SCHMELZENDE WÜSTEN

Verändert sich unser Klima? Nach dem ungewöhnlich heissen Sommer ist die Frage aktueller denn je. Eine Antwort geben die Gletscher. Zürcher Glaziologen beobachten sie aus dem Weltraum. Von Michael T. Ganz

Am Abend des 20. September 2002 löste sich eine gigantische Eis- und Steinlawine vom Nordhang des fünftausend Meter hohen Kazbek-Massivs im Kaukasus, donnerte auf den darunterliegenden Kolka-Gletscher und brach dessen Gletscherzunge ab. Mit einer Geschwindigkeit von bis zu dreihundert Kilometern pro Stunde rasten die eisigen Trümmer durchs Tal, rissen ganze Moränen mit, verschütten Teile des Dorfs Karmadon und blieben nach achtzehn Kilometer Weg in einer Schlucht stecken. Aus den zusammengepressten hundert Millionen Kubikmeter Schutt ergoss sich ein Schlammstrom nochmals fünfzehn Kilometer talabwärts und begrub weitere Häuser unter sich. Rund hundertvierzig Menschen fanden den Tod.

Dreiunddreissig Kilometer Zerstörung – eine Strecke wie von Zermatt nach Visp. Ein Unglück gleicher Art in dicht bevölkerten Bergregionen wie der Schweiz hätte ein Vielfaches an Opfern zur Folge. Freilich sind die geographischen Voraussetzungen im Mattertal anders als am Kazbek. Doch das Grundproblem ist überall das gleiche. Denn wie im Kaukasus lässt auch hierzulande die Erwärmung der Erdatmosphäre den Permafrost an den Bergflanken schmelzen; der Felssturz am Matterhorn Mitte Juli dieses Jahres könnte dafür ein Indiz gewesen sein. Und durch den fortschreitenden Gletscherschwund bilden sich auch hierzulande bedrohliche Gletscherseen wie jener am Ende des Triftgletschers im Sustengebiet, der den Glaziologen seit Monaten Sorgen macht.

«Vorstoss und Rückzug von Gletschern sind unzweifelhafte Signale für Klimaveränderung. Deshalb zählen Gletscher zu den besten Klimaindikatoren überhaupt. Ein Gletscher zieht sich in der Regel nur dann zurück, wenn die Temperatur steigt oder der Niederschlag abnimmt. Und Temperatur und Niederschlag sind ja genau jene zwei Faktoren, die das Klima im Wesentlichen ausmachen», sagt Andreas Kääb.

DATEN AUS DEM ALL

Kääb ist Münchner und seit Kindsbeinen in den Bergen unterwegs – bayrische Voralpen, Zillertal, Engadin. Als Vermessungsingenieur kam er nach Zürich, studierte an der ETH Kulturtechnik und Glaziologie und arbeitet heute in der Gruppe Glaziologie und Geomorphodynamik des Geographischen Instituts der Zürcher Universität. Sein Hauptinteresse gilt dem Gletscherschwund; seit fünf Jahren vertritt er die Schweizer Alpen im weltweiten Gletscherbeobachtungsprojekt GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space). Ins Leben gerufen wurde GLIMS von der US-amerikanischen Landestopographie. Das Projekt nutzt die besonderen Fähigkeiten eines künstlichen Auges, das die Erde aus einer Höhe von siebenhundert Kilometern betrachtet: ASTER.

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) ist eines von zahlreichen Forschungsinstrumenten an Bord des Wissenschafts-Satelliten «Terra», den die US-Raumfahrtbehörde NASA 1999 auf seine Umlaufbahn schoss. ASTER ist eine hochintelligente Digitalkamera, die das eintreffende Licht in vierzehn Wellenlängen spaltet – sichtbare und thermische. Die Signale von ASTER werden von Forschern auf der ganzen Welt genutzt. Die Glaziologen unter ihnen verarbeiten die Daten aus dem All mit Hilfe einer eigens zu diesem Zweck entwickelten Software zu bunten Bildern, die das Gletschereis mit seinen genauen Konturen und seiner Beschaffenheit zeigen. Auf herkömmlichen Luftbildern nämlich sind die Grenzen zwischen Erde und Eis nur schwer auszumachen: ein Teil der Gletscherflächen ist stets mit Schutt bedeckt.

Bedrohte Gletscher: Die Glaziologen der Universität

WEBSITES www.geo.unizh.ch, www.glims.org

Zürich beobachten Veränderungen der Eiswüsten akribisch genau. (Bild Belvedere-Gletscher, Monte Rosa)

BILD Marc Latzel, Lookat

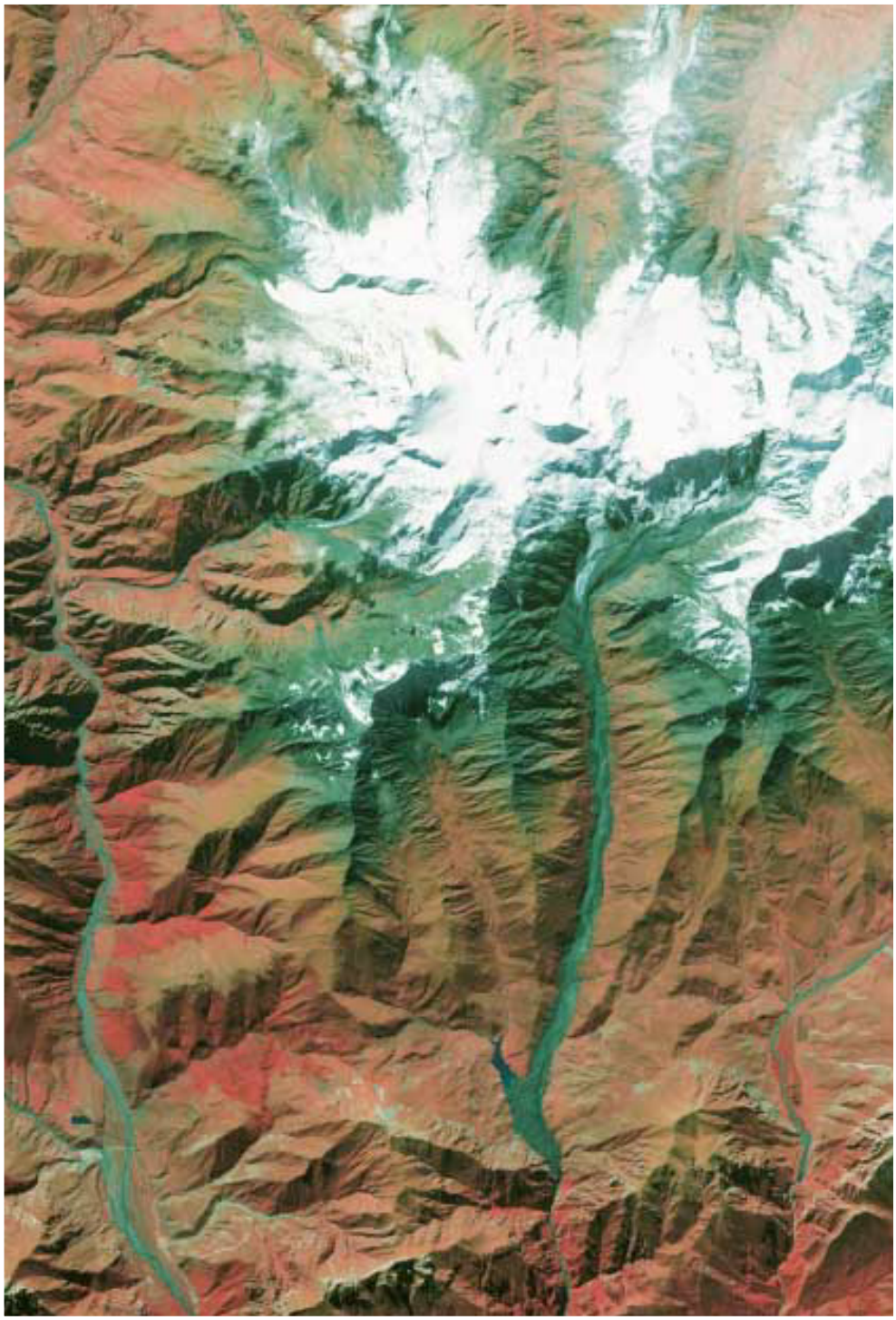
ASTER hat zudem ein zweites Auge, das schräg nach hinten schaut. Es ermöglicht, dasselbe Stück Erdoberfläche mit zeitlicher Verzögerung ein weiteres Mal zu fotografieren und aus den Daten ein dreidimensionales Geländebild zu errechnen. «Im Hochgebirge bestimmt der Höhenunterschied, die so genannte Reliefenergie, fast alle Prozesse. Gletscherfluss, Eisstürze, Wasseransammlungen, das alles hat mit Schwerkraft, mit Höhenunterschied zu tun», sagt Andreas Kääb. Erst die Kombination der klassischen Aufsicht mit dem seitlichen Geländebild lässt den Glaziologen die Bewegung eines Gletschers analysieren.

WELTWEITES GLETSCHERINVENTAR

GLIMS will genau das. Ziel des Projekts, an dem Wissenschafter rund um den Erdball mitarbeiten, ist ein weltweites digitales Gletscherinventar, mit dessen Hilfe sich der globale Gletscherschwund künftig verfolgen lässt. Bislang existiert nur eine terrestrisch erhobene Datensammlung ausgewählter Gletscher, «und die», sagt Andreas Kääb, «kann ja nicht repräsentativ sein. Die meisten Daten stammen aus dicht besiedelten, gut zugänglichen Bergregionen und aus Ländern mit hohen Forschungskrediten. Die grossen Gletscher im Himalaya oder in Patagonien lassen sich nur aus dem Satelliten fotografieren und kontinuierlich beobachten.»

Wozu ein Gletscherinventar? Wozu das Beobachten? Erstens lassen sich – Stichwort Klimaindikatoren – aus Gletscherbewegungen direkte Rückschlüsse ziehen zu Erderwärmung und Klimaveränderung. Zweitens gibt der Gletscherschwund Auskunft über die Verfügbarkeit von Wasser; die Wasserversorgung in Ländern mit unregelmässigem Niederschlag wie Pakistan oder Afghanistan hängt substantiell von der Schnee- und Eisschmelze ab. Drittens will GLIMS dazu beitragen, Gefahrenpotenziale wie die Kazbek-Lawine erkennen und lokalen Behörden beim Vorbeugen und Bewältigen solcher Naturkatastrophen helfen zu können.

Ein Frühwarnsystem ist GLIMS allerdings nicht und kann es auch nicht werden. «Wann genau etwas losgeht, kann man weder vor Ort noch aus dem All sehen», sagt Andreas Kääb. «Der Zeitpunkt eines Gletscherabbruchs lässt sich kaum voraussagen. Damit Eis bricht,



Folge der Klimaerwärmung: Eine 33 Kilometer lange Eis- und Schuttlawine begrub im kaukasischen

SATELLITENBILD Geographisches Institut der Universität Zürich

Kazbek-Massiv ganze Dörfer unter sich.

reicht oft der sprichwörtliche Flügelschlag des Schmetterlings. Umso mehr darf sich die Wissenschaft, will sie Prognosen machen, nicht nur auf den Auslösemechanismus einer Eislawine stützen. Sie muss vielmehr das Gefahrenpotenzial deuten. Mit dem Satelliten kann man genau das: Gefahrenzonen erkennen und die zuständige Behörde darüber informieren, damit in solchen Zonen beispielsweise nicht gebaut wird. GLIMS soll den lokalen Behörden helfen, zur richtigen Zeit an den richtigen Ort zu schauen.»

Stunden nach der Naturkatastrophe im Kaukasus ersuchten Kääb und sein Team die GLIMS-Einsatzleitung, das Kazbek-Massiv in oberster Priorität beobachten zu lassen. Der Programmierer der NASA liess ASTER das Unglücksgebiet nun alle zwei Tage fotografieren. Am Bildschirm verfolgten die Zürcher Glaziologen, wie sich vor den riesigen Schuttmassen Wasser zu riesigen Seen staute und das Tal mit einer Flutwelle bedrohte. Sie belieferten den russischen Zivilschutz in Karmadon mit Informationen und Ratschlägen, damit dieser die Gefahr bannen konnte. Im Auftrag der eidgenössischen Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit DEZA begleitet die Zürcher Forschungsgruppe die Behörden im Kaukasus noch heute bei der Katastrophenbewältigung und bei der Prävention von Folgeereignissen. Denn das Eis wird noch über Jahre oder gar Jahrzehnte im Tal liegen und den Wasserhaushalt der Region beeinflussen.

MUSTERFALL KAUKASUS

«Die Katastrophe im Kaukasus ist ein Musterbeispiel für unsere Tätigkeit mit GLIMS», sagt Kääb, «und es zeigt auch, weshalb Satelliten für unsere Zwecke oft unverzichtbar sind. Nicht nur ist das Kazbek-Massiv rein geographisch schwer zugänglich, es bildet auch die Grenze zwischen Russland und Georgien. Das ist, politisch gesehen, eine der heikelsten Grenzen der Welt. Da kannst du nicht einfach hingehen und den Gletscher vermessen, auch nicht mit dem Flugzeug herumfliegen und Luftbilder knipsen.»

Dass sich gerade die Universität Zürich um ferne Gletscherkatastrophen kümmert, ist kein Zufall. Die internationale Gletscherbeobachtungsstelle WGMS (World Glacier Monitoring Service) ist seit langem schon dem Geographischen Institut in Zürich angegliedert. In den Siebzigerjahren entstand ein erstes Schweizer Gletscherinventar, damals noch aufgrund von herkömmlichen Luftaufnahmen. In den Neunzigerjahren dann wuchs der Wunsch nach einer Neuauflage des Inventars, diesmal mit digitalen Daten. Kaum war GLIMS in den Vereinigten Staaten geboren, schlossen sich die Glaziologen der Universität Zürich deshalb freudig an. Als Pilotstudie im GLIMS-Projekt entstand in der Folge das digitale Swiss Glacier Inventory 2000. Es ist mittlerweile abgeschlossen und dient als Vorbild für Inventare anderer Länder – Kanada beispielsweise ist bereits an der Arbeit –, als Vorbild schliesslich für das weltweite Gletscherinventar.

Andreas Kääb, GLIMS-Mann der ersten Stunde, ist mehr als «nur» Regionalvertreter für die Schweiz. Kääb hat intensiven Kontakt zur GLIMS-Leitung in den USA und weilt dort auch häufig als Gast. Er und sein Team arbeiten an der Software, mit deren Hilfe ASTER-Daten erst zu Gletscherbildern werden. Ziel ist es, die Umrechnungs-Algorithmen so einfach zu gestalten, dass sie weltweit benutzbar sind – auch in Ländern und Regionen, wo Wissenschaftern nur ältere Geräte und wenig Rechnerleistung zur Verfügung stehen. «Oft sind es banale technische Probleme, mit denen wir kämpfen», sagt Kääb. «Haben unsere Partner im Kaukasus oder im Himalaya die nötige Infrastruktur, die richtigen Computer? Ein einziges Satellitenbild umfasst einhundertzwanzig Megabyte, das lässt sich nicht mehr durch ein gewöhnliches Modem schicken.»

Die Zürcher Gruppe Glaziologie und Geomorphodynamik hat sich in ihrem Fachbereich zum Kompetenzzentrum gemausert. Behörden oder Kraftwerkunternehmen bestellen hier wissenschaftliche Gutachten. Zurzeit evaluieren Kääb und sein Team im Auftrag des italienischen Staats Risiken und Massnahmen rund um den Gletschersee, der sich am Ende des Ghiacciaio del Belvedere am Osthang des Monte Rosa gebildet hat und die Region von Macugnaga bedroht. «Solche Dienstleistungen sind ein Teil unserer Arbeit und werden auch verrechnet», sagt Andreas Kääb. «Aber eine Firma sind wir deshalb noch lange nicht. Wir

akquirieren keine Jobs, das überlassen wir privaten Büros. Unser Tätigkeitsbereich als Dienstleister beschränkt sich auf besonders schwierige Fälle, glaziologisch schwierig wie in Macugnaga oder politisch schwierig wie im Kaukasus.»

AUGENSCHEIN IN DER EISWÜSTE

Der Satellit sieht vieles, aber nicht alles. Immer wieder schnüren Kääb und seine neun Kolleginnen und Kollegen die Bergstiefel, um einen Augenschein vor Ort zu nehmen. «Sich in Fels und Eis sicher bewegen, die Sicherungstechniken beherrschen, das ist Voraussetzung für unsere Arbeit», sagt Kääb. «Oft setzt dich der Hubschrauber mitten in der Eiswüste ab, und von da musst du alleine weiter.» Andreas Kääb ist gern auf Gletschern. Ihn fasziniert ihre Farbe, ihre Konsistenz, wie schnell sie sich bewegen. «Eine derart grosse Masse Eis mit so viel Eigendynamik. Nichts Stabiles, nichts von Dauer, man geht sozusagen auf zäh fliessendem Wasser.» Kääb lacht: «Hier im geographischen Institut gibt es ein geflügeltes Wort: Wenn du Menschen wie Hühner über einen Gletscher laufen siehst, dann sind es mit Sicherheit Glaziologen. In unserem Beruf läuft man tatsächlich Gefahr, den Respekt vor dem Eis zu verlieren, etwa die nächste Messstelle rasch mal ohne Seil aufzusuchen. Ich selber habe allergrössten Respekt vor Gletschern, vor Spalten, vor Abbrüchen, und das wird auch immer so bleiben.»

KONTAKT Dr. Andreas Kääb (GLIMS und ASTER), kaeaeb@geo.unizh.ch; Frank Paul (Schweizer Gletscherinventar), fpaul@geo.unizh.ch; Christian Huggel (Gletschergefahren), chuggel@geo.unizh.ch; Geographisches Institut der Universität Zürich

ZUSAMMENARBEIT United States Geological Survey, National Snow and Ice Data Center, World Glacier Monitoring Service, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, diverse Hochschulen weltweit

FINANZIERUNG Schweizer Gletscherinventar und Gefahrenforschung werden vom Schweizerischen Nationalfonds, das Engagement im Kaukasus vom Departement für Entwicklung und Zusammenarbeit DEZA finanziert