

ARBEITSBLÄTTER ZUM GLOBALEN KLIMAWANDEL

Das Abschmelzen der Gletscher

Gletschersee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz

AKTUALISIERTE
AUSGABE
2014



Das Abschmelzen der Gletscher

Gletschersee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz

Der spektakuläre weltweite Rückgang von Gebirgsgletschern, der seit Mitte des 19. Jahrhunderts zu beobachten ist, stellt eines der sichersten Anzeichen für den globalen Klimawandel dar. Gebirgsgletscher gelten deshalb als eine Art „globales Fieberthermometer“. Und obwohl der mittlere Temperaturanstieg von 0,85 °C zwischen 1880 und 2012 auf den ersten Blick gering erscheinen mag, sind seine Auswirkungen gewaltig. Alleine die Alpengletscher haben bis in die 1970er Jahre etwa ein Drittel ihrer Fläche und die Hälfte ihrer Masse eingebüßt.

Von den geschätzten 130 km³ Eisreserven sind seit den 1980er Jahren nochmals ca. 20 % verloren gegangen. In Ländern mit Hochgebirgsregionen liefert eine solche Entwicklung Grund zur Sorge, weil mit dem Abschmelzen von Gletschern das Risiko von glazial bedingten Gefahren steigt. In den Alpen und im Himalaya, besteht ein solches Risiko vor allem durch Gletschersee-Ausbrüche („Glacial Lake Outburst Floods“, GLOFs), die sehr schwere Folgen haben können. Solche Ausbrüche sind möglich, wenn sich durch das Abschmelzen von Gletschern glaziale Seen hinter

Moränen und Eisdämmen bilden. Diese Dämme sind vergleichsweise instabil und können plötzlich durchbrechen. Innerhalb weniger Stunden werden dann mitunter Millionen Kubikmeter Wasser und große Mengen Schutt freigesetzt. Dies ruft talabwärts katastrophale Überflutungen hervor mit schwerwiegenden Schäden für Menschen, Wälder, die Landwirtschaft, Eigentum und Infrastruktur.

GLOFs sind kein neues Phänomen, jedoch hat sich mit den steigenden Temperaturen und dem weltweiten Rückzug der Gletscher die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens in vielen Gebirgsregionen erhöht. Das Phänomen veranschaulicht daher auf dramatische Weise die möglichen Folgen der globalen Klimaänderung auf lokaler Ebene. Zugleich wird deutlich, wie verschieden die Ausgangslagen in Industrie- und Entwicklungsländern sind, um auf derartige Folgen zu reagieren. Dies zeigen die Beispiele aus der Schweiz und aus Nepal. Beide Länder sehen sich in zunehmendem Maße mit glazialen Gefahren konfrontiert. Ihre Reaktionsmöglichkeiten unterscheiden sich jedoch erheblich.

Einsatzmöglichkeiten im Unterricht

Der Rückgang der Gletscher auf der Erde ist ein Phänomen, welches den SchülerInnen durch Meldungen in verschiedenen Medien bekannt sein könnte. Vielleicht sind sie sogar anlässlich eines Urlaubs in den Alpen direkt damit konfrontiert worden. Mit dem vorliegenden Unterrichtsbaustein wird – neben der Problematik der Gletscherschmelze – die noch weitgehend unbekanntes Folge dieser Entwicklung, der Ausbruch von Gletscherschmelzwasserseen, untersucht. Anhand zweier Fallbeispiele setzen sich die SchülerInnen mit den Auswirkungen und Handlungsoptionen eines Industrielandes (Schweiz) und eines Entwicklungslandes (Nepal) auseinander.

Als Einstieg in die Thematik dient ein Bildvergleich eines Alpengletschers aus verschiedenen Jahren (**M 1**). Die SchülerInnen erkennen das Zurückweichen der Gletscherzunge und erhalten die Möglichkeit, erste Hypothesen zu entwickeln. Sie verweisen sicherlich direkt auf den anthropogenen Treibhauseffekt. Doch müssen diese (richtigen) Vermutungen im Folgenden mit konkreten Nachweisen belegt werden.

Mithilfe der Materialien **M 2** bis **M 6** und des Atlanten erarbeiten die SchülerInnen die weltweiten Auswirkungen der Klimawandels auf Hochgebirgsgletscher und die Bedeutung von Gletschern als Indikator oder „Fieberthermometer“ der Erde.

Nachdem die SchülerInnen sich die grundsätzliche Bedeutung und Dimension des weltweiten Gletscherrückgangs erschlossen haben, lernen sie das Phänomen der Gletschersee-Ausbrüche kennen. Hierzu bearbeiten die SchülerInnen in arbeitsteiliger Gruppenarbeit die Fallbeispiele Schweiz und Nepal (**M 7** bis **M 10**).

Was kann und muss getan werden? Dieser Frage sollten die SchülerInnen in einer abschließenden Betrachtung nachgehen. Anhand zweier Textanalysen untersuchen die SchülerInnen die Handlungsmöglichkeiten der Schweiz und von Nepal (**M 11** und **M 12**). Die Tabelle **M 13** dient dem abschließenden Vergleich.

Der vorliegende Unterrichtsbaustein bietet sich aufgrund seiner Gestaltung zum Wiederholen bzw. Üben der Texterschließung und -analyse an.

Weiterführende Literaturhinweise:

Alean, J. (2010): Gletscher der Alpen, Haupt Verlag, Bern.

Alean, J. und M. Hambrey: Glaciers Online – Photoglossary. <http://www.swisseduc.ch/glaciers/index-en.html> (Zugriff am 24.01.2014).

Berner Zeitung (2012): Gletscherseen an der Plaine Morte entleert – keine Schäden. <http://www.bernerzeitung.ch/region/thun/Gletscherseen-an-der-Plaine-Morte-entleert--keine-Schaeden/story/20767536> (Zugriff am 24.01.2014).

Fazekas, A. (2014): Klimawandel im Gebirge: Das Knacken der Alpen. In: Der Spiegel. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/forschung-klimawandel-in-alpen-messung-von-bergstuerzen-und-gestein-a-945218.html> (Zugriff am 27.01.2014).

Herget, J. (2003): Eisstausee-Ausbrüche – Ursache für katastrophale Hochwasser. In: Geographische Rundschau 2003(2), S.14-20.

Horstmann, B. (2004): Gletschersee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz. Neue Gefahren durch den Klimawandel. Germanwatch, Bonn. <http://germanwatch.org/de/download/2638.pdf>

IPCC (2013): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <http://www.climate2013.org/spm> (Zugriff am 24.01.2014).

Iturrizaga, Lasafam (2012): Gletscherseen und ihr regionales Gefahrenpotenzial in der Himalaya-Region. In: Geographische Rundschau 2012(4), S.18–25.

Jacob, K. (2009): Die Alpen werden gefährlich mürbe. In: Bild der Wissenschaft 4/2009, S. 46. http://www.bild-der-wissenschaft.de/bdw/bdwlive/heftarchiv/index2.php?object_id=31810067 (Zugriff am 14.01.2014).

Maisch, M. und W. Haeberli (2003): Die rezente Erwärmung der Atmosphäre – Folgen für die Schweizer Gletscher. In: Geographische Rundschau 2003(2), S. 4–10.

Oberingenieurkreis I, Kanton Bern et. al.: Grindelwald-Gletscher – Bau eines Stollens zur Entwässerung, um Gletscherseeausbruch zu verhindern. <http://www.gletschersee.ch/index.cfm/treelD/2> (Zugriff am 24.01.2014).

Schmidt, S. (2012): Der Himalaya bald ohne „Hima“? In: Geographische Rundschau 2012(4), S. 10–16.

Schweizerische Eidgenossenschaft – Bundesamt für Umwelt: Klimawandel: Folgen für die Schweiz. <http://www.bafu.admin.ch/klima/00469/00810/index.html?lang=de> (Zugriff am 24.01.2014).

Tagesanzeiger (29.05.2011): Wie der Klimawandel bei der Energiewende helfen könnte. <http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/natur/Wie-der-Klimawandel-bei-der-Energiewende-helfen-koennte-/story/12553235> (Zugriff am 24.01.2014).

Titz, A. (2011): Naturgefahren und Naturgefahrenmanagement in Nepal. In: Geographische Rundschau 2011(1), S. 58–60.

Winkler, S. (2002): Von der „Kleinen Eiszeit“ zum globalen Gletscherrückzug – Eignen sich Gletscher als Klimazeugen? Akademie der Wissenschaften und der Literatur: Abhandlungen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse, Stuttgart.

Germanwatch

„Hinsehen, Analysieren, Einmischen“ – unter diesem Motto engagiert sich Germanwatch für globale Gerechtigkeit und den Erhalt der Lebensgrundlagen und konzentriert sich dabei auf die Politik und Wirtschaft des Nordens mit ihren weltweiten Auswirkungen. Die Lage der besonders benachteiligten Menschen im Süden bildet den Ausgangspunkt unseres Einsatzes für eine nachhaltige Entwicklung.

Unsere Arbeitsschwerpunkte sind Klimaschutz & Anpassung, Welternährung, Unternehmensverantwortung, Bildung für Nachhaltige Entwicklung sowie Finanzierung für Klima & Entwicklung/Ernährung. Zentrale Elemente unserer Arbeitsweise sind der gezielte Dialog mit Politik und Wirtschaft, wissenschaftsbasierte Analysen, Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit sowie Kampagnen.

Germanwatch finanziert sich aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden und Zuschüssen der Stiftung Zukunftsfähigkeit sowie aus Projektmitteln öffentlicher und privater Zuschussgeber.

Möchten Sie die Arbeit von Germanwatch unterstützen? Wir sind hierfür auf Spenden und Beiträge von Mitgliedern und

Förderern angewiesen. Spenden und Mitgliedsbeiträge sind steuerlich absetzbar.

Bankverbindung / Spendenkonto:

Bank für Sozialwirtschaft AG,
IBAN: DE33 1002 0500 0003 2123 00,
BIC/Swift: BFSWDE33BER

Weitere Informationen erhalten Sie unter **www.germanwatch.org** oder bei einem unserer beiden Büros:

Germanwatch – Büro Bonn

Dr. Werner-Schuster-Haus
Kaiserstr. 201, D-53113 Bonn
Telefon +49 (0)228 / 60492-0, Fax -19

Germanwatch – Büro Berlin

Stresemannstr. 72, D-10963 Berlin
Telefon +49 (0)30 / 2888 356-0, Fax -1

E-Mail: info@germanwatch.org

Internet: www.germanwatch.org

Impressum

1. Auflage: 2005
2. Auflage: 2008
3. aktualisierte Auflage: Februar 2014

Konzept: Markus Breuer, Britta Horstmann, Sven Harmeling

Redaktion 3. Auflage: Alexander Reif, Desirée Rudolf, Daniela Baum

Design: Dietmar Putscher, Köln

Titelfoto: Dmitry Pichugin, 123rf.com

Bestellnummer: 14-6-03

Diese Publikation kann im Internet abgerufen werden unter:
<http://germanwatch.org/de/2635>

In der Reihe *Arbeitsblätter zum globalen Klimawandel* sind die folgenden Publikationen verfügbar:

- Der globale Klimawandel – Allgemeine Fragen*
- Das Abschmelzen der Gletscher – Gletschersee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz*
- Der steigende Meeresspiegel – Folgen für Küstenräume und Tiefländer: Die Beispiele Bangladesch und die Niederlande*
- Land unter! Die Gefahren des Meeresspiegelanstiegs für den kleinen Inselstaat Tuvalu*
- Die Bedrohung der tropischen Regenwälder und der internationale Klimaschutz*
- Extremereignisse und Klimawandel – Versicherungen für Entwicklungsländer*
- Klimawandel und Ernährungssicherheit – Trends und zentrale Herausforderungen*
- Der internationale Flugverkehr und der Klimawandel
- Auswirkungen des Klimawandels auf Deutschland
- Die Millennium-Entwicklungsziele und der globale Klimawandel
- Kooperation statt Konflikt – Menschliche Sicherheit und Umweltherausforderungen

* auch auf Englisch verfügbar



Hinsehen. Analysieren. Einmischen.

Für globale Gerechtigkeit und den Erhalt der Lebensgrundlagen.

M 1

Der Morteratschgletscher im Vergleich

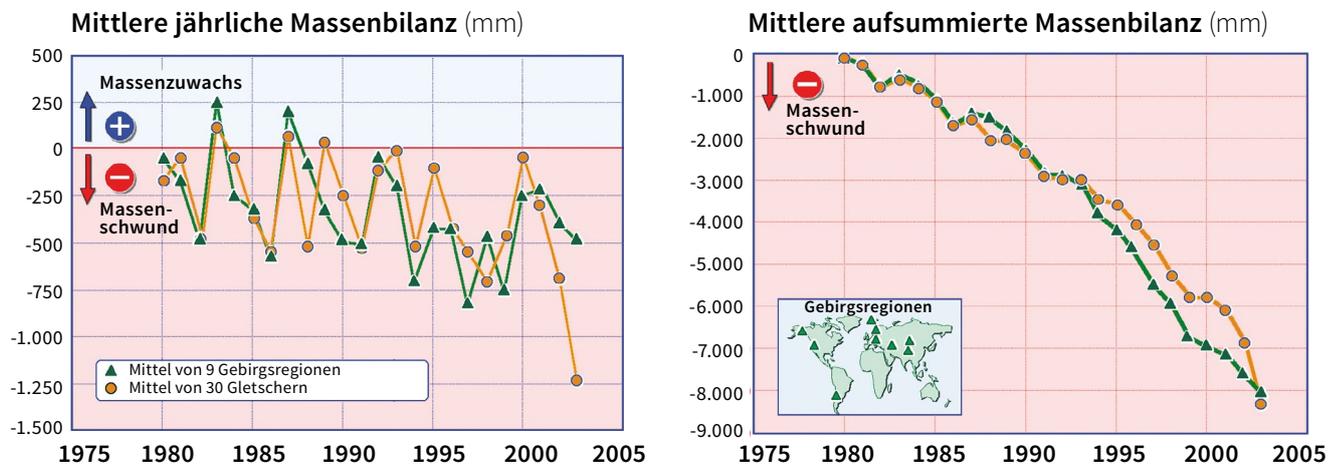
Frontansicht des Morteratschgletschers im Oberengadin in der Schweiz. Das erste Bild zeigt eine handgemalte Postkarte, vermutlich aus dem Jahr 1900. Das zweite Bild ist ein Foto aus dem Jahr 2012.



(Quelle: http://www.swisseduc.ch/glaciers/morteratsch/repeat_photos_1972_2012/morteratsch_chuenetta/index-en.html, Zugriff am 24.01.2014)

M 2

Massenbilanzen von 30 Gletschern und 9 Gebirgsregionen der Erde (1975–2003)



(Quelle: Maisch, M./Haeberli, W. (2003): Die rezente Erwärmung der Atmosphäre – Folgen für die Schweizer Gletscher. In: Geographische Rundschau 55. Jg. H. 2, S. 8, nach Daten des WGMS, World Glacier Monitoring Service, Zürich; aktualisiert bis 2003)

M 3

Die Gletscherschmelze

Seit dem Ende des zweiten Weltkrieges werden alljährlich Massenbilanzen von Gletschern weltweit ermittelt. Allein in der Periode zwischen 2003 und 2009 hatten diese (ohne Antarktis und Grönlandeis) einen Massenverlust von rund 350 kg pro Quadratmeter und Jahr zu verzeichnen. Neue Messwerte für die Schweiz reihen sich in diesen Trend mit ein:

“Die Messwerte für die Periode 2010/2011 zeigen, dass sich die Gletscher in der Schweiz weiter rapid zurückziehen: «93 von 97 beobachteten Gletschern haben an Länge und Masse verloren; 3 veränderten ihre Position nicht und nur 1 Gletscher – der Glacier du Mont Durand im Wallis – rückte um 23 Meter vor. Rund drei Viertel der Mess-

werte liegen zwischen minus 1 und minus 30 Metern», schreibt ETH-Glaziologe Andreas Bauder [...]. Nationalen Rückzugsrekord erzielte in der jüngsten Messperiode der Roseggletscher: Innert einem Jahr verlor er 1305 Meter an Länge. Damit hat sich der Bündner Gletscher seit Messbeginn (1855) von 6711 um 2567 Meter zurückgezogen. Das geht aus den neusten Daten der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (Scnat) hervor. [...] Wie im Bericht weiter steht, verlieren die Gletscher der Alpen gegenwärtig jährlich rund zwei bis drei Prozent ihrer Fläche (2011 waren es rund 1800 km²) und ihres Volumens (2011 waren es rund 80 ± 20 km³).”

(Quellen: IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group 1 Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Chapter 4 (draft); Auszug unten aus „Tagesanzeiger“ vom 14.10.2012: Gletscherschmelze schreitet voran. <http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/natur/Gletscherschmelze-schreitet-voran/story/20714307>, Zugriff am 27.01.2014)

M 4

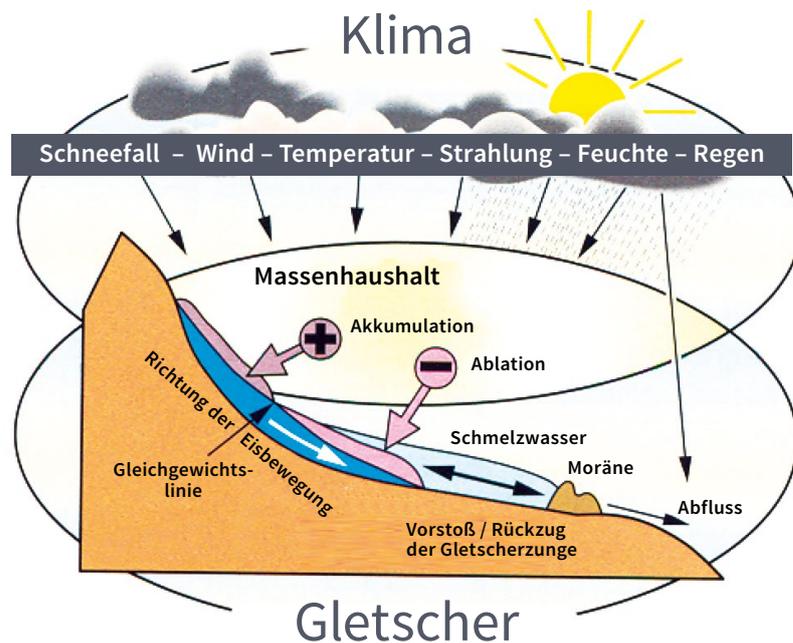
Erhöhtes Abschmelzen von Festlandeis

Eis, Gletscher und Schnee schmelzen infolge der steigenden Durchschnittstemperaturen immer rascher. Der Kilimandscharo in Tansania beispielsweise hat bis heute über 85 Prozent der Gletscherfläche verloren, die bei der ersten Messung im Jahr 1912 ermittelt wurde. Die Schneebedeckung der gesamten Erde ist seit 1860 um mehr als 10 Prozent gesunken. In Europa und Asien verzeichne-

te die Schneebedeckung der Landflächen seit 2008 jeden Juni neue Tiefstwerte (ESA Envisat). Die Konsequenzen dieser Entwicklung liegen einerseits im Verlust von Trinkwasserspeichern und andererseits in der Veränderung des natürlichen Wasserhaushalts. Dies hat in tropischen und sub-tropischen Regionen mit empfindlicheren Ökosystemen oftmals schwerere Folgen als im Norden.

M 5

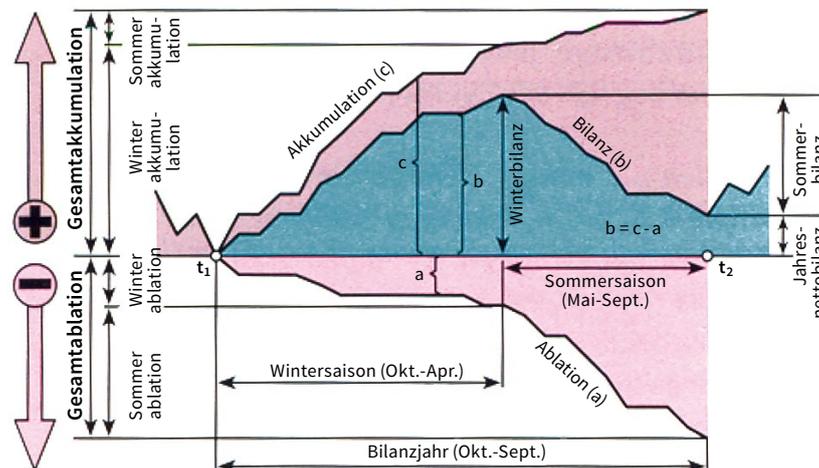
Das Gletscher-Klima-System



(Quelle: Falk, G.C. u.a. (2002): Fundamente Kursthemen Physische Geographie. Gotha. S. 62)

M 6

Das glaziologische Haushaltsjahr



(Quelle: Falk, G.C. et al. (2002): Fundamente Kursthemen Physische Geographie. Gotha. S. 63)

AUFGABEN

1. Interpretieren Sie die Abbildung M 2 unter Zuhilfenahme von M 3. Beachten Sie die genannten geographischen Räume und ziehen Sie für Ihre Schlussfolgerungen auch M 4 und Ihren Atlas hinzu.
2. Erklären Sie, warum die Veränderung der Gletscher-Gleichgewichtslinie als Indikator für klimatische Veränderungen herangezogen werden kann (M 5).
3. Erläutern Sie anhand der Abbildung des glaziologischen Haushaltsjahres die Auswirkungen zunehmender Durchschnittstemperaturen für einen Gletscher (M 6).

M 7

Die Alpen und der Klimawandel

“ Der Hitzesommer von 2003 ließ zwischen 5 und 10 Prozent der damals noch vorhandenen Eismasse abschmelzen. ”

“ Glaziologen gehen davon aus, dass höchstens zehn, wahrscheinlich sogar fünf Wiederholungen von Hitzesommern wie demjenigen von 2003 zu weitgehend eisfreien Alpen führen werden. Verbleiben werden kleine Reste der größten Talgletscher, insbesondere wenn sie mächtige Moränendecken als Isolationsschicht tragen. ”

“ Seit einigen Jahren werden auf touristisch erschlossenen Gletschern Schutzfolien oder Vliese ausgebreitet, um so die Ablation zu verringern. (...) Auch wenn das Abdecken exponierter Stellen durchaus sinnvoll erscheint, für größere Flächen ist es technisch nicht realisierbar. ”

Auch gefährliche Murgänge und Bergstürze treten durch den Klimawandel sowohl in vergletscherten, als auch in unvergletscherten Regionen immer häufiger auf, denn der auftauende Permafrost kann das Gestein in den Felsklüften häufig nicht mehr zusammenhalten. So sind im Jahr 2009 große Felsbrocken rasend schnell in den Gletschersee des Grindelwaldgletschers gestürzt.

(Quelle: Alean, J. (2010): Gletscher der Alpen, Haupt Verlag, Bern. S. 240, 249, gekürzt, ergänzt)

M 8

Gletschersee-Ausbrüche in der Schweiz

Seit dem Ende der „kleinen Eiszeit“ (15. Jh. bis ca. 1850) wurden in den Schweizer Alpen mehr als 100 ungewöhnliche (nicht regelmäßige) Gletscherfluten beobachtet (...). Gletschersee-Ausbrüche treten vermehrt in den südlichen Tälern des Kantons Wallis auf, am häufigsten nach dem Einsetzen der Schneeschmelze in den Monaten Juni bis August.

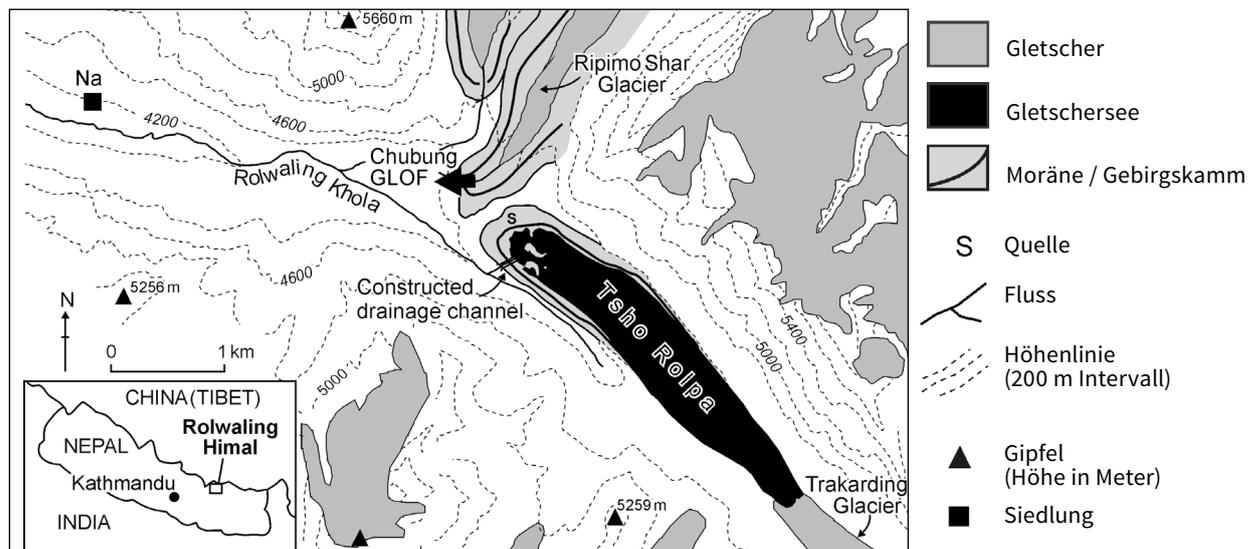
Im Verlauf des 20. Jahrhunderts sind die Tiefsttemperaturen in der Schweiz um 2 °C angestiegen. Insgesamt lag der Temperaturanstieg in der Schweiz seit Beginn der Industrialisierung bei 1,7 °C und damit deutlich über dem globalen Mittel (0,85 °C). Als Resultat des Gletscherrückzugs und des Auftauens des Permafrostbodens sind einige neue Seen entstanden; deren Anzahl noch weiter wachsen und nach Schätzungen bis zum Jahr 2100 eine Zahl von 600 erreichen wird. Einer der bereits vorhandenen Seen brach im Sommer 1968 auf katastrophale Weise aus und verursachte schwere Schäden im Dorf Saas Balen. Der Seeausbruch erodierte etwa 400.000 m³ Schutt, was etwa 1.000 Einfamilienhäusern entspricht. Ein ähnlicher Vorfall ereignete sich nur zwei Jahre später, als der See erneut ausbrach. (...)

Die Seeausbrüche beim Grubengletscher verdeutlichen eines der Hauptprobleme, mit denen die Schweiz durch das anhaltende Abtauen der Gletscher und des Permafrosts konfrontiert wird. Zwar sind die Schweizer Seen relativ klein, jedoch liegen Infrastrukturobjekte und Siedlungen sehr nah an der Gefahrenzone. Das Gefahrenpotenzial bestehender und neu entstandener Seen sowie glaziale Risiken generell können sich innerhalb kürzester Zeit ändern, insbesondere weil in einigen Gebieten der Alpen Infrastruktur und Siedlungen erst in jüngster Zeit entstanden sind. Als Folge können selbst kleine Gletschersee-Ausbrüche beträchtliche Schäden verursachen. In einer der weltweit am dichtesten besiedelten Gebirgsregionen hängt dies auch damit zusammen, dass sich Infrastruktur und Siedlungen immer weiter in hochalpine Regionen hinein ausbreiten. „Die Gefahren übersteigen den Erfahrungshorizont. Alte Chroniken und Aufzeichnungen erweisen sich plötzlich als ungültig, und neue Gefahren können plötzlich an Stellen auftreten, die früher als sicher galten. Aufgrund dieser Entwicklung müssen neue Gefahrenkarten erstellt werden, gekoppelt mit einer konstanten Überwachung, da Veränderungen sehr schnell eintreten“, so der Schweizer Glaziologe Wilfried Haerberli.

(Quelle: Horstmann, B. (2004): Gletschersee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz. Neue Gefahren durch den Klimawandel. Germanwatch, Bonn, S.6-8, verändert)

M 9

Übersichtskarte des Tsho-Rolpa-Gletschersees



(Quelle: Richardson, S., aus: Horstmann, B. (2004): Gletschersee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz. Neue Gefahren durch den Klimawandel. Germanwatch, Bonn, S. 4)

M 10

Der Tsho-Rolpa-Gletschersee in Nepal

In Nepal wurden bisher 24 Ausbrüche aus einer Vielzahl von Gletscherseen dokumentiert. Besonders in Erinnerung blieb der Ausbruch des Dig-Tsho-Gletschersees am 4. August 1985, der fünf Menschenleben forderte. Die Gletschersee-Fläche im Himalaya weitet sich jährlich um bis zu 25–35 ha aus.

Von 1.466 Gletscherseen (Stand 2012) haben das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und das „International Centre for Integrated Mountain Development“ (ICIMOD) 21 Seen als potenziell gefährlich eingestuft.

Einer der als kritisch geltenden Seen ist der Tsho-Rolpa-See, ein See der Superlative: Auf dem Gebiet Nepals ist er der größte proglaziale moränengestaute See, der am besten erforschte und bekannt als der gefährlichste Gletschersee. Er liegt auf einer Höhe von 4.580 m über dem Meeresspiegel und wird durch den Trakarding-Gletscher gespeist, der sich mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich über 20 m pro Jahr zurückzieht, in einigen Jahren der 1990er Jahre sogar mit 100 m pro Jahr. Die Wassermenge, die bei einem

Ausbruch freigesetzt würde, belief sich auf rund 30 Mio. m³. „Eine Flut aus diesem See könnte schwere Schäden im 108 km flussabwärts liegenden Dorf Tribeni anrichten. Etwa 10.000 Menschenleben, tausende Stück Vieh, landwirtschaftliche Nutzflächen, Brücken und andere Infrastruktureobjekte sind hierdurch bedroht“, so Pradeep Mool, Fernerkundungsspezialist bei ICIMOD. Ähnlich wie der Dig-Tsho-Ausbruch von 1985 bedroht der Tsho-Rolpa auch ein großes Wasserkraft-Projekt, das Khmti Wasserkraftwerk, einen 60 Megawatt-Komplex, der etwa 80 km unterhalb des Sees liegt. Seine Zerstörung würde Wiederaufbaukosten von rund 22 Mio. US\$ zuzüglich der Verluste in der Stromerzeugung verursachen.

Aber auch kleine Gletscherseen können sehr gefährlich werden. Besonders, wenn sie oberhalb von Talläufen mit steilem Gefälle liegen. Zudem befinden sich einige Siedlungen unmittelbar im Gletschervorfeld und selbst über 4000 m findet touristische Erschließung in der Nähe von Gletscherseen statt.

(Quelle: Horstmann, B. (2004): Gletschersee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz. Neue Gefahren durch den Klimawandel. Germanwatch, Bonn, S. 3, verändert)

AUFGABE

4. Gletschersee-Ausbrüche treten weltweit auf. Vergleichen Sie arbeitsteilig die Fallbeispiele Schweiz und Nepal (M 7 bis M 10). Betrachten Sie dazu insbesondere Gefahrenpotenzial und Ausmaß eines Gletscherseeausbruchs.

M 11

Wie reagiert man in der Schweiz?

Als Reaktion auf die katastrophalen Ereignisse wurden in der Schweiz Präventionsmaßnahmen eingeführt. Die Maßnahmen erwiesen sich in der Phase des Gletscherwachstums während der 1970er und frühen 1980er Jahre als erfolgreich. Neue Probleme traten jedoch auf, als sich das Abschmelzen der Gletscher weiter beschleunigte. Erneut mussten Präventionsmaßnahmen getroffen werden, um das wiederholte Entstehen einer gefährlichen Situation zu verhindern. Ein Gefahrenabwehrplan wurde zusammen mit den verantwortlichen Stellen, der Gemeinde Saas Balen, dem Kanton Wallis und der Schweizer Konföderation erstellt. „Letztendlich mussten wir einen der Seen komplett entleeren, da er zunehmend gefährlich wurde“, erinnert sich Andreas Kääh, Spezialist in der Beobachtung von glazialen Gefahren und Vorsitzender der internationalen Arbeitsgruppe Glacier and Permafrost Hazards in Mountains. „Der See war eine wahre Schönheit. Sein Verschwinden hinterließ im Forschungsteam eine Mischung aus Erleichterung und Bedauern.“ Momentan geht keine unmittelbare Gefahr von den verbleibenden Seen für die tiefer liegende Bevölkerung aus. Der Wasserstand der Seen wurde durch Kanäle, Gräben und regulierbare Schleusentore abgesenkt. Durch eine anhaltende oder sogar beschleunigte Erwärmung jedoch könnte die Zunge des Grubengletschers auf ein bisher nicht bekanntes Maß abschmelzen oder gar komplett verschwinden. Dadurch könnten sich wieder größere Wassermengen ansammeln.

„Die Entwicklung einer solchen potenziell gefährlichen Situation wäre ohne historischen Präzedenzfall, könnte aber durch ein angemessenes Beobachtungssystem in einem frühen Stadium erkannt werden“, sagt Haeberli. So wird beispielsweise schon heute der Gletschersee am Triftgletscher mit Kameras überwacht, die ihre Bilder rund um die Uhr zu einer Überwachungs-Station nach Zürich übermitteln. Am Grindelwaldgletscher kann seit 2010 die Maximalhöhe des Gletschersees geregelt werden, da zuvor ein zwei Kilometer langer Schrägstollen zum Abfließen des überschüssigen Wassers durch das Felsmassiv gesprengt wurde.

„Insgesamt haben die durch den Grubengletscher verursachten Schäden Kosten in Höhe von rund 20 Mio. Schweizer Franken verursacht. Die Kosten hingegen für eine Beobachtung, Felduntersuchung etc. lägen bei weniger als 10 Prozent der Schadenssumme.“ Die Vorhersage, wann und wie ein Gletschersee-Ausbruch stattfindet, ist schwierig und setzt detaillierte und interdisziplinäre Untersuchungen der gesamten Umgebung der Seen sowie der umliegenden naturräumlichen Ausstattung voraus. Den Schweizern, die in einem der weltweit am intensivsten untersuchten Gebirge leben, stehen ausreichend organisatorische und finanzielle Mittel zur Verfügung, um eventuelle Maßnahmen ergreifen zu können.

(Quelle: Horstmann, B. (2004): Gletschersee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz. Neue Gefahren durch den Klimawandel. Germanwatch, Bonn, S. 7f., verändert, ergänzt)

M 12

Wie reagiert man in Nepal?

Bereits 1998 wurde am Tsho-Rolpa-See ein Frühwarnsystem errichtet, um die Bevölkerung bei kritischen Pegelständen warnen zu können. Jedoch funktioniert das Frühwarnsystem aufgrund mangelnder Wartung und dem Diebstahl wichtiger Bauteile nicht mehr. Auch als es funktioniert hat, wurden die Warnungen meist nicht beachtet, da es zahlreiche Fehlalarme gab. Die Errichtung und Aufrechterhaltung moderner satelliten- und radiogestützter Frühwarnsysteme wäre sehr kostspielig. Allein schon für die Errichtung des inzwischen defekten Systems stellte die Weltbank 1 Mio. US\$ zur Verfügung. Auch die Regierung der Niederlande hat Anpassungsprojekte in Nepal mitfinanziert. So wurde ein offen liegender Kanal errichtet, welcher den Tsho-Rolpa-See um 3 m absenkte, was nach Schätzungen jedoch bei Weitem nicht ausreicht.

Die fehlende infrastrukturelle Anbindung und das schwere Relief sind für glaziologische Untersuchungen ein großes Problem. Zudem bestand von 1815 bis 1945 Einreiseverbot in Nepal, was die Forschungsexpeditionen durch ausländische Experten sehr lange eingeschränkt hat. Als Folge gibt es in

Nepal einige Datenlücken in den Messreihen. Auch in den globalen Statistiken sind die Gletscher der südasiatischen Hochgebirge stark unterrepräsentiert.

Fortschritte in der Gefahrenkartierung sind dennoch zu verzeichnen, da von außerhalb moderne Fernerkundung mittels Satelliten auch für Nepal angewendet wird. Gefahrenkarten, welche von Regierungsseite initiiert wurden, beschränken sich fast ausschließlich auf das wirtschaftlich wichtige und stark besiedelte Kathmandu-Tal. Zudem können die besonders gefährlichen versteckten oder unscheinbaren Gletscherseen kaum erfasst werden.

Lokale Einrichtungen haben in enger Zusammenarbeit mit NGOs einige Maßnahmen zur Gefahrenreduzierung eingeleitet. Allerdings können technische Vorrichtungen am Moränendamm das Risiko eines Gletschersee-Ausbruchs nicht ganz verhindern, sondern nur verringern. Auch die Bevölkerung sieht die technischen Maßnahmen als nicht wirkungsvoll genug an. Des Weiteren sind sie der Meinung, dass



die wertvollen Ressourcen besser an anderer Stelle verwendet werden können. Beim Bau der Vorrichtungen sind die Arbeiter außerdem sehr hohen Gefahren ausgesetzt.

Von staatlicher Seite bestehen einige Regelungen zur Gefahrenabwehr, wovon lediglich das „National Adaptation Programme of Action“ von 2010 und die „Climate Change Policy“ von 2011 explizit auf Gletschensee-Ausbrüche eingehen. Nach diesen Regelungen sollen beispielsweise potenziell gefährliche Seen ermittelt, Vorbereitungen in den flussabwärts gelegenen Siedlungen getroffen und die besonders verwundbaren Siedlungen unterstützt werden.

In den 1990er Jahren hat die Regierung sehr punktuell Brücken umgebaut, Straßenführungen verändert, steile Flusspassagen begradigt und Dämme gebaut, um Straßen und Siedlungen zu schützen. Nachdem über einen langen Zeitraum nur die genannten baulichen Maßnahmen durchgeführt wurden, sind inzwischen auch Standards für Hilfs- und

Entschädigungszahlungen an die Hinterbliebenen festgelegt worden, welche jedoch sehr niedrig sind. Gründe für den verhaltenen Erfolg der Regierungsmaßnahmen sind mangelnde finanzielle Mittel, fehlendes Wissen über technische Vorrichtungen, schlechtes Management, sowie gesetzliche Bestimmungen. Korruption und Vetternwirtschaft erschweren zudem viele Anpassungsmaßnahmen.

Trotz der zahlreichen nationalen Regelungen, beschränken sich die Rettungs- und Hilfsmaßnahmen nach Katastrophen in der Regel auf sehr unzureichende provisorische Maßnahmen. So muss die Bevölkerung meist auf Nachbarschafts- und Selbsthilfe ausweichen. Außerdem sind ärmere Gruppen durch das rapide Bevölkerungswachstum oft dazu gezwungen, sich in fragilen risikobehafteten Lebensräumen niederzulassen. So kann man meist nicht mehr tun, als die gefährdeten Wohnhäuser an anderer Stelle aufzubauen und die vorherige Fläche anderweitig zu nutzen.

(Quellen: Horstmann, B. (2004): Gletschensee-Ausbrüche in Nepal und der Schweiz. Neue Gefahren durch den Klimawandel. Germanwatch, Bonn, S. 4f., verändert; ICIMOD (2011): Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods in Nepal. http://www.icimod.org/dvds/201104_GLOF/reports/final_report.pdf (Zugriff am 24.01.2014); Iturrizaga, L. (2012): Gletscheseen und ihr regionales Gefahrenpotenzial in der Himalaya-Region. In Geographische Rundschau 2012(4), S. 18-25; Titz, A. (2011): Naturgefahren und Naturgefahrenmanagement in Nepal. In Geographische Rundschau 2011(1), S. 58-60.)

M 13

Nepal und die Schweiz im Vergleich

	Nepal	Schweiz
CO ₂ -Emissionen pro Kopf (2011) ¹	0,1 Tonnen	5,1 Tonnen
Bruttoinlandsprodukt (US\$) (2011) ²	19,1 Milliarden	657,4 Milliarden
Öffentliche Entwicklungszusammenarbeit (ODA) (US\$) (2011)	Empfangen: 892,3 Millionen ³	Gegeben: 3,1 Milliarden ⁴
Bevölkerung (2011) ¹	30,5 Millionen	7,9 Millionen
Fläche	147.200 km ²	41.290 km ²

Quellen:

¹ International Energy Agency (2013): CO₂ Emissions from Fuel Combustion.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2013.pdf> (Zugriff am 24.01.2014)

² Weltbank: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD> (Zugriff am 24.01.2014)

³ Weltbank: <http://data.worldbank.org/indicator/DT.ODA.ALLD.CD> (Zugriff am 24.01.2014)

⁴ OECD: <http://www.oecd.org/dac/aidstatistics/50060310.pdf> (Zugriff am 24.01.2014)



AUFGABEN

- Erarbeiten Sie arbeitsteilig die von Nepal und der Schweiz getroffenen Maßnahmen zur Gefahrenminderung durch Gletschensee-Ausbrüche (**M 11** und **M 12**).
- Ziehen Sie zu einem abschließenden Vergleich der beiden Länder **M 13** hinzu.
- Die Gletscher als Wasserspeicher speisen viele große Flüsse auf der Erde. Bei einem Rückgang der Gletscher sind lokal stärker schwankende Flusspegel zu erwarten. Überlegen Sie, welche wirtschaftlichen Auswirkungen auf das Rheingebiet vor diesem Hintergrund durch das Abschmelzen der Alpengletscher zu erwarten sind.