

Von Eisklumpen, Eismeerern und Strömen aus Eis

Gletscherbewegungen sichtbar machen und Schülervorstellungen verändern

Ende einer Geographiestunde über Vorstoß und Rückzug von Talgletschern. Der 12-jährige Jonas geht zu seiner Lehrerin und fragt: „Wo ist denn das Loch vom Gletscher?“ Die Lehrerin versteht nicht. Daraufhin streckt Jonas ihr die Zunge heraus und zieht sie wieder zurück. Er tut dies mehrmals hintereinander. Schließlich geht der Lehrerin ein Licht auf: Jonas erklärt sich die Bewegungen der Gletscherzunge mit denen der menschlichen Zunge!

Sachanalyse

Gletscher sind in der Landschaft deutlich sichtbar und hinterlassen Spuren, mittels derer ehemalige Gletscherausdehnungen rekonstruiert werden können. Eisentstehung und Gletscherbewegungen laufen jedoch in der Regel so langsam ab, dass sie für den Laien nur schwer zu beobachten sind. Da liegt die Frage nahe, was sich Lernende, die noch nie einen Gletscher in der Natur gesehen haben, unter der Entstehung und Bewegung von Gletschern vorstellen und ob sie Gletscher als Klimasensoren wahrnehmen können.

Wissenschaftshistorische Theorien über Gletscherentstehung und -bewegung

Jonas erklärt sich das Naturphänomen Gletscher, mit dem er nicht vertraut ist, mittels einer Analogie. So sind auch die Gelehrten vergangener Jahrhunderte vorgegangen. 1574 verfasste der Züricher Theologieprofessor Josias Simler eine alpine Enzyklopädie, in der er alles Wissenswerte über Gletscher aus historischen Quellen zusammentrug. Nach damaliger Vorstellung wuchsen Gletscher von unten nach oben: Zu Beginn ereignet sich ein be-

sonders harter Winter, in dem in einer Hohlform im Gebirge ein Klumpen aus Eis entsteht, der im folgenden Sommer nicht weg schmilzt. Über dem Dauerklumpen häuft sich in den anschließenden kalten Wintern neues Eis, das ebenfalls nicht schmilzt, bis schließlich die Hohlform mit Eis gefüllt ist (Zitat Perrig 2002, S. 36; **s. Abb. 1, Folie in der Materialausgabe**). Gletscher waren also ein Stück vom Boden aufgewachsenes Eis, das sich nicht bewegen konnte. Mitte des 17. Jahrhunderts stießen die Gletscher im Zuge der kleinen Eiszeit vor und zerstörten Häuser, Hütten, Wiesen und Weideland. Entsprechend wurden sie nun als krachende, Unheil bringende Eisungetüme wahrgenommen. Der Chronist Johann Rudolf Grimm ging 1733 noch einen Schritt weiter, als er den Grindelwaldgletscher mit einem Vulkan verglich. Einen anderen Erklärungsversuch lieferte 1751 Johann Georg Altmann, der Gletscher als gewaltige Schollen auf alpinen Eismeerern sah, die die Alpentäler bedecken. Durch die Wellen dieser Meere zerfallen die Gletscher in Stücke und gleiten zu Tale (**s. Abb. 2, Folie in der Materialausgabe**). Diese Eismeeere wurden auch als Ausgangspunkte in den Alpen entspringender Flüsse wie Rhein, Rhône, Aare und Tessin gesehen.

Neben diesen Versuchen, die Gletscherbewegung mittels Analogien zu erklären, gab es ab dem 18. Jahrhundert auch erste Theorien, die auf naturwissenschaftlichen Beobachtungen beruhten. 1705 publizierte Johann Jakob Scheuchzer die so genannte Dilatationstheorie. Sie basierte auf der Annahme, dass in Gletscherspalten und anderen Hohlräumen gefrierendes und sich dabei ausdehnendes Wasser das Gletschereis talwärts schiebe. Noch im 19. Jahrhundert erklärte François Auguste Forel (1881) die Gletscherbewegung mit dem

Zielgruppe	Klasse 7–13
Arbeitsblatt 1	die eigene Vorstellung von einem Gletscher und seinen Bewegungen beschreiben; eine beschriftete Zeichnung eines Gletscher erstellen; S. 47
Arbeitsblatt 2	die Entwicklung von Schnee zu Eis beschreiben und erläutern; S. 44
Arbeitsblatt 3	die Komponenten der Gletscherbewegung erläutern und mit dem im Modellversuch beobachteten Prozess der Regelation in Beziehung setzen; S. 45
Arbeitsblatt 4	die Fließbewegungen eines Gletschers im Rahmen einer Präsentation zusammenfassend erklären; S. 47
Materialausgabe	Filmsequenz über den Abschmelzvorgang des Triftgletschers in den Alpen, Bauanleitung für ein Modellexperiment zur Regelation, Erläuterungen historischer Gletschervorstellungen sowie die ausführliche Version von Tabelle 1 (s. CD-ROM); Abbildungen historischen Gletschervorstellungen (Folien)

Wachstum oder Abtauen der Gletschereiskörner. Dies, obwohl Horace-Bénédict de Saussure schon 1779 das Gewicht eines Gletschers als Ursache für Gletscherbewegungen erkannt hatte. 1885 kam die Erkenntnis dazu, dass die Eigenplastizität des Eises das Fließen eines Gletschers erklärt (Albert Heim).

Viele der genannten Theorien sind plausibel, denn dass Eiskristalle aus Wasser entstehen entspricht unserer Alltagserfahrung. Dies gilt auch für die Beobachtung, dass Wasser, das zu Eis gefriert, ein größeres Volumen einnimmt und infolge dessen eine Glasflasche zum Bersten bringen kann. Vom Schlittschuhlaufen kennt man, dass Druckänderungen zum Schmelzen und Wiedergefrieren von Eis führen (Regelation). Eis oder Schnee schmelzen infolge des Gewichts, das beim Schlittschuhlaufen auf den Kufen lastet. Man gleitet auf einem Wasserfilm. Danach gefriert das Wasser sofort wieder zu Eis. Es liegt also nahe, diese Beobachtungen auf Gletscher zu übertragen.

Die moderne Glaziologie kann die Eisentstehung und Gletscherbewegung sehr differenziert erklären. Schnee ist eine poröse Substanz, die aus Eis, Luft, kleinen Mengen von Unreinheiten und manchmal auch flüssigem Wasser besteht. Die Eiskristalle sind mikrokristallin und über Brücken aus Eis miteinander verbunden. Eiskristalle haben das Bestreben, eine Form mit möglichst kleiner Oberfläche, im Idealfall Kugelform, einzunehmen. Dieser Prozess wird abbauende Schneemetamorphose genannt. Die verästelte Sternform der hexagonalen Eiskristalle wird durch Substanzumlagerungsprozesse zu rundlichen Körnern abgebaut. Infolge lokaler Temperatur- und Dampfdruckunterschiede sublimiert Wasserdampf an den Kanten und wird in den Rundungen wieder angelagert. Das Volumen des Schnees nimmt bei dem Vorgang ab und seine Dichte nimmt zu. Je höher die Temperatur, d. h. je näher sie beim Gefrierpunkt liegt, desto schneller verläuft die Metamorphose. Bei der aufbauenden Schneemetamorphose wachsen große Eiskristalle infolge Druck- und Temperaturschwankungen auf Kosten von kleinen. Schließlich schließen sich die einzelnen Körner langsam zu Firn (= Schnee, der mindestens ein Jahr überdauert hat) zusammen. Schmelz- und Niederschlags-

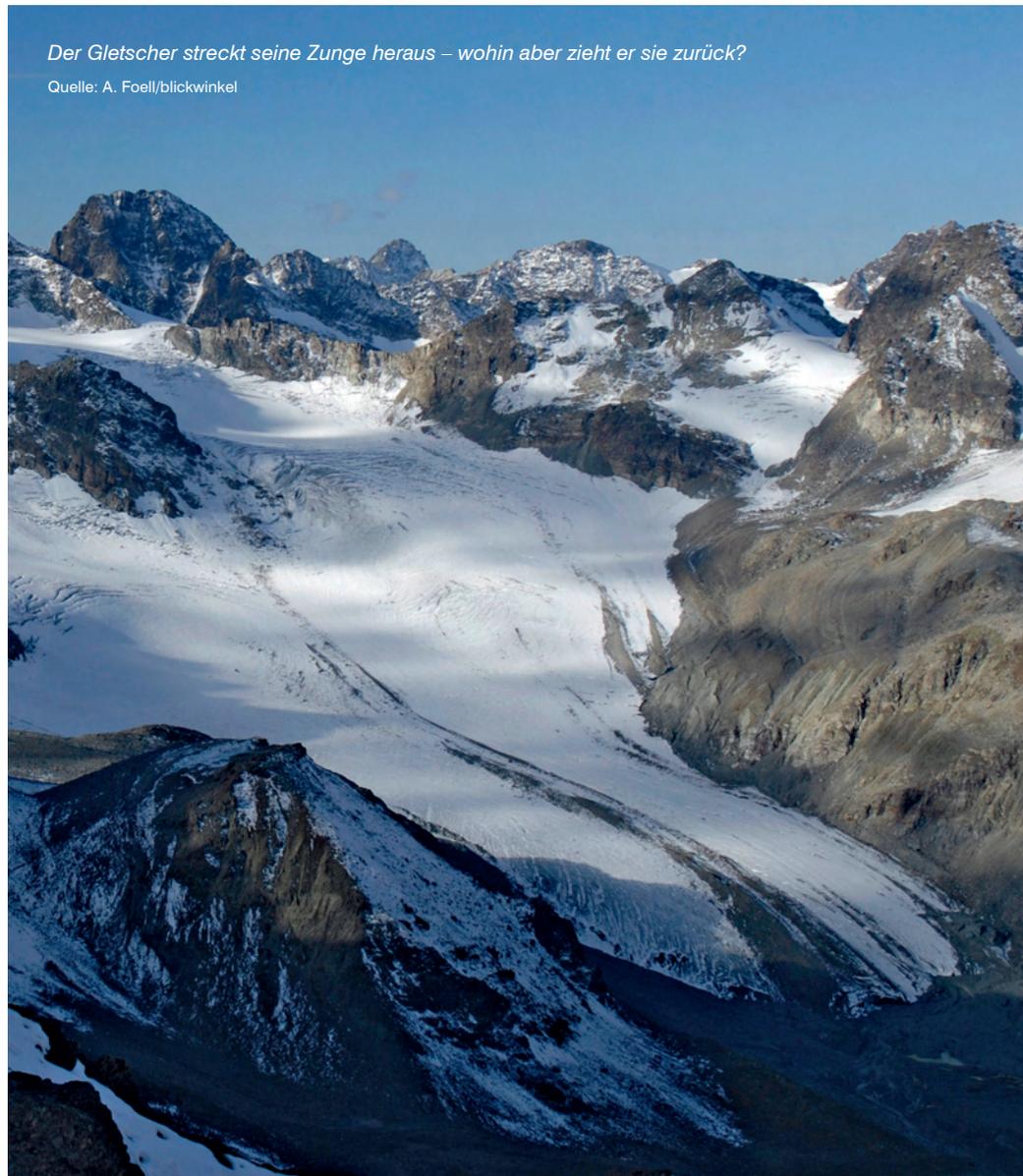
wässer sickern in den Firn und beschleunigen die Umwandlung von Schnee zu Eis. Mit abnehmender Porosität wird der Firn immer dichter. Ab einer Dichte von ca. 0,8 Gramm pro Kubikzentimeter wird der Firn zu weißem Firneis. Die weitere Verdichtung des Firneises lässt schließlich Gletschereis entstehen. Ab einer Mächtigkeit von ca. 30 m fängt das Eis an, sich unter dem Einfluss der Schwerkraft und seiner eigenen Masse zu bewegen. Ein Gletscher ist entstanden.

Starr und unbeweglich, wie sich Josias Simler Gletscher im 16. Jahrhundert vorgestellt hat, sind sie also nicht. Gletscher fließen, der Schwerkraft folgend, hangabwärts, wobei die Fließgeschwindigkeit in der Mitte des Eisstromes am größten ist. Die an der Oberfläche eines Gletschers messbaren Fließbeträge und Fließgeschwindigkeiten setzen sich aus dem plastischen Fließen oder Kriechen (= **interne Deformation**) und dem Gleiten über dem Gesteinsbett (= **basales Gleiten**) zusammen. Das plas-

tische Fließen ist die Summe winzigster, in mm-Bruchteilen vor sich gehender ruckartiger Bewegungen der einzelnen Eiskristalle an deren Berührungsflächen. Unter dem Druck der Fließbewegung werden die Eiskristalle zueinander ausgerichtet und verschoben sich dann entlang ihrer Gleitflächen parallel gegeneinander (Maisch 2004, S. 23 f.). Wie plastisch das Eis letztendlich reagiert, hängt u. a. von der Eisdicke und der Eistemperatur ab – je dicker und wärmer das Eis, desto plastischer ist es. In unseren gemäßigten Breiten ist das basale Gleiten ein wichtiger Bewegungsmechanismus. Durch den Auflastdruck kommt es an der Gletscherbasis zu einer Schmelzpunktniedrigung und zur Bildung eines dünnen Schmelzwasserfilms, auf dem der Gletscher gleiten kann. Die Schmelzpunktniedrigungen ist jedoch mit ca. 0,06 °C pro 100 m Eisdicke recht gering. Dementsprechend muss der Gletscher entweder sehr dick oder recht „warm“ sein, um einen dünnen Wasserfilm ausbilden zu können.

Der Gletscher streckt seine Zunge heraus – wohin aber zieht er sie zurück?

Quelle: A. Foell/blickwinkel



Die daraus resultierenden Geschwindigkeiten, mit denen sich z. B. die Alpengletscher zu Tal bewegen, betragen im Mittel 30 bis 200 m pro Jahr, bei asiatischen Hochgebirgsgletschern bis zu 800 m im Jahr.

Alltagstheorien von Schülern über Gletscherentstehung und -bewegung

1982 untersuchte John C. Happs in Neuseeland erstmals Schülervorstellungen zu Gletschern. Er führte Interviews mit Schülerinnen und Schülern im Alter von 11–17 Jahren durch, bei denen er ein farbiges Luftbild des Tasman-Gletschers im Mount Cook Nationalpark verwendete. Er wollte von den Jugendlichen wissen, was auf dem Luftbild abgebildet ist, was ein Gletscher ist, wie er sich bewegt und wie mächtig er werden kann. Nur ca. 40% der Schüler erkannten auf dem Luftbild die Abbildung des Gletschers. Die Mehrheit der Schüler interpretierte den Gletscher dagegen als Schnee- oder eisbedeckte Straße, als zugefrorenen Fluss, als Lava- oder Salzstrom oder als Lawine. Zwar wussten die Schüler, dass Gletscher große Eiskörper sind; sie hatten jedoch keine Vorstellung davon, wie mächtig sie sein können, welche erosiven Kräfte sie entfalten, dass sie infolgedessen als Landschaftsgestalter wirken und Spiegelbilder des fluktuierenden Klimas sind. Erstaunlicherweise wurden bei der Untersuchung sämtliche Alltagstheorien, selbst die vorwissenschaftlichen aus dem 16., 17. und 18. Jahrhundert, mit Ausnahme der Idee des Eisvulkans, geäußert. Diese Ideen waren altersunabhängig; es konnte also nicht festgestellt werden, dass ältere Schüler über wissenschaftlichere Vorstellungen verfügten.

2007 erhob Felix Hug erneut Schülervorstellungen von 14–16-Jährigen zum Thema Gletscher. Da Gletscher in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung immer stärker in den Fokus der Medien gerückt und wissenschaftliche Informationen leichter zugänglich sind, stellte sich die Frage, ob dieser Einfluss auch zu wissenschaftlicheren Vorstellungen der Lernenden geführt hat. Der Begriff Gletscher war den Schülern zwar geläufig, viele konnten sich jedoch nach wie vor nichts Konkretes darunter vorstellen. Wieder trat die Analogie von Gletschern und Eisbergen bzw.

die Vorstellung aus dem 18. Jahrhundert, Gletscher seien eine Eisschicht auf einem Gewässer, auf (vgl. auch Mühleisen 2006). Gletscherbewegungen wurden damit erklärt, dass sich die Erde bewege, dass das glatte Eis einen Berghang hinunterutsche oder auf einem zugefrorenen Fluss, der einen Berg hinabfließt, gleite. Gletscher wurden also auch von den heutigen deutschen Schülern nicht als sich aktiv bewegend Körper gesehen, sondern als starre Elemente der Landschaft.

Didaktische Überlegungen

Wie kommen Schülerinnen und Schüler zu den genannten Theorien? Und wie kommt es, dass diese Vorstellungen mit jenen, die die Menschen vor vielen Jahrhunderten äußerten, weitgehend identisch sind? Die Erzeugung von Vorstellungsbildern ist immer in die ganze Breite menschlichen Erlebens eingebettet. Dazu gehören Alltagserfahrungen und Umweltwahrnehmung, die Sprache ebenso wie Analogiebildung. Wenn Fachwissen fehlt, bzw. auch keine Möglichkeit zur direkten wissenschaftlichen Überprüfung durch das Individuum besteht, werden Prozesse mittels Analogien, Metaphern oder auf der Basis von vorwissenschaftlichen Überlegungen interpretiert. Da Alltagstheorien in der Regel unbewusst oder unterbewusst konstruiert werden und zum Kernbestand unseres Weltwissens zählen, müssen sie im Unterricht sorgfältig berücksichtigt werden. Lernen wird, wie in den Beiträgen von Duit und Reinfried in diesem Heft beschrieben, als Konzeptwechsel (*Conceptual Change*) gesehen. Konzeptwechsel geschehen jedoch nicht dadurch, dass Alltagsvorstellungen eliminiert oder aufgegeben werden, sondern durch deren graduelle Restrukturierung. Alltagswissen und Schulwissen müssen in Einklang gebracht werden, damit das wissenschaftlich fundierte Wissen nicht „schubladisiert“ wird, weil es, im Gegensatz zum Alltagswissen, keine Verwendung findet und somit „träge“ bleibt.

Was heißt dies konkret für die Schulpraxis? Die Analyse der Schülervorstellungen durch Happs (1982) und Hug (2007) haben u. a. folgende Defizite aufgedeckt, die es bei der didaktischen Strukturierung zu berücksichtigen gilt:

- ▶ Die Schüler sind sich der Unterschiede von Gletschern und Eisbergen nicht bewusst,
- ▶ den meisten Schülern fehlten elementare Grundlagen über die Aggregatzustände des Wassers und dessen Phasenübergänge in Abhängigkeit von Druck und Temperatur,
- ▶ Gletscher werden als statische Gebilde und nicht als dynamische Systeme gesehen,
- ▶ obwohl im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung Gletscher häufig als Indikatoren genannt werden, wissen viele Schüler nicht, wie sie Gletscher mit Klima in Verbindung bringen sollten.

Die wichtigen für den Vorstellungswandel zu vermittelnden Begriffe, Sachverhalte und Konzepte, die sich aus den genannten Defiziten ergeben, sind demzufolge:

- ▶ Gletscher und Eisberg – Definitionen und Unterschiede,
- ▶ die Schneemetamorphose, d. h. die Umwandlung von Schnee zu Firn und Gletschereis,
- ▶ die Eigenschaften von Eis als Feststoff (v. a. druckabhängige Schmelzpunktverschiebung),
- ▶ das Phänomen des basalen Gleitens von „warmen“ Gletschern,
- ▶ Gletscher als empfindliche dynamische Systeme,
- ▶ Gletscher als Klimasensoren.

Warum gehört das Thema Gletscher angesichts dieser Komplexität nach wie vor in den Geographieunterricht? Gletscher sind Naturphänomene von faszinierender Schönheit. Sie spielen im Alpenraum eine wichtige Rolle für den Tourismus, für die Bewässerung trockener Alpentäler und als Schmelzwasserlieferanten für die Energiegewinnung aus Stauseen. Im Alpenvorland und in Norddeutschland haben Gletscher als Landschaftsgestalter ihre Spuren hinterlassen und zur Bildung fruchtbarer Ackerböden beigetragen. Eisbohrkerne helfen, die Zusammensetzung der Atmosphäre und damit das Erdklima vergangener Zeitepochen zu analysieren. Heute sind Gletscher auch gut beobachtbare Indikatoren für die globale Erwärmung.

Der Unterrichtsvorschlag behandelt schwerpunktmäßig das Thema Gletscherbewegung. Sein Ziel besteht nicht nur darin, den komplizierten physikalischen Prozess der Gletscherbewegung zu verstehen,

sondern einen Lernprozess in Gang zu setzen, der zur nachhaltigen Veränderung kognitiver Vorstellungsbilder führt.

Kompetenzbereiche und Ziele

Die Schülerinnen und Schüler

Fachwissen

- ▶ wissen, wie Gletschereis entsteht,
- ▶ wissen, dass Gletscher dynamische Gebilde sind,
- ▶ kennen die Komponenten der Gletscherbewegung,
- ▶ können den Prozess der Regulation beschreiben und erklären.

Erkenntnisgewinnung/Methoden

- ▶ können aus Quellen unterschiedlicher Art (Experiment, Animation, Text) Informationen aufgabenbezogen entnehmen,
- ▶ können ihre Ergebnisse ihren Mitschülern präsentieren.

Methodische Überlegungen

Das Wesentliche des Unterrichtsvorschlags besteht darin, die nicht direkt beobachtbaren Vorgänge der Gletscherbewegung

zu veranschaulichen und „naive“ Vorstellungen wissenschaftlichen Konzepten anzunähern. Der Vorstellungswechsel erfolgt mittels der Strategie der mentalen Modellbildung (Reinfried 2006), mit der die Schülervorstellungen schrittweise an die wissenschaftlichen Vorstellungen angeglichen werden. Dieser Strategie folgt dann auch die methodische Ausgestaltung der Unterrichtseinheit (vgl. **Tab. 1**).

Literatur

- Happs, J. C. (1982): Glaciers. Science Education Research Unit. Working Paper No. 203. Waikato University, Science Education Research Unit. Hamilton.
- Hug, F. (2007): Subjektive Theorien von Schülern der Sek. 1 über Gletscher und deren Bedeutung für den Geographieunterricht. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Grund- und Hauptschule nach der GHPO I v. 22. 7. 2003, PH Ludwigsburg.
- Kaempfer, T. U. und M. Schneebeli (2007): Observation of isothermal metamorphism of new snow and interpretation as a sintering process. Journal of Geophysical Research, Vol. 112, D 24101
- Maisch, M. (2001): „Gletscher“. CD mit Folien des SGmG Kurses Oberengadin. Geographisches Institut, Universität Zürich.
- Maisch, M. (2004): Gletscher in Bewegung. In: Maisch, M. und P. Wick (Hrsg.): Themenheft „Gletscher“. die neue schulpraxis, H. 6/7.
- Mühleisen, S. (2006): Fachdidaktische Rekonstruktion des Themas Gletscher im

EWG-Unterricht, am Beispiel einer 8. Klasse. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Realschulen nach der RPO I v. 16. 12. 1999, PH Ludwigsburg.

- Perrig, A. (2002): Die Anfänge der Glaziologie im Spiegel der Kunst. In: Steiniger, F. F. und A. Kossatz-Pompé (Hrsg.): Senckenberg, Goethe und die Naturwissenschaften. Kleine Senckenberg-Reihe 44. Stuttgart, S. 35–57.
- Reinfried, S. (2006): Alltagsvorstellungen – und wie man sie verändern kann. Das Beispiel Grundwasser. geographie heute, H. 243, S. 38–43.

Dank

Wir danken Dr. Martin Schneebeli vom WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung in Davos und Dr. Mathias Huss von der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich für ihre hilfreichen Auskünfte. Herr Dr. Schneebeli hat die Röntgen-Mikrotomographie Bilder zur Verfügung gestellt, wofür wir ihm ebenfalls herzlich danken.

Autoren

Sibylle Reinfried ist Professorin für Geographie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Zentralschweiz in Luzern, Institut für Lehren und Lernen. Prof. Dr. Sibylle Reinfried, Flühgasse 33, CH-8008 Zürich; E-Mail: sibylle.reinfried@phz.ch

Felix Hug ist Referendar an 2 Schulen in Biberach an der Riß sowie am Didaktischen Seminar in Laupheim. Felix Hug, Adlergasse 7, D-88487 Walpertshofen; E-Mail: felix.hug@gmx.de

Phasen	Konkrete Unterrichtsschritte (4–5 Schulstunden)
Vorphase: Vorbereitung (Entdecken)	▶ Recherche zu bestehenden Alltagsvorstellungen (Arbeitsblatt 1).
Phase 1: Hervorlocken und Ergründen der Alltagsvorstellungen (Aktivierung)	▶ Die Schüler fertigen Zeichnungen ihrer Alltagsvorstellungen an (vgl. Arbeitsblatt 1). ▶ Kurze mündliche Erläuterung der Zeichnungen durch die Schüler ▶ Kategorisierung der Zeichnungen durch die Schüler
Phase 2: Prozess der Vorstellungsänderung (Exposition, Rekonstruktion)	▶ Präsentation des Modellversuchs zur Regulation (s. CD-ROM in der Materialausgabe); Klärung der Versuchsanordnung und gemeinsame Hypothesenbildung ▶ Demonstration des Modellversuchs; Diskussion des Vorstellungswandels in der Gletschertheorie (s. Folie in der Materialausgabe und Erläuterung auf CD-ROM) ▶ Vergleich der Vorstellungen aus Phase 1 mit den Prozessen, die im Modellexperiment beobachtet wurden; gemeinsame Verifizierung/Falsifizierung der Hypothesen ▶ Beschreibung der Grenzen des Modells im Plenum; Projektion des ETH-Videos über die Bewegungen des Triftgletschers (s. Arbeitsblatt 3 und CD-ROM in der Materialausgabe).
Phase 3: Einsatz der wissenschaftlichen Vorstellung (Anwendung)	▶ Bearbeitung der Arbeitsblätter 2, 3 und 4 ; Vorbereitung einer Präsentation durch die Schüler
Phase 4: Reflexion (Validierung)	▶ Vorstellung der Ergebnisse ▶ Schlussdiskussion über die Plausibilität der wissenschaftlichen Vorstellungen und über den Lernprozess

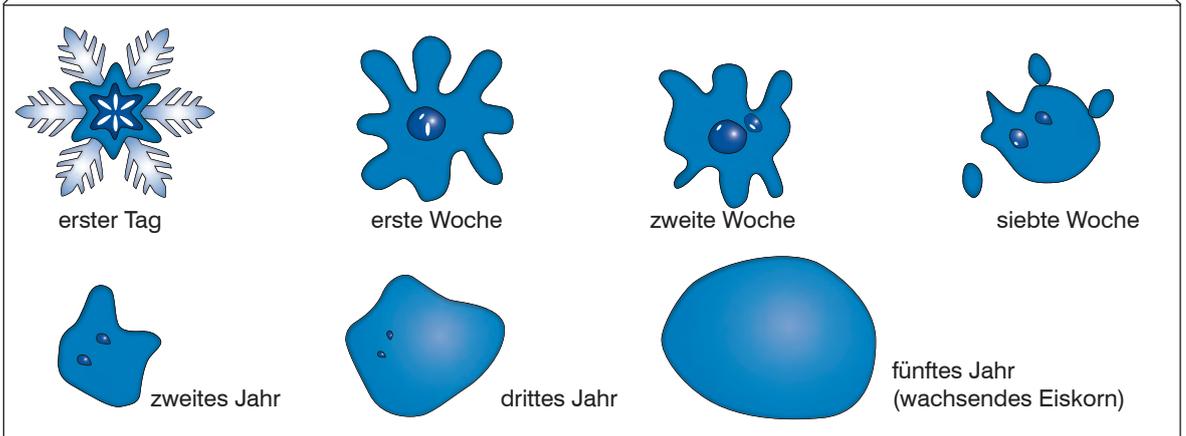
Tab. 1: Methodische Ausgestaltung des Unterrichts (ausführliche Version der Tabelle s. **CD-ROM in der Materialausgabe**)

Vom Schnee zum Eis



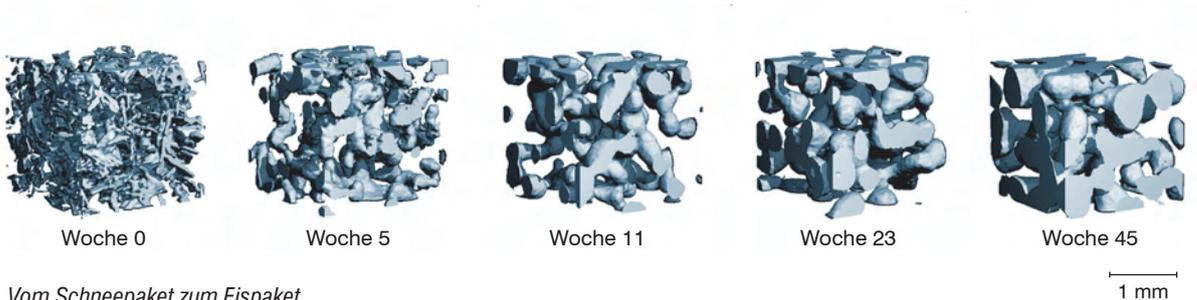
Quelle: Dirk Beyer/Wikimedia Commons

VERGRÖßERUNG



Quelle: Mäisch, M. (2004): Gletscher in Bewegung. In: Mäisch, M. und P. Wich (Hrsg.): Themenheft „Gletscher“, die neue schulpaxis, H. 67.

Die Umwandlung einer Schneeflocke zu einem Gletschereiskorn



Vom Schneepaket zum Eispaket

Quelle: Kaempfer, T. U. u. M. Schneebeli (in print): Observation of isothermal metamorphism of new snow and interpretation as a sintering process. Journal of Geophysical Research, Vol. 112. Reproduced/modified by American Geophysical Union.

Aufgaben

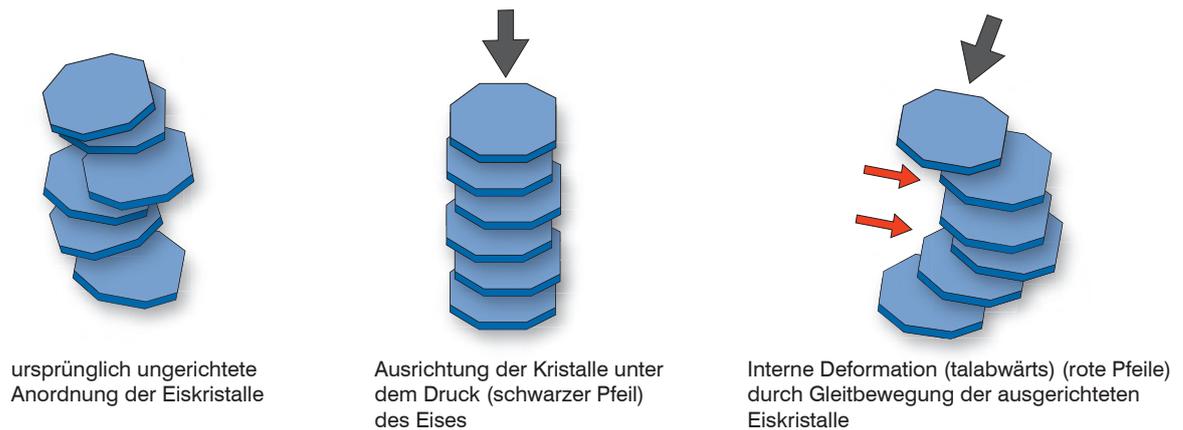
1. Beschreibe, was auf dem Foto dargestellt ist und woraus das weiße Gebilde in der Bildmitte besteht.
2. Im oberen Teil eines Gletschers, im Hochgebirge, fällt der Niederschlag immer in Form von Schnee. Wie aber wird daraus Gletschereis? Beschreibe zunächst, wie sich eine Schneeflocke im Laufe der Zeit zu einem Eiskorn umwandelt. Erläutere anschließend, wie sich ein ganzer Schneewürfel innerhalb eines Jahres verändert.

3

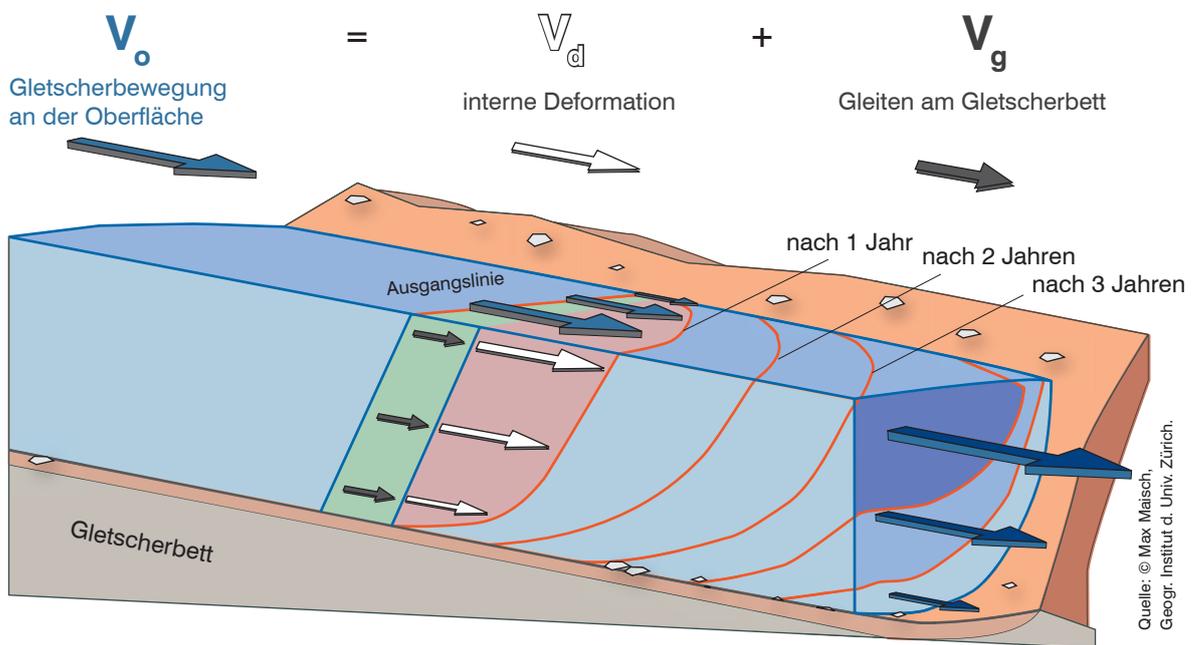
Warum fließt ein Gletscher?

Gletscher sind keine starren Gebilde, sondern fließen talabwärts. Dies geschieht,

- a. weil ein Gletscher in seinem Innern plastisch verformt wird. Die Eiskristalle des Gletschers richten sich dabei parallel zueinander aus und verschieben sich, der Schwerkraft folgend. Man nennt dies **interne Deformation** (rote Pfeile).
- b. weil ein Gletscher auf dem Gletscherbett gleitet und rutscht. Der Grund dafür ist ein Wasserfilm, der sich dort wegen des großen Gewichts des Gletschers und des dadurch entstehenden Drucks ausbildet. Das Eis schmilzt wegen des großen Drucks sogar bei Minustemperaturen. Man nennt diese Bewegung **basales Gleiten**. Das Gleiche geschieht auch dann, wenn der Gletscher über ein Hindernis rutschen muss. Das Eis schmilzt wegen des höheren Drucks und gefriert wieder, wenn der Druck nachlässt.



Interne Deformation



Komponenten der Gletscherbewegung

Aufgaben

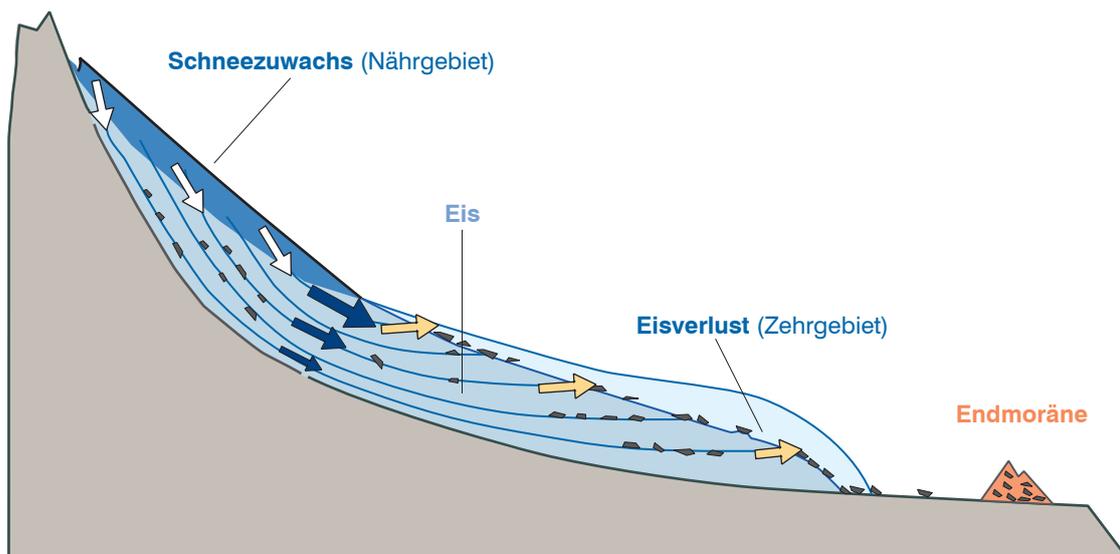
1. Erläutere, aus welchen Komponenten sich die Gletscherbewegung zusammensetzt.
2. Welcher Teil des Gletscherkörpers bewegt sich am schnellsten? Begründe.
3. Denke an deine Beobachtungen aus dem Modellversuch.
 - a. Erkläre, warum die Schraube, über die der Gletscher geflossen ist, in den Gletscher einfrohr.
 - b. Überlege, ob bei diesem Prozess die innere Deformation oder das basale Gleiten die Hauptrolle gespielt hat.

Im eisigen Bauch des Gletschers

Gletscher unterliegen ständigen Veränderungen. Sie nähren sich von Neuschnee, der sich zu Firn und schließlich Eis umwandelt. Unter der Wirkung der Schwerkraft beginnt das Eis den Berg hinunter zu fließen. Die Mächtigkeit der Eismasse, ihre Temperatur, der Nachschub von oben und natürlich die Neigung und die Beschaffenheit des Untergrunds bestimmen die Fließgeschwindigkeit. Im Eisstrom bilden sich verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten aus und dehnen dabei das Eisgebilde bis es zerreißt – die Gletscherspalten entstehen. Sie können 30 m tief sein, verengen sich mit zunehmender Tiefe und werden durch den wachsenden Druck des Eises wieder geschlossen. Wer da hineinfällt, gerät in ein dunkles Gefängnis aus Eis und Zeit. Das ist die Geschichte, die alle Gletscherleichen erzählen.

In den letzten 40 Jahren sind ca. 100 Personen in den Schweizer Alpen auf Gletschern verschwunden, zuletzt eine tschechische Staatsbürgerin in der Nähe von Zermatt (Schweiz). Sie hatte sich im Nebel von der Gruppe getrennt, mit der sie auf den Gletscher gestiegen war. In der Juninacht, in der sie verlorenging, fiel meterhoch Schnee, der die Gletscherspalten zudeckte. Obwohl später Bergführer jede Spalte zwischen dem Kleinen Matterhorn und dem Breithorn systematisch absuchten, fand sich keine Spur mehr von ihr.

Im Extremfall behält der Gletscher einen Leichnam über 5000 Jahre, wie das Beispiel des Ötzi zeigt, der Mumie, die man auf 3210 m am Similaun Gletscher in den Ötztaler Alpen gefunden hat. Wind und Sonne dörnten den Leichnam aus und ließen ihn auf zwanzig Kilogramm einschrumpfen. Ein klimatisches Wechselbad aus Hitze und Frost hat ihn gefriergetrocknet. Später deckten die Eismassen Ötzi zu. Die Scherkräfte eines Gletschers können Leichen innerhalb kürzester Zeit zermalmen. Doch der Eismann hatte Glück im Unglück: Er lag in einer Mulde, über deren Ränder der Gletscher hinwegfloss, ohne den Toten zu beschädigen. Insgesamt 5300 Jahre lang in seinem Eispalast, festgefroren am Boden, bis ihn der zurückschmelzende Gletscher 1991 wieder freigab. Gletscher sind wie Fließbänder: Wegen der Strömungsverhältnisse im Eiskörper müssten theoretisch die zwei bis drei Opfer, die sie jedes Jahr fordern, unten an den Gletscherzungen wieder herauschmelzen. Je weiter oben am Gletscher das Unglück geschieht, umso weiter unten kommt das Opfer wieder zum Vorschein. Dies zeigt auch das Beispiel einer Leiter, die 1788 bei der Besteigung des Montblanc im Gletschereis verlorenging und 44 Jahre später viertausend Meter weiter unten wieder ausschmolz.



Richtung der Fließbewegung

-  eintauchende Fließbewegung
-  heraustretende Fließbewegung

-  Felsblöcke
-  Fließlinien im Eis

Fließgeschwindigkeit

-  groß
-  mittel
-  klein

Längsschnitt durch einen Gletscher

Im eisigen Bauch des Gletschers

Aufgaben

1. Rufe dir die Bilder aus der Filmsequenz über den Triftgletscher ins Gedächtnis.
Welche Fließbewegungen des Gletschers konnte man im Film beobachten?
2. Lies den Text „Im eisigen Bauch des Gletschers“ und schau dir den Längsschnitt durch einen Gletscher an. Erkläre anschließend, was mit einem Skifahrer passiert, der im oberen Teil eines Gletschers 30 m tief in eine Gletscherspalte stürzt und nicht gerettet werden kann.
3. Bereitet euch in eurer Gruppe auf die Präsentation eurer Antworten vor. Erklärt,
 - ▶ welcher Teil des Gletschers am schnellsten fließt,
 - ▶ welche Fließbewegungen beim Modellversuch gezeigt wurden,
 - ▶ was mit einem Skifahrer passiert, der im oberen Teil eines Gletschers in eine Gletscherspalte stürzt und nicht gerettet werden kann.



© geographie heute 265 | 2008

Quelle: Vigorin/Fotolia.com

Was ist ein Gletscher?

Aufgaben

1. Was verstehst du unter einem Gletscher? Beschreibe deine Vorstellung mit deinen eigenen Worten.
2. Wie entsteht deiner Meinung nach ein Gletscher?
3. Überlege, ob sich ein Gletscher bewegt. Begründe deine Annahme.
4. Ein Gemsbock fällt im oberen Teil eines Gletschers in eine tiefe Gletscherspalte und kann nicht gerettet werden. Erläutere, was mit ihm im Laufe der Zeit geschieht.
5. Nimm ein leeres Blatt zur Hand und zeichne darauf einen Gletscher. Beschrifte deine Zeichnung so, dass sie für einen Betrachter gut verständlich wird. Zeichne auch den Gemsbock ein. Versuche dabei darzustellen, was mit dem Bock im Laufe der Zeit geschieht.



© geographie heute 265 | 2008

Quelle: Arnaud/Fotolia.com