Expedition gefährdet war. Auf dem Weg zu Concordia, der dritten und letzten Station, gab es dann noch weitere Verzögerungen und Verlus-

te. Teils wurde die Geduld der Wissenschaftler auf eine harte Probe gestellt, doch der Anführer der Träger bewahrte einen stoischen Gleichmut und versicherte immer wieder, dass seine Leute früher oder später eintreffen würden. Tatsächlich war irgendwann die Ausrüstung so weit komplett, dass sich die Wetterdaten aufzeichnen und nach Italien schicken ließen.

Messung der Massenbilanz und Fließgeschwindigkeit

Ein Schwerpunkt der Expedition lag auf der Untersuchung der Massenbilanz des Gletschers. Zu diesem Zweck wurden von der Gletscherfront bis hinauf zum Concordia-Plateau 14 Messstangen installiert: Die Differenz der Eishöhe von einem Jahr zum nächsten zeigt an, wie viel Eis geschmolzen oder dazugekommen ist. Ferner ermittelten die Forscher per GPS die Verschiebung der Stangen Richtung Tal und damit die Fließgeschwindigkeit des Gletschers. Diese war unten an der Front mit etwa 30 Metern jährlich relativ gering; weiter oben erreichte sie bis zu 160 Meter pro Jahr.

Zum Setzen der alljährlich zu erneuernden Stangen frästen die Forscher mit einem tragbaren Bohrer tiefe Löcher ins Eis. Die betreffenden Untersuchungen führten Umberto Minora von der Università di Milano-Bicocca und Christoph Meyer sowie Astrid Lambrecht von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften durch. »Die Gletscherzunge schmilzt kaum, weil das Eis durch den Schutt geschützt ist«, fasst Meyer die Ergebnisse zusammen, »doch das ändert sich mit der Höhe. Weiter oben, wo die Schutzschicht dünner wird, schmilzt das Eis wesentlich schneller, in Concordia um jährlich bis zu 4,5 Meter. Das Nährgebiet liegt noch weiter oben, in weit mehr als 5000 Meter Höhe.« Ohne die Schutzschicht, so schätzt er, würden an der Gletscherfront zwölf Meter pro Jahr abschmelzen, so dass der Gletscher wie die meisten anderen auf dem Rückzug wäre.

Tatsächlich verhalten sich so genannte schwarze Gletscher, zu denen der Baltoro gehört, nicht so wie weiße, bei denen die Ablation zum unteren Rand hin zunimmt. »Nach unseren vorläufigen Befunden verliert auch der Baltoro an Masse, allerdings nicht so dramatisch wie die Alpengletscher«, beteuert Meyer. Seiner Meinung nach reagiert die Eiszunge sehr wohl auf veränderte Umweltbedingungen. Sie dehne sich auch nicht aus, sondern schrumpfe sogar leicht. Die Schuttschicht auf der langen Gletscherzunge verschleiere nur die Folgen des Klimawandels. Um diesen Eindruck zu erhärten, seien aber mehr Daten nötig.

Doch was passiert weiter oben, wo der Schnee sich anhäuft? Um das zu klären, wagten sich einige Forscher unter Führung von Luigi Bonetti von der ARPA weit über das Concordia-Plateau hinaus bis auf 5900 und 6500 Meter Höhe vor, um dort die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Schneedecke zu bestimmen. Außerdem entnahmen sie Proben, aus denen sich die Akkumulationsrate des Schnees bestimmen lässt. Dazu dienen Atome des radioaktiven Isotops Blei-210, das aus dem Zerfall von Radon-222 stammt – eines Spurengases in der Luft. Es lagert sich an Schwebeteilchen (Aerosole) an und gelangt mit diesen in den Nieder-



Die Zelte dienten zugleich als Behausung und Büro. Vom Laptop konnten Messdaten per Satellit direkt an die Labors zu Hause in Europa übermittelt werden.



JACOPO PASOTTI

Ein Forscher prüft mit der Lupe die Beschaffenheit von Schneekristallen am Concordia-Plateau in 4900 Meter Höhe.

schlag. Blei-210 zerfällt mit einer Halbwertszeit von 22,3 Jahren. Folglich kann es zur Datierung der Schneeschichten dienen und damit auch zeigen, wie schnell sie sich angehäuft haben: Je langsamer das Alter mit der Tiefe zunimmt, desto höher ist die Akkumulationsrate.

Außerdem ermittelten die Wissenschaftler die Gletscherdicke. Dazu verwendeten sie ein Georadar, das Mikrowellen aussendet, die das Eis durchdringen. »Vermutlich ist das die aufwändigste Schneestudie, die je durchgeführt wurde«, sagt Meyer. »Einmal hat es drei Tage ununterbrochen geschneit«, erzählt er, »was uns die Arbeit ziemlich erschwert hat.«

Nach ersten Auswertungen der Ergebnisse ist der Baltoro wohl nur scheinbar stabil, verliert in Wahrheit aber an Masse. Im Unterschied zu anderen Gletschern geschieht das nicht am unteren Ende, sondern in größerer Höhe, wo die Schuttdecke fehlt und das Eis direkt der Witterung sowie der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, so dass es den Klimawandel zu spüren bekommt.

Bleibt die Frage, wie es um die anderen Gletscher im Karakorum steht. Sind auch sie nur scheinbar stabil, während sie in Wahrheit genauso an Auszehrung leiden? Die Wissenschaftler räumen ein, es sei noch zu früh für eine endgültige Antwort. Sie zu finden, wäre gleichwohl von großer Bedeutung. Denn die zukünftige Entwicklung der Gletscher wirkt sich unmittelbar auf die Höhe des Meeresspiegels aus: Dehnen sie sich aus, sollte er langsamer steigen als bisher vermutet, schrumpfen sie, geschähe das hingegen schneller. Für die pakistanische Regierung steht zudem die künftige Wasserversorgung des Landes auf dem Spiel; denn die Gletscher bil-

den ein Wasserreservoir, das im Sommer die dringend benötigte Feuchtigkeit spendet.

Auch nach der jüngsten Expedition ist das Kapitel Karakorum keineswegs abgeschlossen; weitere Unternehmungen sind geplant. Dazu gehören die Entnahme eines Eisbohrkerns in großer Höhe, um Erkenntnisse über den Akkumulationsgrad des Schnees in der Vergangenheit zu gewinnen, sowie die Vermessung der Gletscherdicke per Radar aus einem Hubschrauber. Wegen der hohen Kosten, der erforderlichen Genehmigungen durch die pakistanische Regierung und der aufwändigen Organisation sind beides ehrgeizige, schwer zu realisierende Projekte. Doch der Leiter des Ev-K2-CNR-Teams, Agostino Da Polenza, der selbst schon auf dem K2 war und sich mit Vorhaben in schwer zugänglichen Gebieten auskennt, gibt sich zuversichtlich. »Wir vom Ev-K2-CNR haben Erfahrungen mit Projekten in abgelegenen Bergregionen, für die bisher keine Umweltstudien vorliegen, obwohl viele Menschenleben davon abhängen«, erklärt er. Außerdem schätze die pakistanische Seite schon lange die Expertise des italienischen Forscherteams. Schließlich sei es nicht ohne Grund mit der Konzeption des Nationalparks Zentralkarakorum betraut worden.

Die Erforschung der Gletscher und der Klimaentwicklung im Himalaja liefert neue Einsichten über die Verhältnisse im Südosten des eurasischen Kontinents und schließt damit eine bedeutsame Wissenslücke. Zudem sind die Ergebnisse auch für uns in Europa unmittelbar relevant. »Der Baltoro ist repräsentativ für die Entwicklung der nördlichen Gletscher«, sagt Smiraglia; denn die klassischen weißen Eiszungen würden sich zunehmend in schwarze verwandeln, die sich auch in den Alpen bereits ausbreiten. Ein typisches Beispiel sei der Ghiacciaio del Miage am Mont Blanc, der größte schwarze Gletscher in Europa. ~

DER AUTOR



Der Geologe **Jacopo Pasotti** betätigt sich heute als Wissenschaftsjournalist. Er hat in Australien und Israel gelebt; zurzeit wohnt er in der Schweiz, arbeitet aber hauptsächlich in Italien. 2010 wurde er mit dem Preis Internacional de Periodismo Ambiental Benidorm-Casa Mediterraneo ausgezeichnet; 2011 gewann er den Piero-Pizzano-Preis für Wissenschaftsjournalismus.

QUELLEN

Baudo, R. et al.: From Himalaya to Karakoram: The Spreading of the Project Ev-K2-CNR. In: Baudo, R., Tartari, G., Vuillermoz, E. (Hg.): Mountains: Witnesses of Global Change. Elsevier, Amsterdam 2007, S. 33–50

Gardelle, J. et al.: Slight Mass Gain of Karakoram Glaciers in the Early Twenty-First Century. In: Nature Geoscience 5, S. 322–325, 2012

WEBLINKS

www.youtube.com/watch?v=6DvsB75Razc
Italienischer Videobericht des Autors über die Expedition zum Baltoro

Dieser Artikel im Internet: www.spektrum.de/artikel/1333996