

*Heidi Escher-Vetter im Gespräch mit Jens Soentgen*

## Warum sind Gletscher Schnee von gestern?

*Die Klimaerwärmung ist mit wissenschaftlichen Methoden messbar – aber ist sie deshalb bereits real? »Ist das denn wirklich sicher?«, fragen einige Skeptiker. »Beruht diese sogenannte Erwärmung des Klimas nicht vielleicht nur auf neuen Messmethoden?« Die Antwort kann sich jeder selbst geben. Denn die Klimaerwärmung kann man nicht nur messen, man kann sie mittlerweile auch sehen und erfahren: Es sind vor allem die schmelzenden Alpengletscher, die bezeugen, dass der Klimawandel eine bedrohliche Realität ist. Die Glaziologin Heidi Escher-Vetter beschreibt eindrucksvoll, wie dramatisch der Klimawandel im Hochgebirge voranschreitet und welche nicht minder dramatischen Folgen dies für uns alle haben kann.*

### Leben wir eigentlich noch in einer Eiszeit?

Das kommt darauf an, was man unter einer Eiszeit versteht. Wenn man eine ganz einfache Definition verwendet und sagt, dass eine Eiszeit so lange herrscht, wie es Eis auf der Erde gibt, dann ist die Antwort ja. Seit dem Ende der sogenannten »kleinen Eiszeit«, das heißt seit 1850, nähern wir uns aber eigentlich eher einer Warmzeit, obwohl es ja noch Eis auf der Erde gibt, nämlich an beiden Polkappen und in den großen Gebirgen der Erde. Das ist schon etwas Besonderes, denn in nur ganz wenigen Epochen der Erdgeschichte gab es überhaupt Eis auf der Erde. Und gerade in einem solchen Zeitabschnitt hat sich die Menschheit entwickelt! Allerdings ist das Eis dabei, zu verschwinden. Weltweit gehen die Gebirgsgletscher zurück (Abbildungen 1 und 2).

### Was versteht man unter einem Gletscher?

Ein Gletscher entsteht primär aus Schnee, so gesehen ist er immer »Schnee von gestern«. Allerdings findet man, wenn man genauer hinsieht, in jedem Gletscher nicht nur Eis, Firn und Schnee, sondern auch Wasser, Luft, Steine und sogar ein bisschen Fauna und Flora. Als nächstes gehört zu einem Gletscher, dass er einen Massenhaushalt hat, dass also ein Austausch mit der Atmosphäre stattfindet: Niederschlag, das heißt Schneefall, zum Aufbau des Gletschers im Winter, Sonnenstrahlung und Wärme zum Abbau von Schnee und Eis im Sommer. Außerdem sollte ein Gletscher eine Bewegung haben,

wobei dieser Teil der Gletscherdefinition schon etwas mehr Probleme in sich birgt. Durch die immer stärkere Abschmelzung bei gleichbleibender Ernährung über die letzten Jahre und Jahrzehnte wird nämlich das Material, das vom Winter übrigbleibt, immer weniger und damit die Fließgeschwindigkeit der Gletscher auch immer geringer. Man kann sich einen Gletscher vorstellen wie einen zähen Honigkuchen, der an einem Berg oder an einem Hang entsteht. Als solcher folgt er der Schwerkraft, und je dicker der Gletscher ist, desto größer wird der Druck. Diesem Druck folgt der Gletscher und fließt den Berg hinunter.

#### Wie viele Gletscher gibt es in Deutschland?

Fünf, und die liegen alle in Bayern. Das sind der Nördliche und Südliche Schneeferner und der Höllentalferner, alle drei an der Zugspitze. Dann gibt es das Blaueis am Hochkalter und den Watzmanngletscher am Watzmann, beide im Berchtesgadener Land. Diese fünf Gletscher sind die nördlichsten der Alpen, die Großzahl der Gletscher liegt aber in den anderen Alpenländern.

#### Welche Rolle spielen Gletscher im Wasserhaushalt?

Gletscher haben hier eine wichtige Pufferfunktion, denn sie speichern einerseits Wasser in Form von Schnee im Winter und geben genau dann Wasser ab, wenn es wenig regnet, nämlich in sommerlichen Schönwetterperioden. Diese Ausgleichsfunktion ist zum Beispiel für den Rhein ganz wichtig, der Gletscherwasser aus dem Berner Oberland über die Aare erhält, die zwischen dem Bodensee und Basel in ihn fließt. Dieses Wasser strömt auch dann, wenn es sonst ganz trocken ist, zumindest solange es im Einzugsgebiet noch Gletscher gibt. Zum Beispiel in dem berühmten Hitzesommer von 1976, als es zwischen Mai und Juli in West- und Teilen von Zentraleuropa nicht ein einziges Mal geregnet hat – da bestand das (wenige!) Rheinwasser im Juli zu 90 Prozent aus Schnee- und Eisschmelzwasser, das den Strom sogar bis in den Mündungsbereich versorgte. Wenn dieses Wasser nicht gewesen wäre, dann wäre der Rhein nahezu trocken gefallen.

#### Worauf müssen wir uns einstellen, wenn die Gletscher verschwunden sind?

Schifffahrt wird auf Flüssen, die vormals auch von Gletscherwasser gespeist wurden, nur noch eingeschränkt möglich sein, Kraftwerke können das Wasser nicht mehr zur Kühlung verwenden und die Industrie hätte Probleme, weil ihr das Prozesswasser fehlt. In den alpinen Regionen selbst verschwindet mit den Gletschern nicht nur eine wichtige Einnahmequelle, zum Beispiel durch die Bergsteiger in den Gletscherregionen, sondern auch der Untergrund wird verändert, weil sich der Permafrost auflöst. Das ist ein ganz



1+2 Vergleich der Vergletscherung auf dem Zugspitzplatt für die Jahre 1890 und 2007. Vom Südlichen Schneeferner (linker Bildteil) sind 2007 nur noch Eisreste vorhanden, am Nördlichen sind die Folienauflagen zu erkennen (siehe Abbildung 3).

großes Problem, nicht nur, aber auch in den Alpen. Bislang hält Permafrost den Boden durch sein Eis zusammen und die Gletscher stabilisieren die Hänge; wenn sie aber nicht mehr da sind, entfällt diese stabilisierende Wirkung. Heute schon bekommen wir einen Vorgeschmack auf das, was da kommen kann. Kollegen aus der Schweiz haben mir erzählt, dass sie allmählich massiv Beton zu Hilfe nehmen müssen, um ihre Bergbahnstationen zu sichern, die in Permafrostboden gebaut wurden.

Wie sieht es anderswo aus mit der Abhängigkeit von Gletschern?

Mancherorts ist die Abhängigkeit noch viel größer als bei uns. So habe ich eine Region in Westchina besucht, die fast vollständig vom Gletscherwasser abhängt. Die Millionenstadt Urumchi in der autonomen Republik Xinjiang

in China benutzt als hauptsächliche Trinkwasserquelle den Abfluss von Gletschern im Tianshan-Gebirge. Und die Stadt verbraucht diesen Abfluss auch nahezu vollständig, hinter Urumchi versiegt der Fluss. Die Bevölkerung ist also dort in sehr hohem Maße vom Gletscherschmelzwasser abhängig, auch unter dem Aspekt der Landwirtschaft, und trotzdem gehen sie manchmal leichtfertig mit ihm um! Man hat früher beispielsweise versucht, den Abfluss zu steigern, indem man Ruß auf die Gletscheroberfläche streute, wodurch die Abschmelzung erhöht werden sollte. Man ist dabei davon ausgegangen, dass eine schwarze Rußschicht die Sonnenstrahlung stärker absorbiert als helles Gletschereis, sodass dadurch die Schmelze verstärkt wird. Das hat aber nicht wirklich funktioniert, denn wenn die Schicht zu dick ist, dann tritt genau der umgekehrte Effekt ein: Der Gletscher schmilzt nicht schneller, sondern langsamer, weil die dicke Auflage dann das Eis vor der Sonnenstrahlung schützt.

#### Gibt es noch andere Gegenden, die stark von Gletscherwasser abhängen?

Eine solche Abhängigkeit findet man in weiten Teilen Zentralasiens. So würden auch die Flüsse Brahmaputra oder Ganges im Sommer ohne den Gletscherwasserzufluss aus dem Himalaya viel weniger Wasser führen, und die Baumwollproduktion in Kasachstan oder Usbekistan wäre ohne Gletscherschmelzwasser nicht möglich. Aber auch der Colorado im Mittelwesten der Vereinigten Staaten von Amerika ist ein Beispiel, wie Wasser aus Gebirgen und damit teilweise auch von Gletschern im Flachland genutzt (und übernutzt) wird.

#### Sind Gletscher die größten Süßwasserreserven?

Nein, global betrachtet machen sie nur einen kleinen Anteil aus, denn mit 99 Prozent liegt das meiste Eis und damit auch der größte Süßwasservorrat in den Polargebieten. In den Gletschern außerhalb der Polargebiete ist verglichen damit also nur rund ein Prozent des globalen Süßwassers gebunden. Absolut gesehen ist das natürlich immer noch sehr viel, etwa 30 Millionen Kubikkilometer, wenn man die Schneebedeckung dazurechnet.

#### Wo gibt es denn heute die größten Gebirgsgletscher?

Die liegen vor allem in Zentralasien und Alaska. Dort sind die Gletscher mit einer Fläche von mehr als 1.000 Quadratkilometern um eine Größenordnung größer als etwa der größte Alpengletscher. Das ist der Aletschgletscher in der Schweiz, der im Jahr 2000 eine Fläche von 82 Quadratkilometern hatte. Der Vernagtferner in den Ötztaler Alpen, den wir von der Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften erforschen, ist mit acht Quadratkilometern trotzdem noch ein mittelgroßer Gletscher, weil die Hälfte der Gletscher in den Alpen kleiner als ein Quadratkilometer ist.

### Warum erforscht man denn nicht eher einen größeren Gletscher?

Das hat zum Teil logistische, zum Teil auch geologische, zum Teil sogar historische Gründe. Der Vernagtferner wird schon seit etwa 400 Jahren beobachtet; die erste genaue Karte von ihm wurde 1889 angefertigt von Professor Sebastian Finsterwalder von der Technischen Universität München. Seither wird der Gletscher in regelmäßigen Abständen kartiert, seit 1964 werden Massengewinne und -verluste jährlich bestimmt, und seit 1974 wird auch noch der Abfluss registriert. Es werden also alle drei Methoden der Gletscherforschung angewendet, was nur bei ganz wenigen Gletschern möglich ist. Wir haben also eine einzigartige Beobachtungsdauer und ein sehr breites Methodenspektrum, und das ist schon einmalig bei einem Gletscher. Vielleicht ist der Vernagtferner der am besten erforschte Gletscher überhaupt, aber bestimmt ist er der am besten erforschte Alpengletscher.

### Wie viele Gletscher gibt es insgesamt in den Alpen?

Derzeit sind es etwa 5.000 Gletscher. Und es werden immer mehr!

### Ich dachte, die Gletscher schmelzen?

Eben – sie schmelzen dahin – und dabei werden aus einem großen Gletscher mehrere kleine, weil sich die großen aufspalten.

### Und diese kleineren Gletscher tauen jetzt umso schneller ab?

So ist es in der Regel, auch wenn man stellenweise versucht, das Abtauen aufzuhalten. Beim Nördlichen Schneeferner etwa wird ein kleiner Teil der Fläche schon mit Folie abgedeckt, um so die Sonneneinstrahlung und damit die zugeführte Schmelzenergie zu reduzieren (Abbildung 3). Man kann aber natürlich nicht den ganzen Gletscher abdecken, sondern legt über einzelne Bereiche im Frühjahr oder Frühsommer eine Folie, zum Beispiel da, wo man im nächsten Winter für die Snowboarder eine Halfpipe bauen will. Anderswo bringen große Räumfahrzeuge, sogenannte »Pistenbullis«, im Winter Schnee vom Umfeld auf den Gletscher, oder der Gletscher wird mit Schneekanonen künstlich beschneit. Mittelfristig sind aber alle diese Maßnahmen ziemlich wirkungslos, denn mit dem Anstieg der Null-Grad-Grenze schmilzt auch der Kunstschnee und der natürliche Schneefall beschränkt sich auf Regionen weit oberhalb von 3.000 Metern Meereshöhe.

Die Menschen versuchen, den Abschied der Gletscher hinauszuzögern, könnte denn durch rasch wirksame Maßnahmen gegen den Klimawandel der Hebel nicht noch umgeworfen werden? Können die Gletscher nicht gerettet werden?

Dazu kann man eine einfache Milchmädchenrechnung machen: Wenn in einem ganzen Winter ein Meter Neuschnee auf einen Alpengletscher fällt,



3 Blick über den Nördlichen Schneeferner in Richtung Schneefernerkopf; neben der Kapelle »Maria Heimsuchung« erkennt man folienbedecktes Eis.

dann ergibt das einen Eisdickenzuwachs von zehn Zentimetern, weil Neuschnee nur etwa ein Zehntel der Dichte von Eis hat. Diese zehn Zentimeter können unter Umständen an einem einzigen heißen Sommertag abschmelzen! Das bedeutet, dass man sich viele niederschlagsreiche Winter und zusätzlich nasse, sonnenscheinarme und kalte Sommer wünschen müsste, um den Gletschern wenigstens ein bisschen zu helfen.

Wie sollte man sich auf die Zeit nach den Gletschern vorbereiten?

Kann man ihre Pufferfunktion nicht irgendwie nachbauen?

Es gibt in der Tat Menschen, die sagen: »Wenn die Gletscher nicht mehr da sind, dann bauen wir eben eine Talsperre.« Damit könnte man zwar die Pufferfunktion der Gletscher sozusagen künstlich simulieren. Aber viele andere Funktionen der Gletscher kann man überhaupt nicht oder nur sehr schwer technisch ersetzen, wie die bereits angesprochene Stabilisierungsfunktion oder der touristische Aspekt zeigen.

Schmelzen die Gletscher kontinuierlich oder haben sie sich zwischenzeitlich auch mal wieder erholt?

Wie schon gesagt gehen bereits seit etwa 1850, also seit dem Ende der kleinen Eiszeit, die Gletscher weltweit zurück. Zwar gab es in den letzten 150 Jahren in den Alpen und auch in anderen Regionen der Erde Phasen, in denen Gletscher Masse gewonnen haben und dadurch gewachsen sind.

Das war zum Beispiel um 1900, dann teilweise noch mal um 1920 und sogar noch einmal zwischen 1965 und 1980. In diesem letzten Zeitabschnitt hatte das Wachstum der Gletscher einen seltsamen Grund, nämlich das sogenannte »global dimming«, das heißt die globale Eintrübung. Gemeint ist damit, dass durch die steigende Industrieproduktion viel Staub und Abgase in die Atmosphäre gelangten, das Sonnenlicht dadurch global abgeschirmt wurde und folglich die Temperatur zurückging. So kam es, dass die Gletscher in dieser Phase wirklich den Niederschlag, den sie im Winter erhielten, nicht durch Schmelze im Sommer wieder verloren haben, sondern überwiegend festhalten konnten und dadurch Masse gewonnen haben. In den 1980er-Jahren wurde deshalb in den Medien ja auch hier und da die angebliche Gefahr einer neuen Eiszeit heraufbeschworen! Aber seit die Luftreinhaltegesetze greifen, ist es damit vorbei, weil zum Beispiel in Deutschland die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft dafür sorgt, dass die Luft sauberer wurde.

Somit waren die Gletscher die Verlierer der Luftreinhaltegesetze?

Das kann man so sagen.

Was fasziniert Sie selbst an den Gletschern?

Das ist eine gute Frage! Ich sehe sie vor mir, wie soll ich sie beschreiben? Es fängt an mit den Farben und Formen des Eises, die ich wunderschön finde. Je nachdem, wie dick das Eis ist, entdeckt man ganz unterschiedliche Blau- und Grüntöne, und wenn ein Gletscherbach über das Eis fließt, sieht man wunderschöne Mäander. Wenn man durch eine Höhle in den Gletscher hineingeht und beobachtet, wie das Licht durch das Eis hindurch scheint, das hat etwas ganz Faszinierendes für mich. Worauf ich mich auch bei jeder Feldbegehung freue, ist die Weite, die ein großer Gletscher bietet, seine Ruhe, seine Beständigkeit. Das bedeutet für mich, dass man als einzelner Mensch einen Gletscher nicht beherrschen kann! Aber man kann sich mit ihm beschäftigen und versuchen, ihn zu verstehen.

Aber aktuell werden doch viele Gletscher ziemlich intensiv behandelt?

Da sie ja davonschmelzen, versuchen die Anrainer doch, sie daran zu hindern?

Tatsächlich wird gerade in den Alpen immer mehr versucht, Gletscher weiträumig mit Kunstschnee zu beschneien. Am Nördlichen Schneeferner auf der Zugspitze, dem letzten Rest des einstmals viel größeren Plattachferners, wird seit 13 Jahren etwa ein Prozent der Fläche mit Folien zugedeckt, und die Zugspitzbahn AG schippt auch den Schnee aus dem Umfeld auf den Gletscher drauf. Diesem Gletscher wird tatsächlich ein menschlicher Wille aufgezwungen. Aber viel bringt das nicht. Gletscher kann man nicht machen,

und wenn sie schmelzen, kann man das allenfalls für kurze Zeit und räumlich sehr begrenzt aufhalten.

#### Gibt es eine Prognose, wann es keine Gletscher mehr gibt?

Je sicherer die Klimaprognosen werden, desto sicherer kann man etwas zur Entwicklung der Gletscher sagen. Im Gegensatz zu den riesigen Eismassen in der Arktis und Antarktis, die das Wetter regional und global beeinflussen, können Gletscher nur auf das Klima reagieren, es aber nicht selbst steuern. Insofern sind die Gletscher eigentlich immer nur die Leidtragenden, und wenn es global gesehen wärmer wird, dann verschwinden irgendwann die Gebirgsgletscher – die einen schneller, die anderen langsamer. Wann sie nicht mehr da sein werden, ist allerdings von Region zu Region auf der Erde verschieden.

#### Wie werden sich die Gletscher der Alpen entwickeln?

Für die Alpen geht man davon aus, dass von derzeit rund 5.000 Gletschern im Jahr 2050 noch maximal die Hälfte da sein wird, wenn es mit der Klimaentwicklung so weiter geht wie bisher. Im Jahr 2100 werden vielleicht noch Teile von zehn großen Gletschern existieren. Man kann aber nicht ausschließen, dass ein paar kleine Gletscher sich länger halten können, etwa wenn sie in Karmulden liegen, in welche die Sonne nicht hineinscheint und Lawinen als zusätzliche Nahrungsquelle nutzen – natürlich nur solange in den jeweiligen Höhenlagen noch hinreichend viel Schnee fällt. Ein typisches Beispiel hierfür ist derzeit der Höllentalferner, der kann unter Umständen sehr zäh sein.

#### Wie wird es dem Vernagtferner gehen?

Der war einmal ein sehr »lebendiger« Gletscher, deshalb hat man ja auch so früh begonnen, ihn zu untersuchen, denn seine Vitalität hatte damals etwas durchaus Bedrohliches. Vom 17. bis ins 19. Jahrhundert hat er mehrfach schnelle Vorstöße gemacht, wobei zunächst Masse im oberen Teil des Gletschers angehäuft und dann mit Spitzengeschwindigkeit ins Tal geschickt wurde. Heute ist der Vernagtferner praktisch zum Stillstand gekommen, allenfalls bewegt er sich noch einige Meter im Jahr. Deshalb entstehen jetzt auch Höhlen in beziehungsweise unter ihm, die aber leider eher als Krankheitssymptome anzusehen sind, auch wenn sie innen unglaublich schön sind (Abbildung 4). Sie bilden sich, wenn sich der Gletscher nicht mehr bewegt und damit kleine Wölbungen im Eis, die durch Bäche am Gletschergrund ausgespült wurden, nicht mehr alljährlich vom Eis überschoben und damit gefüllt werden. Zunächst können die Höhlen von Jahr zu Jahr größer werden, aber natürlich nur, bis das Eis über ihnen zu dünn wird. Dann stürzen die Decken ein, was ziemlich gefährlich ist, wenn man gerade in der

Höhle herumläuft! Dass sich aber ein Gletscher nicht mehr bewegt, liegt eben daran, dass er zu schlecht ernährt wird und damit der Bewegungsantrieb fehlt. Und wenn keine Bewegung mehr erfolgt, liegt der Gletscher da und wird immer kleiner. Und wir sind dabei und können nur traurig zuschauen, wie er stirbt.



#### 4 Eishöhle am Vernagtferner.

Sie wird gebildet durch einen seitlich unter das Eis fließenden Bach, der den Gletscher von unten her erodiert; infolge der geringen Fließgeschwindigkeit des Gletschers wird die Höhlung nicht mehr aufgefüllt.