Zeitschrift: Die neue Schulpraxis
Band: 74 (2004)
Heft: 6-7

Heft

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

die neue schulpraxis

Juni/Juli 2004 Heft 6/7

Themenheft «Gletscher»

pädagogische hochschule zürich

Informationszentrum

RADIX

Gesundheitsförderung
Promotion de la santé
Promozione della salute

Sie suchen Informationen, Anregungen oder Beratung zu Wanderausstellungen zu Themen der Gesundheitsförderung?

Unter www.radix.ch finden Sie das aktuelle Angebot:

- *Boys & Girls* – auf der Suche nach dem eigenen Ich
- *Klug ist, wer Klug isst Gedanken* – zur Ernährung
- *Sensorama* – Die Welt der Sinne
- *Menschen wie wir!* – Sucht hat immer eine Geschichte
- *Die 168-Stunden-Woche* – Eine Ausstellung zu Arbeit, Leben und Gesundheit

... und weitere Wanderausstellungen.

Neu: Mit dem Handbuch «Eine Wanderausstellung erfolgreich organisieren» steht ein Leitfaden zur Verfügung, welcher die wichtigsten Aspekte zur Realisierung einer Wanderausstellung berücksichtigt. Sie werden fundiert, verständlich und praxisnah informiert

Gerne unterstützen wir Sie in Planung, Umsetzung oder Durchführung Ihres Projekts.

Radix Gesundheitsförderung
Expo Service Gesundheitsförderung
Tel. 026 430 06 05
E-Mail oberson@radix.ch

In Auftrag von Gesundheitsförderung Schweiz.

Materialien zum Basteln

Gefüllt mit Trevira-Fill® ist der Bär bestimmt nicht wasserscheu!

Als grösster und bester Kinderfreund will er immer sauber sein!

Trevira® - Fill Stopfwatte
aus hochwertiger Polyester-Hohlfaser. Waschbar bis 60°. 50 % mehr Füllvolumen als herkömmliche Stopfwatte.
7,5 kg Fr. 89.–

Synthetische Vliese
100% Polyester, 60° waschbar. Zum polstern, bespannen, isolieren, dekorieren.
170 × 200 × 4 cm 1 Lage Fr. 21.–
200 gr/m² 5 Lagen Fr. 86.–

Styropor
Kunststoffperlen sind sehr leicht. Waschbar bis 60°. Zum Füllen von: Sacon, Rollen, Sitzkissen, Figuren.
250 lt Fr. 87.– 750 lt Fr. 250.–

Hirse-Spreuer
Bio-Hirsespreuer ist ein Naturprodukt. Nicht waschbar. Zum Füllen von: Kissen, Figuren, Spielsachen.
5 kg Fr. 61.– 15 kg Fr. 178.–

Bio-Dinkel-Spreuer
Bio-Dinkel-Spreuer ist ein Naturprodukt. Nicht waschbar. Zum Füllen von: Sitzkissen, Sacon, Bäbi-Maträzli, Figuren.
5 kg Fr. 56.– 15 kg Fr. 163.–

Kirschensteine
sind ein Naturprodukt. Zur Verwendung für: Figuren, Spielsachen, Heizkissen, Kühlkissen.
5 kg Fr. 32.– 15 kg Fr. 78.–

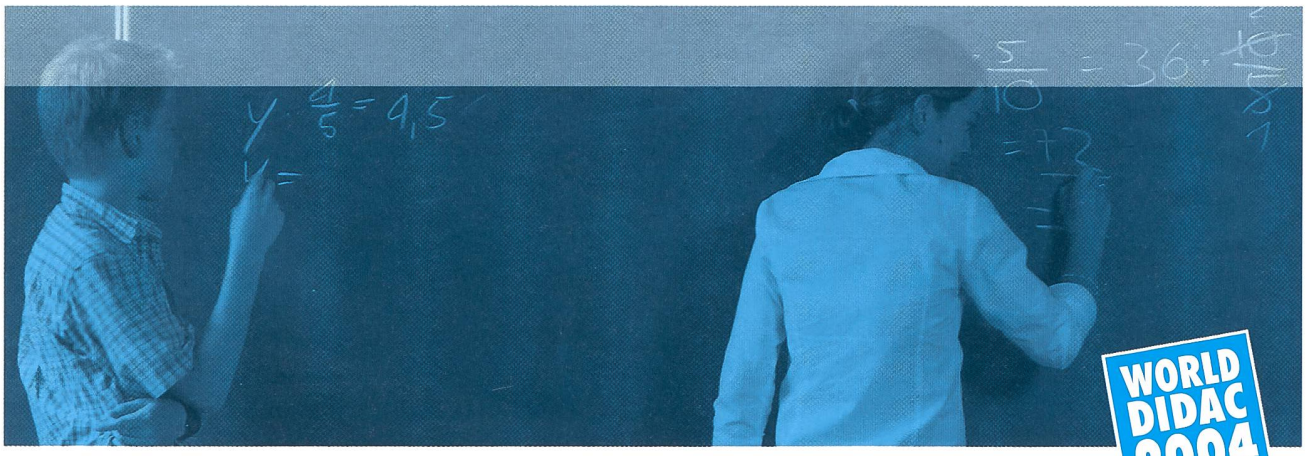
KYBURZ
Bettwarenfabrik Bern AG,
Belpstrasse 24, CH-3122 Kehrsatz
Tel. 031 961 15 25, Fax 031 961 53 89
info@kyburz-bfb.ch • www.kyburz-bfb.ch

Sie können gleich bestellen oder zuerst den Prospekt mit Bestellformular verlangen.

Im Herbst ist Basel der internationale Treffpunkt für Fachleute der Aus- und Weiterbildung. Workshops, Seminare und Symposien vermitteln nebst brandaktuellem Wissen auch hervorragende Kontaktmöglichkeiten. Ein spezieller Schwerpunkt bildet die e-education mit Lösungen in E-Learning und E-Training. Testen und vergleichen Sie das breite Angebot direkt an der WORLDDIDAC Basel 2004! www.worlddidacbasel.com

mch messe schweiz

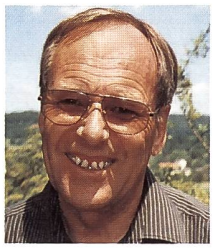
Gelernt ist gelernt!



Internationale Messe für Lehrmittel, Aus- und Weiterbildung | Messe Basel

WORLD DIDAC 2004
BASEL
27–29|10|2004

Dominik Jost
djost@schulpraxis.ch



«Für die Gletscher sieht es weltweit nicht gut aus.» Diesen Gedanken liest man in zahlreichen Studien über die Erwärmung der Erde. Aus den vorliegenden Berichten lässt sich weiter ableiten, dass bis zum Ende dieses Jahrhunderts weltweit fast alle Gletscher geschmolzen sind, sollte sich das Klima um 4 Grad erwärmen. Nach dem ungewöhnlich heissen Sommer 2003 ist die Frage, ob wir uns in Zukunft die Alpen mit Bildern von schmelzenden Wüsten verknüpfen müssen, aktueller denn je.

Vorstoss und Rückgang von Gletschern sind unzweifelhafte Signale für Klimaveränderung. Deshalb zählen sie zu den besten Klimaindikatoren überhaupt. Ein Gletscher zieht sich in der Regel nur dann zurück, wenn die Temperatur steigt und/oder der Niederschlag abnimmt. Und diese beiden Faktoren sind es ja genau, die das Klima im Wesentlichen ausmachen.

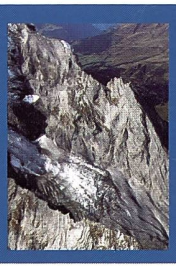
Die meisten von uns sind bereits auf einem Gletscher gestanden oder haben einen sogar überquert. Wie waren wir von diesem imposanten Naturphänomen doch – vielleicht ein Leben lang – fasziniert! Diese Faszination möchten wir mit dem vorliegenden Themenheft «Gletscher» in den Unterricht hineintragen. Das reichhaltige Angebot an Fachinformationen, Unterrichtsmaterialien, Aufgabenstellungen und Anregungen erschliesst den Zugang zu einem Kernthema von aktueller Vielseitigkeit.

Als verantwortlicher Redaktor des vorliegenden Themenheftes ist es mir gelungen, für die anspruchsvolle Aufgabe zwei kompetente Fachleute mit einem weit anerkannten Fachwissen zu gewinnen. Es sind dies *Prof. Dr. Max Maisch* vom Geografischen Institut der

Die Wunderwelt der Gletscher aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet und dargestellt.

Universität Zürich und *Peter Wick*, Direktor des Gletschergartens Luzern. Sie haben es überaus meisterhaft verstanden, ihr Wissen auf eindrückliche Weise dem Unterricht dienstbar zu machen. Im Mittelpunkt ihrer Darlegungen und Illustrationen stehen Vielseitigkeit und Beispielhaftigkeit für fächerübergreifendes, vernetztes Denken. Diese aktuelle Handreichung, methodisch und didaktisch fachkundig aufbereitet, wird bei den Leserinnen und Lesern bestimmt grossen Zuspruch finden. Dem Autorenteam möchte ich auch an dieser Stelle den besten Dank für die beachtliche Arbeit aussprechen.

Dominik Jost



Titelbild
Gletscher sind Bildhauer der Landschaft. Machtvoll und beeindruckend formten und formen sie weiträumig die nähere und weitere Umgebung der Alpen- und Voralpenregion. Ihre Spuren lassen auf die klimatischen Verhältnisse früherer Zeiten zurückschliessen.
Rosenlauigletscher. Foto: Christine Rothenbühler

KAPITEL 1
Von der Eiszeit in die «Heisszeit» Schullandschaft 5
Gletscher als Kernthema im Unterricht
Max Maisch und Peter Wick

KAPITEL 2
Coole Typen in heissen Tagen 10
Gletscher im Brennpunkt der Sommerhitze 2003
Max Maisch

KAPITEL 3
Vom Nähr- zum Zehrgebiet 16
Auf der Suche nach dem Gleichgewicht
Max Maisch

KAPITEL 4
Gletscher in Bewegung 22
Dynamische Kräfte im Wechselspiel
Max Maisch

KAPITEL 5
Gletscher als Bildhauer der Landschaft 26
Erosion und Akkumulation in erdgeschichtlichen Zykladen
Max Maisch und Peter Wick

KAPITEL 6
Gletschergarten – Wo die Eiszeit noch lebt 35
Ein Naturdenkmal erinnert an subtropische und frostige Zeiten
Peter Wick

KAPITEL 7
Zum Jahrhundertschwund der Gletscher 42
Gletscher genau unter der Lupe
Max Maisch

KAPITEL 8
Gletscher im Treibhausklima der Erde 42
Szenarien zum Zerfall des «ewigen Eises»
Max Maisch

ARBEITSBLÄTTER
Zum Themenheft «Gletscher» 53
Auswerten eines Gletscherbildes
Oberflächenformen und Landschaftselemene in einem alpinen Hochtal
Klima- und gletschergeschichtliche «Schlüsselereignisse

Museen 41
Freie Unterkünfte 46-47
Anhang 56
Literatur- und Quellenverzeichnis 55
Impressum 63

Rheinschiffahrten **WIRTH**
seit 1936

Die nächste Schulreise

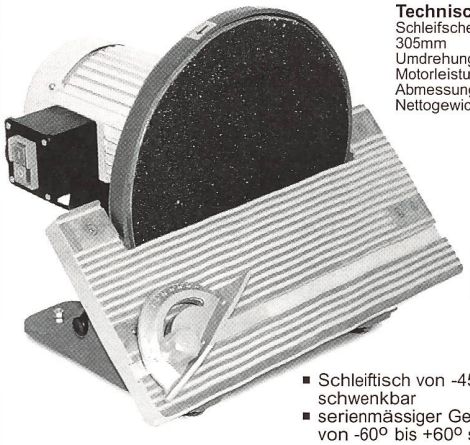
Schiffahrten zwischen Rheinfall – Eglisau – bis Kraftwerk Rekingen mit Weidlingen. Gesellschaftsfahrten mit Motorbooten. Lassen Sie sich beraten.

René Wirth
8193 Eglisau
(01) 867 03 67

Tellerschleifmaschine QUANTUM

TS 305 Art. 331 0305

für die Holz- und Metallverarbeitung, vielseitig einsetzbar



Technische Daten
Schleifscheibendurchmesser 305mm
Umdrehungen 1420 U/min
Motorleistung 230V/50Hz 900W
Abmessungen 360x580x480mm
Nettogewicht 26.5kg

Preis nur CHF 398.--
inkl. MWST
Versand in Transportkarton verpackt ab Lager Zürich

- Schleiftisch von -45° bis +45° schwenkbar
- serienmässiger Gehrungsanschlag von -60° bis +60° schwenkbar

Heusser & Bachmann
Maschinen + Werkzeuge, Seebahnstrasse 155, 8003 Zürich
http://www.hbz.ch (**e-shop**), hbz@hbz.ch
Tel. 01 / 462 70 11, Fax 01 / 462 74 38

Ferienhaus für Schulklassen
in Rodi-Leventinatal-TI

101 Betten, 20 Zimmer mit 1, 2, 4, 6 und 10 Betten,
2 Aulen, grosses Areal für Sport, günstige Preise

Colonie dei Sindacati, Viale Stazione 31, 6500 Bellinzona
Telefon 091/826 35 77 – Fax 091/826 31 92

SOLO TUTTI THURN
Zentrum für Musik

Rathausgasse 16
4500 Solothurn 032/ 623 22 06
Email: solotutti@freesurf.ch

Entwicklung
Nachentfaltung
Frühförderung
Erwachsenenbildung
Ausbildung
Beratung

Zusatzdiplome für MusikpädagogInnen

- **Entwicklung in und mit Musik für Eltern mit Kleinkindern 1 ½ bis 4 Jahre**
  Leitung: Isabella Steffen-Meister
- **Kinderchor- und Jugendchorleitung**
  Leitung: Michael Gohl
- **Musikalische Bildung in der Sonderpädagogik**
  Leitung:
  Dr. Barbara Friis-Zimmermann und Dr. Charlotte Fröhlich

Zusatzdiplome im Anschluss an einen Berufsabschluss in Musik (z. B. Schulmusik, instr. / vok. Lehrdiplom, Früherziehung / Grundschulung, Rhythmik) oder, bei besonderer Eignung, in Pädagogik (Kindergarten oder Primar-/ Sekundarschule,)

Studienbeginn: September 2005
Standortbestimmung/Eignung: Mai 2005

die neue schulpraxis special

«Das schnittige Schnipselbuch 1+2» jetzt auch auf CD-ROM erhältlich.

- **mehr als 2000 Schnipselbilder**
- **mit Suchsystem**
- **zum Illustrieren**
- **verwendbar für Windows und Mac**

Telefonische Bestellung: 071 272 71 98
E-Mail-Bestellung: schulpraxis@tagblatt.com
(Preis inkl. MwSt., zuzüglich Versand)

Preis CHF 49.–
(für Abonnenten von «die neue schulpraxis» zum Spezialpreis von CHF 42.–)

Kapitel 1 Max Maisch und Peter Wick

Von der Eiszeit in die «Heisszeit»

Gletscher als Kernthema im Schulunterricht – Eine Auslegeordnung

Die Zeiten des «ewigen» Schnees und die liebgewonnenen Postkartenbilder einer weissen, heilen Bergwelt scheinen unwiederbringlich verloren. Noch nie seit Menschengedenken waren die Temperaturen so hoch, noch selten die Schwundbeträge an den Gletscherfronten so ausgeprägt wie im Sommer 2003. Als Ursache der steigenden Sommerhitze und des rapiden Eiszerfalls stehen wir Menschen als Missetäter selber unter grossem Verdacht.

Das vorliegende Themenheft erörtert, illustriert und kommentiert die wichtigsten Aspekte eines faszinierend coolen, bisweilen bedrohlichen und zugleich bedrohten Naturphänomens. Eine vielseitige Palette aus Fachinformationen, Unterrichtsmaterialien und Denkanstössen erschliesst den Zugang zu einem Natur- und Klimaphänomen von herausragender Attraktivität, Vielseitigkeit und Beispielhaftigkeit für fachübergreifendes, vernetztes Denken.

Grosser Aletschgletscher (Foto: Christine Rothenbühler, 2003)

Einstieg ins Thema «Gletscher»

«Es mag wenig Erscheinungen geben, welche so sehr wie die Gletscher, verdienten, der Gegenstand ausgebreiteter Untersuchungen zu werden...»

«De tous les phénomènes de la nature, je n'en connais aucun qui ne soit plus digne de fixer l'attention et la curiosité du naturaliste que les glaciers...»

L. Agassiz (1807-1873): «Études sur les glaciers» (1840; Deutsche Ausgabe, 1841: «Untersuchungen über die Gletscher», Vorwort).

Seit jeher bildet der Mythos vom ewigen Schnee eine zentrale Komponente in der Wahrnehmung, der persönlichen Wertschätzung und letztlich auch in der Vermarktung des Alpenraums. Die Vision einer heilen Bergwelt, inniges Naturerleben sowie patriotische Heimatgefühle als Projektionen einer romantisierenden Innensicht spielen hier ebenso eine Rolle wie die plakative Werbewirksamkeit lilafarbener Schokolade-Kühe vor schneeweisser, vom Matterhorn gekrönter Gletscherkulisse.

Die eingangs zitierte Textstelle entstammt einer Zeit glazialwissenschaftlichen Aufbruchs und der beginnenden naturkundlichen Erschliessung und Durchdringung der Alpenwelt. Als Leitmotiv wurde sie vom Neuenburger Gelehrten Louis Agassiz, einem der Begründer und prominentesten Verfechter der Eiszeittheorie, seiner Abhandlung «Études sur les glaciers» (1840) vorangestellt. Die Euphorie des jungen, seine Pionierstudien rechtfertigenden, selbstbewussten Gletscherforschers erstaunt nicht, denn in jener Zeit herrschte in den Alpen eine Periode allgemein kühlen Klimas und spektakulär anwachsender Gletscherströme. Diese waren zur damaligen Zeit mit einfachen, aber bis heute gebräuchlichen Methoden erst ansatzweise erforscht, die Geheimnisse ihrer Schwankungen noch weitgehend verschlüsselt.

Die Hochgebirgs- und Gletscherszenerie hat sich seit Agassiz's Tagen und über etliche Glaziologen-Generationen hinweg eindrucksvoll gewandelt. Durch die aussergewöhnliche Sommerhitze 2003 ist allen Alpenbewohnern und Bergtouristen – und via Medienberichten auch den «Unterländern» – die Vergänglichkeit der Gebirgsmaterie Eis in geradezu drastischer Weise vor Augen geführt worden. Das «Drama um das Klima» (Titelüberschrift in: Schweizer Familie, Okt. 2003) erfasste dabei nicht nur die Gletscher, sondern mit dem im Boden langsam auftauenden Permafrost auch die weitgehend unsichtbaren Komponenten der Eiswelt, der sog. Kryosphäre. Die bröckelnden Alpenriesen mit ihren jäh abbrechenden Eisgesimsen und den wuchtig anschwellenden, oft Verwüstung anrichtenden Schmelzwasserströmen sind zum Schauplatz, ja zum frontalen Kampf- und Erlebnisgebiet des Klimawandels erklärt worden. Schlagzeilen wie «Matterhorn gesperrt» (Tages-Anzeiger, 16. Juli 2003; im Anschluss an einen Felssturz vom Hörnligrat am 15. Juli 2003, als 90 Alpinisten evakuiert werden mussten) oder «Trauriger Jahrtausendrekord» (Die Südostschweiz, 30. Oktober 2003; mit Bezug auf den extremen Schwundbetrag des Morteratschgletschers) rufen uns die Endlichkeit selbst urschweizerischer Felsmonumente und scheinbar ins Zeitlose erstarrter Gletschersilhouetten in Erinnerung.

Glaziale Erlebniswelten

Das Thema Gletscher hat, seit Agassiz's Pionierzeiten, nichts von seiner Attraktivität eingebüsst, und das Interesse an diesen faszinierenden Objekten scheint ungebrochen. Die Kontakte und Erfahrungen im Schulunterricht in den (Studien-)Fächern Geographie (Realien, Mensch und Umwelt) nahezu aller Stufen (inkl. Hochschule) zeigen, dass sich die Themen Eis und Gletscher sowohl in der verstaubten Schulstube als auch insbesondere auf Exkursionen in freier Natur (Schulreisen, Arbeitswochen, Feldkurse) bei Lehrern/Innen wie Schülern/Innen einer überaus grossen, ja wachsenden Beliebtheit erfreuen. Bei einer Ausweitung auf sämtliche Komponenten der «Kryosphäre», trifft dies, in allerdings etwas reduziertem Umfang, auch auf die Phänomene Schnee und Permafrost zu. Alle diese Naturerscheinungen und Unterrichts-Themenfelder liegen, im Gegensatz zu ihrer generellen Schwundtendenz in der Natur, eindeutig im Aufwärtstrend.

Zum einen liegt das an der «coolen», ja abenteuerhaft wirkenden Faszination der Gebirgswelt und der ästhetischen Attraktivität der Phänomene Schnee, Eis und Gletscher selber.

Im Zuge der wachsenden oder unter zeitgemässen Gesichtspunkten neu geweckten Sensibilisierung für Umweltthemen stehen die Gletscher als Zeiger- und Indikatorphänomene für das Klimageschehen klar im Vordergrund der unterrichtlichen Anknüpfungspunkte. Beliebt und bewährt sind hier die «punktgenauen» Bildvergleiche früherer und heutiger Gletscherzustände als klassische Einstiegsformate (**Abb. 1.1** und **Abb. 1.2**). Auch die mit dem Eisschwund und dem Auftauen des alpinen Permafrostes oft direkt in Zusammenhang gebrachten «Naturgefahren» (oder gar «Naturkatastrophen»: Murgänge, Eisstürze und Seeausbrüche) erhöhen wegen ihrer spektakulären Dynamik (Videobilder) und ihren leider oft todbringenden Konsequenzen die zugegeben leicht morbide Attraktivität und Eignung für eine spannende Unterrichtsgestaltung (Betroffenheit).

Abb. 1.1 Morteratschgletscher mit Piz Bernina (1874). (Aquarell von G. Meyer-Zimmermann, 1814-1895)

Abb. 1.2 Morteratschgletscher mit Piz Bernina. Vergleichsaufnahme von der «Chünetta» aus. (Foto: Max Maisch, 2003).

So erleben auch die mit dieser Materie berufsmässig beschäftigten Personen (Geographen, Glaziologen, Physiker, Klimatologen, Meteorologen, Museumsleiter, Bergführer, Touristiker, Lehrer) vor allem in Zeiten überdurchschnittlicher Hitzeperioden (wie z.B. im Sommer 2003) oder grösserer Bergkatastrophen einen geradezu sprunghaften Anstieg von Anfragen nach leicht zugänglicher und vertiefender Fachinformation aus erster Hand. In Anbetracht des momentanen Gletscherschwundes bildet in vielen Fällen eine echte und durchaus berechtigte Sorge um die vielzitierte Verletzlichkeit unserer Umwelt eine massgebende Motivation für diese Hochkonjunktur der Eiszerfalls- und Gletscherschwund-Problematik. Überall gewinnt nämlich heute die Einschätzung an Gewicht, dass die Verwundbarkeit von Ökosystemen gegenüber klimatischen Veränderungen und deren Folgen gerade in den als hochsensibel und fragil eingeschätzten Hochgebirgsregionen «am Rande der Existenz» am besten aufgezeigt und demonstriert werden könne.

Im Schulalltag verhalf in den letzten Jahren nicht zuletzt ein reichhaltiges und multimedial breit gefächertes Angebot glazial-didaktisch aufbereiteter Materialien dem Thema Gletscher zu vermehrter Aufmerksamkeit und Präsenz im Unterricht. In diesem Kontext sind z.B. die zahlreichen, z.B. den «Alpen», der «Glazialmorphologie» oder dem «Klimawandel» gewidmeten Themenhefte schuldidaktisch orientierter Zeitschriften zu erwähnen (vgl. Literaturverzeichnis). Der spektakuläre Fund des «Ötztaler Eismanns» im Sommer 1991 hat nicht nur den archäologischen Aspekten ungeahnte Dynamik und Perspektiven verliehen, sondern indirekt auch die Klimafrage ins kritische Blickfeld der Forschung und einer für Klimafragen sensibilisierten Öffentlichkeit katapultiert.

Im Outdoor-Bildungsbereich bietet heute eine wachsende Zahl von «Gletscherwanderwegen» und «Klimalehrpfaden» (z.B. am Stein- oder Morteratschgletscher, WWF-Klimawanderweg Pontresina) eine auf den erlebnishaften, ortsbezogenen Themenzugang zugeschnittene Angebotspalette. Spezifische Internet-Module zum Klimawandel, speziell für Lehrpersonen konzipierte Materialiensammlungen auf CD-Rom und ein kaum mehr vernünftig überblickbares Sammelsurium an «coolen Gletscherlinks» befriedigen die Nachfrage nach geeignetem, möglichst schnell zugreifbarem Informations- und Illustrations-Material (vgl. Liste ausgewählter www-Adressen im Anhang).

Auch in musealen Erlebniswelten bilden Gletscher und die damit in Zusammenhang stehenden Objekte und Fundgegenstände (z.B. Findlinge, Mammut-Rekonstruktionen, steinzeitliche Artefakte etc.) beliebte und mittlerweile multimedial attraktiv ausgestaltete Anziehungspunkte. Im Gletschergarten Luzern steht seit 2003 mit der Plattform «Gletscherland Schweiz» allen Schulklassen und Besuchern ein neu entwickeltes und dort in den Räumlichkeiten des «Glacier-Museums» eingerichtetes interaktiv bedienbares Gletscher-Informationssystem zur Verfügung.

Gletscher als «Mahnmale des Klimawandels»

Es entspricht der Natur der Gletscher, dass sie sich – innerhalb und ausserhalb der Schulstube – als «greifbare» (z.B. Eiswürfel im Wasserglas), direkt «erlebbare» (Wandertouren über die Gletscherzunge) und in ihren Kernaussagen leicht «erfassbare» Phänomene (Wandel des Landschaftsbildes als Folge der Klimaänderung) hervorragend präsentieren und visualisieren lassen.

Der momentan aussergewöhnlich starke Rückgang der Alpengletscher macht uns auf eine eigenartige Weise tief betroffen. Den gleichsam als «Lebewesen» empfundenen Gletscher-Individuen entströmt ein unerhört grosses Identifikations- und Projektionspotential («Hungernder Riese»; Spick, Juni 2003; gemeint ist hier der extrem schnell sich auflösende Triftgletscher). Diffuse Trauer umfängt uns beim Anblick der im Abendrot verheissungsvoll glühenden, aber unaufhaltsam dahinschwindenden Alpenfirnen (vgl. Textstelle der ersten Strophe im «Schweizer Psalm», der Nationalhymne: «[...] Wenn der Alpenfirn sich rötet, betet freie Schweizer betet...! [...]»). Und die unberührten Paradiese ewig geglaubter Bergglückseligkeit erweisen sich angesichts gesetzlos aufklaffender Spaltenschründe und haltlos herabdonnernder Felsentrümmer als endgültig verloren.

Allerdings, es ist vorab den Medien und einer Vielzahl populärwissenschaftlicher Veröffentlichungen zuzuschreiben, dass wir den Rückgang der Gletscher – ein an und für sich völlig natürlicher

glaziologischer Prozess – als «Schwund», «Rückzug» oder gar als «Zerfall» und in diesen negativ belegten (oder gar falschen) Bedeutungsnuancen wertmässig als quasi endgültigen «Verlust» empfinden und werten. Die «bösen Menschen» – so wird suggeriert – werden dabei implizit zu «Tätern» (Fehlverhalten durch übermässige Treibhausgasemission), die verzweifelt um ihr Leben ringenden «Gletscherriesen» zu den unschuldigen «Opfern» (Schwund, Tod) des Klimawandels hochstilisiert. Ihre mögliche Rettung – wenn auch wohl erst in letzter Minute – wird damit proklamativ zum Massstab und Ziel einer notwendigen Verschärfung der Klima- und Umweltpolitik. «Das Sterben der Gletscher» enthält damit als Szenario – von der Wahrnehmung des Phänomens als Verlust (Zeitungsmeldungen), der Verdächtigung möglicher Missetäter (Natur oder Mensch), der Zuspitzung der Gefahrensituation (Bedrohung durch Naturgefahren), der Überführung der Schuldigen (menschliche Treibhausgasemissionen) bis hin zum Ausweg durch griffige Klimaschutzmassnahmen (Happy End beim nächsten Wiedervorstoss!) – alle Komponenten einer glazial-didaktisch genial inszenierten und in klassische Theaterakte gliederbaren Drehbuchdramaturgie.

Allerdings muss man konsterniert eingestehen, dass sich auf der Bühne dieses glazialen «Theaterspektakels» um die Treibhausproblematik auch in Fachkreisen eine unerwünscht grosse und kaum klar durchschaubare Vielfalt verschiedenster Meinungen und Auffassungen breit gemacht hat. Dazu stellt sich das generelle Problem der Auswahl und Ausgewogenheit. Es ist erwiesen, dass klimarelevante Extremereignisse (oder die Berichte darüber) in der Öffentlichkeit wesentlich stärker wahrgenommen und gewichtet werden, obwohl gerade diese Vorgänge (z.B. Hochwasser, Lawinen, Stürme, Eisabbrüche) infolge ihres sporadischen Auftretens oft keine statistisch gesicherten Erkenntnisse über tatsächliche oder gar verschleierte Trends im Klimasystem ermöglichen (vgl. Bericht OcCC 2003). Angesichts der häufigen, in der Tagespresse gelegentlich wiederkehrenden «Gegenberichte» (Motto: «Alles nicht so schlimm») droht das Klimaproblem hin und wieder (selbst in sog. Fachkreisen) zur blossen Ansichtssache oder unreflektierten Glaubensfrage einseitig argumentierender Interessensvertreter zu verkommen (WWF, Greenpeace, Erdöl-Lobby, Autogewerbe etc.).

Eingebettet in den Rahmen dieses zwar bunten, aber aus der Sicht der Lektionen vorbereitenden Lehrerschaft unerfreulich heterogenen «Klimawandel-Bühnenbildes» bietet der Themenschwerpunkt Gletscher in der Schule, neben den üblichen gletscherkundlichen Begriffsinventaren (z.B. glaziologischer und glazialmorphologischer Formenschatz), gerade dadurch diejenigen Möglichkeiten und Chancen, die es für eine vertiefte kritische, inhaltliche wie methodische Auseinandersetzung mit den beteiligten Prozessen (Naturkräfte, -gewalten) und den mitverantwortlichen Akteuren (Gesellschaft, Politik, Individuum) notwendigerweise braucht. Die Klimawandel- und Gletscherschwundthematik eröffnet und tangiert mit ihrer Vielfalt an möglichen Querbezügen ein Themenspektrum von geradezu beispielhafter Breite und engmaschiger Inter- und Transdisziplinarität (Geographie, Geomorphologie, Glaziologie, Hydrologie, Physik, Klimatologie, Biologie/Botanik, Ökonomie, Tourismus, Naturgefahren, Naturschutz, Perzeption, Psychologie etc.; vgl. **Abb. 1.3**).

Glaziales Themenmosaik

Im vorliegenden Themenheft fokussiert sich der Blickwinkel auf die Phänomene, Signale und Botschaften aus der Welt der alpinen Gebirgsgletscher. In acht verschiedenen, je ein abgeschlossenes Themenfeld behandelnden, untereinander aber beliebig vernetzbaren Kapiteln wird die Wunderwelt der Gletscher aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet und dargestellt (Fachwisssenschaft, Forschung, Unterricht, museale Repräsentation, etc.). Eingestreute Fragen und Aufgabensequenzen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades sowie Denkanstösse und Ideenvorschläge eröffnen die Möglichkeit, die thematischen Zugänge gezielt und stufengerecht auszulegen und entsprechend auszugestalten (vgl. Gletscher Mind Map, **Abb. 1.4**).

Kapiteleinteilung Themenheft «Gletscher»

1. **Von der Eiszeit in die «Heisszeit»**
   Gletscher als Kernthema im Schulunterricht
2. **Coole Typen in heissen Tagen**
   Gletscher im Brennpunkt der Sommerhitze 2003
3. **Vom Nähr- zum Zehrgebiet**
   Auf der Suche nach dem Gleichgewicht
4. **Gletscher in Bewegung**
   Dynamische Kräfte im Wechselspiel
5. **Gletscher als Bildhauer der Landschaft**
   Erosion und Akkumulation in erdgeschichtlichen Zyklen
6. **Gletschergarten Luzern – Wo die Eiszeit noch lebt**
   Ein Naturdenkmal erinnert an subtropische und frostige Zeiten
7. **Zum Jahrhundertschwund der Gletscher**
   Gletscher genau unter der Lupe
8. **Gletscher im Treibhausklima der Erde**
   Szenarien zum Zerfall des «ewigen» Eises

Einleitend wird die Bedeutung von Schnee, Eis und Gletschern als faszinierende Naturobjekte und Themenschwerpunkte im Schulunterricht umrissen sowie deren Funktion als klimaintegrierende Langzeit-Umweltindikatoren erörtert (**Kapitel 1** und **2**).

Es kommen weiter die wichtigsten Bestandteile, Gletschertypen und glaziologischen Funktionsprinzipien mitsamt den entscheidenden Prozessen zur Darstellung (**Kapitel 3** und **4**). Es geht hernach um erdgeschichtliche Spurensuche und um glaziale Landschaftsformen (**Kapitel 5**). Anschliessend wird der Gletschergarten Luzern als historische Fundstätte des Eiszeitgeschehens und der Molassegeologie präsentiert. Die als «Geo-Park» modernisierte Ausstellungslandschaft ist «indoor» wie «outdoor» (unter dem offenen Zeltdach) als thematisch breit gefächerte Erlebniswelt ausgestaltet. Sie bietet nicht nur für Luzern-Touristen, sondern speziell für eine engagierte Lehrerschaft und für Schulklassen aller Stufen eine attraktive und unterrichtlich hervorragend nutzbare Bildungs- und Lernumgebung (**Kapitel 6**).

Mit ausgewählten Fakten und Materialien wird das Ausmass des Jahrhundertschwundes seit dem Gletscherhochstand von 1850 quantifiziert und illustriert. Digitale Bildkompositionen über die Alpengletscher im Treibhausklima des 21. Jahrhunderts ergänzen aus gletscherkundlicher Sicht das Argumentarium zu einer offen geführten Klimadiskussion. Die ausgewählten Beispiele sollen dazu anregen, sich über die «heisszeitliche» Zukunft unserer Hochgebirgsräume ernsthaft Gedanken zu machen (**Kapitel 9** und **10**).

Im Anhang (Literaturliste, Quellenangaben, Internet-Adressen) werden dem interessierten Leserkreis für die Schulpraxis wie auch für die persönliche Weiterbildung geeignete Informationsquellen erschlossen.

Wir Autoren verbinden mit diesem Themenheft die Hoffnung, dass erdgeschichtliche und insbesondere eiszeitgeologische Fakten und Zusammenhänge, profund recherchiert und attraktiv aufbereitet, ganz wesentliche Akzente zur besseren Wahrnehmung, zum vertieften Verständnis und letztlich zur nachhaltigen Bewahrung unseres von Alpengletschern markant geprägten «Lebensraums Schweiz» zu setzen vermögen.

Abb. 1.3 Einfaches Kreis-Schema zum Umweltgefüge im Hochgebirge und zur Darstellung der wichtigsten Bereiche («Sphären») und deren Querbeziehungen (oben). In der unteren Abbildung sind die einzelnen «Sphären» aus wissenschaftlicher Sicht näher umschrieben und deren Inhalte konkreter verdeutlicht. (Grafik: Max Maisch)

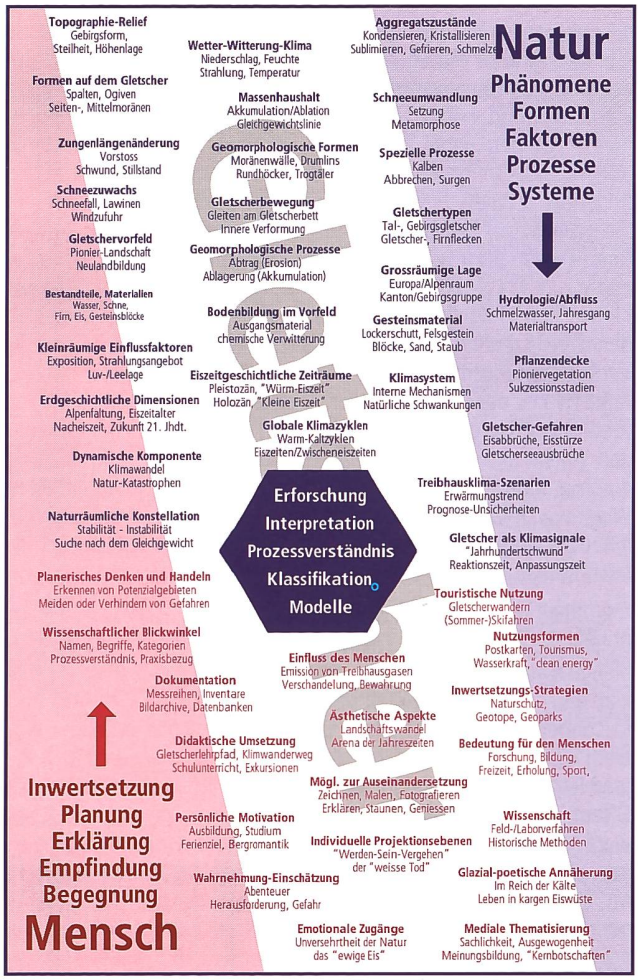


Abb. 1.4 Gletscher, Schnee und Eis als Kernthemen im Spannungsfeld zwischen Natur und Mensch. Lose Sammlung verschiedener, im Unterricht behandelbarer glazialer Themenfelder («Gletscher Mind Map»). (Grafik: Max Maisch)

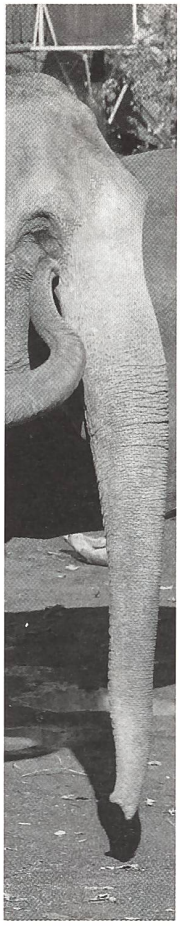
AUFTRÄGE – BEOBACHTUNGEN

- Suche in Zeitungen/Zeitschriften diejenigen Anzeigen oder Werbe-Inserate, auf denen Schnee, Eis oder Gletscher abgebildet sind! Was ist die eigentliche und oft verschlüsselte «Kernbotschaft» dieser Inserate?
- Blättere durch das Geographiebuch *«Schweiz-Suisse-Svizzera-Svizra»* (oder Kalender, Bildbände, etc.) und notiere dir, auf wievielen Abbildungen (Fotos, Grafiken) Gletscher, Schnee(-flächen) oder hohe Berge abgebildet sind (einzeln oder in Kombination)!
- Wie gross ist der Anteil der «Gletscherbilder» im Vergleich zu allen anderen Abbildungen? **Tipp**: Strichliste anfertigen und nach Häufigkeiten auswerten (absolut und prozentual).
- Wo und auf wievielen Haupt- und Nebenkarten sind im *«Schweizer Weltatlas»* (oder in anderen Atlanten) Gletscher dargestellt? **Tipp**: Kartenlegenden beachten!
- Zähle im Angebot an den Kiosken oder in der Papeterie deines Ferien- oder Aufenthaltsortes diejenigen Postkarten, auf welchen Gletscher abgebildet sind oder gar im Mittelpunkt stehen! **Tipp**: Vorgängig LadeninhaberIn über deinen Auftrag orientieren und Karten nicht berühren!
- Vergleiche den Anteil der «Gletscher-Postkarten» mit den übrigen Ansichtskarten. **Tipp**: Postkarten nach Motiven oder Themengruppen klassieren (z.B. Gletscher, Landschaften, Häuser, Berghütten, lokale Sehenswürdigkeiten, Sinnsprüche, «Gags» etc.).
- Ergeben sich aus all diesen Untersuchungen Hinweise auf die (lokale) Bedeutung oder gar Wertschätzung der Gletscher?

Materialien: *Zeitschriften, Geographiebuch «Schweiz-Suisse-Svizzera-Svizra», «Schweizer Weltatlas», Ansichtskarten (auch Kalender, Bildbände, Bergbücher, «vergilbte» Fotoalben...etc.)*

DENKANSTÖSSE – ANREGUNGEN

- Zähle auf, was sich durch den Gletscherschwund in den Alpen in der Landschaft alles verändert hat?
- Versuche Beispiele zu finden, wie die im Kreis-Schema (**Abb. 1.3**) dargestellten Phänomene unseres Umweltsystems konkret miteinander zusammenhängen und wie sie sich gegenseitig beeinflussen.
- Welche «Querbeziehungen» sind insbesondere für die Existenz und die Ausprägung von Gletschern wichtig oder gar entscheidend?
- Formuliere Sätze (mdl. oder schriftl.), in denen die vermuteten Abhängigkeiten zwischen den Bereichen Luft, Eis, Wasser, Pflanzen, Gestein, Boden, Mensch klar zum Ausdruck kommen. Bilde am Schluss längere «Ursache –> Wirkungsketten»!
- Welche der genannten Vorgänge laufen nach deinen Zeitvorstellungen und Empfindungen langsam, welche eher schnell ab?
- Finde Beispiele von «natürlichen Prozessen», welche in den folgenden Zeitdimensionen ablaufen: Sekunden, Minuten, Stunden, Tage, Wochen, Monate, Jahre, Jahrzehnte, Jahrhunderte, Jahrtausende, Jahrmillionen.
- Wo und aus welchen Beweggründen stehen wir Menschen mit Gletschern in Beziehung?
- Wie und wozu nutzen wir Menschen in der Schweiz direkt und indirekt die Gletscher?
- Auf welche Weise können die Gletscher für uns Menschen unter Umständen gefährlich werden?



KNIES KINDERZOO
Tiere hautnah

NEU
- Totenkopf-Affen-Anlage
- Glockenspiel

Attraktionen
- Seelöwen-Vorführungen
- Elefanten-/Pony-/Kamelreiten
- Elefantenbad mit Fütterung
- Rösslitram-Fahrten
- Kizoo-Kinderclub
- Geburtstag-Party

Speziell für Gruppen
auf Anmeldung
- Elefanten-Tagwache
- Frühstück mit Affen
- Führungen

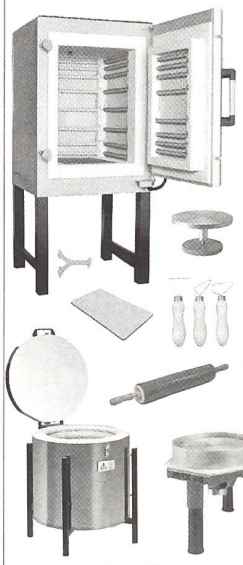
Preise
- Erwachsene: Fr. 10.–
- Kinder ab 4 J.: Fr. 4.50
- Spezialtarife Gruppen
- Gratis-Eintritt für Geburtstagskinder bis 16 Jahre

Offen 13.3. – 31.10.2004
Täglich von 9.00 – 18.00 Uhr
Sonn- und Feiertage von 9.00 – 19.00 Uhr

Oberseestrasse, 8640 Rapperswil
Tel. ++41 (0)55-220 67 60
www.knieskinderzoo.ch
Parkplätze direkt vor dem Kinderzoo

Töpfern? michel KERAMIKBEDARF
8046 Zürich · Tel. 01 372 16 16

Produkte - Auswahl - Fachberatung
Brennöfen, Ofenzubehör, Drehscheiben, Maschinen, Werkzeuge, Tonabscheider, Ton und Töpfereibedarf



Neu : über 150 streichfertige, giftklassenfreie Glasuren :
RAKU 1030°C 1150°C 1250°C

ART-CLAY-SILVER
Modelliermasse

Service!
Unterhalt - Kontrolle - Nachrüstung
Wir sorgen für Funktion und Sicherheit beim Töpfern - seit 30 Jahren. Die Servicestelle - auch für Ihren Ofen!
www.keramikbedarf.ch

Pick up treibt Sport

16 bunte Magazinseiten mit themenorientierten Beiträgen für Jugendliche. Und dazu Unterrichtsideen, Informationen und Arbeitsblätter für verschiedenste Fächer der Sekundarstufe I im Internet auf lid.ch, Stichwort: Pick up.

- Wie verbringst du deine Freizeit?
- Welche Tiersportart würdest du wählen?
- Was gibt es mit Judo und Schwingen zu gewinnen?
- Wo steckst du auf der Bewegungspyramide?
- Was hat Landwirtschaft mit Sport zu tun?

– Pick up 13 treibt mit Jugendlichen Denksport rund um Bewegung und Freizeit, Vorbilder und Vorurteile, Spass und Grenzen, Selbstverständnis und Verantwortung.

Einzelexemplare und Klassensätze gibt es kostenlos bei:
LID Landwirtschaftlicher Informationsdienst
Weststrasse 10, 3000 Bern 6
Tel. 031 359 59 77, E-Mail: info@lid.ch, Internet: LID.CH

Bitte senden Sie mir kostenlos (1–10 mit je 1 Lehrerbeilage)

____ Ex.	130 508	Pick up	1	Markt für Lebensmittel
____ Ex.	130 516	Pick up	2	Natur und Landwirtschaft
____ Ex.	130 524	Pick up	3	Tourismus und Landwirtschaft
____ Ex.	130 532	Pick up	4	Berufe rund um die Landwirtschaft
____ Ex.	130 540	Pick up	5	Pflanzen in der Landwirtschaft
____ Ex.	130 559	Pick up	6	Landwirtschaft und Europa
____ Ex.	130 567	Pick up	7	Tiere in der Landwirtschaft
____ Ex.	130 575	Pick up	8	Technopark Bauernhof
____ Ex.	130 583	Pick up	9	S&wich.02
____ Ex.	130 591	Pick up	10	Essen! Sicher? – Essen? Sicher!
____ Ex.	130 605	Pick up	11	Lust auf Wasser
____ Ex.	130 605	Pick up	12	Geschmacksache
____ Ex.	**130 624**	**Pick up**	**13**	**Sport bewegt**

Absender:

Name/Vorname _____

Strasse _____

PLZ/Ort _____

E-Mail _____

Einsenden an: LID, Weststrasse 10, 3000 Bern 6 WTR 844 005 001

Piz Bernina mit Biancograt (Foto: Max Maisch)

Kapitel **2** Max Maisch

Coole Typen in heissen Tagen

Gletscher im Brennpunkt der Sommerhitze 2003

«Und in der That, das erste Gefühl, welches sich uns aufdrängt, wenn wir uns diesen Bergkolossen mit ihren weissen Gewändern und Eisschleppen gegenüber sehen, wenn wir den Fuss auf die vereisten Wiegen der ewigen Ströme setzen, welche von hier aus Leben und Bewegung in die lachenden Ebenen hinabbringen, dieses erste Gefühl ist eine lebhafte Wissbegierde, die nach den Ursachen und Wirkungen dieser Naturphänomene fragt, eine Wissbegierde, die ihre Gegenwart erforschen, ihre Vergangenheit kennen und ihre Zukunft enthüllen möchte».

L. Agassiz (1807-1873): «Études sur les glaciers»
(1840; Deutsche Ausgabe, 1841: «Untersuchungen über die Gletscher», Vorwort)

DENKANSTÖSSE – ANREGUNGEN

- Was meinte der Gletscherforscher L. Agassiz – aus glaziologischer Sicht – mit dem Ausdruck *«...Wiegen der ewigen Ströme....»*?
- Was hat L. Agassiz mit der Formulierung *«...Leben und Bewegung in die lachenden Ebenen hinabbringen...»* konkret gemeint?
- Wie kann man die *«...Vergangenheit der Gletscher...»* überhaupt erforschen?

Die Schweiz – ein Gletscherland

Die Schweiz gilt unbestritten als ausgeprägtes «Gletscherland». Die erhaben vereiste Gletscherkulisse – mit oder ohne Abendrotstimmung – ist eines der erfolgreichsten touristischen Markenzeichen unseres Landes. Von allen europäischen Alpenländern weist die Schweiz mit noch rund 1050 km² Eisbedeckung (Zahlenwerte für den Zeitraum 2000) mit grossem Abstand vor Italien (550 km²) und Österreich (500 km²) die umfangreichste Vergletscherung auf.

Mit dem Grossen Aletschgletscher (90.1 km² Fläche) befindet sich auch der mächtigste und längste (23 km) Eisstrom der Alpen auf Schweizer Gebirgsboden (**Abb. 2.1**). Der Grosse Aletsch-, wie auch in etwas kleinerem Format der bündnerische Tschiervagletscher (**Abb. 2.2**) sind Muster- und Vorzeigebeispiele lehrbuchmässig ausgeprägter Talgletscher. Ihre Vielfalt an gletscherkundlichen Phänomenen und die klare Ausprägung ihres geomorphologischen Formenschatzes ist beeindruckend. Hoch oben in ihren ausgedehnten Einzugsgebieten sind sie stark verästelt.

Abb. 2.1 Zunge des Grossen Aletschgletschers mit den Ufermoränen des Hochstandes von 1850/60 (links) und den typisch gewundenen Mittelmoränenbändern. (Foto: Max Maisch)

AUFTRÄGE – BEOBACHTUNGEN

Aspekte: *Räumliche Orientierung, Hauptfaktoren der Gletscherbildung (Relief und Klima)*

- Wo befindet sich von deinem Wohnort (oder Schulort) aus der am nächsten gelegene Gletscher?
- Wieviele Kilometer ist er entfernt, und wie ist er am schnellsten zu erreichen? **Tipp**: Luftlinie messen und je nach Kartenmassstab in Kilometerdistanz umrechnen.
- Versuche auf der Schweizer Karte (LK 1:300'000) die drei (fünf oder zehn etc.) grössten Gletscher zu finden und deren Namen zu nennen!
- Welches sind die am stärksten vergletscherten Kantone? Suche pro «Gletscherkanton» den jeweils grössten Gletscher. **Tipp**: Es gibt 12 «Gletscherkantone».
- Welche übrigen Kantone (oder Gebirgsgruppen) weisen keine Vergletscherung auf?
- An welchen grösseren Gletschern führt in unmittelbarer Nähe zur Zunge eine Autostrasse vorbei? **Tipp**: Alpenpässe suchen und ihre Höhenlage herausschreiben!
- Welches ist derjenige Gletscher, der mit seiner Zunge (heute noch) am weitesten ins Tal herrunterreicht? **Tipp**: Suche im Berner Oberland!
- Zeichne die Strecke des «Glacier Express» (Spezialzug Zermatt – St. Moritz) auf der Karte nach und zähle diejenigen Gletscher (und Berggipfel) auf, die man vom Zug aus direkt sehen kann!
- Auf welchen Streckenabschnitten sind überhaupt keine Gletscher zu sehen (auch bei schönem Wetter)?
- Warum sind die Gletscher nicht gleichmässig über den Schweizer Alpenraum verteilt und in einigen Gebieten deutlich konzentriert?
- In welchen Regionen oder gar bekannteren Bergferienorten (z.B. Arosa, Lenzerheide, Gstaad) innerhalb der Schweizer Alpen gibt es keine nennenswerten grösseren Gletscher?
- Welches sind ganz allgemein die «natürlichen» Gründe und Voraussetzungen für die Gletscherbildung?
- Warum also weisen z.B. die Kantone Luzern, Zürich, Aargau, Thurgau, Basel (und weitere) keine Gletscher auf?
- Plane gemeinsam mit deiner Klasse eine Exkursion zum nächstgelegenen (grösseren) Gletscher (mit Fahrplan und Tagesablauf)!
- Was solltest du auf alle Fälle auf eine Gletschertour mitnehmen?

Materialien: *Schweizer Karten (Blätter LK 1:300'000, 1:100'000, evtl. 1:50'000), Schweizer Weltatlas*

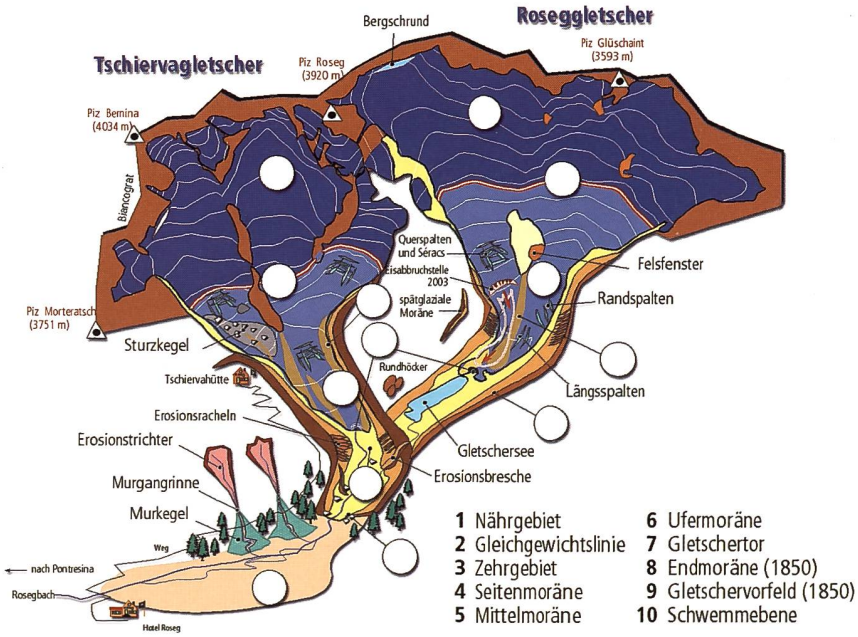


Abb. 2.2 Der Tschiervagletscher (Berninagebiet, GR) gilt als klassischer «Schulbuchgletscher» und zeigt eine ausserordentliche Vielfalt an gletscherkundlichen und glazialmorphologischen Phänomenen. Um 1850/60 waren die Zungen von Tschierva- (links) und Roseggletscher (rechts) noch vereint, seit 1934 sind sie getrennt. (Foto und Grafik: Max Maisch)

AUFGABEN

- Ordne auf der Skizze die vorgegebenen gletscherkundlichen Begriffe 1-10 den entsprechenden Stellen zu!
- Zeichne ein Geländeprofil von der Tschiervahütte aus quer über den Gletscher und seine Ufermoränen bis auf die andere Gletscherseite!

Mit ihren langgestreckten, Mittelmoränenstränge tragenden Zungenformen setzen der Grosse Aletsch-, wie auch der Tschiervagletscher bis weit ins Tal hinab landschaftsprägende Akzente.

Ein Blick auf eine Schweizer Karte wirft interessante geographische und gletscherkundliche Fragen auf: Die Gletscher sind auffallend unregelmässig über den Gebirgsraum verteilt. Die am stärksten vereisten Gebirgsgruppen liegen konzentriert in den Berner, Walliser, Zentralschweizer und südlichen Bündner Alpen. Das Vorhandensein oder Fehlen von Gletschern – zudem auch deren Grösse und Gestalt – sind offenbar an bestimmte Voraussetzungen geknüpft. Die Verteilung von Gletschern folgt wichtigen Gesetzmässigkeiten des Klimaangebotes und der Topographie (Relief des Gebirgsbaus) sowie zahlreichen Wechselwirkungen.

Gletscher als Spiegelbild des Klimas

Gletscher gelten in zweierlei Hinsicht als sensible «Klimazeiger». Einerseits was ihr Vorkommen und ihre räumliche Verbreitung im Alpenraum , anderseits was ihr gelegentlich oft spektakuläres Verhaltensmuster betrifft (Vorstoss-, Schwund- oder Stillstandsphasen).

Gletscher entstehen erst in denjenigen Umgebungen im Gebirge, wo die Temperaturen im Jahresdurchschnitt genügend kalt und die Niederschläge in Form von Schnee genügend gross sind. Der Schnee muss dabei in den Hochlagen – meist in grösseren Mulden (sog. Karen) oder Nischen – in so grosser Menge anfallen und überdauern, damit am Ende des darauffolgenden Sommers sich ein Massenüberschuss bilden und halten kann. Diese Voraussetzungen sind in den Alpen im Höhenbereich der nivalen und glazialen Stufe erfüllt, wo die mittleren Jahrestemperaturen deutlich unter 0°C liegen (Faustregel: ab 2700 m).

In Gebieten, wo überdurchschnittlich viel Schnee fällt, in den niederschlagsreichen nördlichen Alpenrandketten (z.B. Jungfrau, Titlis, Tödi), liegen die Gletscher zudem generell in tieferen, d.h. leicht wärmeren Lagen als in den inneralpinen, oft durch die Abschirmung durch umgebende Bergketten trockeneren Regionen (Monte Rosa, Bernina). Hier können die Gletscher wegen der geringmächtigeren Schneezufuhr (oder «Nahrung») erst weiter oben, d.h. unter kälteren Bedingungen existieren. In den Alpennordrandgebieten vermögen vereinzelte Gletscher bis weit ins Tal hinab vorzudringen (z.B. Oberer und Unterer Grindelwaldgletscher).

In den nicht vergletscherten Gebieten (oder Kantonen) der Schweiz sind also selbst die höchsten Bergspitzen mit ihren Karmulden zuwenig hoch, um die für das Überdauern der winterlichen Schneedecke notwendige Kälte über das ganze Jahr bieten zu können.

Modellgletscher – Gletschermodell

Ein typischer Alpengletscher setzt – in der Natur wie im Modell – hoch oben im Nährgebiet beim Bergschrund an (**Abb. 2.3** und **Abb. 2.4**). Dort beginnt er sich durch seine schwerkraftbedingte Bewegung mit einer tief klaffenden Spalte von den am Hang noch fest angefrorenen Schnee- und Eisresten abzusetzen. In den hoch gelegenen Abschnitten des Einzugsgebietes unterhalb der Berggräte liegt das Nährgebiet des Gletschers (oder die Akkumulationszone). Hier fällt das Jahr hindurch mehr Schnee als abzuschmelzen vermag. Diese Flächen erscheinen bis weit in den Sommer hinein deutlich heller, da sie – sofern sie nicht gänzlich wegschmelzen wie im Sommer 2003 – von den relativ sauberen Restflächen des letztjährigen Winterschnees bedeckt sind.

Der untere Grenzsaum des Nährgebietes – Fachleute bezeichnen diese Zone als «Gleichgewichtslinie» – trennt dieses vom weiter unten im Tal ausgebreiteten Zehrgebiet (Ablationszone, entspricht im Wesentlichen der Gletscherzunge) ab. Hier schmilzt die Schneedecke durch die starke Ausaperung bereits im Frühsommer ganz weg. Es kommt dann das blanke Eis des Gletschers zum Vorschein. Nach sommerlichen Regengüssen kann dieses sehr glatt und für Gletscherwanderungen (ohne geeignetes Schuhwerk) äusserst gefährlich werden.

Abb. 2.3 Gipfelwächte, klaffender Bergschrund und atemberaubende Eisabbruchkante mit erkennbarer Firnschichtung am Piz Palü. (Foto: Christine Rothenbühler)

Abb. 2.4 Gebirgsrelief (Gletschermodell) der Berninagruppe mit dem Tschiervagletscher im Zentrum (Ausführung im Massstab 1:50'000). (Reliefbau: Toni Mair, Geomodelia, Oberägeri)

Auf der Oberfläche und am Rande eines Gletschers sind sodann vielfältige Moränenformationen ausgebildet. Die seitlich angehäuften, an grossen Gletschern zum Teil bis an die 100 Meter mächtigen Ufermoränen zeichnen sehr schön das Ausmass früherer, grösserer Gletscherstände (z.B. von 1850/60) nach. Als Seitenmoränen bezeichnet man hingegen nur den am Gletscherrand mitgeführten Moränenschutt, der sich noch aktiv in Bewegung befindet. Endmoränen, die im Idealfall als bogenförmige Wälle den Talboden queren, markieren meist den Abschluss längerer Vorstossphasen. Sie sind gleichsam die «stummen Zeugen» der Gletschergeschichte und beweisen die einst grössere Ausdehnung der Alpengletscher.

Gletschertypen im Überblick

Die Gletscher der Schweizer Alpen sind bezüglich ihrer Form und Grösse sehr unterschiedlich ausgeprägt. Unter den rund 2000 noch existierenden und im Schweizerischen Gletscherinventar einzeln registrierten Gletscherflächen gibt es bedeutend mehr kleine und kleinste Gletscher als grosse, obschon unser Bild von den Alpen nachhaltig von den imposanten Eisströmen des «Schulbuchtyps» (Typ A Talgletscher) geprägt wird (**Abb. 2.5**).

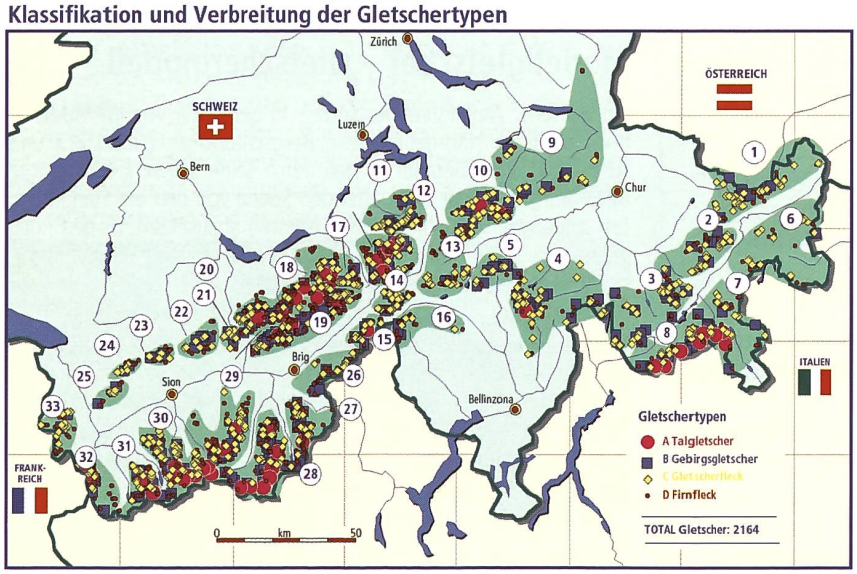
Die meist kleinräumigen Wechsel in der Topographie der Einzugsgebiete und die von Tal zu Tal wechselnden lokalklimatischen Voraussetzungen (z.B. Niederschlagsmenge, Windrichtung für Schneeverfrachtung, Expositionsunterschiede) bieten für die Ernährung und Ausprägung der Gletscher äusserst vielfältige und individuell geprägte Voraussetzungen.

Bei einer umfangreichen Inventarisierung der Schweizer Gletscher (Bezugsjahre «Hochstand 1850» und «1973», neuerdings «Inventar 2000») wurden sämtliche Eismassen nach einem einfachen Schema in vier Haupttypen eingeteilt (**Abb. 2.6**). Diese Klassierung bildet indirekt und in vereinfachter Form auch die einseitigen Grössenverhältnisse ab. Die Vergletscherung reicht von einigen wenigen riesigen, aber meist bekannten Talgletschern (z.B. Grosser Aletsch, Gorner, Morteratsch; theoretische Durchschnittsgrösse 13.7 km^2), die Gebirgsgletscher (z.B. Driest, Silvretta, Damma; rund ein Fünftel aller Gletscher; Durchschnittsgrösse 1.3 km^2) bis hin zu den Klassen der Gletscherflecken (z.B. Hiendertellti) ein Viertel; Durchschnittsgrösse 0.2 km^2) und der meist namenlosen Firnflecken (z.B. Tschingelgrat) nach Anzahl mehr als die Hälfte; Durchschnittsgrösse unter 0.1 km^2).

A Talgletscher

Der Talgletscher stellt den flächenmässig grössten Gletschertyp der Alpen dar. Er liegt mit einem Teil seines Nährgebietes und dem ganzen Zehrgebiet im Talgrund. Er wird meistens aus mehreren Kareinzugsgebieten genährt. Er nimmt im unteren Teil deutliche Zungenform an und folgt ohne wesentliche Formveränderungen der Talsohle.

Klassifikation und Verbreitung der Gletschertypen



Gletscherregionen (Gebirgsgruppen):
26 Monte Leone
27 Weissmies
28 Monte Rosa
29 Dent Blanche
30 Mont Bl. de Cheron
31 Grand Combin
32 Aig. D'Argentiére
33 Tour Salliére
17 Finsteraarhorn
18 Jungfrau
19 Aletschhorn
20 Petersgrat
21 Balmhorn
22 Wildstrubel
23 Wildhorn
24 Les Diablerets
25 Grand Muveran
11 Titlis
12 Damma
13 Oberalp
14 Piz Rotondo
15 Blinnenhorn
16 Basódino
6 Unterengadin
7 Bernina
8 Bergell
9 Flims-Pizol
10 Tödi

Abb. 2.5 Karte zur Vergletscherung der Schweizer Alpen. Abgebildet ist die Verbreitung der Gletscher in den 33 Gebirgsgruppen, eingeteilt nach den vier Gletschertypen (A-D).

FRAGEN – AUFGABEN

- Schätze ab, welcher der vier Gletschertypen in der Schweiz am häufigsten vorkommt.
- In welchen Gebirgsgruppen sind Talgletscher (Typ A) stark verbreitet?
- Warum hat es in den Gebieten zwischen den Haupt-Gebirgsketten keine (oder nur sehr wenige) Gletscher?

Die 15 grössten Gletscher der Schweizer Alpen (gemäss den Inventar-Flächenwerten)

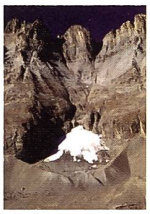
Rg.	Gletschername	Gebirgsgruppe (Kt.)	Fläche 1850 (km^2)	Fläche 1973 (km^2)	Fläche 2000 (km^2)	%-Verlust (1850-1973)	%-Verlust (1850-2000)
1.	**Grosser Aletsch**	Aletschhorn (VS)	105.616	96.111	**90.096**	-9.0	-14.7
2.	**Gorner**	Monte Rosa (VS)	65.976	59.731	**57.115**	-9.5	-13.4
3.	**Fiescher**	Aletschhorn (VS)	37.372	34.213	**31.261**	-8.5	-16.4
4.	**Unteraar**	Finsteraarhorn (BE)	33.408	29.485	**26.702**	-11.7	-20.1
5.	**Oberaletsch**	Aletschhorn(VS)	26.561	22.809	**19.775**	-14.1	-25.5
6.	**Unt. Grindelwald**	Jungfrau (BE)	23.242	20.845	**19.252**	-10.3	-17.2
7.	**Findelen**	Monte Rosa (VS)	19.959	17.363	**16.967**	-13.0	-15.0
8.	**Corbassière**	Mt. Blanc de Cheilon (VS)	20.706	18.311	**16.755**	-11.6	-19.1
9.	**Gauligletscher**	Finsteraarhorn (BE)	22.566	17.696	**16.451**	-21.6	-27.1
10.	**Morteratsch**	Bernina (GR)	19.251	16.401	**16.127**	-14.8	-16.2
11.	**Rhone**	Damma (UR)	20.194	17.603	**16.112**	-12.8	-20.2
12.	**Trift**	Damma (UR)	19.341	16.550	**16.042**	-14.4	-17.1
13.	**Zmutt**	Dent Blanche (VS)	19.806	16.889	**14.964**	-14.7	-24.4
14.	**Zinal**	Dent Blanche (VS)	17.909	15.421	**14.285**	-13.9	-20.2
15.	**Otemma**	Mt. Blanc de Cheilon (VS)	20.474	17.508	**14.087**	-14.5	-31.2
	Summe Gletscher 1-15	(Werte gerundet)	**472** km^2	**417** km^2	**386** km^2	**-12 %**	**-18 %**
	Schweizer Alpen TOTAL	(Werte gerundet)	**1800** km^2	**1300** km^2	**1050** km^2	**-30 %**	**-40 %**

Tab. 2.1

Talgletscher mit deutlichen Mittelmoränenbildungen (Gornergletscher, Region Monte Rosa, VS).
(Foto: Christine Rothenbühler)

Gletscherfleck mit schuttreicher Moränenbastion (Hiendertelltihorn-NW, Region Finsteraarhorn, BE).
(Foto: Andreas Wipf)

Gebirgsgletscher mit markanten Randmoränenbildungen und zentralem Felsbett (Driestgletscher, Region Aletschhorn, VS). (Foto: Andreas Wipf)



Firnfleck, unterhalb Felswand durch Lawinen genährt (am Tschingelgrat, Hinteres Lauterbrunnental, Region Jungfrau, BE). (Foto: Andreas Wipf)

Abb. 2.6 Beispiele für die vier Haupttypen der Vergletscherung (gemäss Schweizer Gletscher-Inventar).

B Gebirgsgletscher

Der Gebirgsgletscher liegt häufig in einem grösseren Kar. Er kann eine beliebige Form aufweisen und ist dem Talgletschertyp zwar oft ähnlich, aber wesentlich kleiner. Er zeigt um 1850 meist noch eine deutlich ausgeprägte Zungenform und lässt im Gesamtbild eine klare Gliederung in Nähr- und Zehrgebiet erkennen.

C Gletscherflecken

Als Gletscherflecken werden die nächst kleineren Eismassen bezeichnet, die eine beliebige Form, aber oft keine ausgeprägt zungenförmige Frontpartie aufweisen. Die vertikale Höhenerstreckung übersteigt in der Regel kaum 500 m. Eine Gliederung in Nähr- und Zehrgebiet ist oft nicht klar erkennbar.

D Firnflecken

Die Firnflecken umfassen die kleinsten, oft kaum mehr als eigentliche Gletscher zu bezeichnenden Eisflächen. Sie weisen eine nur mehr geringe horizontale und vertikale Ausdehnung auf. Darin eingeschlossen sind alle als Lawinenfelder, -kegel und Wächten bezeichneten Formen. Viele Firnflecken existieren nur noch unter besonders günstigen Bedingungen, z.B. in Schatten- oder Hangfusslagen.

Abb. 2.7 Segelflugaufnahme im Gebiet des Driest- (ganz rechts) und des Oberaletschgletschers mit Blick ins Lötschental (im Hintergrund) mit der vereisten Flanke des Petersgrates.
(Foto: Christine Rothenbühler, 2003)

Der Flächenanteil und damit die hydrologische Bedeutung der vier Gletschertypen an der gesamtschweizerischen Vergletscherung ist allerdings umgekehrt proportional zu ihrer Anzahl. Die rund 50 in der Schweiz vorkommenden Talgletscher (Typ A) umfassen weit mehr als über die Hälfte der gesamtschweizerischen Eisfläche, die Gebirgsgletscher über einen Drittel und die Gletscherflecken noch einen Zehntel. Die überwiegende Mehrheit der winzigen und scheinbar lose verstreuten Firnflecken hingegen verzeichnet gesamthaft nur noch marginale Flächenanteile.

Die Gletscher mit geringer Ausdehnung erweisen sich wegen ihrer knappen Eisreserven, ihrer oft exponierten Lage und ihrer dynamischen Reaktionsweise als äusserst sensibel und anfällig gegenüber künftigen Klimaverschiebungen. Bei fortgesetztem «Erwärmungstrend» werden sie von allen Gletschertypen von den ungünstiger werdenden Bedingungen im Massenhaushalt am stärksten betroffen sein und daher am schnellsten zurückschwinden (vgl. **Kapitel 8:** «Gletscher im Treibhausklima der Erde»).

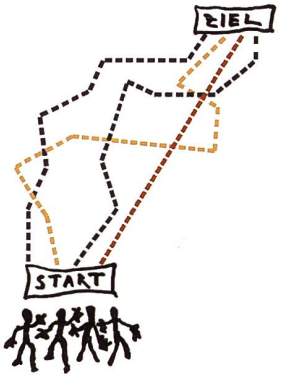
Auffallend ist auch die Tatsache, dass die Mehrheit der Gletscher in den strahlungsgeschützten und daher spürbar kühleren Nord-Expositionen (NW, N, NE) wesentlich häufiger sind als in den extrem der Sonne ausgesetzten und daher gletscherungünstigeren Süd-Lagen (SE, S, SW). Eine interessante Ausnahme bildet hier der im Nährgebiet stark verzweigte Grosse Aletschgletscher.

Individual Creator der Traum jeder Lehrperson

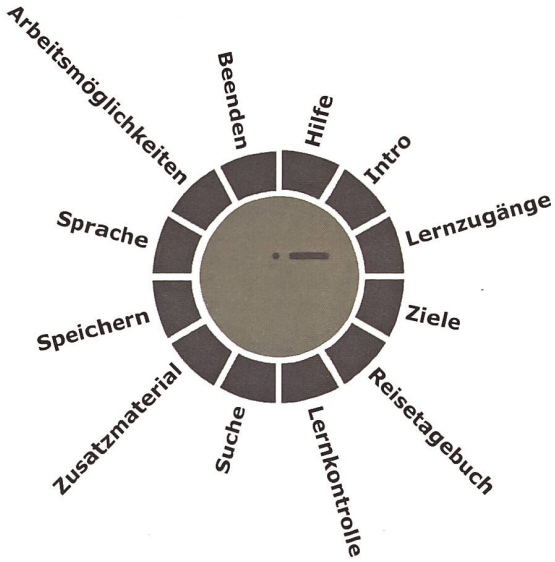
eine Autorensoftware für die Schule veränderbare Lern-CDs

Haben Sie schon einmal davon geträumt, jedem Lernenden individuell auf seine Bedürfnisse abgestimmtes Lernmaterial zu einem konkreten Thema anzubieten? Wir machen es möglich!

Jeder Mensch lernt auf eigenen Wegen: mit Bildern, über das Gehör, durch Handlungen, durch Beispiele. Um das Lernen so effizient wie möglich zu gestalten, baut diese Lern-CD auf diesen Elementen auf. Insgesamt gibt es sechs verschiedene Lernzugänge: visueller, strukturierter, handlungsorientierter, beispielhafter, auditiver Zugang und Lernen mit ergänzenden Texten. Durch einen Lerntest können die geeigneten Lernzugänge ermittelt werden.

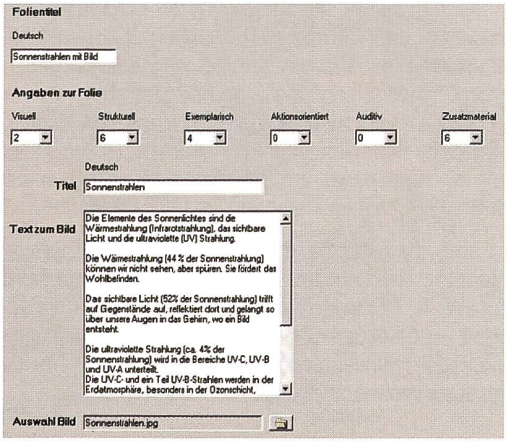


Praktiker haben in Zusammenarbeit mit Softwareingenieuren eine einfach anwendbare Software zur Herstellung zielorientierter und lernzugangsorientierter Software entwickelt. Wir bieten zudem fertige Lern-CDs an, die Sie anpassen, verändern oder erweitern können.



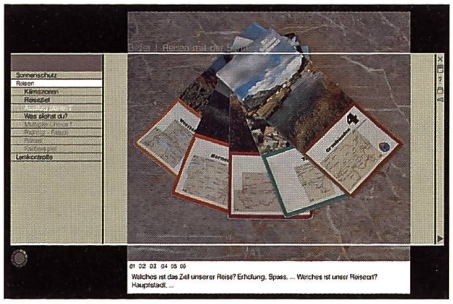
Die zentralen Funktionen sind fix vorhanden und für jede Eigenentwicklung nutzbar.
Hilfe: erklärt alle Funktionen der CD
Intro: selbstgestaltetes Intro gibt einen Überblick über das Thema (zum Beispiel PowerPoint)
Lernzugänge: werden durch die Lernenden festgelegt oder getestet
Ziele: können durch die Lernenden eingeschätzt werden
Arbeitsmöglichkeiten: alle eingegebenen Möglichkeiten werden aufgelistet
Lernkontrolle: kann direkt in diesem Bereich gestartet werden
Reisetagebuch: dokumentiert alle Prozesse der Lernenden, inklusive Zeit und Anzahl Richtige
Suche: gesuchte Begriffe werden eingegeben, alle entsprechenden Angebote werden aufgelistet
Zusatzmaterial: PDF Dokumente mit zusätzlichen Informationen können eingefügt werden
Weitere Funktionen: Lautstärke, Drucken

Eingabe der Lerninhalte



Es sind verschiedene vorgefertigte Tools vorhanden, die mit eigenen Materialien gefüllt werden können: Bilder, Texte, Grafiken oder auch Videos. Zudem können verschiedene Übungen gestaltet werden. Die Eingaben erfolgen in markierten Feldern.

Ansicht der Lernenden



Bilder Vorlage
Zu mehreren Grafiken können Sie jeweils eine entsprechende Beschreibung eingeben.

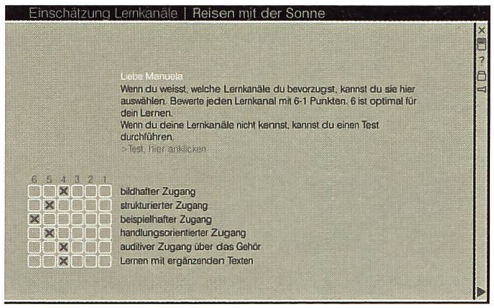
Aufbau und Stärken der neuen Lern-CDs

Lernzugangsorientiert und persönlich
Die Lernenden haben die Möglichkeit, ihre individuellen Lernzugänge festzulegen. Die Daten werden mit Namen gespeichert. Sie können bei erneutem Lernen wieder abgerufen werden. Anschliessend wird Lernmaterial angeboten, das mehrheitlich diesen Zugängen entspricht.

Lernzielorientiert
Alle Lern-CDs sind zielorientiert aufgebaut. Alle Angebote sind Zielen zugeordnet. Die Lernenden bestimmen, inwieweit sie ein Ziel schon erreicht haben und erhalten entsprechende Angebote.

Verschiedenartige Aufnahme und Verarbeitung von Lerninhalten
Zu jedem Thema sind auf der CD den Lernzugängen und Zielen entsprechende Angebote vorhanden:
Videos, Hörsequenzen, Bilder mit Kommentaren, Grafiken mit Kommentaren. Zur Verarbeitung können Begriffe oder Lösungen erfragt, Bilder geordnet und Beispiele gelöst werden. Bei jeder Vertiefungsaufgabe wird die richtige Lösung in einem Feld erkennbar.

Lernkontrolle und Reisetagebuch
Wenn die Lernenden die Angebote bearbeitet haben, wird ihnen eine Lernkontrolle und das entsprechende Ergebnis präsentiert. Wird die Lernkontrolle nicht erfolgreich abgeschlossen, werden dem Lernenden neue Angebote präsentiert. Im Reisetagebuch sind alle Bewegungen des Lernenden aufgeführt (inklusive Zeit und Anzahl Richtige). Alle Seiten können ausgedruckt werden.



Einschätzung Lernzugänge

Beispiel Sonnenschutz Text mit Grafik

Beispiel Sonnenschutz Bilder ordnen

Messeinformation und Einführung

Wir sind an folgenden Messen zu finden:
Schweizerische Lehrer/innenmesse in Winterthur, 6.-15. Juli 2004, Mehrzweckanlage Teuchelweiher
WORLDDIDAC in Basel, 27.-29. Oktober 2004, Halle 1.0 Stand F74
Wir zeigen Ihnen gerne das Programm und die einfache Handhabung. Wir führen auch Kurse zur Einführung in Gruppen durch. Bitte fragen Sie uns an.

Bestellung

Autorensoftware
..... Autorensoftware Mittel- und Oberstufe mit Klassenlizenz inkl. Beschreibung 99.- Fr.
..... Autorensoftware Unterstufe mit Klassenlizenz inkl. Beschreibung 99.- Fr.
..... Ich bin interessiert und hätte gerne detaillierte Angaben.
..... Schulhauslizenzen auf Anfrage

Lern- CDs ab September lieferbar
..... Ex. **Zahlrenraum 1-100**, Unterstufe, 33.- Fr.
..... Ex. **Einmaleins**, Unterstufe, 33.- Fr.
..... Ex. **Rechtschreibung**, Unterstufe, 33.- Fr.
..... Ex. **Masse**, Mittelstufe, 33.- Fr.
..... Ex. **Rechtschreibung**, Mittelstufe, 33.- Fr.
..... Ex. **Haustiere**, Mittelstufe, 33.- Fr.
Zusatzkosten: Versandkosten 2.- Fr. + Porto

Bestellungen bei:
Bernet Verlag
Postfach 56
9304 Bernhardzell
Telefon 071 433 19 67
Fax 071 433 20 89
verlag@bernet-ch.ch
www.bernet-ch.ch

Über dem Berninagebiet (Foto: Christine Rothenbühler)

Kapitel 3 Max Maisch

Vom Nähr- zum Zehrgebiet

Auf der Suche nach dem Gleichgewicht

Gletscher sind sensible Umweltindikatoren. Mit ihren Schwankungen versuchen sie, mit dem Klimagefüge in ein Gleichgewicht zu kommen. Wird die Massenbilanz am Ende eines Haushaltsjahres negativ, so muss sich ein Gletscher durch das Verflüssigen seiner Kapitalreserven an die neuen Verhältnisse anpassen. Die Lage der «Gleichgewichtslinie» entscheidet über das Jahres-Schlussergebnis.

Woraus besteht ein Gletscher?

Gletscher sind – ganz ähnlich wie die beiden anderen Elemente der «Kryosphäre» (Gletscher, Schnee, Permafrost) – Bestandteile des weltumspannenden Wasserkreislaufs und aus dieser Sicht nichts anderes als (vorübergehend) gefrorene Wasser-, mitunter gar «Kapitalreserven» (Wasserkraft, Tourismus). Auf und in Gletschern sind aus physikalischer Sicht sämtliche Aggregatszustände von Wasser (flüssig, fest, gasförmig) vorhanden und dauernd finden durch Energieaustauschprozesse und Zustandsänderungen (z.B. gefrieren, schmelzen, kondensieren, verdunsten, sublimieren) rege Phasenwechsel statt (**Abb. 3.1**).

Abb. 3.1 Wasser, Eis und Wasserdampf im Schnittpunkt der verschiedenen Aggregatszustände und Energieaustauschvorgänge. (Grafik: Max Maisch, nach einer Idee von Dominik Jost)

Gletscher bestehen im Wesentlichen aus den Materialien Schnee (Neuschnee oder Altschnee aus dem letzten Winter), Firn (mehrjähriger Schnee) und aus ihrem Hauptmaterial, dem Eis. Weitere Komponenten (z.B. Moränenblöcke, Abfälle) zieren gut sichtbar deren Oberfläche oder sind als weither transportierte Verunreinigungen (Saharastaub, Russteilchen) in den zahlreichen Schichten des Gletschers und in den Luftbläschen und Zwischenräumen der Eiskristalle zum Teil nur mikroskopisch klein miteingelagert. Weitere organische und anorganische Gegenstände sowie Überreste verschiedenster Herkunft zählen zum bisweilen makabren Fundinventar in der Umgebung von heutigen Gletschern (**Abb. 3.2**).

Wie entsteht Gletschereis?

Zur Bildung und Erhaltung von Gletschern braucht es neben einer geeigneten Unterlage, z.B. in Form von Karen (das sind muldenförmige Vertiefungen an den Berghängen) genügend Schnee, welcher in den Wintermonaten abgelagert (akkumuliert) wird. Die Schneedecke ist leicht verformbar und unterliegt sofort zahlreichen Veränderungen und Umwandlungen. Sie beginnt sich zunächst unter dem eigenen Gewicht allmählich zu setzen und wandelt sich im Verlaufe der Zeit langsam in Firn und schliesslich – nach einigen Jahren – in Eis um. Das ist der Rohstoff und Hauptbestandteil aller Gletscher (**Abb. 3.3**).

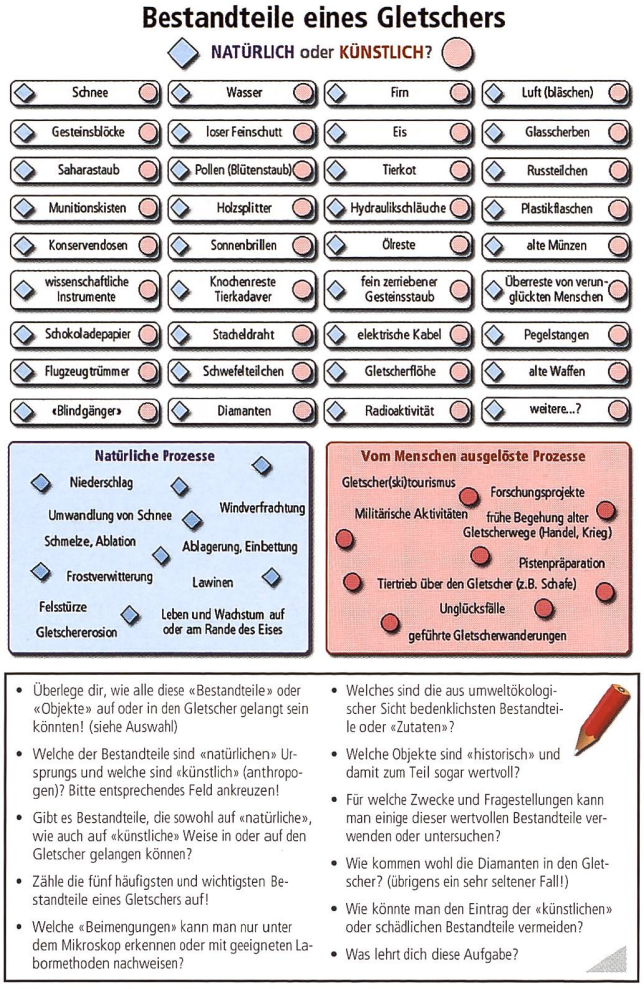


Abb. 3.2 Alle möglichen und «unmöglichen» Bestandteile eines Gletschers (Aufgabenblatt). (Grafik: Max Maisch)

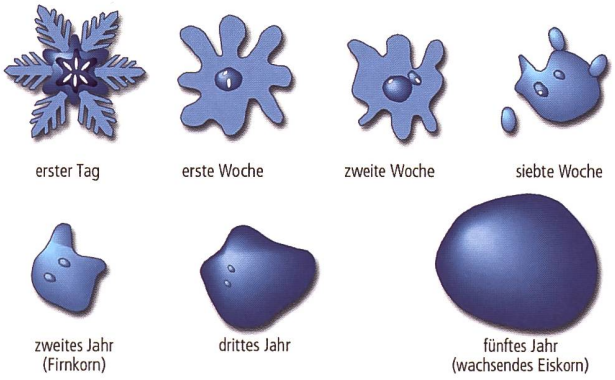


Abb. 3.3 Von der Schneeflocke zum Gletschereis. (Grafik: Max Maisch)

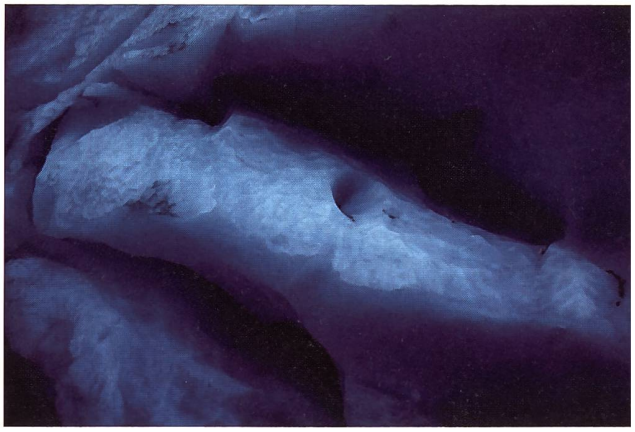


Abb. 3.4 Blaues Gletschereis. (Foto: Max Maisch)

Dabei verlieren die ursprünglich sechseckigen (hexagonalen) Schneekristalle ihre filigrane, aber sehr instabile Sternchenform, indem sie durch die Schneemetamorphose (allmähliche Umwandlung durch Schmelz- und Wiedergefriervorgänge, Verdichtung = Kompaktion) eine feste, kristalline Gestalt annehmen. Gleichzeitig mit dieser Umwandlung erfolgt eine Volumenverminderung (Schnee sinkt in sich zusammen) und eine Zunahme der spezifischen Dichte (**Tab. 3.1**).

Aus dem frisch gefallenen Neuschnee entsteht durch Setzung und Wasseraufnahme zunächst Altschnee und durch Umkristallisation Firn (Firn = Schnee, der mindestens 1 Jahr überdauert hat). Durch Anlagerung und Anfrieren weiterer Eiskristalle wachsen die Firnkörner langsam an. Unter dem Druck der überlagernden Schichten verwandeln sich diese in das meist noch lufthaltige und daher weisslich erscheinende Firneis, welches sich dann sukzessive zu kompakterem Gletschereis mit grösseren Dichtewerten verwandelt. Blaues Eis (**Abb. 3.4**) enthält schliesslich kaum mehr Luftblasen und vermag ausser den Blautönen sämtliche übrigen Farben des Lichtspektrums zu verschlucken (zu absorbieren).

Dichtewerte verschiedener Schneearten und von Eis

Neuschnee	50 - 70	kg/m³
Nasser Neuschnee	100 - 200	kg/m³
Altschnee	200 - 300	kg/m³
Windgepresster Schnee	350 - 400	kg/m³
Firn	400 - 830	kg/m³
Nasser Schnee («Matsch»)	700 - 800	kg/m³
Gletschereis	800 - 910	kg/m³

AUFGABE

- In den Alpen fallen, über den gesamten Winter gemessen, stellenweise bis zu 7 Meter Neuschnee. Berechne aus den oben angegebenen Werten, wie gross (minimal und maximal) die Wassermenge ist, die nach der vollständigen Schmelze dieser Schneemenge entsteht (in mm oder Liter pro Quadratmeter).

Tab. 3.1

Gletschereis gefriert bzw. schmilzt unter normalen Umständen bei 0° Celsius. Durch Druck erniedrigt sich der Schmelzpunkt, so dass z.B. in Gletschern mit Dicken von 2000 Metern (Antarktis) allein durch das Gewicht des Eises schon bei -1.4° C Schmelzwasser beobachtet werden kann. Einen ähnlichen Effekt erzielt man beim Zusammenpressen eines Schneeballs. Durch das Loslassen des «Händedruckes» gefriert der durch Druckschmelze vorübergehend erzeugte Wasserfilm zwischen den Schneekristallen. So verwandelt sich der vorher lose geformte Schneeball zu einer dichten und wurffähigen Kugel.

In temperierten Gletscherregionen wie den Alpen (Temperatur des Eises im Sommer beim Schmelzpunkt), verläuft die Umwandlung von Schnee zu Gletschereis wesentlich schneller (3-5 Jahre) als in polaren Regionen, wie z.B. in der Antarktis. Dort braucht es zur Eisbildung zum Teil mehr als 100 Jahre. In diesen extrem kalten Gebieten bei Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt tritt selbst im Sommer praktisch kein Schmelzwasser auf, welches die Umwandlung des trockenen Schnees in Eis beschleunigen könnte.

Wie ernährt sich ein Gletscher?

Einnahmen und Ausgaben

Gletscher sind ganz offensichtlich mit dem Klimasystem und dessen Elementen (Temperatur, Niederschlag, Strahlung , etc.) gekoppelt. Die aktive «Schnittstelle» zwischen den Systemen Klima und Gletscher wird als «Massenhaushalt» bezeichnet (**Abb. 3.5**). Das Ernährungssystem eines Gletschers funktioniert und reagiert ganz ähnlich wie ein Wirtschaftsunternehmen (Analogie: Taschengeld). Das Klima repräsentiert dabei die allgemein herrschende Wirtschaftslage oder die «Klima-Konjunktur», währenddem der Gletscher sozusagen als unselbständiger Arbeitnehmer passiv den Launen und Schwankungen dieses Klimasystems ausgeliefert ist. Der Massenhaushalt eines Gletschers (oder das laufende Sparkapital aus den Taschengeldeinnahmen und -ausgaben) unterliegt deshalb ganz ähnlichen Prinzipien wie eine ökonomische Betriebsrechnung.

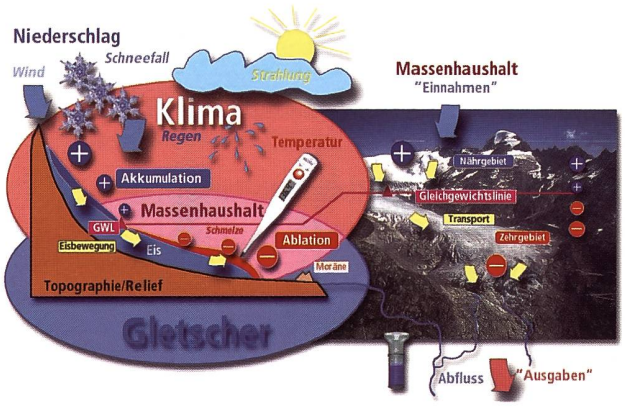


Abb. 3.5 Schema zur Beziehung Klima-Gletscher-Relief und zum Massenhaushalt eines alpinen Gletschers. (Grafik: Max Maisch)

Wichtig für die Haushaltsrechnung sind dabei auf der «Einnahmeseite» alle diejenigen Masseneinträge, die der Gletscher im Verlauf seines Bilanzjahres (in der Regel von Anfang Oktober bis Ende September des darauffolgenden Jahres) in Form von festem Niederschlag

Ein Gletscher im Jahresablauf

Abb. 3.6 Ein Gletscher im Jahresablauf (Aufgabenblatt). (Grafik: Max Maisch)

(Schneefall), Lawinen oder Windzufuhr (sog. Driftschnee) im Nährgebiet erhält. Dieser Massenzuwachs wird auch als Akkumulation, die Zone mit Massengewinn dementsprechend als Akkumulationsgebiet bezeichnet.

Auf der «Ausgabenseite» figurieren alle diejenigen Verluste, welche der Gletscher hauptsächlich in den Sommermonaten durch Schmelzung und Verdunstung oder in Spezialfällen durch Kalbung (Eisschollen stürzen in einen See) oder Abbrüche (bei sehr steilen Zungen) verliert. Diese sich vorwiegend im Gebiet der Gletscherzunge abspielenden, sich in der glaziologischen Buchhaltung «negativ» auf die Bilanzrechnung auswirkenden Prozesse, werden gesamthaft als Ablation bezeichnet. In jedem Haushaltsjahr, vom Zeitpunkt des Einschneiens bis zur maximalen Ausaperung im Spätsommer, durchläuft ein Gletscher regelmässig typische Phasen mit allerdings von Jahr zu Jahr unterschiedlichem Betriebsergebnis (**Abb. 3.6**).

Jahresrechnung und Gesamtbilanz

Wichtig für den Ernährungszustand (gewissermassen die «Gesundheit») eines Gletschers (oder die «Dicke» des Sparschweins mit dem angehäuften Taschengeld) ist nun die jährliche Gesamtbilanz, also das Netto-Verhältnis zwischen den Einnahmen minus den Ausgaben. Sind die Einnahmen grösser als die Ausgaben, so verzeichnet der Gletscher einen «Massengewinn» und er hat damit sein hydrologisches Kapital, bzw. seine gefrorenen Wasserreserven vergrössert. Damit wird es ihm mittelfristig möglich, volumen-, flächen- und längenmässig anzuwachsen, gewissermassen zu «investieren». Am Ende einer längeren Vorstossphase (sog. Hochstand) wird er unter günstigen Voraussetzungen vor der Zunge eine Endmoräne anhäufen. Schmelzen hingegen in einem für den Gletscher ungünstigen, d.h. zu warmen und trockenen Jahr mehr Schnee, Firn und Eis ab als hinzugekommen ist, erleidet der Gesamtgletscher einen «Massenverlust». Diese «roten Haushaltszahlen» im Budget werden den Gletscher dazu zwingen, sein gefrorenes Kapital nach und nach zu verflüssigen. Dauert dieser Klimazustand lange genug an (Schwundphase), wird der Gletscher seine Zunge (auch seine Fläche und das Volumen) früher oder später zurückbilden müssen.

Gleichgewichtslinie als zentrale Schlüsselgrösse

Die Trennlinie zwischen Nähr- und Zehrgebiet wird in der Glaziologie als Gleichgewichtslinie (Abkürzung GWL) bezeichnet. Die GWL bildet gut sichtbar die Grenzlinie zwischen dem Schnee aus dem letzten Winter (meist deutlich heller erscheinend) und den ausgeaperten, zum Teil bereits verfirnten oder vereisten und durch Schmutzpartikel (eingewehter Staub) oft dunkler gefärbten Gletscherteilen. Über der GWL erzielt der Gletscher einen Massenzuwachs, darunter erleidet er Netto-Massenverluste. An dieser im Spätsommer auf der Gletscheroberfläche meist sehr gut sichtbaren Grenze (hell/dunkel-Grenze) halten sich Akkumulation und Ablation die Waage. An einigen wenigen Schweizer Gletschern (z.B. Silvretta, Gries, Grosser Aletsch) wird die Massenbilanz jedes Jahr im Zehrgebiet mit Firnpegelstangen zur Messung der Schmelzrate und durch das Graben von Schneeschächten im Akkumulationsgebiet (zur Bestimmung des Schneezuwachses, bzw. des Wasserwertes in cm) bestimmt (**Abb. 3.7**).

Die Höhenlage der Gletscher-Gleichgewichtslinie variiert je nach Witterungsverlauf von Jahr zu Jahr sehr stark. In gletscherungünstigen Jahren verläuft die GWL sehr hoch oben auf dem Gletscher. Das Nährgebiet wird dadurch empfindlich verkleinert, und in den tiefer gelegenen Gletscherzonen überwiegt ausschliesslich starke Ablation. In kühlen, niederschlagsreichen und daher für die Gletscherernährung günstigen Sommern apern nur gerade die tiefer gelegenen Flächen im Bereich der Gletscherzunge aus, währenddem das Nährgebiet überdurchschnittlich gross bleibt und aufgrund geringer sommerlicher Ablationsraten starken Massenzuwachs erhält.

Direkte Feldmessungen durch Glaziologen haben ergeben, dass ein Gletscher mit seiner Flächenausdehnung dann im Gleichgewicht mit seiner klimatischen Umwelt steht, wenn das Nährgebiet etwa doppelt so gross ist wie das Zehrgebiet. In diesem Falle entsprechen die «Masseneinnahmen» gerade den «Massenausgaben». Aus langjährigen Beobachtungsreihen wurde die sogenannte «2:1-Flächenteilungs-Regel» abgeleitet. Der Gletscher verhält sich in einem solchen Zustand des Massengleichgewichtes «stationär» und zeigt weder eine Tendenz anzuwachsen, noch zu schrumpfen. In gletschergünstigen Jahren verschiebt sich dieses

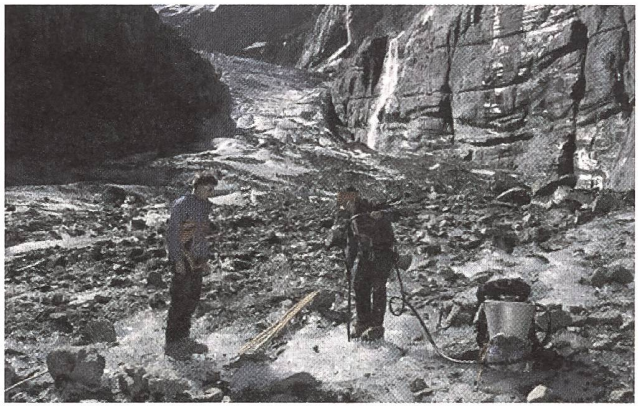


Abb. 3.7 Glaziologen der Universität Zürich bohren mit heissem Wasserdampf tiefe Löcher in das Eis des Oberen Grindelwaldgletschers. Darin werden später Pegelstangen zur Messung der Schmelzrate (Ablation) im Zungenbereich versenkt und ein Jahr später abgelesen. (Foto: Horst Machguth, 2003)

Abb. 3.8 Die «Gletscherwaage» zur Darstellung des Massenhaushalts (Aufgabenblatt). (Grafik: Max Maisch)

AUFGABE • Kreuze die für den Gletscher «positiven» oder «negativen» Situationen richtig an (links oder rechts)!

Verhältnis jedoch zum Vorteil des Nährgebietes (Verhältnis dann z.B. 3:1 oder 4:1), im entgegengesetzten Fall zum Nachteil (Verhältnis z.B. 0.5:1 bzw. 1:2).

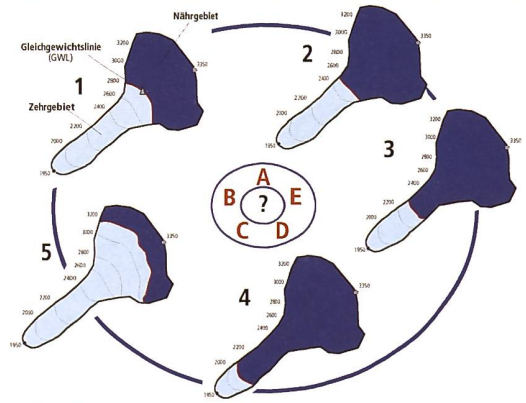
In den letzten Jahrzehnten (1990er Jahre), und insbesondere im Rekordsommer 2003, herrschte mehrheitlich ein krasses Ungleichgewicht in der Ernährungsbilanz der Alpengletscher. Die Gleichgewichtslinie schmolz überdurchschnittlich stark in die Höhe. Bei den kleinen und auch mittelgrossen Gletschern war von der Zunge an bis zu den Bergschründen hoch oben oft nur noch blankes Eis und fast nirgends mehr eine Schneeauflage sichtbar (**Abb. 3.9**). Die simple «Flächenteilungsregel» erlaubt es, den Ernährungszustand und damit die Massenbilanz eines Gletschers am Ende des Sommers relativ einfach abzuschätzen (positiv, ausgeglichen, negativ).

Dynamische Eisbewegung

In einem Längsprofil weist die Richtung einzelner Eisflusslinien im Nährgebiet in den Gletscher hinein (eintauchende Eisbewegung), d.h. der akkumulierte Schnee wird in den folgenden Jahren laufend zugedeckt und in den Gletscher einbezogen. Im Bereich der Gleichgewichtslinie verlaufen die Eisbewegungen annähernd oberflächenparallel. Durch die Verengung des Gletscherquerschnittes erreicht das Eis hier die grössten Geschwindigkeiten. Im Zehrgebiet hingegen treten die Fliesslinien und damit auch eingeschlossene Schuttpartikel wieder an die Oberfläche (**Abb. 3.10**). Je weiter oben im Nährgebiet also Schneeflocken oder Gesteinsblöcke auf den Gletscher fallen, desto weiter unten und damit auch umso später schmelzen sie wieder aus dem Gletscherkörper heraus.

Verschiedene Ernährungszustände im «Haushalts-Leben» eines Gletschers

	Situation A	Situation B	Situation C	Situation D	Situation E
Gletscher Nr:					
Ausdehnung Nährgebiet	sehr gross				
Ausdehnung Zehrgebiet				gross	
Höhenlage der Gleichgewichtslinie		~2300 m			
Flächenverhältnis Nähr- : Zehrgebiet				1 : 1	
Massenbilanz (Ende Sommer)			ausgeglichen ±		
Langfristige Reaktion der Zungenfront					starker Schwund



Situationen zur Auswahl

Ausdehnung Nährgebiet	Ausdehnung Zehrgebiet	Höhenlage der Gleichgewichtslinie	Flächenverhältnis Nähr- : Zehrgebiet	Massenbilanz	Langfristige Reaktion der Zunge
sehr gross	ausgewogen	~2300 m	3 : 1	stark positiv + +	stationär
ausgewogen	sehr gross	~2800 m	2 : 1	ausgeglichen ±	starker Vortoss
gross	sehr klein	~2500 m	1 : 1	positiv +	leichter Schwund
sehr klein	klein	~2100 m	6 : 1	negativ –	Vorstoss
klein	gross	~3100m	1 : 5	stark negativ – –	starker Schwund

Abb. 3.9 Verschiedene Ernährungszustände im «Haushaltsjahr» eines Gletschers (Aufgabenblatt). (Grafik: Max Maisch)

AUFGABE • Fülle die leere Tabelle mit den im unteren Teil vorgegebenen Situationen aus!

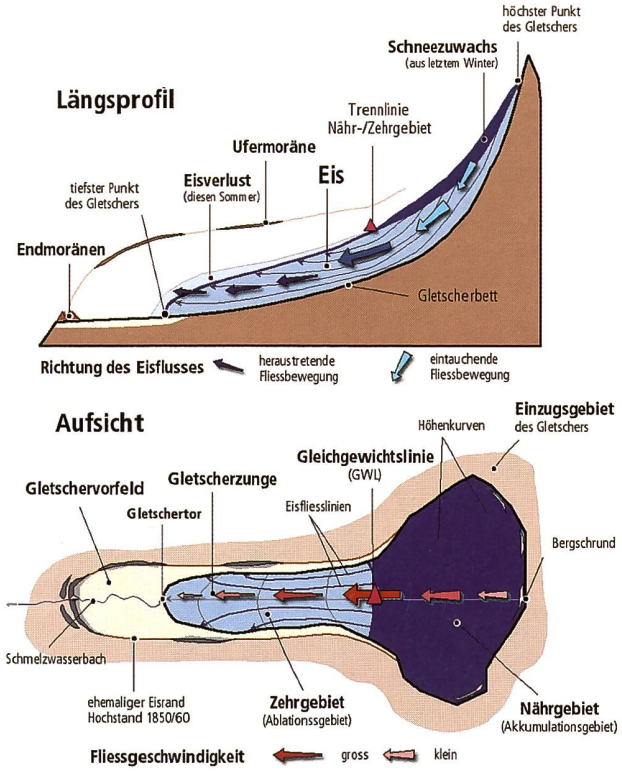


Abb. 3.10 Vom Nähr- zum Zehrgebiet. Längsprofil und Aufsichtsdarstellung eines Modellgletschers. (Grafik: Max Maisch)

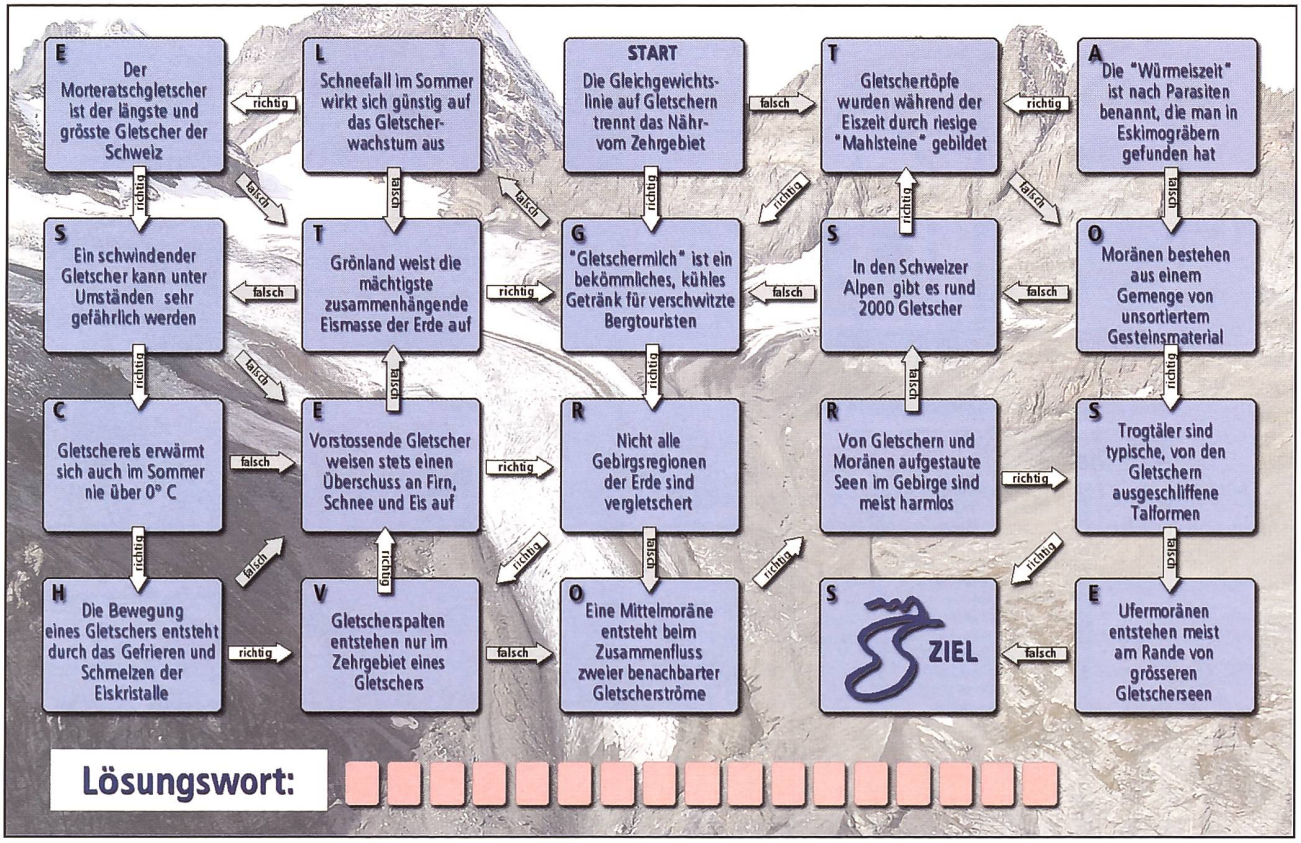


Abb. 3.11 **RICHTIG** oder **FALSCH**? (Aufgabenblatt). Finde den Weg vom **START**-Feld ins **ZIEL**! (Grafik: Max Maisch)

EXPERIMENTE – ANWENDUNGEN

- Tiefkühlfach/truhe: Verschieden geformte (offene) Gefässe mit der exakt gleichen Menge Wasser füllen und gefrieren lassen. Durch regelmässiges Beobachten Zeit messen, bis das Wasser ganz gefroren ist.
- Kleine Plastikwasserflasche gut verschlossen in das Kühlfach legen und Verformung durch Volumenzunahme beim Gefriervorgang beobachten **Tipp**: Vorsicht mit platzenden Glasflaschen!
- Wasser abkochen und auskühlen lassen und nach dem Gefrieren «Durchsichtigkeit» des Eises vergleichen (Luftbläschengehalt).
- «Eisplattenversuch»: Längliche Eisplatte in Behälter gefrieren und frei schwebend aufspannen (wie eine Modellbrücke), mit einem Gewicht (z.B. Stein) beschweren und über mehrere Tage deren Verformung beobachten (vgl. **Abb. 3.12**). **Tipp**: Wegen der schnellen Schmelze bei Zimmertemperatur das Experiment stets wieder zurück ins Kühlfach legen!
- «Drahtversuch»: Ein mit Gewichten an beiden Enden belasteter Draht wird quer über einen Eisblock gelegt. Durch den Druck, den der Draht auf das Eis ausübt, schmilzt es direkt unter ihm, gefriert aber unmittelbar über ihm sofort wieder zu Eis. So wandert der Draht von oben nach unten durch den Eisblock, ohne ihn in zwei Stücke zu zerschneiden (**Abb. 3.13**).
- Taucht ein Eiswürfel in einem Glas Eistee tiefer ein als in einem Glas Whisky? Stelle dazu lediglich «trockene» theoretische Überlegungen an!

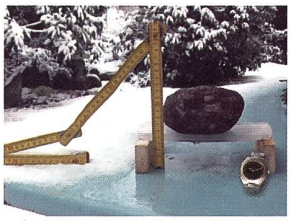


Abb. 3.12 «Eisplattenversuch».

Abb. 3.13 «Drahtversuch».

Abb. 3.14 Eis in Wasser (Versuch zum Schwimmgleichgewicht).

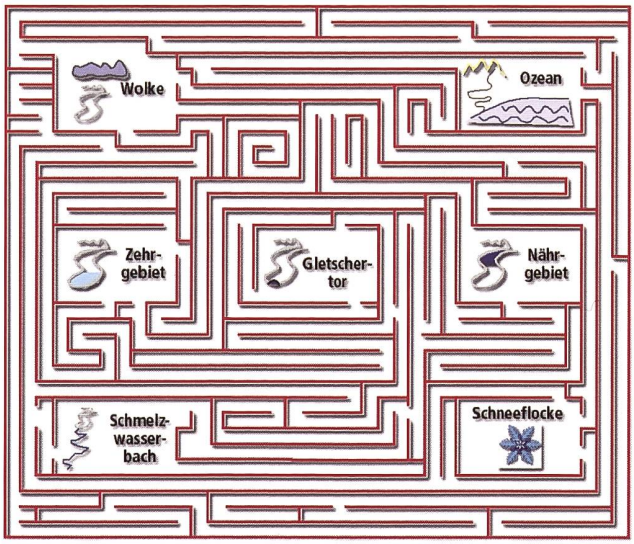


Abb. 3.15 Im Schneeflocken-Labyrinth (Grafik: Max Maisch)

KREISLAUF EINER SCHNEEFLOCKE

- Suche und finde den richtigen Weg über alle aufgeführten Stationen. Beginne bei der Schneeflocke und finde wieder zu ihr zurück (z.T. über gleiche Streckenabschnitte)!

Automatic-Laubsägebogen PEBARO mit Schnellspannsystem

Für kinderleichtes Spannen ohne Kraftaufwand.
Ideal für Schule und Hobby.

Durch einfaches Lösen der Spannhebel wird das Sägeblatt eingelegt und fixiert und durch Umlegen des Handgriffes wird das Blatt fest und sicher gespannt.

(Ausladung 320 mm, hochglanzvernickelt, für Rechts- und Linkshänder)

OPO Oeschger AG, Steinackerstrasse 68, 8302 Kloten,
Tel. 01 804 33 55, Fax 01 804 33 57, www.opo.ch, schulen@opo.ch

OPO OESCHGER
Wir richten ein.

Bitte senden Sie mir:
..... Stk. Automatic-Laubsägebogen PEBARO
mit Schnellspannsystem
Bestell Nr. 25.081.02
bei 1 Stück à Fr. 35.– + MWST
ab 5 Stück à Fr. 31.50 + MWST

Name, Vorname .....
Schulhaus .....
PLZ, Ort .....

nsp

Informationen unter
www.swissdidac.ch

SWISSDIDAC
Dienstleistungen für das Bildungswesen
Services pour l'enseignement et la formation
Servizi per l'insegnamento e la formazione
Services for education

SWISSDIDAC
Geschäftsstelle
Postfach, 8800 Thalwil
Tel. 01 722 81 81, Fax 01 722 82 82

hunziker
schulungseinrichtungen

Hunziker AG Thalwil
Tischenloostrasse 75
Postfach
CH-8800 Thalwil

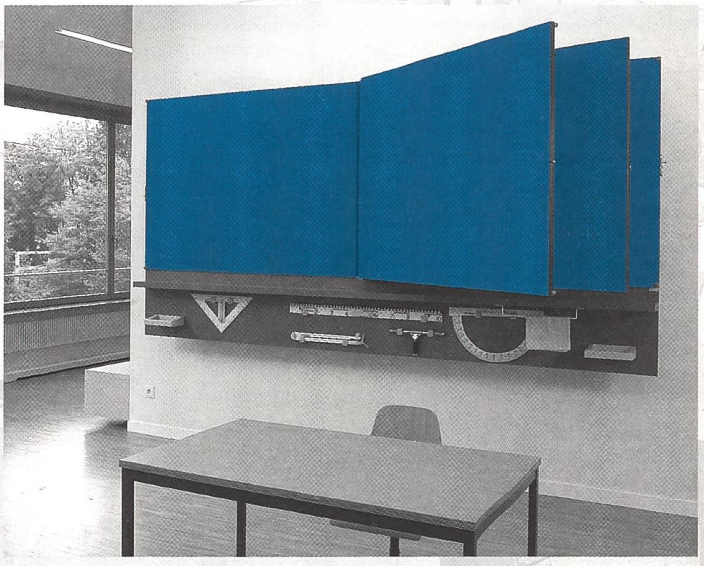
Telefon 044 722 81 11
Telefax 044 722 82 82
www.hunziker-thalwil.ch
info@hunziker-thalwil.ch

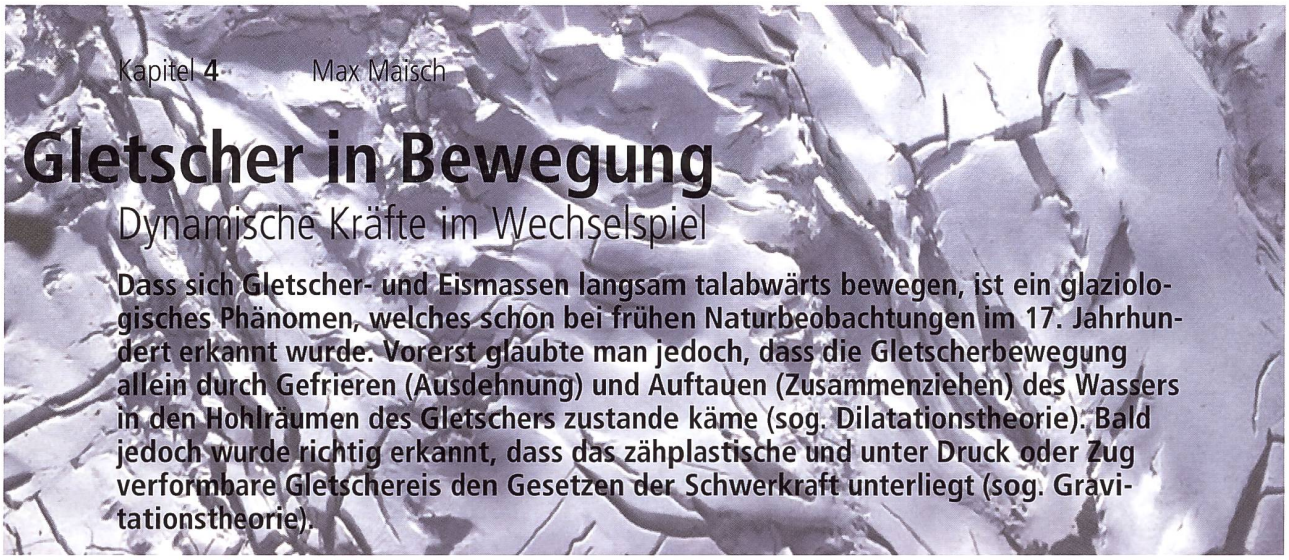
www.hunziker-thalwil.ch

Welche Farbe hat Ihre Wandtafel?

Anthrazit, die Neutrale.
Blau, die Freche.
Grün, die Beruhigende.
Weiss, die Saubere.

Sie wählen die Farbe.
Wir produzieren sie.





Kapitel 4 Max Maisch

Gletscher in Bewegung

Dynamische Kräfte im Wechselspiel

Dass sich Gletscher- und Eismassen langsam talabwärts bewegen, ist ein glaziologisches Phänomen, welches schon bei frühen Naturbeobachtungen im 17. Jahrhundert erkannt wurde. Vorerst glaubte man jedoch, dass die Gletscherbewegung allein durch Gefrieren (Ausdehnung) und Auftauen (Zusammenziehen) des Wassers in den Hohlräumen des Gletschers zustande käme (sog. Dilatationstheorie). Bald jedoch wurde richtig erkannt, dass das zähplastische und unter Druck oder Zug verformbare Gletschereis den Gesetzen der Schwerkraft unterliegt (sog. Gravitationstheorie).

Spaltenschründe auf dem Roseggletscher (Foto: Max Maisch)

Wie fliesst ein Gletscherstrom?

So starr und scheinbar unbewegt uns die spektakulär gefrorenen «Eismeere der Alpen» bei einem kurzen Tagesbesuch auch erscheinen, so dramatisch sind die Vorgänge, die sich im Eisinnern und am Untergrund, am sogenannten Gletscherbett abspielen. Knackende Geräusche gemahnen uns Bergtouristen von Zeit zu Zeit an die gewaltigen Spannungskräfte, die sich in einem Gletscher aufbauen können, um sich dann mit einem lauten Knall schlagartig zu entladen. Mit etwas Glück werden wir auch Zeugen, wie das stabil geglaubte Gletschertor am Zungenende plötzlich krachend in sich zusammenbricht. Die Botschaft der jäh geborstenen Eistrümmer ist «eisklar» (**Abb. 4.1**): Wehe dem, der sich zu diesem Zeitpunkt fahrlässig unter das überhängende Gewölbe vorgewagt hat!

Abb. 4.1 Gletschertor am Morteratsch nach dem Zusammenbruch des Eisgewölbes. (Foto: Max Maisch, 1997)

Die Bewegungen eines Gletschers sind – nicht viel anders als beim fliessenden Wasser – der Schwerkraft folgend von oben nach unten gerichtet, nur wesentlich langsamer. Den Charakter des Fliessmusters bezeichnet man bei Gletschern als «laminar». Die einzelnen Fliesslinien verlaufen dabei, im Gegensatz zu einem wild sich selbst durchmischenden, turbulenten Bergbach, weit gehend parallel, ohne sich jemals zu überschneiden. So ist der Weg eines Eiskristalles oder eines heruntergestürzten Felsblockes vom Nähr- zum Zehrgebiet grundsätzlich von allem Anfang an vorgezeichnet.

Der Charakter des ruhigen, laminaren Strömens kommt am deutlichsten am Verlauf von Mittelmoränen zum Ausdruck. Diese bilden sich beim Zusammentreffen zweier Teilgletscher und zeichnen diese Nahtstelle von ihrem Ursprungsort bis hinunter zur Gletscherzunge auffallend schön und ungestört nach (**Abb. 4.2**).

Durch das Auslegen und jährliche Beobachten von Markierungen (ursprünglich gerade Steinreihen) haben schon die Gletscherforscher des 19. Jahrhunderts erkannt, dass ein Gletscher nicht überall gleich schnell talabwärts fliesst. Die stark konvexe, also nach vorne gerichtete Ausbiegung der Steinreihen bewies, dass die Geschwindigkeit in der Mitte eines Eisstroms am grössten ist (im sog. «Stromstrich») und am Rande durch die Reibung an den Talhängen offenbar gebremst wird.

Abb. 4.2 Die kilometerlangen Mittelmoränenzüge auf der Oberfläche des Grossen Aletschgletschers unterhalb des Konkordiaplatzes (Bildmitte) unterstreichen das ruhige, laminare Fliessen des Eises. (Foto: Christine Rothenbühler)

Diese Eigenart der Fliessbewegung wird auch durch die Anordnung von weiteren, typischen Oberflächenformen, den sogenannten Ogiven wiedergegeben. Sie machen plastisch sichtbar, dass Gletschereis eine deformierbare Masse verkörpert. Ogiven sind bogenförmige Wülste auf der Eisoberfläche und entstehen durch jahreszeitlich bedingte, gleichsam pulsartige Schwankungen der Fliessgeschwindigkeit. Im Sommer (mehr Wasser vorhanden) fliesst ein Gletscher deutlich schneller als im Winter. So bilden sich unterhalb von Steilstufen durch verstärkte Eiszufuhr im Sommer regelmässige Stauchungen. Diese breiten sich sodann – wie Wellen im Wasser – halbkreisförmig über die Zunge aus. Die Abstände der einzelnen «Wellenkämme» – man kann diese gut abschreiten und abmessen – entsprechen ungefähr der Jahresbewegung des Gletschers an dieser Stelle (ca. 20-40 Meter). Talabwärts klingen die Ogiven durch die zunehmende Schmelzrate langsam aus und verschwinden allmählich (**Abb. 4.3**).

Abb. 4.3 Konzentrisch angeordnete Ogiven (Stauchwülste) auf der Zunge des Morteratschgletschers. (Foto: Jürg Alean, 2002)

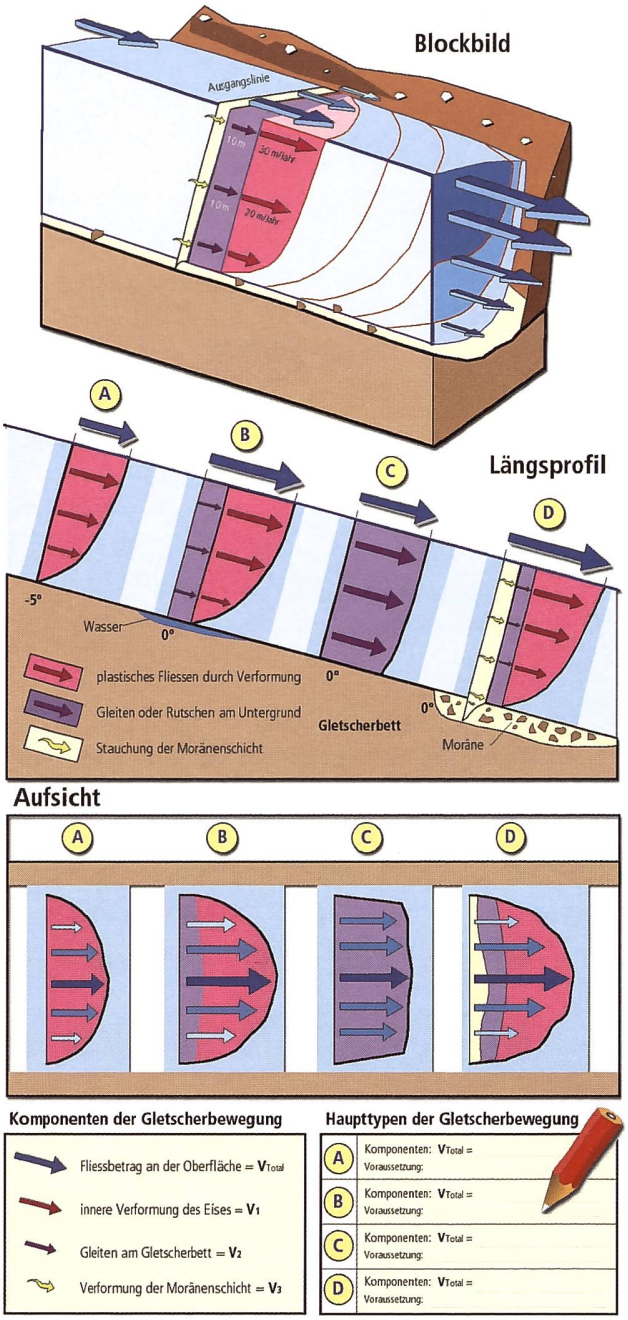


Abb. 4.4 Verschiedene Darstellungen zu den verschiedenen Komponenten der Gletscherbewegung (Aufgabenblatt). (Grafik: Max Maisch)

Die an der Oberfläche eines Gletschers messbaren Fliessgeschwindigkeiten und Fliessbeträge setzen sich grundsätzlich aus drei, sich ergänzenden, d.h. sich von unten nach oben addierenden Komponenten zusammen (**Abb. 4.4**):

- Innere Verformung der Eiskristalle (interne Deformation)
- Fliessen/Kriechen am Untergrund (basales Gleiten)
- Verformung des Moränenschuttes am Gletscherbett

Das basale Gleiten ist hauptsächlich von den Eigenschaften des Gletscherbettes (z.B. blanker Fels hat geringere Reibung als rauhe Gesteinsoberfläche) und vom Wassergehalt (bessere Schmierung bei hohem Gehalt) an der Grenzschicht Gletschereis/Untergrund abhängig, welche unmittelbar den Widerstand beeinflussen. Bei einer mächtigen Moränenschicht am Grund trägt auch die Verformung des Lockermaterials zur Erhöhung der Gleitbewegung bei. Gletscher in polaren Gebieten sind am Grunde festgefroren und können sich deshalb nur durch innere Verformung der Eiskristalle bewegen. In alpinen Gletschern entsteht im Sommer immer Schmelzwasser (sog. «temperierte Gletscher»), welches die Reibung am Gletscherbett reduziert und so die Fliessbewegung begünstigt.

Auch im Längsprofil eines Gletschers variieren die Fliessgeschwindigkeiten beträchtlich. Sie sind in der Regel im Bereich der Gleichgewichtslinie dort am grössten, wo die im breit ausladenden Nährgebiet gesammelten Eismassen gebündelt eine enger werdende Querschnittstelle passieren müssen und daher beschleunigt abfliessen. Gletscherabwärts, wo die Richtung der Fliesslinien auseinander klafft (divergiert), nimmt das Tempo des Eisflusses bis gegen das Zungenende kontinuierlich wieder ab.

Langsam kriecht das Eis

Wie hat man sich die innere Verformung, also das Kriechen der an und für sich spröden und zerbrechlichen Eiskristalle zu erklären? Der als innere Deformation bezeichnete Vorgang stellt die Summe winzigster, in mm-Bruchteilen vor sich gehender ruckartiger Bewegungen der einzelnen Eiskristalle an ihren Berührungsflächen dar (**Abb. 4.5**). Diese werden vorerst unter dem gerichteten Druck (sog. Stress) der Fliessbewegung zueinander ausgerichtet. Sie verschieben sich dann entlang ihrer Grenzflächen parallel gegeneinander (wie beim Biegen eines Papierstosses). Die Verformungsrate nimmt dabei mit zunehmender Tiefe und wachsendem Eisdruck beschleunigt zu Die absoluten Fliessbeträge werden hauptsächlich von den physikalischen Eigenschaften des Eises selber (kaltes Eis ist spröde und weniger gut verformbar als warmes und wasserhaltiges), der Eisdicke (je dicker der Gletscher, desto schneller verformt er sich) und dem Gefälle des Gletscherbettes (je steiler, desto grösser die Geschwindigkeit) gesteuert (vgl. Eisblockversuche in **Abb. 4.6**).

Wo Spaltenschründe klaffen

Gletschereis beginnt sich unter der Wirkung der Schwerkraft bereits bei geringem Druck und kleiner Neigung zu verformen und entlang des stärksten Gefälles zu fliessen. Gletschereis ist aber nicht ideal plastisch und damit nicht beliebig verformbar. Überschreiten die auf einen Gletscherstrom wirkenden Druck- oder Zugspannungen die Scherfestigkeit, also den inneren Widerstand des Eises, so reissen an der Oberfläche Gletscherspalten auf. Diese Brüche treten meist an bevorzugten Stellen bei typischen topographischen Situationen auf (**Abb. 4.7**).

Am deutlichsten entwickeln sich Gletscherspalten über Gefällsstufen (Eisabbrüche), bei Engpässen oder Weitungen des Gletschers. Spalten kommen sowohl im Nähr- wie auch im Zehrgebiet vor. Je nach Lage, Anordnung und Richtung der Spaltensysteme unterscheidet man verschiedene Spaltentypen:

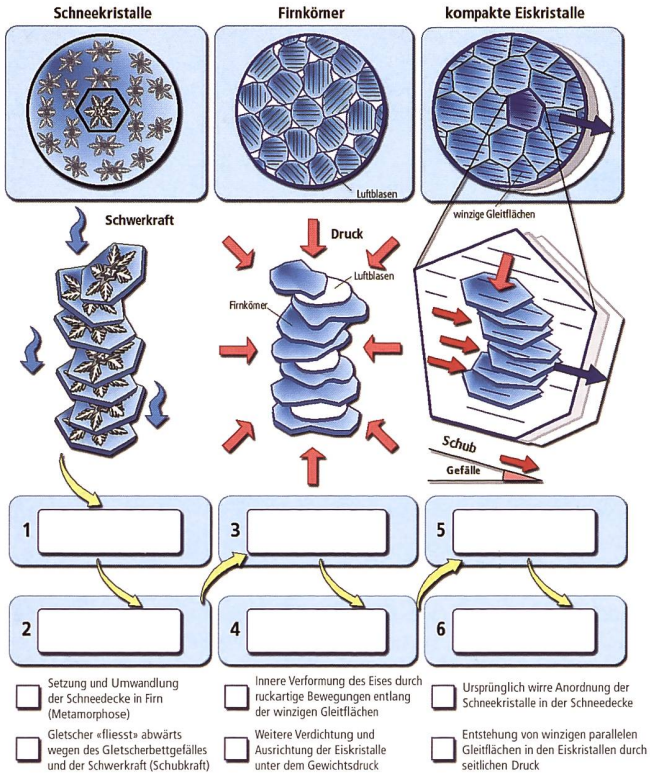


Abb. 4.5 Schnee und Eiskristalle in Bewegung (Aufgabenblatt). (Grafik: Max Maisch)

AUFGABEN

- Studiere die einzelnen Skizzen im Ablauf und beschreibe die dargestellten Vorgänge und Phasen.
- Bringe sodann die Schritte 1-6 der Eisentstehung und Gletscherbewegung in die richtige Reihenfolge.

Abb. 4.6 Eis zum Anfassen und Experimentieren. Künstliche Eisblöcke (hier im «Grossformat») eignen sich hervorragend zur Demonstration verschiedener Experimente am und im Eis (z.B. «Drahtversuch» zur Druckschmelze, Eisschrauben erzeugen beim Eindrehen filigrane Bruchstrukturen, differenzierte Schmelze durch Auflegen unterschiedlich wärmeleitender Gegenstände, etc.). (Foto: Max Maisch)

Aufnahme anlässlich der «Zürcher Museumsnacht 2003» zum Thema «Eiszeit – Zeit für Eis», Ausstellung der UNI und ETH Zürich.
Bezugsquelle für grosse oder spezielle Eisblöcke: **ICE Factory**, Industriestrasse 1, 3661 Uetendorf www.icefactory.ch

Der Bergschrund ist im Nährgebiet die oberste ortsfeste Spalte eines Gletschers und zieht sich oft über längere Strecken entlang des Karrandes. Querspalten verlaufen senkrecht zur Fliessrichtung meist auf der Mittellinie des Gletschers und brechen dort gehäuft auf, wo eine Gefällsstufe im Gletscherbett die Spannung an der Eisoberfläche erhöht. Längsspalten sind in der Richtung des Gletscherflusses orientiert und öffnen sich dort, wo sich der Gletscher seitlich ausdehnen kann und wo dadurch die Fliesslinien auseinander klaffen. Dies ist meist im Bereich der Gletscherzunge der Fall.

Randspalten entstehen bevorzugt entlang der Talflanken, wo der Gletscher seitlich an einem Felshindernis hängenbleibt. Im spitzen Winkel ziehen diese Spalten dann meistens vom Ufer gletscheraufwärts und keilen gegen die Gletschermitte langsam aus. Vergesellschaftet mit dem Auseinanderfliessen des Eises sind oft strahlenförmig sich ausbreitende Radialspalten.

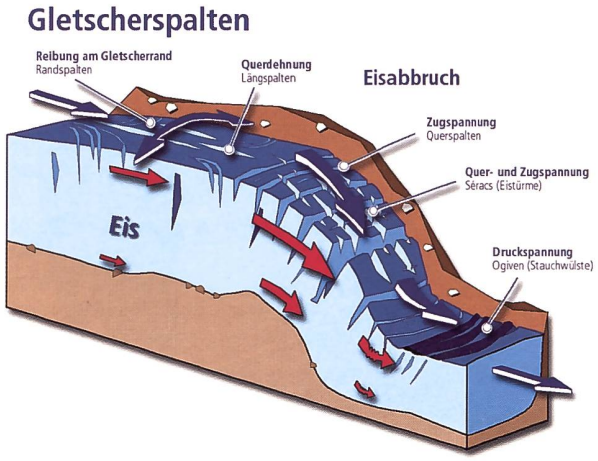


Abb. 4.7 Blockdiagramm zur Spaltenbildung. (Grafik: Max Maisch)

Die oft spektakulär zerklüfteten und bizarr geformten Séracs (Eistürme) entstehen typischerweise dort, wo sich Quer- und Längsspalten in wildem Muster überschneiden. Die Eisoberfläche wird dadurch in blockartige Eistürme zerlegt, die zum Teil später umkippen oder gar zerbrechen. Gletscherspalten alpiner Eisströme können sich in der Regel maximal bis rund 30 Meter tief öffnen. Mit zunehmender Tiefe verengen sie sich und werden durch den wachsenden Druck des Eises kontinuierlich wieder geschlossen.

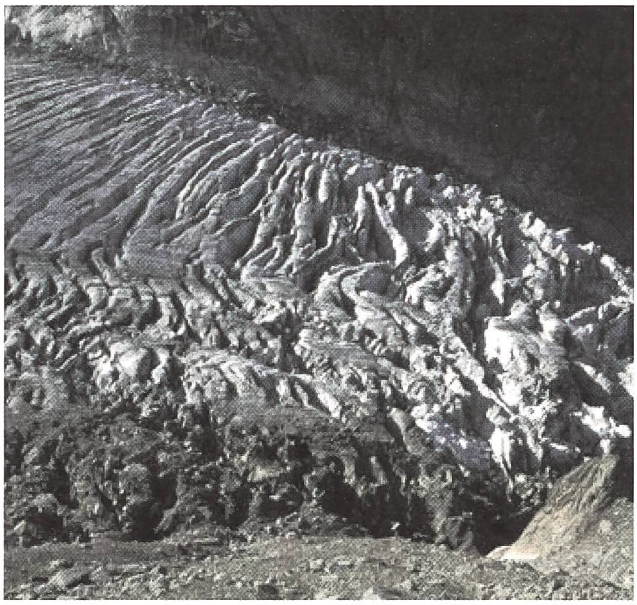
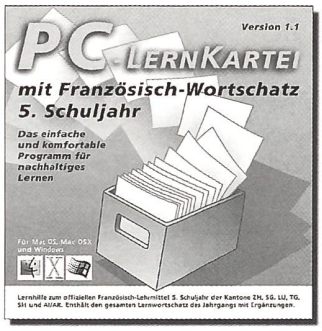


Abb. 4.8 Spaltenfeld am Steilabbruch des Glacier de Saleina (VS). (Foto: Horst Machguth, 2003)

...Erfahrung für die Zukunft.

Embru-Werke, 8630 Rüti, Tel. 055 251 11 11, Fax 055 251 19 30, www.embru.ch, info@embru.ch

embru 1904-2004



- Die effiziente Lernhilfe für den Französisch-Unterricht
- Praxiserprobt
- Von Lehrern – für Lehrer/innen und Schüler/innen
- Von Fachstellen empfohlen

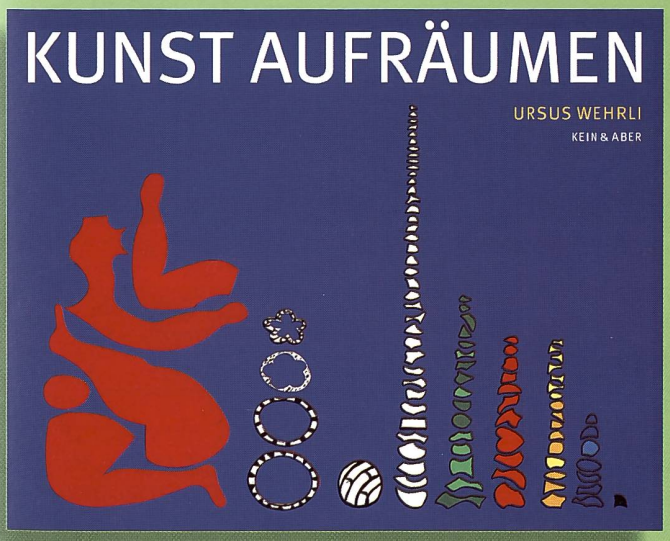
Umfasst den Lernwortschatz des offiziellen Lehrmittels der Kantone ZH, SG, TG, LU, SH, AR/AI und ZG, 5. – 8 Schuljahr (Versionen F5 – F8), sowie von BONNE CHANCE 1, offizielles Lehrmittel der Kantone BE, BS/BL, FR, LU, OW/NW, SO, VS.

Bestellung: **www.pc-lernkartei.ch** oder
schulverlag blmv AG, Güterstr. 13, 3008 Bern, Tel. 031 380 52 80

die neue schulpraxis

Die Gewinner

In der April-Ausgabe haben wir 25 Bücher «Kunst aufräumen» verlost. Wir gratulieren folgenden Gewinnern und wünschen ihnen viel Freude mit dem interessanten Buch von Ursus Wehrli.



Gertrud Arnold, Cham
Elmar Brühwiler, Speicher
Franziska Dürst, Weinfelden
Annelis Fauck, Esslingen
Yvette Frick, Balzers
Regula Gaberthüel, Küngoldingen
Christiane Gerber, Stäfa
Susanne Goetz, Bönigen
Christiane Griffin, Rümligen
Käthi Häfliger, Neuenhof
Simone Herzog, Dättwil
Elsbeth Hubatka, St. Gallenkappel
Béatrice Huber, Ebnat-Kappel
Kollegium der Primarschule, Ermatingen
Gabi Luchsinger, Kaltbrunn
Andrea Neyer, Amriswil
Pieder Pfister, Horw
Juri Preiss, Rossrüti
Carla Rütsche, St. Gallen
Ruth Schneider, Walenstadt
Brigitte Senglaub, Ipsach
Max Staubli, Jonen
Brigitta Strupler, St. Gallen
Theresa von Siebenthal, Aeugst a.A.
Sonja Wegmann, Benken

Kapitel **5** Max Maisch und Peter Wick

Gletscher als Bildhauer der Landschaft

Erosion und Akkumulation in erdgeschichtlichen Zyklen

Die Schweiz verdankt ihre aussergewöhnliche Vielfalt an Landschaftstypen und Landschaftsformen einerseits den grossräumigen geologischen und tektonischen Verhältnissen (z.B. Deckenbau der Alpen, Molasserelief des Mittellandes, Faltenstränge des Jurabogens). Anderseits sind es aber in erster Linie die eiszeitlichen Prozesse, welche für die Entstehung und individuelle Ausprägung der heutigen Oberflächenformen entscheidend verantwortlich sind.

Drumlin «Ottiker Büel» bei Gossau, ZH (Foto: Max Maisch)

Landschaft Schweiz als Abbild des Klimageschehens

Ein Blick auf eine Klimakurve der letzten rund 1 Milliarde Jahre macht deutlich, dass die Temperaturen im Verlaufe der Erdgeschichte immer wieder stark geschwankt haben (**Abb. 5.1**). Noch in der Molassezeit im Tertiär (65-2.4 Mio Jahre vor heute) herrschten im Gebiet des heutigen Mittellandes warme, subtropische Verhältnisse vor. Die alpinen Urflüsse transportierten gewaltige Schuttmengen ins Vorland hinaus. Diese entstammten dem jungen Alpengebirge, das im Süden gerade in mächtigen Schüben aufgefaltet wurde.

Auf riesigen Schwemmfächern wurden Geröll-, Kies- und Sandmassen abgelagert und nach und nach verfestigt. Diese Gesteine (Nagelfluhbänke, Sandsteinformationen und Mergelschichten) bilden heute z.B. auch im Gebiet des Luzerner Gletschergartens den Felsuntergrund (vgl. **Kapitel 6:** «Gletschergarten Luzern – Wo die Eiszeit noch lebt»).

Für die Modellierung der heutigen Oberflächenformen war und ist das Eiszeitalter (Quartär: ca. 2.4 Mio Jahre bis heute) von entscheidender Bedeutung. In diesem Zeitabschnitt wurde nach einem dramatischen Temperatursturz das tertiäre Ausgangsrelief in mehreren Kalt/Warm-Zyklen periodisch überformt und nachhaltig geprägt. Gletscher vermögen – ganz ähnlich wie auch das Medium Wasser – Landschaftsformen abzutragen, teilweise sogar zu zerstören (glaziale Erosion, sog. Abrasion), wie auch wieder neue zu bilden und durch Anlagerung von Schuttmaterial aufzuschütten (glaziale Akkumulation).

So sind Gletscher massgeblich für die erosive Ausgestaltung typischer, im Querschnitt parabelförmiger Trogtäler (sog. U-Täler) und die «Erniedrigung» von Passlandschaften verantwortlich (z.B. Grimselpass). Andererseits verdankt das Mittelland seine sanft gewellten Oberflächenformen und letztlich auch seine fruchtbaren Böden weitgehend der akkumulativen Wirkung der eiszeitlichen Gletscherströme (z.B. Ablagerung von Grundmoränendecken, **Abb. 5.2**).

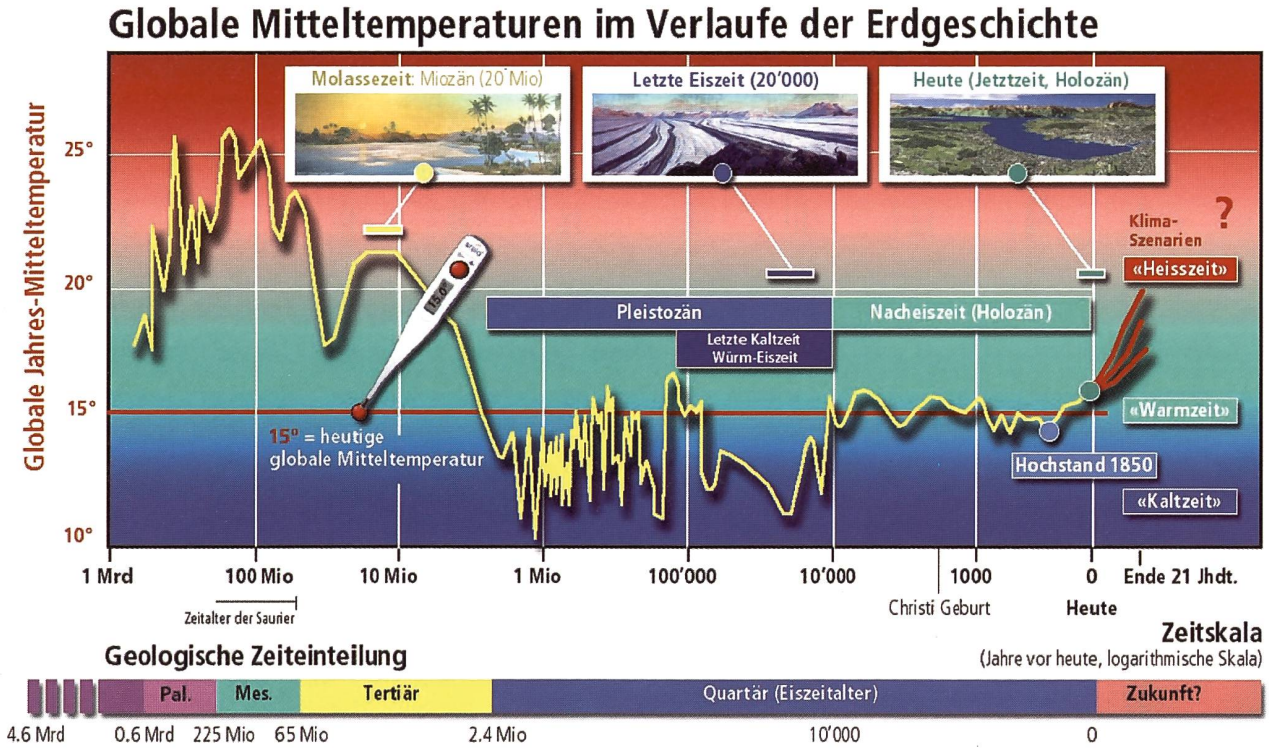


Abb. 5.1 Klimaänderungen (Temperaturkurve) während den verschiedenen Abschnitten der Erdgeschichte im Zeitraum der letzten 1 Mrd Jahre. Die horizontale rote Bezugslinie entspricht der heutigen globalen Mitteltemperatur von 15° C. (Grafik: Max Maisch)

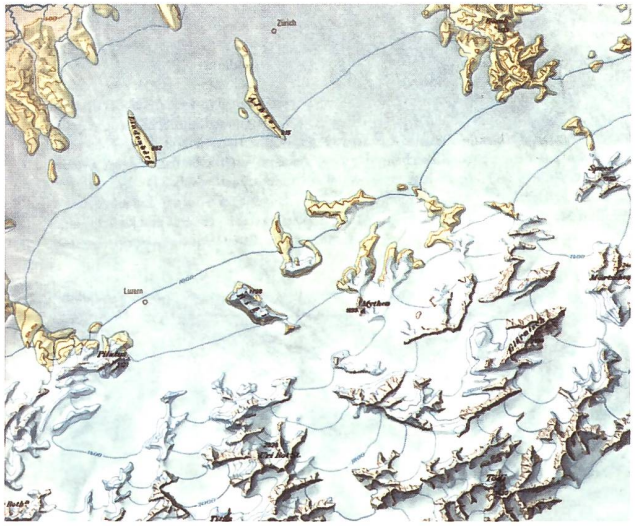


Abb. 5.2 Die Schweiz zur letzten Eiszeit (sog. Würm-Eiszeit) im Gebiet der Zentralschweiz. Ausschnitt aus der Karte von H. Jäckli (Atlas der Schweiz; swisstopo, BA für Landestopographie).

AUFGABEN – FRAGEN

- Kennzeichne mit Pfeilen die Richtung der verschiedenen Gletscherströme aus dem Alpenraum!
- Wie dick war der Eispanzer über Luzern (oder Zürich)?
- Markiere diejenigen Stellen, wo sich die Eiszeitgletscher an Geländehindernissen (Bergketten) aufgetrennt (sog. Diffluenzen) , wo sie sich vereinigt haben (Konfluenzen) und wo sie über Pässe zusammenhingen (Transfluenzen)! **Tipp**: Verwende dazu eine topographische Karte!

Fussabdrücke der «Eisgiganten»

Der Zeitabschnitt des Eiszeitalters ist geprägt durch einschneidende Klimawechsel mit mehrmaligen, beidseits der Alpen bis weit in die Vorlandgebiete (Mittelland, Südalpenrand) reichenden Gletschervorstössen. Die klassische Vorstellung vier grosser Eiszeitzyklen (nach süddeutschen Flussnamen bisher als «Günz», «Mindel», «Riss» und «Würm» bezeichnet) gilt heute als überholt. Nach neueren Befunden zur Eiszeitforschung ist das Quartär sowohl im globalen (Erde) wie auch im regionalen Bezugsrahmen (z.B. Alpenraum) durch eine wesentlich grössere Anzahl (evtl. 20-30) Warm/Kaltzyklen gekennzeichnet.

Die Spuren der älteren, auf über 780'000 Jahre alt geschätzten Vereisungen, in der Schweiz summarisch als «Deckenschotter-Vergletscherungen» bezeichnet, sind heute nur noch an isolierten Stellen und fragmentarisch erhalten. Innerhalb der jüngeren Kaltzeitzyklen wird von einer «Grössten Vergletscherung» (mit maximaler Reichweite) und von «Grossen Vereisungen» (mit Reichweiten bis mind. ins Alpenvorland) gesprochen. Die maximale Vereisung ist dabei, entgegen der früheren Zuordnung zur zweitletzten Vereisung, der «Riss-Eiszeit», wohl deutlich älter einzustufen (ca. vor 200'000 bis 300'000 Jahren).

Die letzte grosse Kaltzeit, gemeinhin als «Würm-Eiszeit» (ca. 110'000 bis 11'500 Jahre) bezeichnet, ist anhand der deutlichen Geländeformen am besten erfassbar. Moränenwälle, Drumlins, Eisrandterrassen, Schmelzwasserrinnen, Schotterkörper (gelegentlich von Schieferkohleschichten durchsetzt) und Findlinge (sog. «Erratiker» oder Leitgesteine) sind die Schlüsselbefunde für die Rekonstruktion der damaligen Eisausdehnung. Im Zeitraum vor rund 22'000-25'000 Jahren (sog. LGM = Last Glacial Maximum) war die Schweiz zu 80-90% von Gletschern bedeckt und erhielt dadurch ihr charakteristisches Gepräge (**Abb. 5.3**).

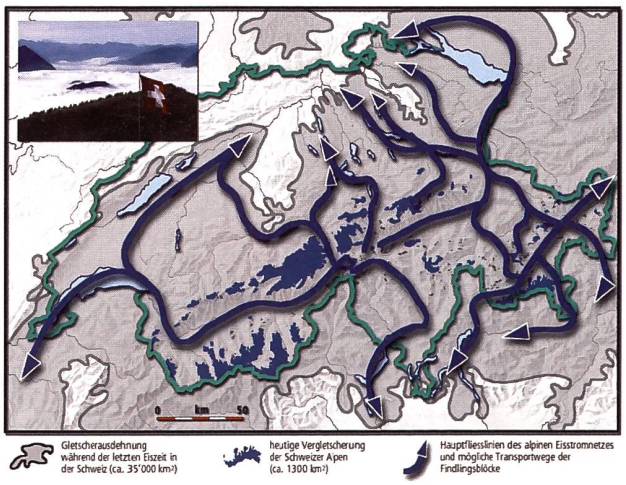


Abb. 5.3 Karte zur letzten Eiszeit in der Schweiz mit den Zugbahnen der wichtigsten Findlinge. (Grafik: Max Maisch)

Den verschiedenen Einzugsgebieten des Alpenraums (Flussgebiete von Rhein, Reuss, Aare, Rhone, Ticino, Inn) entströmten damals riesige Gletschersysteme. Diese hingen über Passfurchen (sog. Transfluenzen, z.B. am Grimselpass) weiträumig zusammen. Durch Vereinigung benachbarter Zuflüsse (Konfluenzen, z.B. bei Ziegelbrücke: Rhein-/Linth Gletscher) und durch Aufspalten an Talgabelungen (Diffluenzen, z.B. bei Sargans) baute sich sukzessive ein stark verästeltes Eisstromnetz auf.

Im Bereich der Endlagen entwickelten sich klassische Zungenbeckenlandschaften (Moränenwallserien, Seenwannen). Letzteiszeitlich unvergletscherte Gebiete (z.B. Napf- und Hörnli-Bergland, Lindenberg, Teile des Jura, Raum Basel) unterlagen damals vorwiegend fluvialen (verstärkte Talbildung, Aufschotterungen) oder periglazialen (z.B. Permafrostbildungen) und äolischen Prozessen (z.B. Einwehung von Löss-Staub aus vegetationslosen Gebieten).

Moränenwälle

Während den verschiedenen Vorstössen der letzten Eiszeit lagerten die Gletscher am Zungenende (Endmoränen, Schotterfluren) und entlang des Eisrandes (Ufermoränen) in grossen Mengen markante Schuttformationen ab.

Abb. 5.4 Eiszeitlicher Moränenwall des sog. «Zürich-Stadiums» am Abhang des Etzels (bei Schindellegi, SZ). (Foto: Max Maisch)

So bildete der Linth/Rheingletscher auf der linken Talseite bei Schindellegi typische Moränenwallserien aus (**Abb. 5.4**). Eines der deutlichsten und längsten Wallsysteme (das sog. «Zürich-Stadium» vor ca. 20'000 Jahren) setzt an den Hängen des Etzels an und lässt sich weiter talabwärts über die Gebiete Hirzel, Horgener Berg, Wollishofen bis in die Altstadt Zürichs verfolgen (Endmoräne beim Lindenhof). Die Stauwirkung des Gletschers drängte hier die aus dem Hochtal von Einsiedeln stammende Sihl seitlich an den Hang der Höhronenkette. Ab hier musste sie sich in einer randglazialen Schmelzwasserrinne zwischen dem Eisrand und der Albiskette durch das heutige Sihltal einen neuen Weg bahnen.

Schotterfelder (Kiesgruben)

In den Schuttablagerungen des Mittellandes ist die eiszeitliche Landschaftsgeschichte zum Teil sehr anschaulich erhalten geblie-

Abb. 5.5 Kiesgrube Gossau (ZH) mit Deltaschüttung (untere Schichten) und dunklem Schieferkohlehorizont aus einem im Mittelland eisfreien Zeitabschnitt zwischen 55'000 und 33'000 Jahren vor heute (Grube im Zustand vor 2000). (Foto: Max Maisch)

ben. Kiesgrubenaufschlüsse bilden deshalb wertvolle Archive für die Eiszeit- und Klimaforschung (z.B. Kiesgrube Gossau, ZH, **Abb. 5.5**). In Wechsellagerung mit kaltzeitlichen Deltaschotter- und Moränenablagerungen kommen hier verschiedene Schieferkohlehorizonte vor. Das sind zusammengepresste Torf-und Holzreste, welche als organische Bildungen gletscherfreie, d.h. wärmere Zeitabschnitte innerhalb der letzten Kaltzeit (Würm-Eiszeit) anzeigen (sog. Interstadiale). Ihre Entstehung erfolgte hier im Zeitraum zwischen 55'000-33'000 Jahren und im Zeitraum vor 29'000 Jahren (Radiokarbondatierungen, ^{14}C-Methode). Anschliessend wurde diese Stelle vom letzten Eisvorstoss der Würm-Kaltzeit überfahren und mit einer Grundmoränenschicht überdeckt.

Drumlins

Drumlins (irischer Begriff für längliche Hügelrücken) sind typische Leitformen letzteiszeitlicher Zungenbeckenlandschaften und treten meist in umfangreichen Scharen auf. Es sind stromlinienförmig, wie Kompassnadeln im Kraftfeld des eiszeitlichen Gletscherstroms eingeregelte Hügelformen aus eiszeitlichem Lockermaterial (Grundmoräne, Schotter, z.T. mit Schieferkohle). Im oberen Glatttal (Zürcher Oberland) gibt es rund 150 derartige Formen (z.B. Ottiker Büel bei Gossau). Die Herausbildung der Drumlins erfolgte unter dem Gletscher, wo die vorherrschende Eisbewegung und die erosive Wirkung der oft unter hohem Druck stehenden Schmelzwässer die wichtigsten Formungskomponenten darstellen (**Abb 5.6** und **Abb. 5.7**).

Erratiker

Die Eiszeitgletscher haben aus ihren Einzugsgebieten grosse Schuttmengen transportiert und im Vorland abgelagert. Findlinge, auch erratische Blöcke (oder Erratiker) genannt (lat. errare = irren, verirren) sind gletschertransportierte Gesteine, die an Orten gefunden werden, wo sie geologisch nicht hingehören. Ihre Herkunft liegt oft weit im Alpeninnern, in den Einzugsgebieten der Eiszeitgletscher. Leitgesteine, deren geologisches Herkunftsgebiet man genau kennt, verraten uns ihren Transportweg auf dem Rücken der Gletscher. Anfangs des 19. Jahrhunderts glaubte man noch, die Findlinge seien Zeugen einer riesigen Überschwemmung, der «biblischen Sintflut». Ein typisches Leitgestein des Linth/Rheingletschers ist der «rote Ackerstein» aus dem Glarnerland und dem Walenseegebiet. Er wird auch als «Verrucano» (Warzenstein) oder «Sernifit» (Sernftal) bezeichnet. Geologisch stammt er aus der Permzeit (ca. 250 Mio Jahre, Paläozoikum oder Erdaltertum).

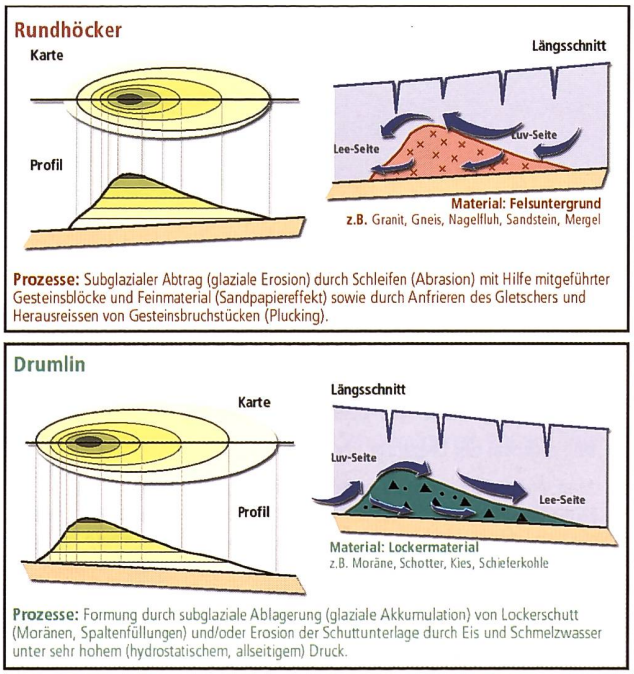


Abb. 5.6 Form, Inhalt und Entstehungsweise von Rundhöckern und Drumlins. (Grafik: Max Maisch)

AUFGABEN – FRAGEN

- Beschreibe diese beiden Landschaftsformen anhand der Kartenskizze und ihres Längsprofils!
- Welches sind die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Drumlins und Rundhöckern?
- Betrachte eine Karte des Zürcher Oberlandes im Gebiet zwischen Hinwil, Wetzikon, Pfäffikon und Uster: Was fällt dir bei der Anordnung der vielen Hügel auf?
- Aus welcher Richtung floss das Eis des Linth-/Rheingletschers?

BEOBACHTUNGEN – AUFTRÄGE

- Notiere, wo, in welchen Umgebungen und für welche Zwecke in deinem Wohnort (Schulort) überall grosse Gesteinsblöcke finden kannst! Verzeichne diese in einem Ortsplan!

- Finde heraus, ob einzelne Blöcke einen besonderen Namen tragen (z.B. «Erdmannlistein») und ob sie mit geheimnisvollen Geschichten verknüpft sind (z.B. «Pflugstein» von Herrliberg, Bild)!

- Schätze die Grösse ab und bestimme das Gewicht dieser Findlingsblöcke! Welche Gesteinsart (z.B. nach Farbe, Form, Grösse etc.) kommt am häufigsten vor? (im Bild ein roter «Verrucano»).

Abb. 5.7 Der «Ottiker Büel» (bei Gossau, ZH) zählt zu den am schönsten geformten Drumlins im Zürcher Oberland. (Foto: Max Maisch)

Haltepunkte der ausgehenden Eiszeit

Mit der generellen Erwärmung des Klimas am Ende der letzten Kaltzeit schwanden die alpinen Gletschersysteme etappenweise von ihren Maximallagen und schliesslich endgültig aus dem Alpenvorland zurück. Im Zeitraum des Spätglazials (ca. 20'000 - 11'500 Jahre vor heute) gaben die abschmelzenden Gletscher diejenigen Gebiete wieder frei, welche später und bis heute dem Menschen als Grundlage für seinen Siedlungs-, Wirtschafts- und Verkehrsraum dienen. Hinter den würmzeitlichen Endlagen und Hauptstadien können alpeneinwärts nachfolgende Gletscherstände identifiziert werden, z.B. das sog. «Hurden-Stadium» des Linth/Rheingletschers (vor ca. 18'000 bis 19'000 Jahren). Weitere «Rückzugsstadien» markieren kurzfristige Abkühlungsphasen im generellen Erwärmungstrend des Erdklimas und repräsentieren damit sekundäre Erholungsphasen der Alpengletscher.

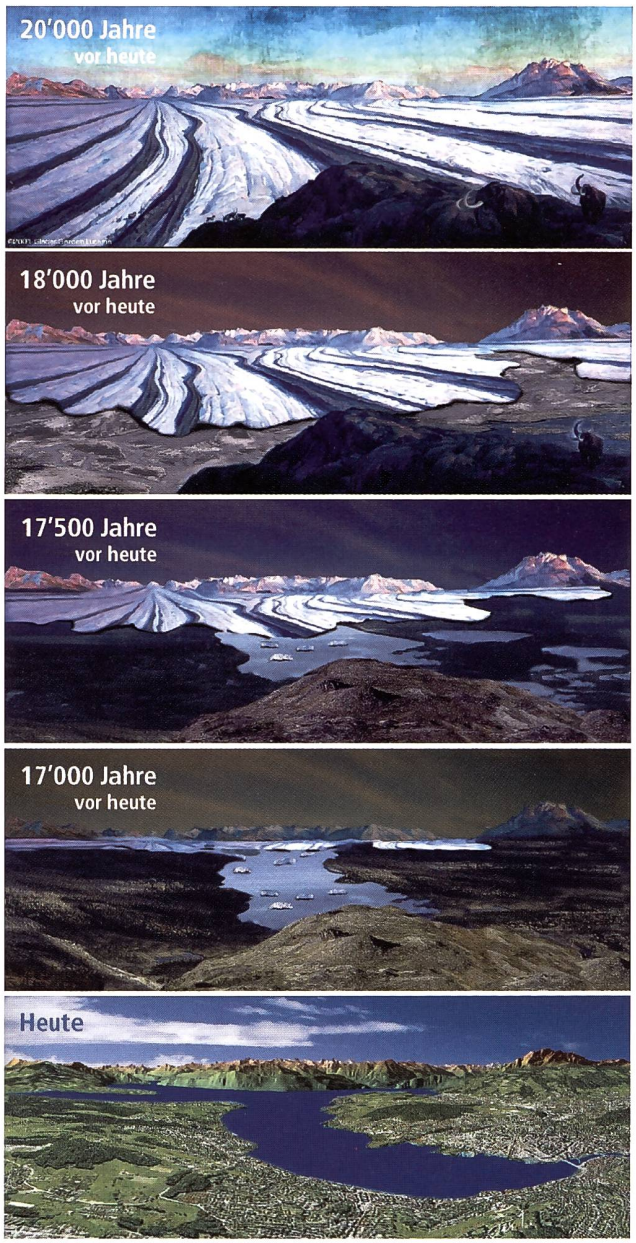


Abb. 5.8 Bildabfolge «Luzern am Ende der letzten Eiszeit». Ausgangsbild: E. Hodel (1926-1927), (Original im Gletschergarten Luzern. (Digitale Bildkompositionen: Max Maisch)

AUFGABE

- Finde die Unterschiede zwischen den einzelnen Bilddarstellungen und beschreibe, wie sich die Landschaft um Luzern in den letzten 20'000 Jahren verändert und entwickelt hat!

Unter und neben den rückschmelzenden Eismassen kamen dynamische, zunächst von Schmelzwasserbächen geprägte Pionierlandschaften zum Vorschein. In den von den Gletschern übertieften Felswannen bildeten sich die Vorformen der heutigen, später durch Zuschüttung und Verlandung stark geschrumpften Alpenrandseen. In den Talsohlen akkumulierten die Schmelzwasserbäche ausgedehnte Schotterfelder (Alluvionen), welche heute als Rohstoffquelle (Kiesabbau) und Trinkwasserreservoire genutzt werden. Durch den abrupten Klimaumschwung und die Änderung der Lebensraumbedingungen verschwanden die eiszeittypischen Tierarten durch Auswandern (z.B. Ren) oder Aussterben (z.B. Mammut). Auch die Wiederbesiedlung der eisfrei werdenden Areale durch die Vegetation (Pionierpflanzen, Wiederbewaldung) wird wichtiges Element der biotischen Natur- und Landschaftsentwicklung (vgl. Bildserie **Abb. 5.8**).

Auf ihrem Rückweg in die alpinen Hochlagen lagerten die Gletscher weitere Moränenwallserien ab. Als Abfolgen betrachtet ermöglichen sie eine Gliederung des spätglazialen Klima- und Gletschergeschehens in charakteristische stadiale Zeitperioden. Ganz markant tritt in den Alpen die Vorstossphase der «Jüngeren Dryaszeit» (sog. «Egesen-Stadium») in Erscheinung (Zeitraum vor 12'700 - 11'500 Jahren). Mit dem Rückgang der Gletscher auf holozäne, nacheiszeitliche Grössenordnung endete der Zeitabschnitt des Spätglazials. Seither schwanken die Alpengletscher auf höherem Temperaturpegel und bei erstaunlich geringer Schwankungsbreite (±1° C) nur noch innerhalb eng begrenzter Ausdehnungen, zwischen den Moränen von 1850/60 und ca. heutiger Grösse.

Hochalpine Landschaftsformen

Schliffgrenzen und Trogtäler

In den alpinen Hochgebirgslandschaften hat sich während den Eiszeiten und später im Verlaufe der Nacheiszeit (letzte 11'500 Jahre) ein ausserordentlich vielfältiger Formenschatz herausgebildet. Die grossräumige Wirkung des Gletschereises auf den Felsuntergrund (glaziale Erosion = Abrasion) ist am eindrücklichsten an den Schliffgrenzen und den typisch parabelförmigen Trogtälern zu erkennen. Die Schliffgrenze markiert die Linie zwischen den eiszeitlichen noch gletscherbedeckten und daher rundlich und «weich» geformten Talhängen und den heute schroff gezackten «harten« Berggräten (Bsp. Crasta Mora, **Abb. 5.9**). Diese ragten damals über die Eisoberfläche und waren einer extrem starken Frostverwitterung ausgesetzt.

Trogtäler (oft auch U-Täler genannt) weisen an den Gebirgshängen zahlreiche Kare, vom Gletscher in den Fels einerodierte Hohlformen mit steilen Rückwänden auf. Hängetäler, die abgesetzt mit

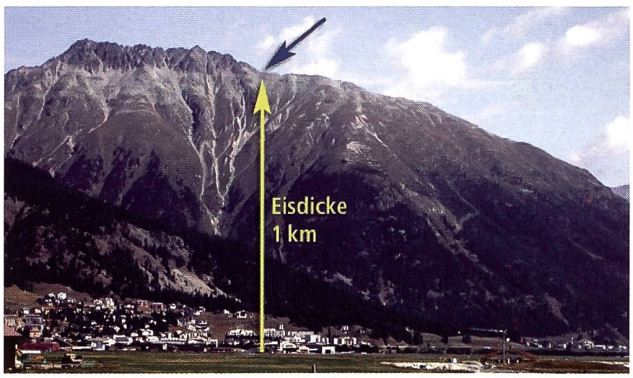


Abb. 5.9 Schliffgrenze an der Crasta Mora auf 2700 m an der Mündung des Val Bever ins Oberengadin. (Foto: Max Maisch)

Klimawandel im Gletschergarten

Ein Angebot für 100 Schulklassen

Die Albert Koechlin Stiftung AKS lädt 100 Primarschulklassen (Stufe 4. – 6.) der Innerschweiz zwischen September 2004 und Mai 2005 zu einem kostenlosen Besuch im Gletschergarten Luzern ein. Sie übernimmt die Reisekosten, den Eintritt und die rund anderthalbstündige Führung durch eine Fachperson.

Die einmalige Aktion will auf erlebnisreiche Art aufzeigen, dass aus der Geschichte der Gletscher Erkenntnisse über Ursachen und Folgen der Klimaveränderungen gewonnen werden können und dass verändertes Umweltverhalten auch Wirkung zeigt. Praktische Hinweise sollen zu bewusstem Umweltverhalten hinführen.

Im Angebot inbegriffen sind die Gletscher-Sondernummer der «neuen schulpraxis», eine Dokumentation zum Lesen von grafischen Kurven, die Reisekosten der Schulklassen nach Luzern und zurück, der Eintritt in den Gletschergarten, die Führung (durch einen Klima-Guide) mit Jahrmillionenshow, Experimenten und Gesprächen zum Thema Eis und CO_2 sowie illustrierte Gletscher- und Klimablätter für Schüler.

Die Anmeldungen erfolgen mit dem Coupon. Die 100 teilnehmenden Primarschulklassen werden in der Reihenfolge der Anmeldungen und prozentual zur Bevölkerungszahl der Kantone UR, SZ, OW, NW und der Ämter des Kantons Luzern bestimmt.

Anmeldeschluss: 15. Juli 2004

Die angemeldeten Schulklassen werden bis Mitte August 2004 schriftlich über die Teilnahme bzw. die organisatorischen Abläufe (Besuchsdaten, Reservation, Kostenregelung etc.) informiert.

Schulklassenstufe _____
Anzahl Schüler _____
Schulhaus/Adresse _____
_____
PLZ/Ort _____
Lehrerin/Lehrer _____
Telefon _____
E-Mail _____

Einsenden bis 15. Juli 2004 an:
Albert Koechlin Stiftung AKS, Reusssteg 3, 6003 Luzern, Fax 041 210 46 27

VIVARIUM
Tablat

Amphibien und Reptilien der Schweiz
in naturnah eingerichteten Aqua- und Freilandterrarien, Kleinsäuger, Insekten.
Naturgarten-Erlebnis-Parcours mit vielen Lebensräumen und Kleinstrukturen. Ideales **Schulreise- und Exkursionsziel** in naturnaher Landschaft im Tösstal/ZH für Schulklassen aller Altersstufen.

Weitere Informationen und Anmeldung: VIVARIUM Tablat, 8492 Wila
Tel. 052 385 35 76 www.vivarium-tablat.ch Unterstützt durch pro natura

Jugend-Ferien-Häuser

an Selbstkocher zu vermieten; für Klassenlager, Schul- und Ferienkolonien

Aurigeno/Maggiatal TI
65 Betten, 342 m ü. M., ab Fr. 10.00

Les Bois/Freiberge JU
130 Betten, 938 m ü. M., ab Fr. 11.00

Auskunft und Vermietung
Schweizer Kolpingwerk, St.Karliquai 12
6000 Luzern 5, Telefon 041/410 91 39, www.kolping.ch

KREIS- UND GRUPPENTANZ
«Wer Meditation und Stille erleben will, muss auch das Laute und Wilde kennen.»

1-jähriger Lehrgang in den drei Bereichen:
«ROCKIG – TRADITIONELL – MEDITATIV»

Kreis- und Gruppentänze sind an kein Alter, Geschlecht oder Religion gebunden. Sie ermöglichen eine Gemeinschaftserfahrung, die begeistert und zur bleibenden Erinnerung wird. Ideal für Kursarbeit, Pfarrei, Schule, Freizeit, Jugendarbeit, Tanzkreise und überhaupt für Feste im kleineren und grösseren «Kreis».

Ausbildungen in		
	der Schweiz	Bad Schönbrunn
	Österreich	Innsbruck und Wien
	Deutschland	Rot a. d. Rot

Jeweils an 6 Wochenenden/in drei Blockkursen.

Der Lehrgang ist eine Weiterentwicklung der JUSESO CD-Reihe «rockig-traditionell-meditativ».

ChoRa Kreistanzschule und Verlag
Ausbildungsprospekt anfordern unter:
Kreistanzschule ChoRa • CH-9220 Bischofszell
+41(0)71 422 57 09 • chora@chora.ch • www.chora.ch

«Do you speak music?»

SAX, FUN & RHYTHM
Saxofon-Workshop für Improvisationsanfänger
Kursleiter: Werner Englert, Leiter MUSIC-LAB.
Kursgebühr: CHF 450.–

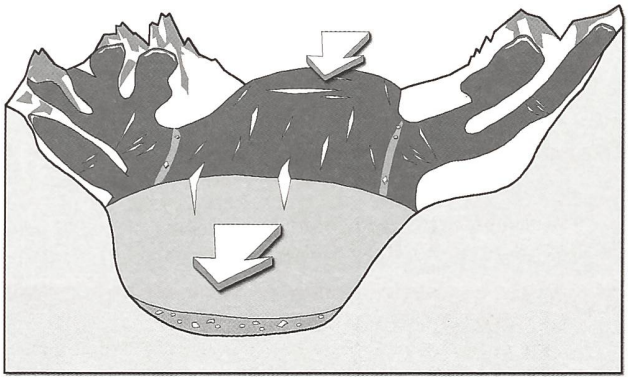
17. – 24. Juli 2004

Hotel Laudinella, 7500 St. Moritz
Info: www.laudinella.ch, Kurse und Kultur

fon: 081 836 06 02, fax: 081 836 00 01
kultur@laudinella.ch

Ferien mit Inhalt!

Abb. 5.10 Blick von der Segantinihütte (Schafberg Pontresina) in das während den Eiszeiten als U-Tal ausgeformte Val Roseg. (Foto: Max Maisch)



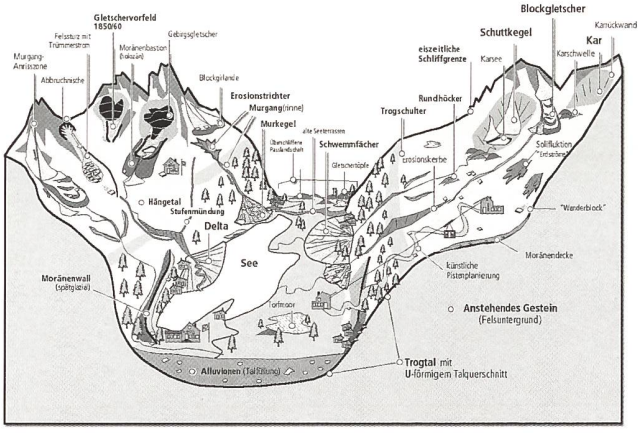


Abb. 5.11 Schemadarstellungen zur eiszeitlichen Entstehung und zum heutigen Formenschatz einer alpinen Trogtallandschaft (Beispiel: Oberengadin). (Grafik: Max Maisch)

einer Gefällsstufe ins Haupttal münden, haben sich dort gebildet, wo der weniger mächtige und daher schwächer erodierende Nebengletscher sich nicht bis auf das Niveau des Haupttales einzutiefen vermochte (z.B. Fextal, Fedoztal, Oberengadin). Schwemmkegel und Deltas schliesslich zeugen von der Aufschüttungsleistung der Flüsse und Bäche nach dem Verschwinden der eiszeitlichen Gletscherströme (**Abb. 5.10** und **Abb. 5.11**).

Rundhöcker(fluren)

Durch den Rückgang der Gletscher in den letzten 150 Jahren ist vor und neben den schrumpfenden Zungen im Vorfeld eine ausserordentlich vielfältige und reichhaltig strukturierte frische und dynamische Landschaft zum Vorschein gekommen (**Abb. 5.12**).

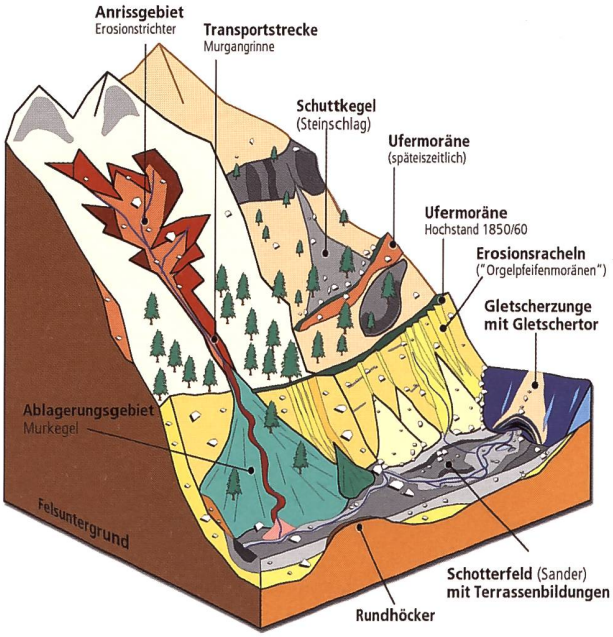


Abb. 5.12 Blockdiagramm mit ausgewählten hochalpinen Landschaftsformen im Vorfeld und in der Umgebung eines abschmelzenden Talgletschers (z.B. Morteratsch). (Grafik: Max Maisch)

Stehen einem vorstossenden Gletscher widerstandsfähige Felspartien im Wege, so vermag er deren Oberfläche dank seines enormen Gewichtes und mit Hilfe der im Eis und im Schmelzwasser mitgeführten Gesteinsfragmente in charakteristischer Art und Weise zu bearbeiten. Stromlinienförmig abgeschliffene Felsbuckel bezeichnet man als Rundhöcker. Sie weisen auf ihrem länglichen Rücken oft besonders schön entwickelte Kleinformen der glazialerosiven Überprägung auf (vgl. **Abb. 5.13** und **Abb. 5.14**).

Die dem Gletscher zugewandte Seite (Luvseite) ist durch den Anprall und die dadurch verstärkte abschleifende Wirkung des Eises deutlich flacher abgehobelt als die dem Eisfluss abgewandte, talwärtige Seite. Auf der Leeseite ist vor allem die ausbrechende Wirkung des Gletschereises zu beobachten (sog. Detraktion). Hier froren im Druckschatten des Felshindernisses grössere Gesteinsfragmente an den Gletscher an und wurden dann durch die Eisbewegung ruckartig herausgebrochen.

Die abschleifende Tätigkeit des Gletschers (sog. Detersion oder Abrasion) kann am besten mit der Wirkung eines Schleifpapiers verglichen werden. An der Gletscherbasis eingefrorene Gesteinspartikel erodieren langsam und in kleinsten Bruchteilen den anstehenden Felsuntergrund. Spitze, hervorstehende Trümmer hinterlassen meistens längliche, mehrere Millimeter tiefe Kratzspuren, sogenannte Gletscherschrammen. Je dicker der Gletscher ist und je schneller das Eis fliesst, desto intensiver entfaltet sich die abschleifende Wirkung. Im Schmelzwasser unter hohem Druck mitgeschlämmte Sandpartikel vermögen die Gesteinsoberfläche zudem glatt bis sogar glänzend zu polieren. Auf der Oberfläche von Rundhöckern kann man bei genauerem Hinsehen vereinzelt auch sogenannte Sichelbrüche erkennen (vgl. **Abb. 5.15**). An Schwächestellen und entlang von Gesteinsklüften hat hier der zeitweise anfrierende Gletscher sichelförmige Fragmente (ca. 10-30 cm breit) herausgebrochen. Auch sog. «rattails« und «chatter marks» (**Abb. 5.16**) sind faszinierende «Glazialskulpturen» im Kleinformat. An diesen Beispielen kann man im verkleinerten Massstab genau diejenigen Bildungsprozesse erkennen, welche im Verlauf der Eiszeiten Schritt für Schritt die parabelförmigen Querschnitte unserer Alpentäler ausgeschliffen und ausgebrochen haben.

Abb. 5.13 Musterbeispiel eines Rundhöckers am Wanderweg im Vorfeld des Morteratschgletschers. (Foto: Max Maisch)

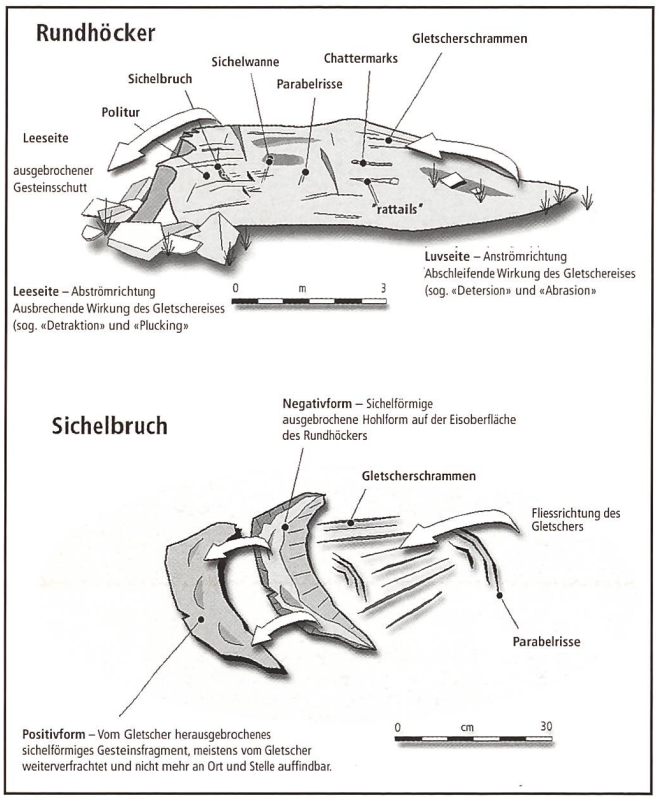


Abb. 5.14 Schematische Darstellung eines Rundhöckers mit vielfältiger Prägung durch Kleinformen der Gletschererosion. (Grafik: Max Maisch)

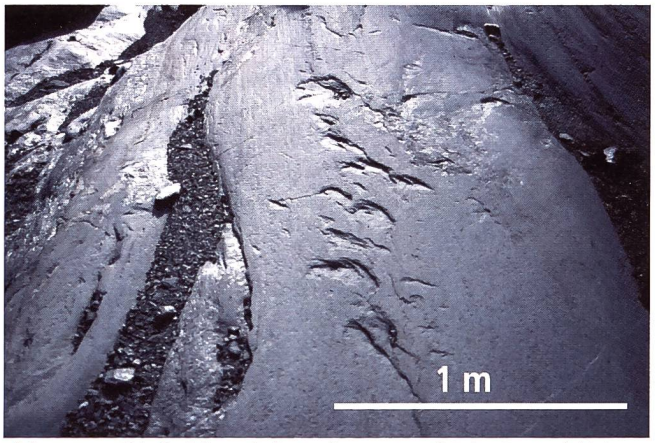


Abb. 5.15 Sichelbrüche auf glatt poliertem Rundhöcker im Vorfeld des Findelengletschers (VS). Der Eisfluss verlief von unten nach oben). (Foto: Max Maisch)

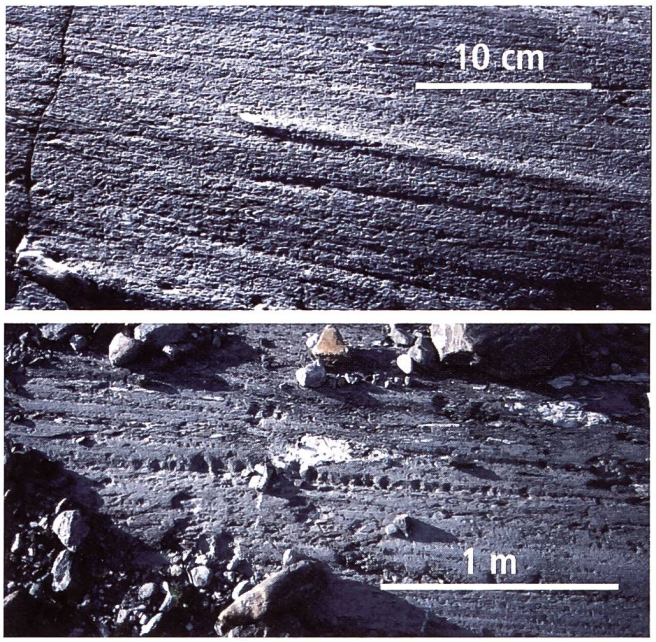


Abb. 5.16 «Rattails» (Rattenschwänze, oben) und «chatter marks»(unten) als Kleinformen der selektiven Glazialerosion. Der Eisfluss verlief von links nach rechts. (Fotos: Max Maisch)

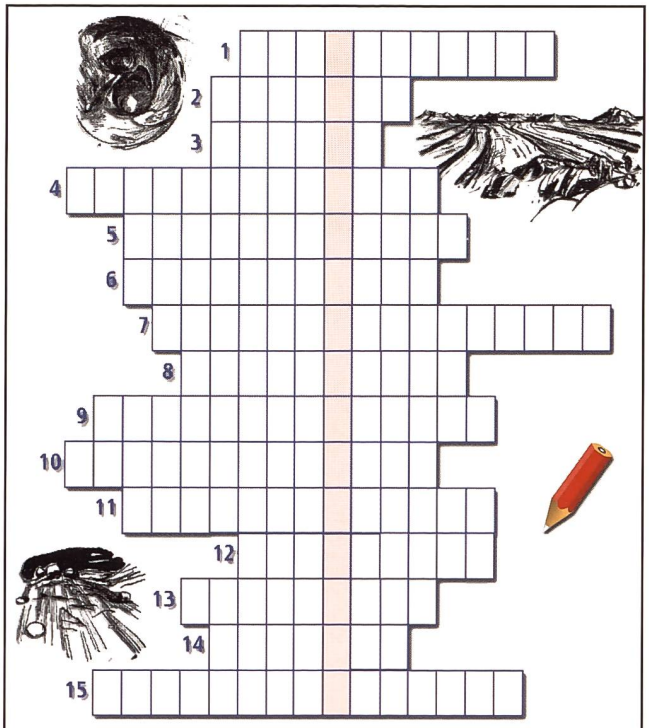
NOVEX
MÖBELBAU
ScuolaBox.
Büro- und Schuleinrichtungen
Baldeggstrasse 20, CH-6280 Hochdorf
Tel. 041 914 11 41, Fax 041 914 11 40
e-mail: info@novex.ch
www.novex.ch

F	Y	K	W	K	N	R	K	O	O	E	M	M	L
X	G	L	E	T	S	C	H	E	R	T	O	P	F
A	B	I	Q	R	N	R	W	I	C	O	R	X	I
R	Y	M	W	O	A	K	X	S	A	Y	A	Y	N
E	A	A	D	G	C	A	H	Z	E	U	E	D	D
K	C	W	P	T	V	R	Z	A	L	A	N	E	L
C	P	A	L	A	M	K	U	F	F	B	E	Q	I
E	C	N	D	L	G	A	I	W	G	A	N	H	N
O	I	D	X	J	L	R	I	V	F	G	W	R	G
H	O	E	H	S	N	C	A	S	A	M	A	M	N
D	C	L	K	O	K	A	I	N	C	V	L	E	P
N	Q	U	E	S	É	R	A	C	S	H	L	A	F
U	T	S	T	A	Z	T	A	S	M	U	A	A	W
R	A	Y	Z	E	H	R	G	E	B	I	E	T	V

Begriff/Name	Umschreibung - Definition

Abb. 5.17 Gletscherspalten-Chaos (Aufgabenblatt).

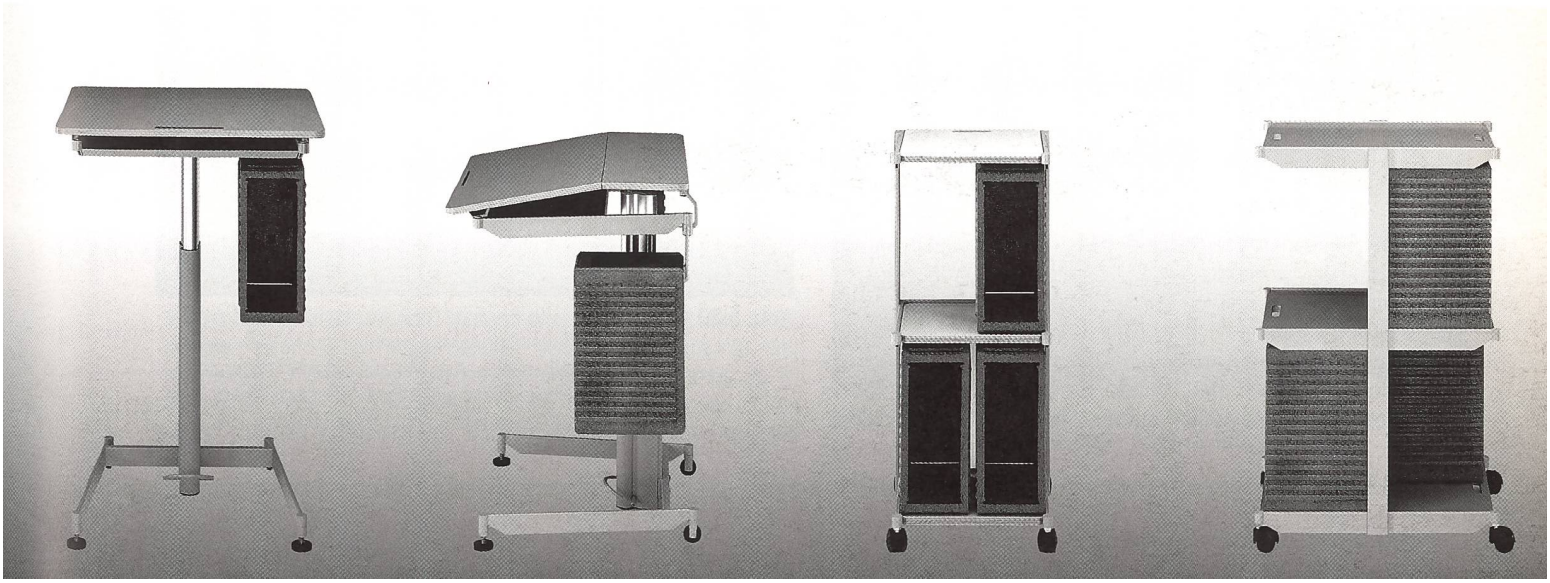
GLETSCHERSPALTEN-CHAOS • Suche aus diesem Buchstabenwirrwarrr zehn Begriffe heraus, die mit dem Thema Gletscher zu tun haben. Alle Richtungen sind möglich!



1 Bezeichnung für die oberste Gletscherspalte
2 scharenweise auftretende, vom Gletscher elliptisch geformte Hügel aus lockerem Schuttmaterial
3 konzentrisch auf der Gletscheroberfläche angeordnete Eiswülste unterhalb von Steilstufen
4 durch Schmelzwasser unter dem Eis gebildete Strudellöcher im Fels (Prachtsexemplare gibt es im Luzerner Gletschergarten)
5 Fachbezeichnung für die letzte Eiszeit
6 vom Gletscher geschliffene und abgerundete Felsbuckel
7 vom Gletscher in den letzten 150 Jahren freigegebenes Gelände
8 Zone, wo der Gletscher insgesamt an Masse verliert (dt. Bez.)
9 eine Art «Gletschermöbel» (grosse Steinplatte mit Eissockel)
10 entströmt kalt und sprudelnd dem Gletschertor
11 könnte durch den weltweiten Schwund der Gletscher stark ansteigen und niedrige Inseln unter Wasser setzen
12 ein herumirrender Moränenblock aus ortsfremdem Gestein (lat.)
13 bildet neben der Antarktis das zweitgrösste Eisreservoir der Erde
14 eiszeitliche Talform mit typisch parabelförmigem Querprofil
15 Zeitraum zwischen zwei grossen Kaltzeiten (Fachbegriff)

Ü = UE, Ö = OE

Abb. 5.18 Gletscherkundliches Gitterrätsel (Grafik: Max Maisch)



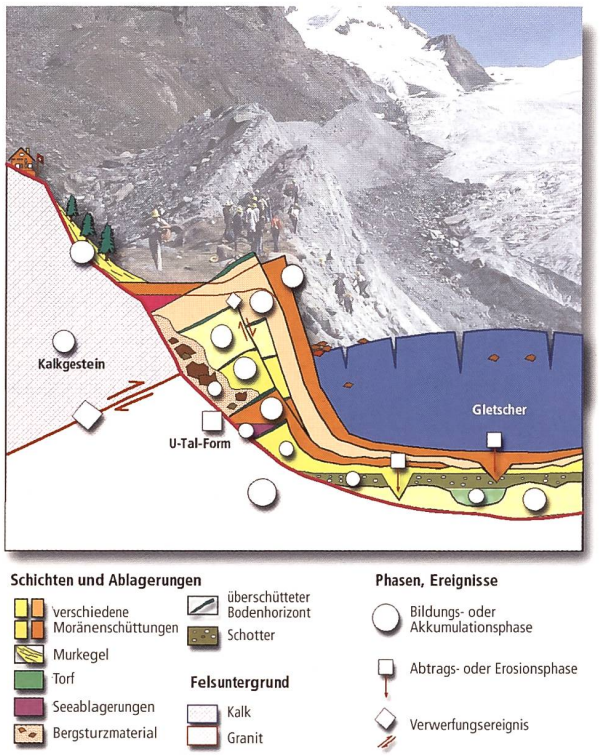


Abb. 5.19 Aufbau eines Ufermoränenwalles auf der rechten Talseite des Findelengletschers (VS). Schematische Darstellung.

AUFGABE • Versuche, die in diesem Profil dargestellten Schüttungs- und Erosionsphasen im Aufbau einer Ufermoräne der Reihe nach durchzunummerieren (von 1 - 19)!

Ufermoränen

Es fällt auf, dass sich an den Rändern alpiner Talgletscher auffallend mächtige, dachgiebelartige Wallformen herausgebildet haben. Diese oft mehrere hundert Meter langen «vorspringenden» Geländestrukturen zeichnen mit unübertroffener Klarheit die ehemalige Mächtigkeit des Gletschers und damit auch das Ausmass des seit 1850/60 erfolgten Schwundes nach. An einigen Stellen, wo die Erosion die Wallform bereits kräftig zerschnitten (z.B. entlang von Erosionsracheln) hat, kann die Lagerung des Moränenmaterials und der innere Aufbau dieser Wallformen gut studiert werden (**Abb. 5.19**).

Es wird deutlich: Der imposante Moränenschutt wurde nicht nur während eines einzigen Vorstosses angehäuft. Vielmehr ist er das Resultat verschiedener früherer Gletscherhochstandsphasen in den vergangenen 11'500 Jahren. Der Gletscher hat dabei mehrmals Schutt herangeführt und regelmässig übereinander gestapelt. An einigen Stellen kann man gut erkennen, dass die Moränenschichten gegen aussen, also gegen den Berghang hin, deutlich abfallen. Hier hat der Gletscher wie ein Bulldozer seine Gesteinsfracht nach aussen gekippt und auf diese Art und Weise seinen ursprünglichen Moränenwall durch Überschüttungen laufend erhöht.

In Phasen mit mildem, gletscherungünstigem Klima sank die Eisoberfläche durch den Eisschwund ab. Dabei konnten sich auf der inaktiven Moränenoberfläche mit der Zeit deutliche Bodenhorizonte ausbilden, auf welchen sich später vereinzelt sogar Baumbewuchs einstellte. Bei den jeweils nachfolgenden Gletschervorstössen, welche das Ausmass der bisherigen Hochstände erreichten, kam es zur Überschüttung und Bedeckung (oder Fossilisierung) dieser Bodenhorizonte. Unter günstigen Umständen sind solche ehemaligen Bodenoberflächen mitsamt ihrem organischen Inhalt (Pflanzen- und Holzreste) erhalten geblieben und können dann durch Grabungen oder durch Abschürfen gefunden, geborgen und dann im Labor auch datiert werden (Radiokarbonmethode).

Blockgletscher

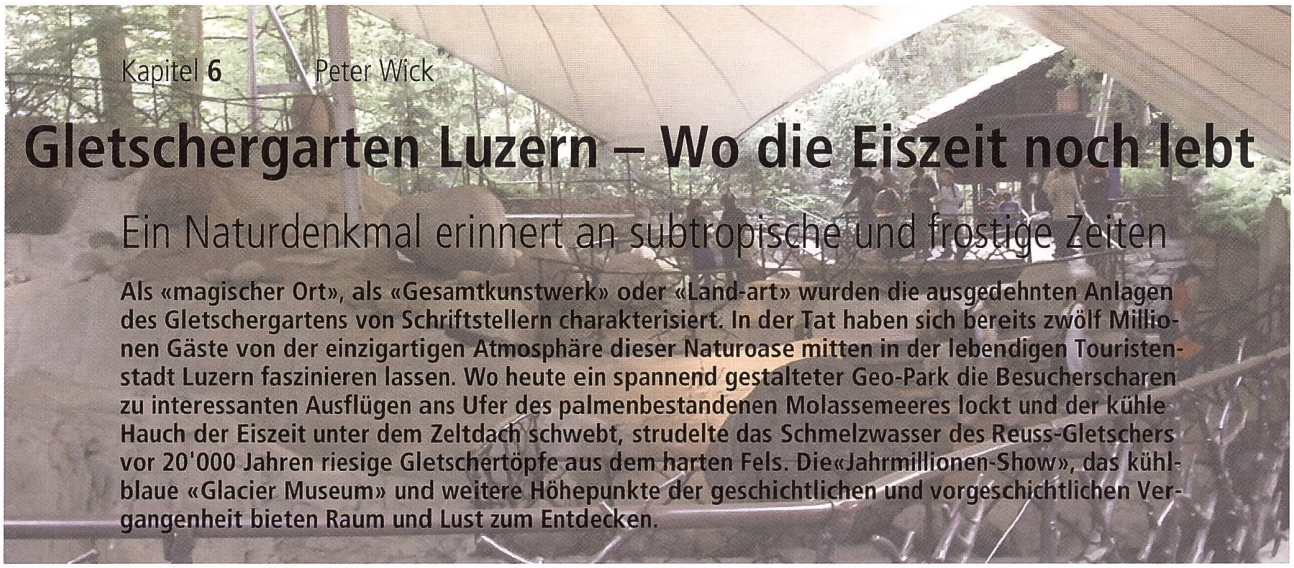
An den gletscherfreien Berghängen und in strahlungsgeschützten Karmulden haben sich durch Frostverwitterung und Steinschlag ansehnliche Schutthalden angehäuft. In der Höhenstufe mit Permafrost (Permafrost = ganzjährig gefrorenes Gesteins- und Bodenmaterial) betragen die Temperaturen im Jahresmittel weniger als –2° C. Aus dem Schutt am Hangfuss können sich unter diesen Bedingungen zungenförmige Kriechstrukturen mit auffallenden Wülsten herausbilden. Man bezeichnet diese typischen Formen des Permafrostes als Blockgletscher (oder Blockströme). Mit echten Gletschern haben sie wenig gemeinsam. Es sind vielmehr felsige Blockmassen, die sich unter dem Einfluss der Schwerkraft und dank des in den Porenräumen eingefrorenen Permafrosteises langsam (im Mittel 0.1 - 1.0 m/Jahr) talabwärts bewegen (**Abb. 5.20**). Von ihrem äusseren Erscheinungsbild ähneln sie Lavaströmen.

Abb. 5.20 Zungenförmiger Blockgletscher (kriechender Permafrost) mit ausgeprägten Fliessstrukturen (Val Muragl, GR). (Foto: Max Maisch)

Erdpyramiden

An wenigen Standorten (z.B. im Wallis) gibt es «Erdpyramiden» zu beobachten. Diese bizarren Schuttformationen sind schöne Beispiele dafür, wie aufbauende (Akkumulation von Moränenschutt durch einen Gletscher) und abtragende Prozesse (Erosion durch Regenwasser und kleine Bachgerinne) im langjährigen Wechselspiel das Landschaftsbild ganz einzigartig auszuformen und auszugestalten vermögen (**Abb. 5.20**).

Abb. 5.20 Erdpyramiden von Euseigne (VS). Die skurrilen Landschaftsformen sind durch Erosion aus einer vor ca. 15'000 Jahren (im Spätglazial) abgelagerten Moränenschicht entstanden. Die grossen Blöcke bilden eigentliche Schutzschilde vor den Angriffen des Regenwassers. (Foto: Max Maisch)



Kapitel **6** Peter Wick

Gletschergarten Luzern – Wo die Eiszeit noch lebt

Ein Naturdenkmal erinnert an subtropische und frostige Zeiten

Als «magischer Ort», als «Gesamtkunstwerk» oder «Land-art» wurden die ausgedehnten Anlagen des Gletschergartens von Schriftstellern charakterisiert. In der Tat haben sich bereits zwölf Millionen Gäste von der einzigartigen Atmosphäre dieser Naturoase mitten in der lebendigen Touristenstadt Luzern faszinieren lassen. Wo heute ein spannend gestalteter Geo-Park die Besucherscharen zu interessanten Ausflügen ans Ufer des palmenbestandenen Molassemeeres lockt und der kühle Hauch der Eiszeit unter dem Zeltdach schwebt, strudelte das Schmelzwasser des Reuss-Gletschers vor 20'000 Jahren riesige Gletschertöpfe aus dem harten Fels. Die«Jahrmillionen-Show», das kühlblaue «Glacier Museum» und weitere Höhepunkte der geschichtlichen und vorgeschichtlichen Vergangenheit bieten Raum und Lust zum Entdecken.

Unter dem Zeltdach im Gletschergarten Luzern (Foto: Max Maisch)

Abb. 6.1 Faszinierender Blick in die Tiefe eines eiszeitlichen Gletschertopfes. (Foto: Gletschergarten Luzern)

Ein Gletscher mitten in der Stadt Luzern?

Es kommt immer mal wieder vor, dass sich Besucher, die erstmals in Luzern weilen, die Augen reiben, wenn sie die Schilder mit der Bezeichnung «Gletschergarten» sehen. Ein kühler Ort mit Schnee und Eis, das wäre im heissen Sommer 2003 ein Hit für schwitzende Globetrotter gewesen. Ähnlich ungläubig reagierten Einheimische und Touristen im Jahre 1872, als Joseph Wilhelm Amrein-Troller beim Bau eines Weinkellers im Luzerner Sandstein auf rätselhafte Spuren längst vergangener Vorzeiten stiess. Die Sensation war damals perfekt: Nicht nur Gletscherschliffe, Findlinge und Gletschertöpfe als Zeugen der eiszeitlichen Vergletscherung wurden unter der Wiese neben dem Löwendenkmal freigelegt, sondern zum grossen Erstaunen am gleichen Ort auch versteinerte Meeresmuscheln und Palmblätter. Was lag da näher als die Vermutung, es handle sich dabei um einen gross angelegten für die Touristen inszenierten «Bschiss».

Um solchen Verdächtigungen einen Riegel zu schieben, griff der bekannteste Geologe der Schweiz, Professor Albert Heim von der ETH Zürich, persönlich zur Feder und verfasste einen handgeschriebenen Attest, der bestätigte, dass hier nur die Natur und nicht Menschenhand am Werk war. Der Gletschergarten war dann später auch eine der ersten geologischen Fundstätten, die ins schweizerische Bundesinventar der Naturobjekte von nationaler Bedeutung aufgenommen wurden. Seither haben 12 Millionen Besucher, darunter gegen 3 Millionen Schüler, den im Naturdenkmal «zementierten» Klima- und Landschaftswandel bestaunt (**Abb. 6.1**). In den im Jahre 2003 eröffneten neuen Themenbereichen «Geo-World Luzern», «Jahrmillionen Show» und «Glacier Museum» sind auch die neuesten Entwicklungen des Klimawandels und der globalen Umweltgeschichte anschaulich dargestellt. Der Gletschergarten eignet sich wie kaum ein anderes Geotop zum erlebnishaften Eintauchen in die Gletscher-, Eiszeit- und Klimathematik. Das gilt im Besonderen für Schulen: Beobachtungen am originalen Naturobjekt, Interpretation mit Hilfe von didaktischen Hilfen und Diskussionen über die «Klimaerwärmung» und deren Ursachen, die nicht selten sehr emotional geführt werden.

Dank einer grosszügigen Überdachung des Naturdenkmals ist der Besuch wetterunabhängig, eine Picknickterrasse steht zur Verfügung und ..., da lockt in der Pause ein Museumsobjekt aus dem Jahre 1896, das seine Anziehungskraft auch im Zeitalter von Computerspielen und Internet nicht eingebüsst hat: das Spiegellabyrinth «Alhambra».

Eiszeit zum Anfassen

Namengebend für den Gletschergarten sind die vielfältigen Zeugen der eiszeitlichen Vergletscherung.

Findlinge

Die erratischen Blöcke im Gletschergarten lagen ursprünglich nicht an der Oberfläche des Areals, sondern wurden erst nach der Entdeckung im Jahre 1872 bei den Ausgrabungen aus den Gletschertöpfen geborgen. Sie stammen vom Einzugsgebiet des Reussgletschers, aus den Zentralschweizer Kalkalpen und aus dem Aarmassiv (**Abb. 6.2**). Die meisten dieser Blöcke sind zugerundet, weil sie in der Tiefe der Gletschertöpfe vom Wasser umspült worden sind.

Abb. 6.2 Ein Granitblock wird im Gotthardgebiet vom Gletscher talwärts transportiert. (Foto: Urs Bütler)

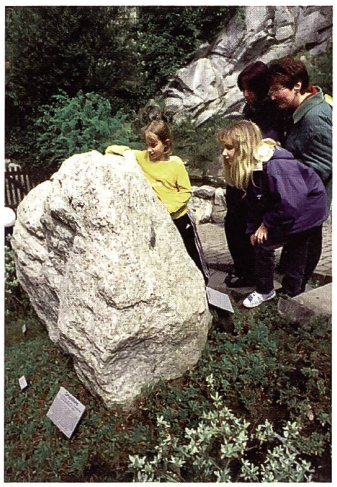


Abb. 6.3 Dropstone: Dieser Granitfindling ist nicht zugerundet. Er wurde nicht aus einem Gletschertopf, sondern 32 m unter dem Bahnhof Luzern aus Seeablagerungen geborgen. (Foto: Gletschergarten Luzern)

Früher nahm man an, dass die bis 6 Tonnen schweren Blöcke vom Schmelzwasser in drehende Bewegung versetzt wurden und dabei die Gletschertöpfe aus dem Fels «gemahlen» hätten. Daher etablierte sich auch der irreführende Ausdruck «Gletschermühle».

Ein aussergewöhnlicher Findling ist der ebenfalls im Gletschergarten zu besichtigende «Dropstone» (**Abb. 6.3** und **Abb. 6.4**). Von der Stirn des Gletschers, der vor etwa 17'500 Jahren den Vierwaldstätter See noch zur Hälfte ausfüllte, lösten sich Eisberge. Einer dieser Eisriesen trieb, beladen mit einem Findling, gegen das Seeende. Im Bereich der heutigen Stadt Luzern schmolz das Eis, und der Felsbrocken sank auf den Seegrund (to drop = herunterfallen).

Abb. 6.4 Dieses Bild zeigt, wie der erratische Block auf einem Eisberg schwimmend Luzern erreichte. (Fotomontage: Peter Fitze und Peter Wick, Gletschergarten Luzern)

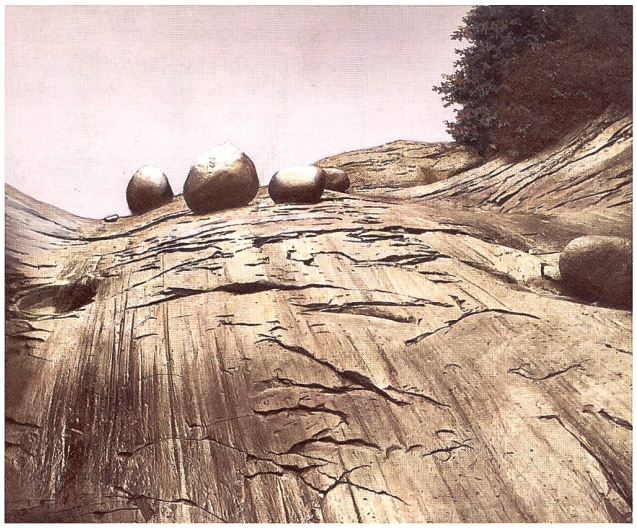


Abb. 6.5 Historische Aufnahme (um 1875) mit Gletscherschliffen und zugerundeten Findlingen im Gletschergarten Luzern. Fliessrichtung des Gletschers in Blickrichtung. (Foto: Gletschergarten Luzern)

Gletscherschliffe

Von der abschleifenden Wirkung der Gletscher zeugen die in Süd-Nordrichtung verlaufenden Schrammen und die Rundhöcker. Geübte Beobachter entdecken an einigen Stellen sogenannte Sichelbrüche, die durch den Druck des mit Steinen durchsetzten Gletschereises im Fels entstanden sind. Die konvexe Seite der Sichelbrüche weist in Richtung der Gletscherbewegung (**Abb. 6.6**).

Abb. 6.6 Peter Wick, der Direktor des Gletschergartens, erläutert hier eiszeitliche Gletscherschrammen und Sichelbrüche auf dem tertiären Molassesandstein. Fliessrichtung des Gletschers von rechts nach links. (Foto: Gletschergarten Luzern)

Die Entstehung der Gletschertöpfe

An einem eiszeitlichen Sommertag konnte die Lufttemperatur auch einmal auf 20 Grad Celsius ansteigen. Pro Tag schmilzt dann an der Oberfläche des Gletschers bis 10 cm Eis ab. Das Schmelzwasser dringt durch Spalten und am Rand in das Gletscherinnere. Das unter hohem Druck stehende Wasser bewegt sich durch Eiskanäle und am Grund des Gletschers in Richtung Gletscherende. Verengt sich das unterirdische Flussbett, beschleunigt sich die Fliessgeschwindigkeit (**Abb. 6.7** und **Abb. 6.8**).

Abb. 6.7 Der grösste Gletschertopf im Gletschergarten ist 9 Meter tief und hat einen Durchmesser von 8 Metern. (Foto: Gletschergarten Luzern)

Die Entstehung eines Gletschertopfes

Schmelzwasser stürzt durch Spalten von der Gletscheroberfläche zum Grund und fliesst in Strömen ab.

An gewissen Stellen entstehen Wirbel. Unter riesigem Druck und mit Geschwindigkeiten bis zu 200 km/h erodiert das Wasser den Felssen. Nicht ein Findling, sondern Sand und Kies im trüben Schmelzwasser leisten die Haubtarbeit beim Aushöhlen des Felsens.

Quelle: www.gletschergarten.ch

Dieses Bild illustriert die veraltete Theorie eines sich drehenden Findlings, der durch seine Bewegung ein Loch in den Fels fräst.

Abb. 6.8 Die Entstehung der Gletschertöpfe. (Grafik: design open, Luzern)

Nun braucht es nur noch ein kleines Hindernis, und es entstehen Wirbel, in denen das Wasser mit bis zu 200 Stundenkilometern herumstrudelt. Das in der trüben Gletschermilch mitgeführte Sand- und Kiesmaterial kolkt innert wenigen Jahren die tiefen Gletschertöpfe aus. Die grossen Findlingsbrocken, die in die Gletschertöpfe stürzten, wurden dabei auch zugerundet. Sie drehten sich aber – wie bereits erwähnt – nicht um die eigene Achse und waren bei der Entstehung der grossen Strudellöcher nicht beteiligt.

Palm Beach

Das weltbekannte Löwendenkmal, das an den Untergang der Schweizergarde im Jahre 1792 während der Französischen Revolution in Paris erinnert, einmal anders gesehen. Auf einer Informationstafel kann man mit einer kurzen Hebeldrehung die Abbildung des Löwen in einen Sandstrand am Meer verwandeln (**Abb. 6.9**). Der fein geschichtete Sandstein wurde durch die am Strand auslaufenden Wellen gebildet. Solche Plattensandsteine waren früher als Baumaterial gesucht. Die senkrechte Felswand des Löwendenkmals ist denn auch eine ehemalige Abbauwand eines Sandsteinbruches. Im Gletschergarten selbst wird der Besucher – der sich bereits in die Kälte der Eiszeit zurückversetzen liess – durch den Anblick von versteinerten Meeresmuscheln (**Abb. 6.10**) und Palmblätter (**Abb. 6.11**) verwirrt. Die Erklärung ist einfach: Während die Spuren der Eiszeit vor etwa 20'000 Jahren entstanden sind, herrschte bei uns viel früher – vor 20 Millionen Jahren – ein wesentlich wärmeres Klima, und die Umgebung des heutigen Luzerns lag im Strandbereich eines Meeres (**Abb. 6.12** und **Abb. 6.13**).

Abb. 6.9 Die schief gestellten, fein laminierten Sandsteinschichten, aus denen das Löwendenkmal 1821 herausgemeisselt wurde. (Foto: Max Maisch)

Abb. 6.10 Versteinerte Muschelschalen, die vor 20 Millionen Jahren im Uferbereich des Molassemeeres angeschwemmt wurden. (Foto: Gletschergarten Luzern)

Abb. 6.11 Abdruck eines Palmenblattes. (Foto: Gletschergarten Luzern)

Abb. 6.12 Paläogeographische Karte der Miozänzeit. Der schmale Meeresarm (Paratethys) ist durch die Alpenbildung vom Urmittelmeer (Tethys) abgetrennt worden. (Grafik: Beat Keller)

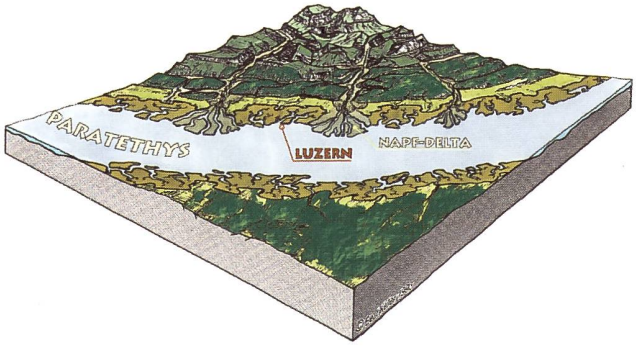


Abb. 6.13 Aus den Alpen schwemmten grosse Flüsse Deltas aus Geröll, Sand und Schlamm in das Molassemeer. (Grafik: Beat Keller)

Jahrmillionen-Show

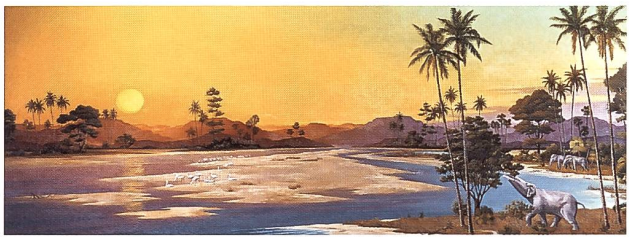


Abb. 6.14 Luzern vor 20 Millionen Jahren (Miozän). Ein palmenbestandener subtropischer Meeresstrand.

Abb. 6.15 Luzern gegen Ende der letzten Eiszeit (Würm) vor etwa 20'000 Jahren. (Bilder: Gletschergarten Luzern)

Die berühmten wissenschaftlich fundierten erdgeschichtlichen Wandgemälde «Luzern zur Miozänzeit» (vor 20 Millionen Jahren, **Abb. 6.14**) und «Luzern zur Eiszeit» (vor etwa 20'000 Jahren, **Abb. 6.15**) sind heute eingebettet in eine Show, die den fundamentalen Wandel der Landschaft und des Klimas veranschaulicht. Die im Naturdenkmal in Stein geschriebene Geschichte, die von einem palmenbestandenen subtropischen Meeresstrand zur Gletscherwelt der Eiszeit führt, wird emotional erlebt. Unbeantwortet bleibt am Schluss die Frage, wohin die Reise weiter führt: Gehen wir einer nächsten Eiszeit entgegen oder wachsen bald einmal Feigen-, Zimt- und Lorbeerbäume an den Abhängen des Pilatus?

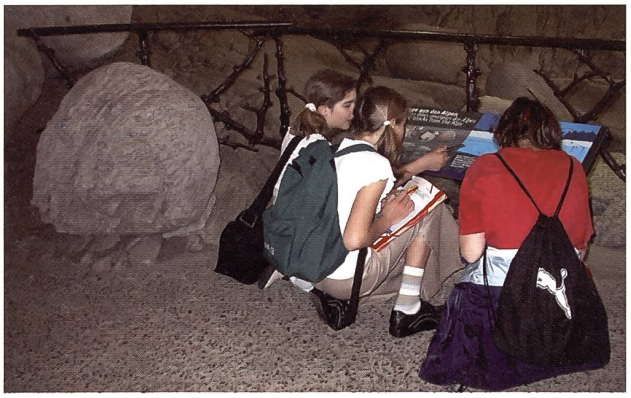


Abb. 6.16 Spielerisches Lernen im Banne der eiszeitlichen Findlingsblöcke. (Foto: Max Maisch)

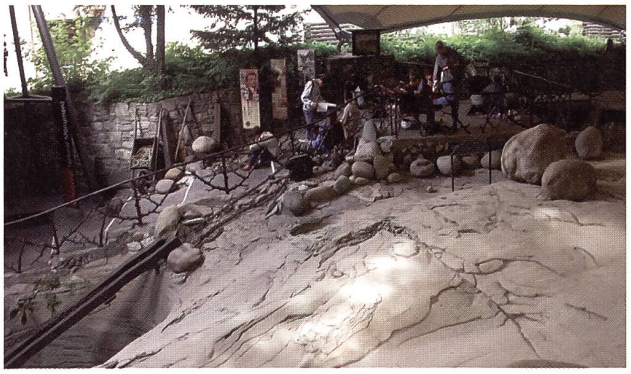


Abb. 6.17 Der Gletschergarten Luzern bietet für Schulklassen wie für Touristen eine abwechslungsreiche und unterhaltende Erlebniswelt. (Foto: Max Maisch)

Glacier Museum

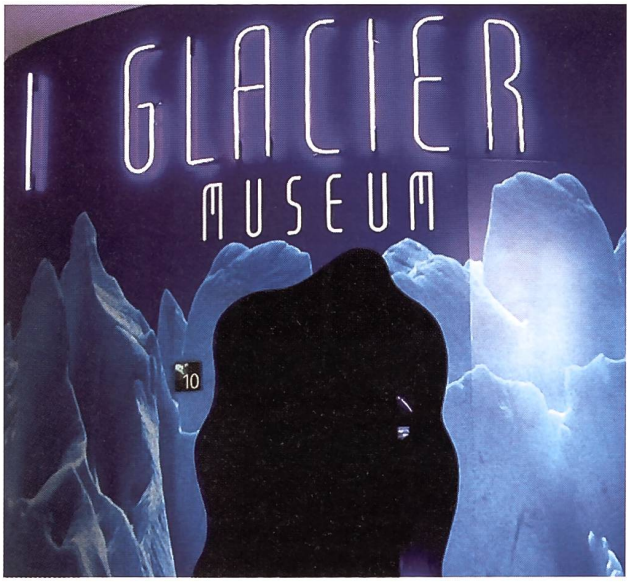


Abb. 6.18 Eingangstor zum Glacier Museum. (Foto: Gletschergarten Luzern)

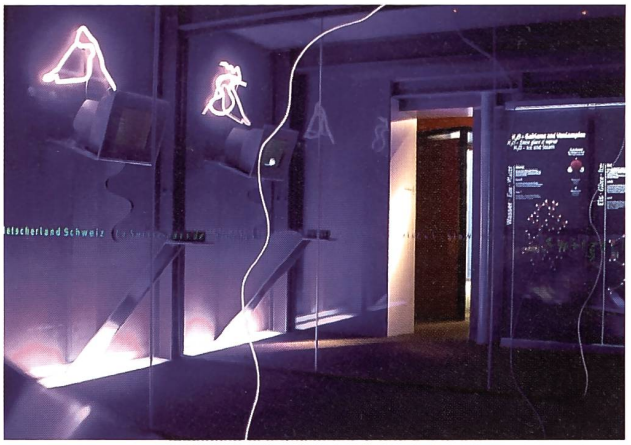


Abb. 6.19 Das neue Glacier-Museum mit dem interaktiven Informationssystem Gletscherland Schweiz. Im Hintergrund die molekulare Struktur von Wasser, Eis und Dampf. (Foto: Gletschergarten Luzern)

Erster Anziehungspunkt im Glacier Museum (**Abb. 6.18** und **Abb. 6.19**) ist das von Toni Mair (Geomodelia, Oberägeri) in allen Details ausgestaltete Bernina-Relief (**Abb. 6.20**). An Morteratsch-, Pers-, Tschierva- und Roseggletscher lassen sich fast schulbuchmässig die verschiedensten Bereiche der Gletscherkunde studieren und erklären.

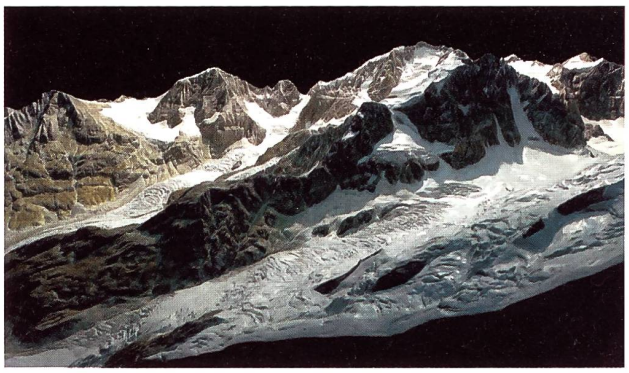


Abb. 6.20 Ausschnitt aus dem Bernina-Relief von Toni Mair (Geomodelia, Oberägeri) mit Tschierva- und Roseggletscher und dem Piz Bernina mit dem Biancograt. (Foto: Toni Mair)

Abb. 6.21 Startbildschirm des interaktiven Gletscherinformationssystems «Gletscherland Schweiz». (Grafik: Max Maisch)

Gletscherland Schweiz

Wie es der Titel aussagt, Kernstück der an drei Monitoren abrufbaren grossen Gletscherdatenbank sind Informationen über alle grösseren und bekannten Gletscher der Schweiz (**Abb. 6.21**). Geordnet nach Kantonen oder Gebirgsgruppen erfährt man zusätzlich, wie weit die Gletscher seit 150 Jahren zurückgeschmolzen sind. Neben den eher sachlichen Gletscherportraits gelangt man mit Mausklick zu weiteren reich illustrierten Zusatzinformationen und speziellen «Gletschergeschichten» (**Abb. 6.22**). Aufgebaut, gestaltet und benutzerfreundlich programmiert wurde «Gletscherland Schweiz» von Prof. Dr. Max Maisch vom Geographischen Institut der Universität Zürich.

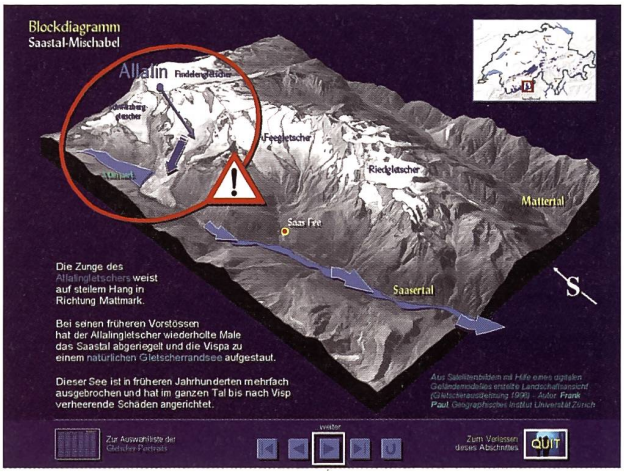


Abb. 6.22 Bildschirmseite mit 3D-Blockdiagrammdarstellung zum Allalingletscher. Im hinteren Saastal (Wallis) wurde hinter der jeweils bis ins Tal vorgestossenen Zunge des Allalingletschers in früheren Jahrhunderten ein See gestaut. Dieser brach wiederholte Male aus und führte talabwärts zu Überschwemmungskatastrophen. (Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo, BA046241; Grafik: Frank Paul und Max Maisch)

Das Informationssystem macht aber nicht Halt bei der Präsentation der Gletscher der Schweiz. Es beinhaltet auf über 1000 einzelnen Bildschirmseiten rund 1200 Grafiken und Abbildungen sowie eine riesige Auswahl von spannenden weiteren Informationen über Gletscher, Eiszeit und Klima. Tabellen mit den Rekordgletschern geben Auskünfte zu den grössten, längsten und mächtigsten Gletscherströmen der Schweiz. Und, wem die Konzentration nachzulassen beginnt, lässt sich in der selbständig ablaufenden Bildergalerie von der Schönheit der Gletscherwelt faszinieren.

«Gletscherland Schweiz» – Inhaltsübersicht

Modul A: • Gletscher der Schweiz – Coole Typen auf einen Klick...
Enthält eine Datenbank mit den Kennwerten von über 400 Schweizer Gletschern. Von den bekanntesten 75 Gletschern werden Kurzsteckbriefe präsentiert, und von 25 ausgewählten Gletschern gibt es detaillierte Portraits mit zahlreichen Bildern und spannenden «Gletschergeschichten».

Modul B: • Klirrende Erlebniswelt – Von Luzern bis zum Matterhorn...
Bietet einen Rundgang durch den Luzerner Gletschergarten, präsentiert eine Übersicht zur Eiszeit- und Gletscherforschung und veranschaulicht Daten und Fakten zur weltweiten und alpinen Vergletscherung.

Modul C: • Gletscher in Bewegung – Aus Schnee wird langsam Eis...
Illustriert Grundzüge und Stichworte zur Gletscherkunde und Glazialmorphologie und präsentiert in leicht verständlicher Form Daten und Ergebnisse zur Erforschung und Beobachtung der Schweizer Gletscher.

Modul D: • Spuren des Klimawandels – Von der Eiszeit in die Heisszeit...
Enthält globale Darstellungen zur Erd- und Klimageschichte sowie zur Entwicklung des Menschen und illustriert Beispiele von eiszeitlichen Gletscherlandschaften in Vergangenheit und Zukunft.

Heisse News aus kaltem Gletschereis

Bohrungen in das eisige Klima- und Umweltarchiv

Der Niederschlag, der in den frostigen Polar- und höchsten Gebirgsregionen fällt, wird Jahr für Jahr durch neue Schneeschichten überdeckt und so für sehr lange Zeit konserviert. In den Blasenhohlräumen des Eises wird dabei auch Luft der Atmosphäre eingeschlossen. Aus den langen Eisbohrkernen, die in Grönland, in der Antarktis und in der Schweiz auf dem Monte Rosa gewonnen wurden (**Abb. 6.23**), lassen sich die Veränderungen von Klima und Umwelt über Hunderttausende von Jahren zurück verfolgen.

Das «temperierte» Eis der alpinen Gletscher wird hingegen nur einige hundert oder wenige tausend Jahre alt und wird oft durch eindringendes Schmelzwasser verändert. Die talwärts fliessenden Alpengletscher eignen sich deshalb weniger gut als langfristige Klimaarchive.

Abb. 6.23 Auf dem Colle Gnifetti (4452 m ü.M.) am Monte Rosa werden im kalten Eis Proben für die Untersuchung der Umweltgeschichte erbohrt. (Foto: Andreas Wipf)

Spuren der Industrialisierung auf dem höchsten Berg der Schweiz

Eisbohrungen am Monte Rosa

Die Sulfatkonzentration stieg seit etwa 1900, verursacht durch die zunehmende Verwendung von fossilen Brennstoffen in der Industrie. Die Nitrat-Konzentration stieg seit etwa 1940, verursacht durch den zunehmenden Fahrzeugverkehr. Seit 1970 nimmt die Schadstoffbelastung deutlich ab. Die gesetzlichen Luftreinhaltemassnahmen – Filteranlagen in der Industrie und die Einführung der Katalysatoren – beginnen zu greifen (**Abb. 6.24**).

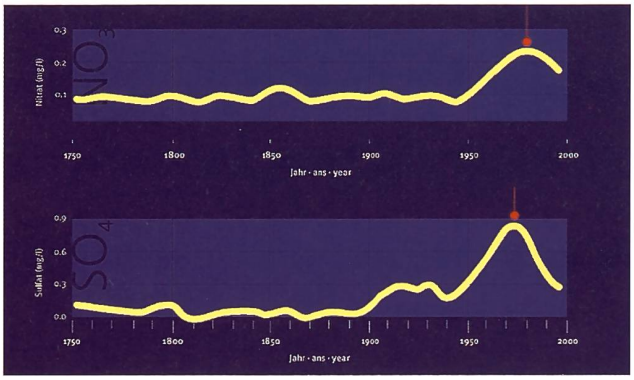


Abb. 6.24 Kurven von Nitrat und Sulfat (Zeitraum 1750-2000). (Grafik: Gletschergarten Luzern)

Bleihaltige Luft – schon bei den Römern

Die Bleikonzentration im Grönlandeis hat im Jahrtausend vor Christi Geburt zugenommen. Ursache war die zunehmende Blei- und Silberproduktion der Griechen und Römer. Die Aufgabe der Bleiminen und der Zerfall des Römischen Reiches liessen den Bleigehalt wieder sinken (**Abb. 6.25**).

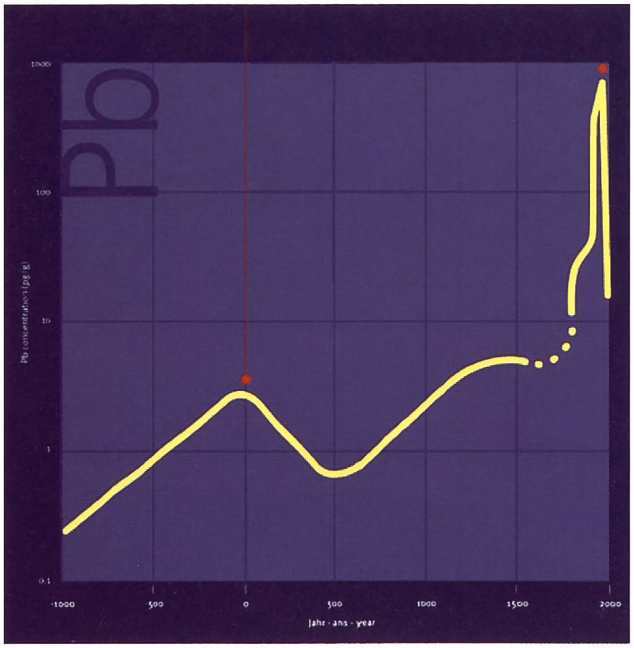


Abb. 6.25 Kurve von Blei (Zeitraum 1000 v. Chr. bis Heute, Grönland). (Grafik: Gletschergarten Luzern)

Die Zunahme des Fahrzeugverkehrs seit dem 2. Weltkrieg führte zu stark bleihaltigen Niederschlägen in Grönland. Die Situation verbesserte sich nach 1970 abrupt durch die Einführung von bleifreiem Benzin. Erfreulich ist, dass durch gesetzliche und technische Massnahmen der Trend gestoppt werden konnte. Bei der nach wie vor stark zunehmenden Konzentration des Treibhausgases CO_2 ist leider noch keine Besserung in Sicht (siehe **Kapitel 8**).

Vulkanausbrüche als Zeitmarken

Vulkanausbrüche bewirken eine Erhöhung des Säuregehaltes im Eis. Mit den Spuren von weltweit verbreiteten historischen Vulkaneruptionen, bei denen das Datum bekannt ist, können die Eisschichten datiert und prähistorische Katastrophen nachgewiesen werden. Vulkanausbrüche beeinflussen das Klima meist nur kurzfristig, über wenige Jahre. Nach dem Ausbruch des Tamboras (Indonesien) 1815 wurden weltweit einige ausserordentlich kalte Winter registriert. Das Jahr 1816 ging als das «Jahr ohne Sommer» in die Geschichte ein (**Abb. 6.26**).

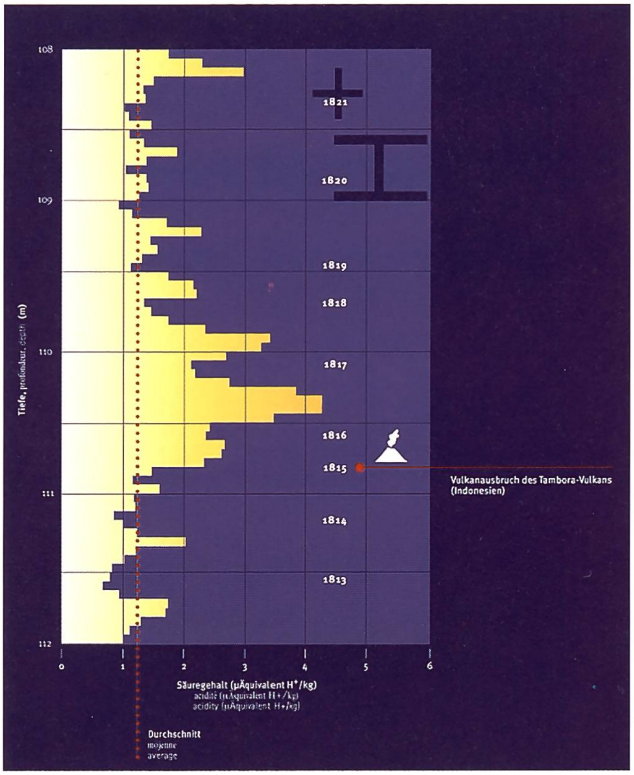
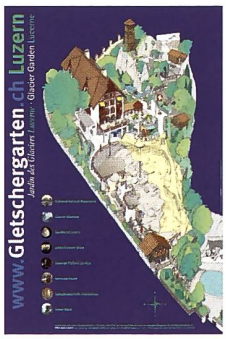


Abb. 6.26 Kurve des Säuregehaltes (Zeitraum von unten nach oben 1813-1923, Grönland). (Grafik: Gletschergarten Luzern)

Adresse – Anschrift



Gletschergarten Luzern
Stiftung Amrein-Troller
Denkmalstrasse 4, 6006 Luzern

Tel. 041 410 43 40 – Fax 041 410 43 10

info@gletschergarten.ch
www.gletschergarten.ch

Öffnunszeiten:
1. April – 31. Oktober:
täglich 09.00 bis 18.00 Uhr
1. November – 31. März:
täglich 10.00 bis 17.00 Uhr

Von der Homepage **www.gletschergarten.ch** können Arbeitsblätter und Bilder zum Ausdrucken heruntergeladen werden (im Aufbau).

Vorschlag für einen Rundgang durch den Gletschergarten mit Tipps für Schulen in: «die neue schulpraxis» 7/8/1996.

«Gletscher, Schnee und Eis»: Das Lexikon zu Glaziologie, Schnee- und Lawinenforschung der Schweiz (1993) ist im Buchhandel nicht mehr erhältlich. Das 102-seitige handliche Nachschlagewerk kann im Gletschergarten solange Vorrat noch bezogen werden (Preis Fr. 10.-, Versandkosten Fr. 2.50).

In welches Museum gehen wir?

Einträge durch: «die neue schulpraxis», St.Galler Tagblatt AG, Postfach 2362, 9001 St.Gallen
Telefon: 071 272 72 15, Fax 071 272 75 29, schulpraxis@tagblatt.com

Ort	Museum/Ausstellung	Art der Ausstellung	Datum	Öffnungszeiten
Baden Im Roggebode 19 Tel. 056 200 22 00	**Technisches Museum** Elektro-Museum	**Wasserkraftwerk:** Altes Wasserkraftwerk Kappelerhof, Turbinenräder und Anlageteile **Elektrogeräte:** Telefone, Haushalt, Messtechnik	ganzes Jahr	Mi 14–17 Uhr Sa 11–15 Uhr oder auf Anfrage Eintritt frei
Basel Basel/Rheinhafen Kleinhüningen Tel. 061 631 42 61 Sekretariat: Tel./Fax 061 631 42 65	**«Verkehrsdrehscheibe Schweiz** und unser Weg zum Meer» www.verkehrsdrehscheibe.ch	Schifffahrtsmuseum und Verkehrsträgerschau zugleich. Historische und aktuelle Schau über den Verkehrsträger Wasser, ergänzt durch die Verkehrsträger Schiene, Strasse, Luft.	März bis Nov. Dez. bis Febr.	Di bis So 10–17 Uhr Di, Sa, So 10–17 Uhr
Kartause Ittingen 8532 Warth Tel. 052 748 41 20 kunstmuseum@kttg.ch	**Kunstmuseum des Kantons Thurgau und Ittinger Museum** Die Kartause – ein Ort des Lernens und der Wahrnehmung. www.kunstmuseum.ch	**Gegenwartskunst und Klostergeschichte** «Wilde Gärten» und Labyrinth, Kartäusergeschichten und barocke Kirchenpracht, «Ittingen Walk» oder Gegenwartskunst im Kontext der Klostergeschichte und vieles mehr.	ganzes Jahr	Mo–Fr 14–18 Uhr Sa + So 11–18 Uhr oder auf Voranmeldung jederzeit, museumspädagogische Führungen Fr. 100.–
Pfahlbaumuseum Unteruhldingen (zwischen Überlingen und Meersburg) Tel. 0049 7556 8543 Fax 0049 7556 5886	**Freilichtmuseum** für Jungsteinzeit und die Bronzezeit www.pfahlbauten.de	In 20 Pfahlbauhäusern wird die Welt von vor 5500 und 3000 Jahren lebendig. Seit 2002 neues Dorf mit lebensechten Szenen aus dem Alltag. Nachbildung eines Hauses aus Arbon CH, grosses Tauchaquarium 2004 Sonderausstellung 150 Jahre Pfahlbauforschung	April–Sept. Oktober November	tägl. 8–18 Uhr tägl. 9–17 Uhr Sa, So, feiertags 9–17 Uhr
Schwyz Bahnhofstrasse 20 Tel. 041 819 20 64	**Bundesbriefmuseum** Geschichte zwischen Mythos und Wahrheit	**Bundesbrief 1291** und seine Biografie. Entstehung der frühen Eidgenossenschaft. PC-Station. Schuldokumentationen/Führungen auf Voranmeldung. Eintritt für Schulklassen gratis. Wiese/Halle für Picknick. Neu: Workshop Mittelalterliche Schreibwerkstatt.	ganzes Jahr	Di bis Fr 9–11.30/13.30–17 Sa + So Mai–Okt. 9–17 Uhr Nov.–April 13.30–17 Uhr
Thun Thunerhof Hofstettenstrasse 14 Tel. 033 225 84 20	**Kunstmuseum Thun**	**Christian Marclay** Retrospektive Ausstellung des in New York lebenden Künstlers (*1955). Installationen, Objekte, Fotografien und Videos von den 80er-Jahren bis heute. Vernissage: Sa, 12. Juni, 18 Uhr	13. Juni bis 5. Sept. 2004	Di bis So 10–17 Uhr Mi 10–21 Uhr

Kapitel **7** Max Maisch

Zum «Jahrhundertschwund» der Gletscher

Gletscher unter der Lupe

Die Gletscherströme der Alpen reagieren wie feinfühlige Klimasensoren. Wie kein anderes Naturphänomen vermögen Gletscher mit unübertrefflicher Klarheit die Entwicklung des langfristigen Klimatrendes abzubilden. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts, dem Ende der «Kleinen Eiszeit», sind die Gletscher der Alpen unübersehbar auf dem Rückmarsch. Beginnen sich hier bereits die Anzeichen des verstärkten Treibhauseffektes zu manifestieren, oder ist das gegenwärtig beschleunigte Schwundverhalten einfach eine Laune der Natur?

Morteratschgletscher (Foto: Max Maisch)

«Kleine Eiszeit» und Gletscherhochstand 1850

Seit dem Ende des 13. und ab Beginn des 14. Jahrhunderts verzeichneten die Gletscher der Alpen, von einem überregionalen Klimaimpuls angetrieben, mehrere markante Vorstosszyklen. Grosse Gletscherausdehnungen, sogenannte Hochstände, wurden nachweislich um die Jahre 1350, 1600 und letztmals im Zeitraum um 1820 und 1850/60 erreicht (**Abb. 7.1**). Diesen Zeitabschnitt mit vergleichsweise kühlem Klima und allgemein grossen Gletscherständen bezeichnen die Glaziologen und Klimaforscher als die «Kleine Eiszeit» (engl. «Little Ice Age»).

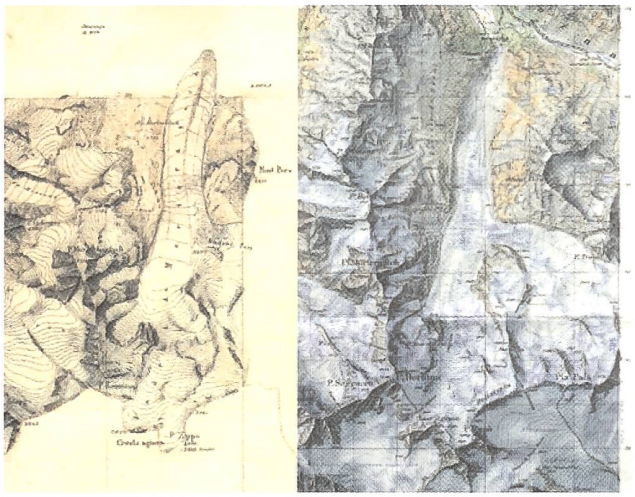


Abb. 7.1 Historisches Kartendokument des Morteratschgletschers (Berninagebiet, GR) im Vergleich zur aktuellen Situation. Links das sog. «Original-Messtischblatt» (gezeichnet von J.W.F. Coaz um 1850), rechts die aktuelle Gletscherausdehnung (Ausschnitt der Landeskarte 1:50'000, Blatt 268 Julierpass, 1998). Der Gitternetzabstand beträgt 1 km. (Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo, BA046241)

Bilderbuchartige Pionierlandschaft

Durch den markanten Schwund der Gletscher seit 1850/60 ist in den Hochgebirgsräumen vor und neben den schwindenden Eiszungen ein markanter neuer Landschaftsgürtel entstanden, das «Gletschervorfeld». Die frischen Geländeformen (z.B. glattpolierte Rundhöcker, aktive Erosionsrinnen aus den übersteilten Ufermoränen), die natürliche Dynamik der Schmelzwasserbäche sowie der pionierartige Charakter der Vegetation bilden hier einen Landschaftstyp von einzigartigem und schutzwürdigem Gepräge (**Abb. 7.2**).

Diese eigentlichen «Neulandgebiete» sind heute mit verschiedenartigen, zum Teil stark gegensätzlichen Nutzungsansprüchen konfrontiert (Tourismus, Wasserwirtschaft, Naturschutz). Am Morteratsch ist der beliebte und viel begangene Weg zur Zunge als Lehrpfad ausgeschildert. Die kiesige, jedes Jahr spürbar länger werdende Wanderstrecke bis zur aktuellen Gletscherfront wird so sinnbildlich zum «Mahnmal des Klimawandels».

Abb. 7.2 Spuren der «Kleinen Eiszeit» im Vorfeld des Morteratschgletschers. (Luftbildaufnahme vom 23. Okt. 1998, Bild-Nr. 5249, LK 268, Uhrzeit 10:21:39, Flughöhe 4250 m ü.M; ©Schweizer Luftwaffe).

AUFTRÄGE – BEOBACHTUNGEN

- Miss im Vergleich der beiden Kartenausschnitte ab, um wieviele Meter die Zunge des Morteratschgletschers seit 1850/60 ungefähr geschwunden ist!
- Wie gross ist der prozentuale Längenverlust des Morteratschgletschers im Vergleich zur Ausdehnung von 1850/60?
- Grenze auf dem Luftbild anhand der Geländespuren (Moränenwälle, Vegetationsgrenzen) die Umrisse des Gletscherhochstandes von 1850/60 sowie der heutigen Zungenposition zeichnerisch ab!
- Welche Landschaftsformen kannst du ausserdem an den Hängen und im Gebiet des Gletschervorfeldes erkennen?

Schnappschuss der «Kleinen Eiszeit»

Im Rahmen der ersten topographischen Gesamterfassung der Schweiz (für die sog. «Dufourkarte» im Massstab 1:100'000) wurden im Alpenraum die Gletscher gerade etwa zum Zeitpunkt ihrer letzten Hochstandsausdehnung festgehalten (**Abb. 7.1**).

Das hier verkleinert abgebildete Original-Messtischblatt wurde vom Bündner Topographen J. W. F. Coaz (1824-1916) in den Sommermonaten 1850 gezeichnet. Der Kartenausschnitt (Original-Massstab 1:50'000) zeigt den Morteratschgletscher (Berninagebiet, GR), wie er damals seine vorgewölbte Zunge bis weit an den Talausgang (hier sogar bis über den Kartenrand hinaus) vorgestreckt hatte. Die aktuelle Karte und das Luftbild zeigen klar den Landschaftswandel: Seit 1850 hat der Morteratschgletscher mit 3 Quadratkilometern Arealverlust rund 20 Prozent seiner einstigen Fläche und mit mehr als 2.2 Kilometern (das entspricht der Länge des heutigen Wanderweges zur Zungenfront) rund einen Fünftel seiner ehemaligen Länge eingebüsst.

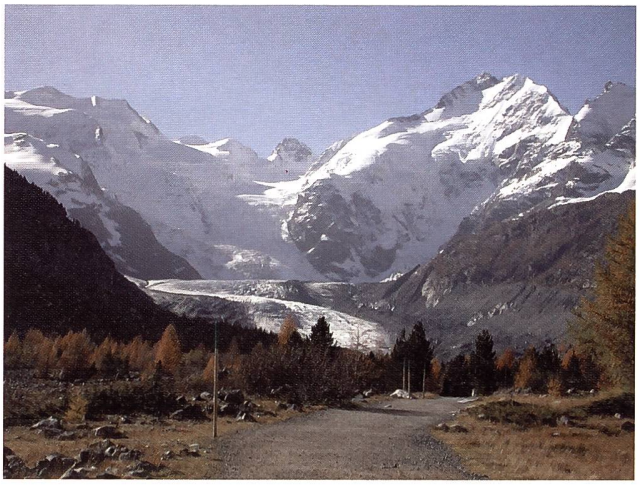


Abb. 7.3 Herbstliche Stimmung auf dem Wanderweg zum Morteratschgletscher. Rechts ist der Piz Bernina mit dem Biancograt, in der Mitte die Crast'Agüzza und links die Bellavista zu sehen. (Foto: Manuel Maisch)

Zahlen und Fakten zum Gletscherschwund

Anhand solcher historischer Kartenaufnahmen und Bilddarstellungen ist die Hochstandsphase von 1850/60 gut dokumentiert. Zusammen mit glazialmorphologischen Befunden (aus Luftbildern und Feldkartierungen abgeleitet) ermöglicht dies eine detaillierte glaziologische Rekonstruktion der Gletscherumrisse von 1850/60. Im Vergleich zur aktuellen Situation konnten in den letzten Jahren umfangreiche Datengrundlagen für die Darstellung und Analyse des «Jahrhundertschwundes» erhoben und ausgewertet werden.

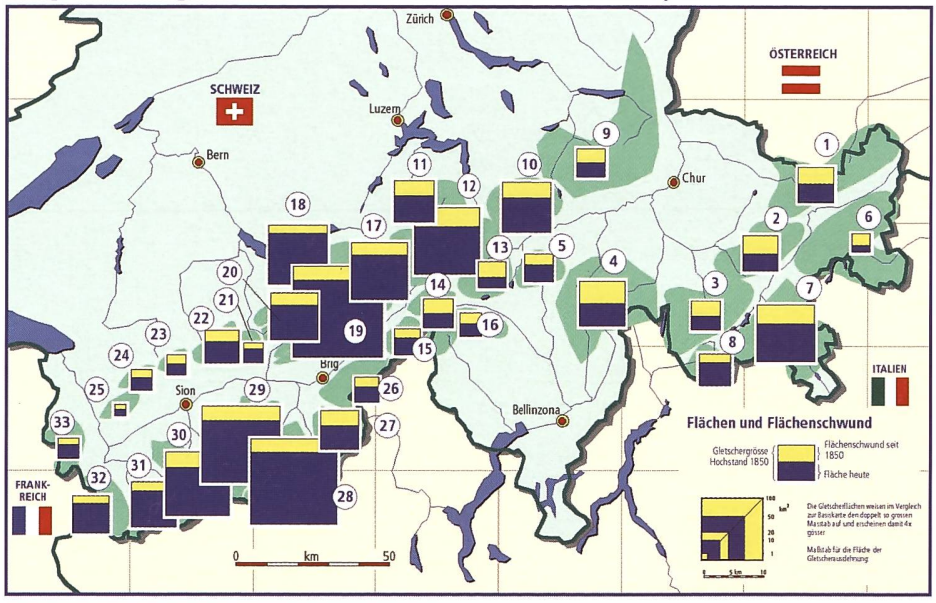
Seit Mitte des 19. Jahrhunderts hat sich die Vergletscherung der Schweizer Alpen bis ins Inventarjahr 1973 von 1800 km² zunächst um 500 km² auf 1300 km², also um knapp einen Drittel der Ausgangsgrösse verringert. Mit Hilfe moderner Satellitenbildtechnik wurde in den letzten Jahren das Schweizerische Gletscherinventar aktualisiert und auf den neusten Stand gebracht (Bezugsjahr «2000»). In den letzten 30 Jahren ist die Schweizerische Gletscherfläche um weitere 250 km² geschrumpft.

Im Verlaufe der letzten 150 Jahren sind zudem mehrere Hundert kleinere Gletscher- und Firnflecken vollständig weggeschmolzen und damit wohl endgültig von der Bildfläche verschwunden. Bezogen auf die Fläche der Schweiz (41'285 km²) hat sich der vergletscherte Anteil insgesamt von 4.4 % um 1.7 % auf 2.7% reduziert.

Auf einer Gletscherschwundkarte der Schweizer Alpen (**Abb. 7/4**) ist gut sichtbar, dass sich das Abschmelzen der Eisflächen seit Mitte des 19. Jahrhunderts regional unterschiedlich stark ausgewirkt hat. Dicht vergletscherte Gebirgsgruppen (z.B. Monte Rosa, Aletsch, Bernina) hatten zwar die umfangreicheren Absolutverluste zu verzeichnen, büssten aber prozentual gesehen geringere Anteile ein als die schwach und nur marginal vereisten Alpenrandregionen (z.B. Unterengadin).

Gleiches gilt für die Massstabsebene der Einzelgletscher. Grosse Gletscher (z.B. Grosser Aletsch, Gorner, Morteratsch) verzeichneten zwar bezüglich der Flächen-, Volumen- und Längenwerte absolut gesehen die umfangreichsten Rückgangsbeträge. Sie erlitten aber mit Verlustanteilen zwischen 10-25% geringere Einbussen als die mittelgrossen (30-50%) oder die kleinen Gletscher (50-80%).

Vergletscherung und Gletscherschwund in den Schweizer Alpen



Gletscherregionen (Gebirgsgruppen):
26 Monte Leone
27 Weissmies
28 Monte Rosa
29 Dent Blanche
30 Mont Bl. de Cheron
31 Grand Combin
32 Aig. D'Argentiére
33 Tour Salliére
17 Finsteraarhorn
18 Jungfrau
19 Aletschhorn
20 Petersgrat
21 Balmhorn
22 Wildstrubel
23 Wildhorn
24 Les Diablerets
25 Grand Muveran
11 Titlis
12 Damma
13 Oberalp
14 Piz Rotondo
15 Blinnenhorn
16 Basódino
1 Sivretta
2 Kesch
3 Err-Julier
4 Rheinwald
5 Medel

Abb. 7.4 Karte zur Vergletscherung und zum Gletscherschwund seit dem Hochstand von 1850 in den Schweizer Alpen. (Grafik: Max Maisch)

FRAGEN – AUFGABEN

- Schätze ab, in welchen Gletscherregionen seit 1850 prozentual grössere und in welchen Gebieten geringere Eisflächenanteile verloren gegangen sind!
- Wo hat es noch am meisten Gletscher, wo am wenigsten?
- In welchen Fluss-Einzugsgebieten liegen die umfangreichsten Eisreserven der Schweizer Alpen?

Abb. 7.5 Erster Fixpunkt am Morteratschgletscher zur Bestimmung der Längenänderungen (1878). (Foto: Max Maisch)

Angesichts dieses umfangreichen Gletscherschwundes ergibt sich – wiederum in die «glazial-ökonomische Sprache» übersetzt – folgende Einschätzung: In einer «rezessiven» Klimakonjunktur erleiden bei gleichbleibenden Einnahmen (nahezu unveränderte Akkumulation) aber steigenden Ausgaben (verstärkte Ablation) die kleinen Gletscher (gewissermassen die «Klein- und Mittelbetriebe») grössere Verlustanteile als die mächtigen Talgletschersysteme (die «Gross-Konzerne»). Diese verfügen mit ihren vergleichsweise kühl, auf der «hohen Kante» (d.h. in höher gelegenen Einzugsgebieten) gelagerten Eismassen über diversifizierte, d.h. weniger anfällige und damit «krisensicher» angelegte Kapitalreserven (Einzugsgebiete in verschiedenen Expositionen). Die heute ganz abgeschmolzenen Eisreste hingegen haben bei dramatisch sinkenden «Klima-Börsenkursen» sogar den totalen «glaziologischen Konkurs» erlitten.

Schweizerische Gletscherbeobachtung

Seit 1880 wird in den Schweizer Alpen jedes Jahr eine grössere Anzahl Gletscherzungen mit Messlatte, Messband, aber auch mit moderneren Methoden (Laserdistanzmessgeräte, GPS) regelmässig kontrolliert. Das Schweizerische Beobachtungsnetz umfasst zum gegenwärtigen Zeitpunkt an die 120 Gletscher. Der erste Fixpunkt zur Vermessung wurde am Morteratsch schon 1878 gesetzt (**Abb. 7.5**). Die im Auftrag der Schweizerischen Glaziologischen Kommission der SANW (Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften) systematisch gesammelten Messresultate werden jedes Jahr in der Zeitschrift «Die Alpen» (SAC, Schweizer Alpenclub) und alle zwei Jahre detailliert in speziellen Jahrbüchern («Glaciological Reports») publiziert (vgl. nähere Angaben im Anhang).

Die gesammelten Daten erlauben es, neben der jährlichen Statistik der vorstossenden, schwindenden oder stationären Gletscher, in erster Linie die langfristigen Verhaltensmuster der Gletscherreaktion, also das eigentliche Klimasignal, genau zu verfolgen und mit dem langfristigen Klimageschehen zu vergleichen (**Abb. 7.6**). Stellt man die jährlich erhobenen Messwerte als Summenkurven dar, so ergibt sich für die Eisströme der Regionen Bernina und Bergell im Haupttrend das alpintypische Bild: Seit Ende der Hochstandsperiode von 1850/60 sind sämtliche Zungen zurückgewichen, und dies ohne Ausnahme. Je nach ursprünglicher Grösse jedoch sind die hier dargestellten Gletscher zwischen 500 m (Paradisin, Fläche 0.5 km²) und 2200 m (Morteratsch, 16 km²) zurückgegangen. Deutlich ist an der Versteilung der Linienzüge abzulesen, dass die Gletscher infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse in der Periode zwischen 1940 und 1960 beschleunigt abschmolzen. Damit haben sie unmittelbar auf die verschlechterten Ernährungsbedingungen infolge der überdurchschnittlich warmen und trockenen Sommermonate reagiert.

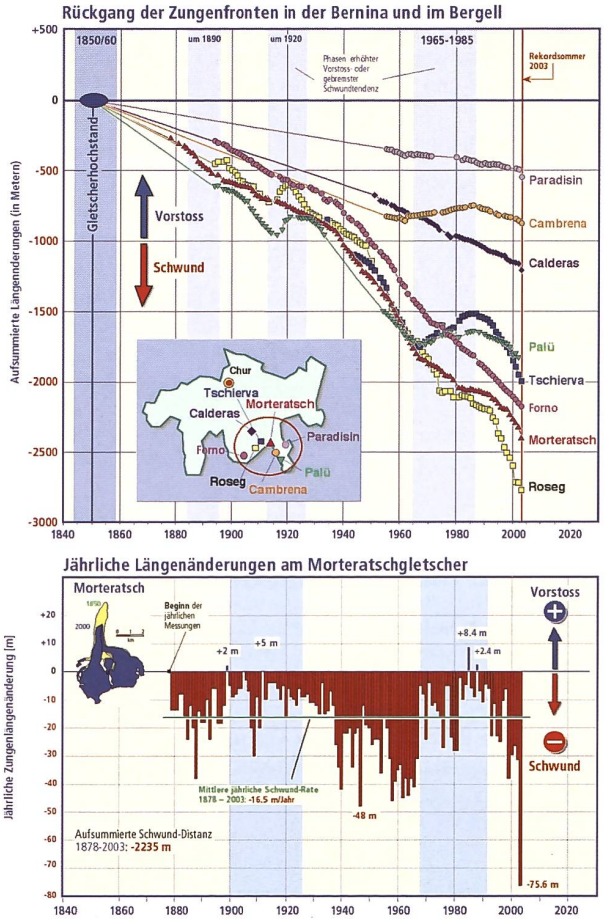


Abb. 7.6 Zungenlängenänderungen ausgewählter Gletscher im Gebiet der Bernina und des Bergells (oben) sowie jährliche Messwerte des Morteratschgletschers (unten). (Daten: Glaziologische Kommission der SANW, Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften; Grafik: Max Maisch)

FRAGEN – AUFGABEN

- Beschreibe anhand der verschiedenen Messkurven das Schwundverhalten der dargestellten Bündner Gletscher!
- Welcher Gletscher ist seit 1850/60 absolut am weitesten, welcher am wenigsten weit abgeschmolzen?
- Welche Gletscher sind sich in ihrem Verhalten am ähnlichsten?
- Gliedere den Zeitraum der letzten 150 Jahre in verschiedene Phasen mit erhöhter Schwund- oder Vorstosstendenz!
- Charakterisiere die jährlichen Messwerte des Morteratschgletschers im Vergleich zu den benachbarten Gletschern!
- Wo gibt es Gemeinsamkeiten und wo Unterschiede in den Kurven?
- Was könnten die Gründe und Ursachen sein, warum der Morteratschgletscher seit Beginn seiner Messreihe fast ohne Unterbruch zurückgegangen ist?
- Mit welchen verschiedenen Schwierigkeiten sind Gletschermessungen «im Felde» verbunden?

Demgegenüber sticht auch ins Auge, dass sich die Eiszungen in den leicht kühleren und damit gletschergünstigeren Phasen um 1890 (z.B. Roseg), um 1920 (z.B. Roseg und Palü) und ausgeprägt im Zeitraum zwischen 1965 und 1985 (z.B. Cambrena, Tschierva und Palü) erholen konnten. Deutlich ist hier, bei allerdings bereits stark geschrumpften Dimensionen, eine sekundäre Wiedervorstosstendenz abgebildet.

Ein stolzer Eisriese schwindet

Der überdurchschnittlich lange und daher auf kurzfristige Klimaänderungen nur träge reagierende Morteratschgletscher hat sich seit Beginn der Messungen ab 1878 beinahe ununterbrochen zurückgebildet. Die jährliche Rückgangsdistanz errechnet sich in den letzten 125 Jahren (1878-2003) auf durchschnittlich 16.5 Meter. In den kühleren Phasen zwischen 1900-1920 sowie ab Mitte der 1960er-Jahre verlief der Gletscherschwund deutlich verzögert, währenddem er im Zeitraum 1935-1965 eine sichtbare Beschleunigung erfuhr (bisheriges Maximum 1947: –48 m). Kurzfristige Vorstossereignisse waren am Morteratschgletscher lediglich in den Jahren 1899 (+2 m), 1912 (+5 m), 1985 (+8.4 m) und 1988 (+ 2.4 m) zu registrieren. Nach den überaus warmen 1990er Jahren scheint sich die Verstärkung der Schwundtendenz sichtbar zu akzentuieren. Im Messjahr des Hitzesommers 2003 konnte mit einem Schwundbetrag von –76.5 Metern ein beinahe unglaublicher Rekordwert registriert werden (**Abb. 7.7**).

DIE SÜDOSTSCHWEIZ — REGION

Trauriger Jahrtausendrekord des Morteratsch-Gletschers

Der Morteratsch-Gletscher ist in diesem Sommer um den unglaublichen Rekordwert von 75,6 Metern geschrumpft. Ursache ist aber nicht nur der heisse Sommer, sondern auch die Klimaerwärmung der letzten Jahre.

VON JARA UNRICH

Als Erster musste der für das Oberengadin zuständige Regionalforstingenieur Giachen Bott den unglaublichen Befund verdauen. Im Auftrag der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften an der ETH Zürich misst er seit Jahren die Ausmasse der regionalen Gletscher. Anhand der enormen Schmelzwassermengen im Tal hatte er durchaus mit einem aussergewöhnlichen Messergebnis am Morteratsch-Gletscher im Berninamassiv gerechnet. Was ihn aber vergangenen Montag erwartete, war ein Jahrtausendrekord. Der sechs Kilometer lange, in der Gletscherzunge 500 Meter breite und 160 Meter dicke Gletscher ist in einem einzigen Jahr um volle 76,5 Meter an Länge weggeschmolzen. Das entspricht dem vierfachen des zwölfjährigen Durchschnitts. Auch die Eisdicke hat erheblich abgenommen. Die verschwundene Eismasse ist immens. «Das ist eine Schmelze fernab von allen Vorstellungen», kommentiert Martin Hölzle, Glaziologe am Geographischen Institut der Universität Zürich, den Befund.

Dramatisch geschmolzen: Der Morteratsch-Gletscher fliesst schlechten Zeiten entgegen.

Stand Gletscherzunge 1990 Rückgang seit 1900 = 1687m

Abb. 7.7 Schlagzeile zum Rekordschwund 2003 des Morteratschgletschers. (Quelle: Die Südostschweiz, 30. Okt. 2003)

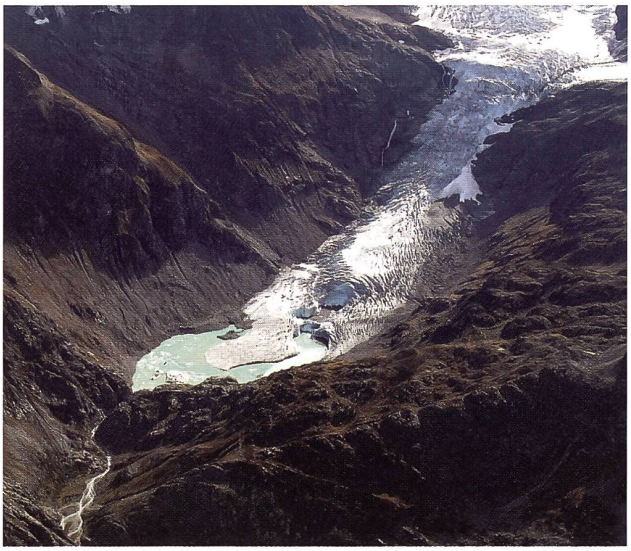


Abb. 7.8 Zunge des Triftgletschers (UR) nach dem heissen Sommer 2003. Im ehemaligen, von einem Felsriegel abgestauten Zungenbecken hat sich durch den kollapsartigen Schwund des Eises ein gefährlicher See gebildet. Wegen der Ausbruchsgefahr wird die Situation heute genau überwacht. (Foto: Christine Rothenbühler).

Abb. 7.9 Blockbild der Aletschregion mit den Gletscherumrissen von 1850 (rot), 1973 (blau) und 1998 (im Bild). Diese Darstellung wurde im Rahmen des neuen Schweizer Gletscherinventars (Bezugsjahr 2000) mit Hilfe von Satellitenbildern und einem digitalen Höhenmodell generiert. (Grafik: Frank Paul)

Der Haupttrend im «Börsenbarometer» der Hochgebirge und die Phänomene, Signale und Botschaften aus der Welt der alpinen Gebirgsgletscher sind deshalb unbestritten und eisklar: In den letzten 150 Jahren hat ein ganz massiver Schwund stattgefunden. Selbst der mächtigste und längste «Eisriese» der Alpen, der Grosse Aletschgletscher, ist davon nicht ausgenommen (**Abb. 7.9**).

Wie sieht nun die Zukunft unserer Gletscher aus? Wird es in den Bergen dramatisch gefährlicher, wenn die Eismassen verschwinden? Oder ist es unser eigenes Risiko, wenn wir uns unwissentlich oder gar fahrlässig in die seit je her existierenden «natürlichen» Gefahrenzonen der Alpen vorwagen?

Bild: **SUVA**

Abb. 7.10 Gletscher-Warnschild an der Talstation einer Oberengadiner Bergbahn. (Foto: Max Maisch)

Abb. 7.11 Eislawine unterhalb des Piz Bernina (16. September 2002). Sind vermehrte Eisabbrüche die Vorboten eines beschleunigten Gletscherzerfalls? (Foto: Max Maisch)

Freie Unterkünfte für Klassen- und Skilager

Legende: V: Vollpension, H: Halbpension, G: Garni, A: Alle Pensionsarten

Bahn	Postauto	Bergbahn	Sessellift	Skilift	Langlaufloipe	Hallenbad	Freibad	Minigolf	Finnenbahn	Region	Adresse / Kontaktperson	noch frei 2004 in den Wochen 1–52	Lehrerschlafzimmer	Schlafräume	Betten	Matratzen(lager)	Selbst kochen	Pensionsart	Aufenthaltsraum	Discoraum	Cheminéeraum	Spielplatz
■	■		■	■	■					**Amden SG**	Naturfreundehaus Tscherwald, 1361 m ü. M., J. Keller, Tel. 01 945 25 45	**auf Anfrage**	■	■	21	40	■	A	■			■
■	■		■	■	■					**Berner Oberland**	Ski- und Ferienhaus Kiental Rumpf Ernst, Tel. 033 676 21 46	**auf Anfrage**	3	4	5	70	■		■			■
■	■	■	■	■	■					**Bürchen VS**	Ferienhaus Stadt Luzern, Obergrundstrasse 1, 6002 Luzern Tel. 041 208 87 59, Fax 041 208 87 66, marta.roeoesli@stadtluzern.ch	**auf Anfrage**	3	12	54		■		■	■		■
■	■		■	■	■		■			**Einsiedeln**	Schweizer Jugend- und Bildungszentrum, Lincolnweg 23, 8840 Einsiedeln Tel. 055 418 88 88, Fax 055 418 88 89, E-Mail: sjbz@sihlnet.ch	**auf Anfrage**	2	27	94	■	A	■			■	
		■		■	■					**Emmental/ Entlebuch**	Berghaus «Eigerblick» + Ferienheim «Schrattenblick» Marbachegg, 6196 Marbachegg Tel. 034 493 32 66, www.marbach-egg.ch	**auf Anfrage**	3		164		■	A	■	■	■	■
■	■			■	■					**Engadin**	CVJM-Ferienheim, La Punt Chamues-ch Tel. 071 222 98 39, Fax 071 222 98 24, stiftung.cvjm.lapunt@bluewin.ch	**auf Anfrage**	4	12	80	72	■		■			■
■	■	■	■	■	■	■	■			**Engadin Graubünden**	Wandern im schweiz. Nationalpark, Engadin (Total: 60 Pl. + Küche), Fam. Patscheider www.baer-post.ch, Tel. 081 851 55 00	**auf Anfrage**	3	9	64	64	■	V	■			■
■	■	■	■	■	■	■	■			**Engadin Scuol**	Ferienheim «Gurlaina», Scuol Nicole Rüttimann, Schachenstr. 13, 6010 Kriens Tel. 041 329 63 42	**auf Anfrage**	1	1		54	■		■			■
■										**Fribourg-Gruyère**	Chalet de l'Entraide, 1661 Le Pâquier, Martine et Raymond Remy, 1630 Bulle, 026 912 56 91	**auf Anfrage**			63		■		■			■
■	■		■	■						**Graubünden**	Berghaus Canetg, 7138 Surcuolm, Primarschulgemeinde, 8622 Wetzikon, Tel. 01 931 23 01, Fax 01 931 32 94	**auf Anfrage**	4	8			■		■		■	■
	■	■	■	■	■					**Graubünden**	Ferienhaus «Sand», 7435 Splügen Tel. 081 650 90 30 oder E-Mail: splugen@viamalaferien.ch	**auf Anfrage**	2	8		39	■		■	■		■
■	■	■	■	■	■	■	■		■	**Graubünden**	Rekinger Ski- und Ferienhaus, Verwalterin Frau M. Herzig, Dorfstr. 18, 5332 Rekingen, Tel. 056 249 18 28	**auf Anfrage**	5	6	68		■	V H	■	■		
	■	■	■	■	■		■	■		**Graubünden Obersaxen**	Meilener Huus, Miraniga, 7134 Obersaxen Tel. 081 933 13 77, Gaudenz Alig, Geschäftsleiter, E-Mail: galig@surselva.ch, www.meilenerhaus.ch	**auf Anfrage**	3	14	50	20		V	■	■		■

Freie Unterkünfte für Klassen- und Skilager

Legende: V: Vollpension, H: Halbpension, G: Garni, A: Alle Pensionsarten

Bahn	Postauto	Bergbahn	Sessellift	Skilift	Langlaufloipe	Hallenbad	Freibad	Minigolf	Finnenbahn	Region	Adresse / Kontaktperson	noch frei 2004 in den Wochen 1–52	Lehrerschlafzimmer	Schlafräume	Betten	Matratzen(lager)	Selbst kochen	Pensionsart	Aufenthaltsraum	Discoraum	Cheminéeraum	Spielplatz
■	■	■	■	■						**Graubünden**	Ski- und Berghaus Schwendi, Postsfach 8, 7249 Klosters-Serneus, Tel. 081 422 12 89, Fax 081 422 62 13, info@schwendiklosters.ch www.schwendiklosters.ch, Kathrin Kilian	**auf Anfrage**	8	8		100		A	■	■		
■	■	■			■	■		■	■	**Oberengadin**	Zivilschutzanlage der Gemeinde Samedan, 7503 Samedan, Tel. 081 851 07 15, Fax 081 851 07 18, bau@samedan.gr.ch	**auf Anfrage**	2	3		117	■		■			
	■	■		■			■			**Oberrickenbach**	Ferienheim Stadt Luzern, Obergrundstrasse 1, 6002 Luzern Tel. 041 208 87 59, Fax 041 208 87 66, marta.roeoesli@stadtluzern.ch	**auf Anfrage**		31	98		■		■			■
■	■	■	■	■	■	■	■			**Oberwallis**	Adolf Anthamatten, Rosenheim, 3910 Saas-Grund Tel. 027 957 26 69, Natel 079 220 78 71	**auf Anfrage**	8	20	60		■		■	2		■
■	■	■		■	■	■				**Quinto**	Municipio di Quinto, 6777 Quinto, Tel. 091 868 11 56, Fax: 091 868 13 71, www.tiquinto.ch, info@ritom.ch, cancelleria@tiquinto.ch	**auf Anfrage**			120		■					■
■	■			■		■			■	**Schüpfheim LU**	Haus an der Emme, Ruth Navoni, Schächli 28, 6170 Schüpfheim, Tel. 041 484 17 71, Tel./Fax 041 484 23 14, www.hausanderemme.ch	**auf Anfrage**	3	4	130		■		2	1		■
■	■					■	■	■		**Solothurn**	Pfadiheim Matten, Munimattweg, 4710 Balsthal, www.pfadiheimbalsthal.ch, E-Mail: bruno.probst@bluewin.ch, Tel. + Fax 062 391 12 76	**auf Anfrage**	2	2	44	2	■		■		■	2
	■	■	■	■	■	■		■		**Sörenberg LU**	Schulhaus Sörenberg, Familie Pius Stadelmann, 6174 Sörenberg, Tel. 041 488 15 22	**auf Anfrage**	5	4	15	64	■		■			■
	■	■				■			■	**Tessin**	Hotel Serpiano, 6867 Serpiano, Tel. 091 986 20 00, Fax 091 986 20 20, www.serpiano.ch, info@serpiano.ch	**auf Anfrage**	■	■		■		A	■		■	■
■	■						■			**Thunersee Berner Oberland**	Gwatt-Zentrum, Hans Kipfer, Geschäftsführer, 3645 Gwatt Tel. 033 334 30 30, Fax 033 334 30 31	**auf Anfrage**					■	A	■	■	■	■
■		■	■	■	■	■	■	■	■	**Wallis**	Berghaus der Gemeinde Möriken-Wildegg, 3992 Bettmeralp Tel. 062 887 11 12, Fax 062 887 11 55, Hauswartin Frau Drobac Tel. 027 927 38 40, E-Mail: Brigitte.Frei@moeriken-wildegg.ag.ch	**auf Anfrage**	4	16	13	58	■		■	■	■	■
	■	■	■	■	■					**Wallis Kippel**	Ferienheim «Maria Rat», Kippel Nicole Rüttimann, Schachenstr. 13, 6010 Kriens, Tel. 041 329 63 42	**auf Anfrage**	3	6		50	■		■ 3	■		■

Kapitel **8** Max Maisch

Gletscher im Treibhausklima der Erde

Spekulationen und Szenarien zum Zerfall des «ewigen» Eises

«...dort, auf den Eismeeren und den Felshörnern fällt die Masse ewigen Schnees, welche die unerschöpfliche Quelle dieser Eisströme bildet.»

L. Agassiz (1807-1873): «Études sur les glaciers»
(1840; Deutsche Ausgabe, 1841: «Untersuchungen über die Gletscher», Vorwort)

Saleina Gletscher, VS (Foto: Horst Machguth)

Treibhausklima im Diskurs

Wie schnell und in welchem Ausmass werden die einst «ewigwährend» geglaubten Gletscher der Schweizer Alpen dereinst verschwinden? Die Beantwortung dieser von besorgten Berggängern oft gestellten Frage stellt im Rahmen der gegenwärtig «heissdiskutierten» Klima-Problematik ein wichtiges glaziologisches Forschungsziel dar. Ginge die gegenwärtige und im Sommer 2003 extrem akzentuierte Klimaentwicklung im selben Ausmass wie bisher weiter, scheint eine «Heisszeit» mit beschleunigtem Gletscherschwund vorprogrammiert und unausweichlich (**Abb. 8.1**).

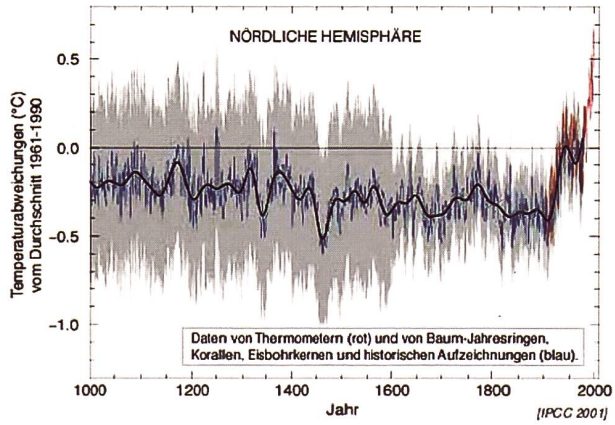


Abb. 8.1 Die Temperaturkurve der letzten 1'000 Jahre (nördl. Halbkugel) im Vergleich zum Anstieg der Temperaturen in den letzten 100 Jahren (ganz rechts). (Grafik: OcCC-Bericht)

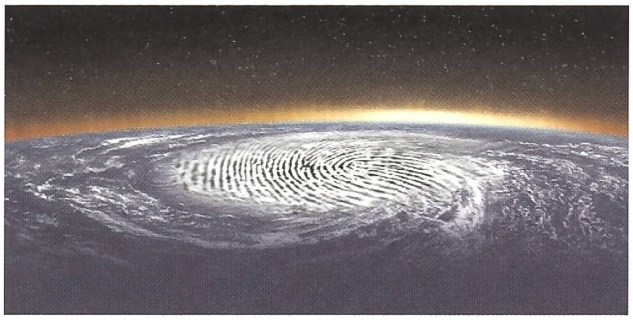


Abb. 8.2 Plakatives Titelbild zu einer grossen dreiteiligen TV-Filmproduktion zum Klimawandel («The Great Warming», CNN-Canada , 2004; www.cnn.com).

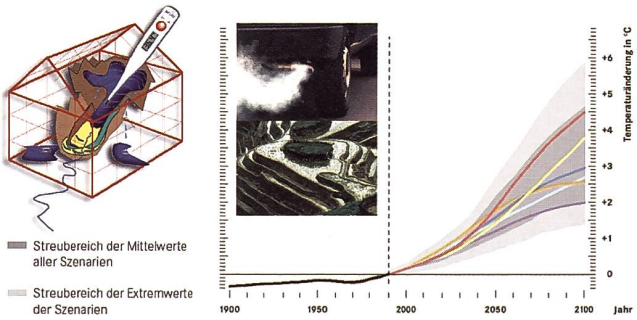


Abb. 8.3 Verschiedene Szenarien zur Temperaturentwicklung im 21. Jahrhundert als Folge des «künstlichen Treibhauseffektes». Im Minimum ist mit einer Erwärmung von +1.4° C, im Maximum von +5.8° C zu rechnen. (Grafik: OcCC-Bericht)

Realistische Zukunftsprognosen über das Verhalten der Gletscher können allerdings nicht allein auf die historischen Kenntnisse über die Vergangenheit der Alpengletscher abgestützt werden. Die früher noch vermutete Zyklizität und Periodizität (regelmässige Wiederholung bisher bekannter Klimamuster) von Gletscherschwankungen steht aufgrund der Klimawirksamkeit des Menschen heute vor völlig neuen und unbekannten Konstellationen (**Abb. 8.2**). Gletscherschwund-Szenarien haben also auf der Grundlage von möglichst plausiblen und breit anerkannten «Klima-Szenarien» und unter Berücksichtigung deren Bandbreiten und Unsicherheiten zu erfolgen.

Abschätzungen zur künftigen Klimaentwicklung lassen heute zugegebenermassen noch einen breiten Spielraum für Spekulationen offen (**Abb. 8.3**). Trotz grosser Unsicherheiten in den getroffenen Annahmen (z.B. künftige CO_2-Ausstossmengen) gehen die Vorhersagen der meisten Klimamodelle von einer stetigen oder gar beschleunigten Zunahme der Treibhausgase und deren Wirkung auf die Atmosphärentemperaturen aus.

Für den Alpenraum wird bis Ende des 21. Jahrhunderts ein Temperaturanstieg in der Bandbreite von 1.4° bis 5.6° C als wahrscheinlich angenommen.

Mit den umfangreichen Inventar-Datensätzen zur Vergletscherung der Schweizer Alpen wurden die vorgegebenen Temperatur-Prognosen unter vereinfachenden Annahmen direkt in Gleichgewichtslinien-Anstiegsbeträge umgerechnet. Die anhand dieser Schneegrenzanstiegs-Szenarien modellierten Haupttrends erweisen sich, auf einen Nenner gebracht, tatsächlich als «heiss». In den Schweizer Bergen, und auch im ganzen Alpenraum, wird es unter diesen Voraussetzungen in den kommenden Jahrzehnten zu einem Gletscherschwund mit rasant beschleunigter Zerfallstendenz kommen (**Abb. 8.4**).

Steigen nämlich die Gletscher-Schneegrenzen (oder die GWL) um +100 m an (Temperaturanstieg ΔT ca. +0.7° C; Zeithorizont 2015 bis 2050), werden gesamtschweizerisch ein Fünftel der heutigen Gletscher und ein Viertel der Gletscherflächen verschwinden.

Gletscherschwund-Szenario: Zeitraum 2050?

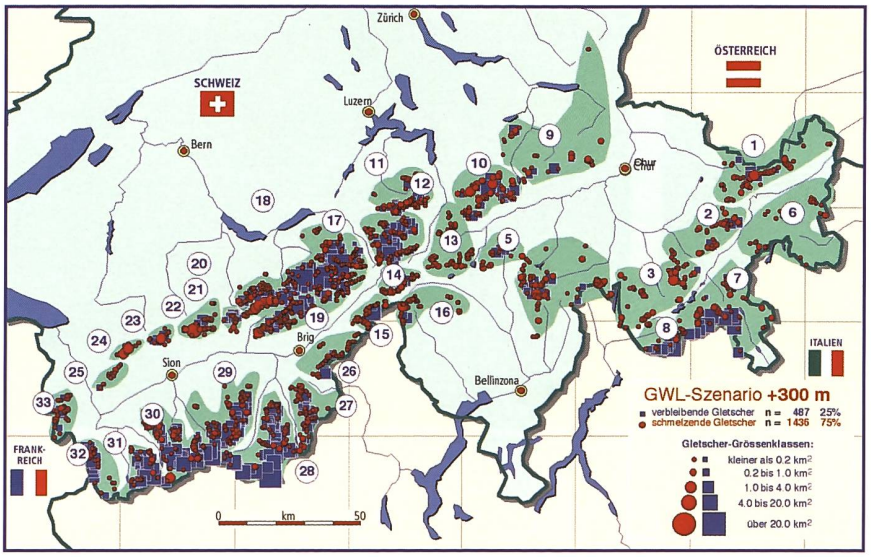


Abb. 8.4 Szenario-Karte zum Gletscherschwund in den Schweizer Alpen in 50 Jahren. Dargestellt sind die bei einem Anstieg der Gletscher-Gleichgewichtslinien von 300 Metern wegschmelzenden (rote Kreise), bzw. verbleibenden Gletscher (blaue Rechtecke), nach Gletscher-Grössenklassen gegliedert. Nummern und Bezeichnung der Gletscherregionen wie in Abb. 7.4. (Grafik: Max Maisch)

FRAGEN – AUFGABEN

- Welche Gletschertypen (nach Grössenklassen) werden schneller verschwinden? Welche werden den bevorstehenden Klimawandel besser überstehen?
- In welchen Gebirgsregionen wird es in den nächsten 50 Jahren keine Gletscher mehr haben?
- Warum verschwinden kleine Gletscher schneller als grosse?
- In welchen Gebirgsregionen hat es in 50 Jahren immer noch ansehnlich grosse Gletscher?
- «In Zukunft wird es in den Schweizer Alpen sogar mehr Gletscher haben als heute» (Zitat aus dem Schweizer Gletscherinventar). Überlege dir, wie diese Aussage zu verstehen ist!

Zuerst dürften davon vor allem die eher kleinen Gletscher und Firnflecken betroffen sein. Nach Ablauf von GWL-Szenario +200 m wird es von den ursprünglichen Gletschern nur noch 45 Prozent geben (Temperaturanstieg ΔT +1.4° C; Zeithorizont: 2025 bis 2100). Unter GWL-Szenario +300 m sind bereits 75 Prozent der Schweizer Gletscher ganz abgeschmolzen (Temperaturanstieg ΔT ca. +2.1° C; Zeithorizont 2040 bis 2150). In allen Regionen der Schweizer Alpen ist nun mindestens die Hälfte aller heute noch existierenden Gletscher ganz verschwunden. Diese «kritische Phase des beschleunigten Eiszerfalls» wird also, gemäss den pessimistischsten Szenario-Annahmen, frühestens bereits knapp vor Mitte des 21. Jahrhunderts zu erwarten sein.

Der Grund, warum die Gletscher derart beschleunigt verschwinden werden, liegt darin, dass sie immer kürzer und dünner werden und so auf Temperaturveränderungen immer unmittelbarer reagieren. Nur grössere Tal- und Gebirgsgletscher mit genügend hoch hinaufreichenden und entsprechend kalten Nährgebieten (Grosser Aletsch, Gorner, Morteratsch, Tschierva etc.) werden bei der angenommenen Klimaentwicklung das 21. Jahrhundert überleben.

Obschon diese Szenario-Abschätzungen noch recht spekulativ erscheinen, bringen sie die grosse Anfälligkeit der heutigen Vergletscherung gegenüber der Klimaentwicklung im 21. Jahrhundert zum Ausdruck. Der zukünftige Rückgang der schweizerischen (und gesamtalpinen) Vergletscherung kann damit als «aussergewöhnlich» – oder je nach Sichtweise und persönlichem Empfinden – sogar als «dramatisch» beurteilt werden. Damit stehen wir, überspitzt formuliert, vor der Perspektive einer völlig «entgletscherten» Bergwelt.

Heisse Zukunftsaussichten

Der gegenwärtige und zukünftig aller Voraussicht nach beschleunigte Schwund der Eismassen (Gletscher und Permafrost) führt zweifelsfrei zu einer tiefgreifenden Umgestaltung des Landschaftsbildes und nachfolgend zu grossen Veränderungen im Naturhaushalt der Hochgebirge. Anhand der Bildabfolge des Tschiervagletschers (**Abb. 8.5**) soll die bisherige Rückbildung sowie die prognostizierte Entgletscherung des Alpenraums spekulativ und bewusst plakativ vorskizziert werden.

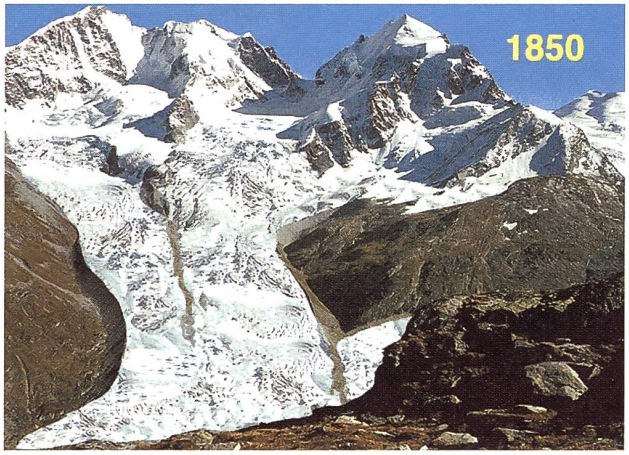
Am Schluss dieses Kapitels wird ein einfaches Kausalkreis-Schema (mit Aufgabenstellung) vorgestellt. Es soll mit Pfeilen die überaus engmaschige Vernetzung der vermuteten und tatsächlichen Zusammenhänge auf graphische Art zur Darstellung bringen (**Abb. 8.6**). Der Klimawandel wirkt sich eben nicht allein auf die Gletscher und deren Vorfelder aus, sondern es werden auch andere wichtige, mit diesem Prozess direkt oder indirekt vernetzte Komponenten des «Mensch-Umwelt-Gefüges» tangiert.

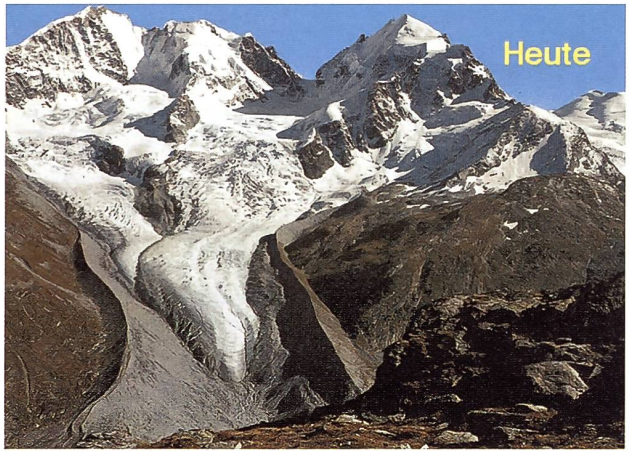
Vereinfacht lassen sich die klimabedingten Veränderungen wie folgt umreissen:

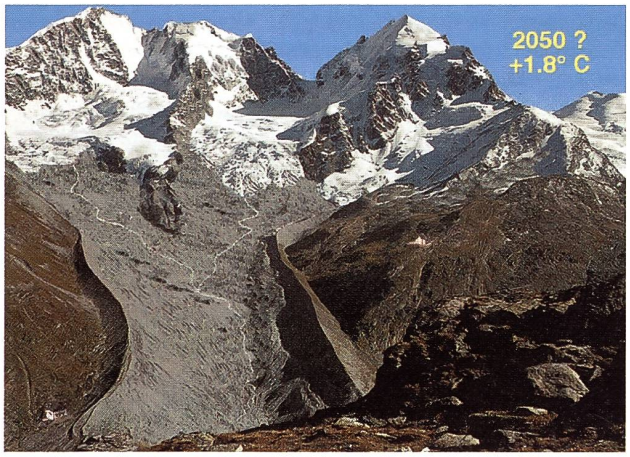
Durch die vorhergesagte Erwärmung und den Gletscherschwund erfahren die freiwerdenden Vorfeldgebiete eine ebenso beschleunigte Arealvergrösserung. Immer ausgedehntere und zusehends steiler werdende Gebiete mit lockerem, instabilem Moränenmaterial werden nun zu potentiellen Schuttliefergebieten für Abtragungsprozesse (z.B. Erosion, Erdrutsche, Murgänge). Die Wiederbesiedlung durch Pflanzen und Baumbewuchs dürfte erst mit einiger Verzögerung die Unterlage stabilisieren.

Durch den Schwund der Gletscher ergeben sich einzelfallweise auch stark veränderte Bedingungen für potenzielle Naturgefahren aus dem glazialen Höhengürtel (z.B. Abbrüche von übersteilten Zungen, z.B. am Allalingletscher 2000, Ausbrüche von Gletscherseen in Vorfeldern, z.B. in Täsch 2002; vgl. Datenbank der gefährlichen Gletscher unter: www.glacierhazards.ch). Mit dem Ansteigen der Temperaturen wird zudem im Permafrost die Mächtigkeit der sommerlichen Auftauschicht zunehmen. Dies führt dazu, dass ehemals ganzjährig gefrorene und daher stabile Berghänge und Schutthalden sich sukzessive erwärmen und schliesslich auftauen und im schlimmsten Fall losbrechen. Steinschlagereignisse aus Felswänden und Hangrutschungen dürften dadurch begünstigt werden. Diese Prozesse sind in ihrem lokalen Auftreten und in ihrem tatsächlichen Ausmass allerdings nur schwer vorhersagbar.

Weiter sei hier auch an die unsicheren Perspektiven des Wasserangebots (Änderungsprognosen des Niederschlags und der Abflüsse, Stromgewinnung durch Kraftwerke), die Schnee(un)sicherheit und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Ausgestaltung des Tourismusangebots erinnert. Fragen zur persönlichen Sicherheit (z.B. in Lawinenwintern), zur Haftung bei Naturkatastrophen (Versicherungs-Probleme) und nach geeigneten baulichen (Lawinenverbau, Schutzdämme gegen Murgänge und Steinschlag) oder planerischen Massnahmen (Ausscheidung von Gefahrenzonen) rücken hier ins Zentrum des Interesses.







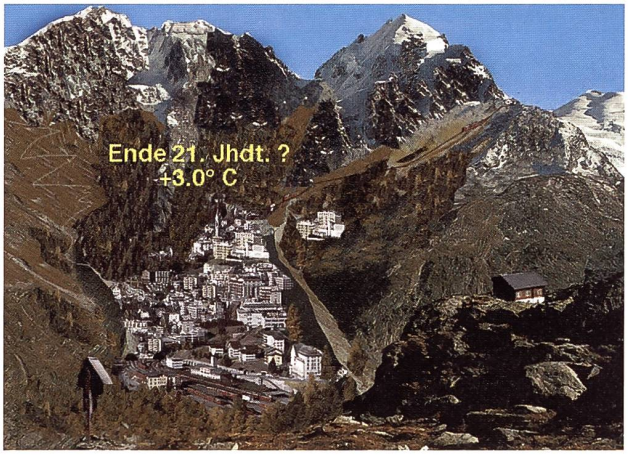


Abb. 8.5 Bildabfolge Tschiervagletscher als Denkanstoss zur Treibhausproblematik. Hochstand 1850/60, «Zustand Heute» sowie «spekulative Schwundszenarien» für das 21. Jahrhundert. Was machen wir mit den eisfrei werdenden Neulandgebieten? Schützen oder nutzen?
(Digitale Bildkompositionen: Max Maisch)

BEOBACHTUNGEN – AUFTRÄGE

- Beschreibe die in dieser «künstlichen» Bildabfolge dargestellten Veränderungen am Tschiervagletscher!
- Was könnte alles passieren, wenn die Alpengletscher dereinst so schnell verschwinden?
- Diskutiere in deiner Klasse, was man in Zukunft mit den durch den beschleunigten Gletscherschwund frei werdenden «Neulandgebieten» im Hochgebirge alles anfangen könnte!
- Erwäge verschiedene Nutzungsmöglichkeiten und deren Vorteile, liste aber auch deren möglichen Nachteile und Schadenfolgen auf!
- Welches wäre nach deiner Meinung die sinnvollste Planungsidee?

Nach wie vor verbleibt aber grosser Spielraum für vielfältige Spekulationen, welche möglichen Nutzungs- oder Schutzziele (z.B. Ausscheidung von «Geotopen)» in den Neulandgebieten zu erwägen und sinnvoll zu verwirklichen sind. Aus glaziologischer und klimatologischer Sicht wird auf alle Fälle deutlich, dass die durch den Klimawandel und den Eisrückgang im Hochgebirge ausgelösten Phänomene in komplex rückgekoppelte regionale und globale Prozessketten eingebettet sind und zu stets neu einzuschätzenden Situationen, evtl. auch zu neuartigen Gefahrenmomenten und Risiken führen können. Das Messen und Beobachten von Gletschern und deren Veränderungen «in Gegenwart, Vergangenheit und Zukunft» (vgl. Einleitungszitat von L. Agassiz zu Beginn **Kapitel 2**) sind also wichtige Aufgaben im Dienste unserer Umwelt und zum Schutz von Natur und Mensch.

Trübe Aussichten also für unsere ehemals so prächtigen Gletscher, die dem bevorstehenden globalen Klimawandel nicht entrinnen können. Ein weiterer emotionaler, für alle bergbegeisterten und «heimatliebenden» Alpinisten sowie auch für unsere aufmerksamen und naturverbundenen Schülerinnen und Schüler nicht ganz unerheblicher Aspekt kommt noch hinzu. Nicht zuletzt würde nämlich durch einen vollständigen und wohl endgültigen Gletscherzerfall in den Alpen ein Landschaftsobjekt von faszinierender Schönheit, beeindruckender Vielfalt und geradezu «urschweizerischer Leuchtkraft» aus dem Blickfeld verschwinden. Ein derartiges Szenario würde zu einer unwiederbringlichen ästhetischen Verarmung der Hochgebirgsräume führen.

Was wäre die Bernina, die Umgebung des Matterhorns, ja die Schweiz (und der Schweizer Tourismus!) ohne ihre Gletscher?

Fazit und Schlussgedanken

Angesichts der zwar noch sehr spekulativen, jedoch nicht ganz unrealistischen Zukunfts-Perspektiven sind damit aktive und rechtzeitige Massnahmen zur Stabilisierung, bzw. Reduktion der anthropogenen Treibhausgasemissionen nach wie vor dringliche Anliegen von grosser Tragweite (z.B. die Einhaltung des Kyoto-Protokolls).

Unsere Schülerinnen und Schüler (und auch deren Kinder) werden an den Zungenenden des Morteratsch- und Tschiervagletschers (wie auch an allen anderen Alpengletschern) dereinst ablesen können, welches Drehbuch auf der Weltbühne der internationalen Klimaschutzpolitik tatsächlich inszeniert und in der Natur effektiv gespielt worden ist.

Diesen Generationen der Zukunft wird es dann wohl weniger gleichgültig sein, ob ihre Eltern und Vorfahren – oder ihre einstigen Lehrerinnen und Lehrer – ihrer verantwortungsvollen Pflicht zur Wahrung eines noch weitgehend natürlichen Gleichgewichtes in unserem doch so zerbrechlichen «Treibhaus Erde» nachgekommen sind oder nicht.

Es bleibt zu hoffen, dass die schmollenden «Eisriesen» mit ihren jämmerlich abgemagerten «Zungentatzen» – auch ohne endgültigen Beweis für die angeklagte Mitschuld des Menschen – den Entscheid für ein (noch) rechtzeitiges Ergreifen möglicher Gegenmassnahmen in positivem Sinne beeinflussen. Die «Klimafrage» ist letztlich eine «Wohlstandsfrage». Auch im kleinen Kreis und im privaten Lebensumfeld gibt es unzählige Möglichkeiten für energiesparendes und damit klimaschonendes Verhalten.

So meinte doch schon Wilhelm Tell, «unser» Nationalheld und legendäre Titelfigur des gleichnamigen Bühnenstücks von F. Schiller, zutreffend zu seinem Sohn (und damit vielleicht bereits in weiser Vorahnung über die heutige Treibhausproblematik):

«Ja, wohl ist's besser Kind, die Gletscherberge im Rücken zu haben als die bösen Menschen.»

(Friedrich Schiller, 1804: «Wilhelm Tell», Schauspiel, uraufgeführt am 17.3. 1804 in Weimar (3. Aufzug 3. Szene: «Der Apfelschuss»).

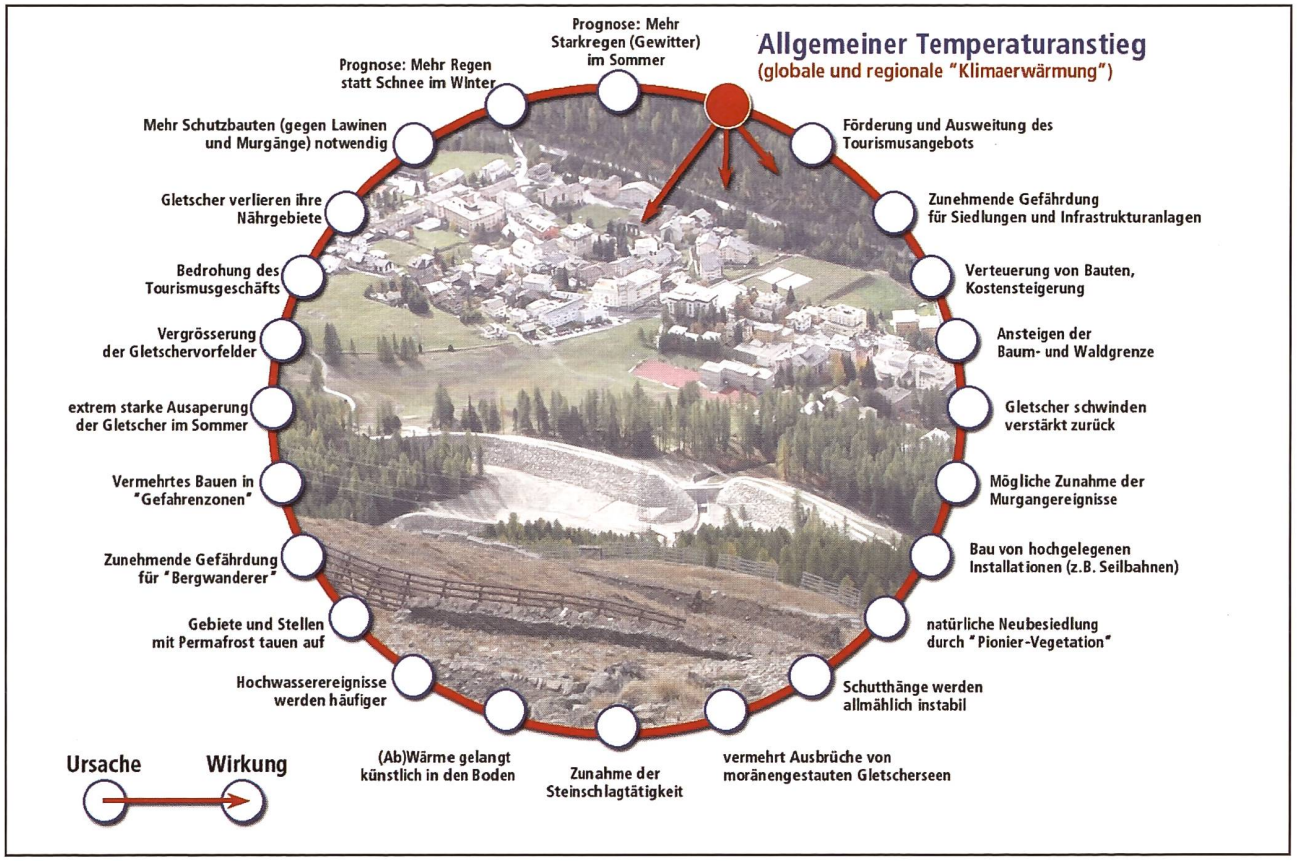


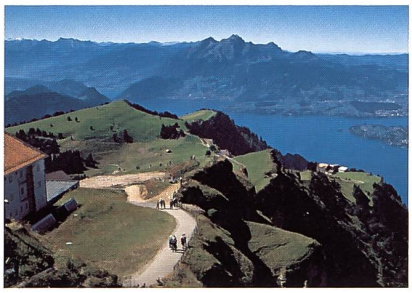
Abb. 8.6 Synthese und Zusammenfassung zum Problemkreis «Klimawandel und Gletscherschwund im Hochgebirge». Im Zentrum der Abbildung ist der im Sommer 2003 fertiggestellte kombinierte Lawinen-/Murgang-Schutzdamm oberhalb Pontresina abgebildet. (Grafik: Max Maisch).

AUFGABE • Verbinde die hier in einem Kreis regellos angeordneten, in Beziehung mit dem allgemeinen Temperaturanstieg («Klimaerwärmung») stehenden Phänomene und Aspekte graphisch durch sinnvolle «Ursache-Wirkungspfeile»! Bilde, wo immer möglich, längere Kausalketten (positive oder negative Rückkopplungen) und erörtere deren «Abhängigkeiten»!

DENKANSTÖSSE – ARGUMENTE

- Zum Schlusszitat: Wie hat Wilhelm Tell seine Aussage über die «bösen Menschen» ursprünglich gemeint?
- Sollen sich die «Entwicklungsländer» bei den Reduktionsmassnahmen für den CO_2-Ausstoss wirtschaftlich ebenso stark einschränken wie die «Industrieländer»?
- Wer trägt die Schuld, wenn durch den Anstieg des Weltmeeresspiegels (aufgrund der Gletscherschmelze) im Indischen Ozean oder im Pazifik demnächst einige (Ferien-)Inseln zu ertrinken drohen?
- Wo sind in unserem Alltag (und in der Politik) überall Möglichkeiten zum energie-, klima- und umweltschonenden Verhalten gegeben?
- Was trägst du persönlich zum Schutz des Klimas und damit auch zum Schutz der Gletscher bei?

Eine Schulreise auf die Rigi bietet Ihnen...



... Geografie im Massstab 1:1
Der herrliche 360°-Panoramablick ist atemberaubend. Gegen Norden reicht die Sicht an schönen Tagen über das gesamte Schweizer Mittelland und bis zum Schwarzwald und den Vogesen. Im Süden thront majestätisch der Alpenkranz, vom Säntis im Osten über die gezackten Zentralschweizer Alpen bis hin zum bekannten Trio Eiger, Mönch und Jungfrau. Wer entdeckt die 13 Seen? Wo liegt unser Schulhaus? Welche Seitenmoränen haben die Gletscher in der letzten Eiszeit ins Mittelland hinaus getragen? Welche Berge sind auch im Hochsommer mit Schnee bedeckt? Geografie wird auf der Rigi bewusst erlebbar!

... lebendige Tourismus- und Verkehrsgeschichte
Die Rigi ist die Wiege des Bergtourismus in Europa. Seit 1871 fährt die erste Bergbahn unseres Kontinents von Vitznau auf die «Königin der Berge». Nur vier Jahre später nahm die Zahnradbahn von Goldau ihren Betrieb auf. Und im Sommer fahren Dampfzüge aus Urgrossvaters Zeiten stampfend und schnaufend auf den Berg. Auf der Rigi-Schulreise wird dieses Stück Verkehrsgeschichte lebendig!
Die Rigi-Fahrt lässt sich bestens mit einer (Dampf-)Schifffahrt auf dem malerischen Vierwaldstättersee verbinden. So wird nicht nur der Berg selbst, sondern auch die An- und Abreise zu einem eindrücklichen Erlebnis. Auf dem Panorama-Wanderweg zwischen Rigi Kaltbad und Rigi Scheidegg geht man auf «Spurensuche» nach der einstigen Hochalpenbahn. Alte Kilometertafeln, Brücken, ein Tunnel und sogar ein ausrangierter Personenwagen sind dort anzutreffen.

... eine Sportlektion in freier Natur
Über 100 km Wander- und Spazierwege laden zu genussvollen Erlebniswanderungen mit herrlichem Panoramablick ein. Vom kurzen Spaziergang bis zur anspruchsvollen Bergwanderung gibt es unzählige Varianten. Eine intakte Natur und gesunde Bergluft (die Rigi ist autofrei) lassen Körper und Seele wieder Energie tanken.

Spezialpreis für Schulen CHF 13.40 pro Schüler, Lehrer und Begleitpersonen

Angebot/Leistungen:
- Berg- und Talfahrt (Vitznau/ Weggis/ Goldau)
- Jede 10. Person gratis
- Reservation erforderlich
- Annullation bis 8.00 Uhr am Reisetag möglich
- Öffentliche Grillstellen: Staffel/Schwingplatz, Känzeli, Grandwald, Gruebi bei der Käserenholzhütte, Unterstetten, Scheidegg
- Botanischer Lehrpfad: Kulm-Staffel-Känzeli
- Minigolf-Anlage in Rigi-Kaltbad

... viel Spass und Abenteuer
Zahlreiche gut eingerichtete Feuerstellen stehen zum fröhlichen Picknick oder Grillplausch bereit. Auf Rigi Kaltbad gibt es eine Kneippanlage, wo die müden Wanderfüsse wieder belebt werden, sowie einen grossen Abenteuerspielplatz für die jüngeren Schüler. Auf Rigi-Wegen lässt sich noch manches kleine, aber feine Abenteuer entdecken: Zum Beispiel die legendäre Heilquelle mit der Felsenkapelle Kaltbad, das Silberbesteck von Bayernkönig Ludwig im Hotel Kulm, der Ort, wo Goethe seinen Tagebucheintrag über die Rigi verfasste, oder die Höhle Steigelfadbalm, wo in der Eiszeit Höhlenbären hausten.

Weitere attraktive Zusatzangebote finden Sie in unserer Broschüre «Ideenwelt Rigi» oder unter www.rigi.ch.
Rufen Sie uns an unter Tel. +41 41 399 87 87, wir beraten Sie sehr gerne.

Ausbildungsmöglichkeit in Kreis- und Gruppentanz

Im Herbst 2000 wurde die Kreistanzschule ChoRa gegründet. Der Name ChoRa hat seine Wurzeln im griechischen Wort Choreia und bedeutet *Tanzort der Begegnung.*
Ihre Schwerpunkte liegen hauptsächlich im Bereich der Kreis- und Gruppentänze. Diese Tanzrichtungen erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Nun ist es möglich, dies in einem Lehrgang zu lernen und umzusetzen. Die Ausbildungswochenenden finden im Lassalle-Haus in Bad Schönbrunn statt. Beginn Mitte August 2004.

Kreis- und Gruppentänze:
Kreis- und Gruppentänze bringen Menschen jeden Alters zusammen und setzen Gemeinschaft stiftende Energien in Bewegung um. Der Einzelne findet sich wieder in bewegter Gemeinschaft. Kreis- und Gruppentänze ermöglichen eine Gemeinschaftserfahrung, die begeistert und zur bleibenden Erinnerung wird.

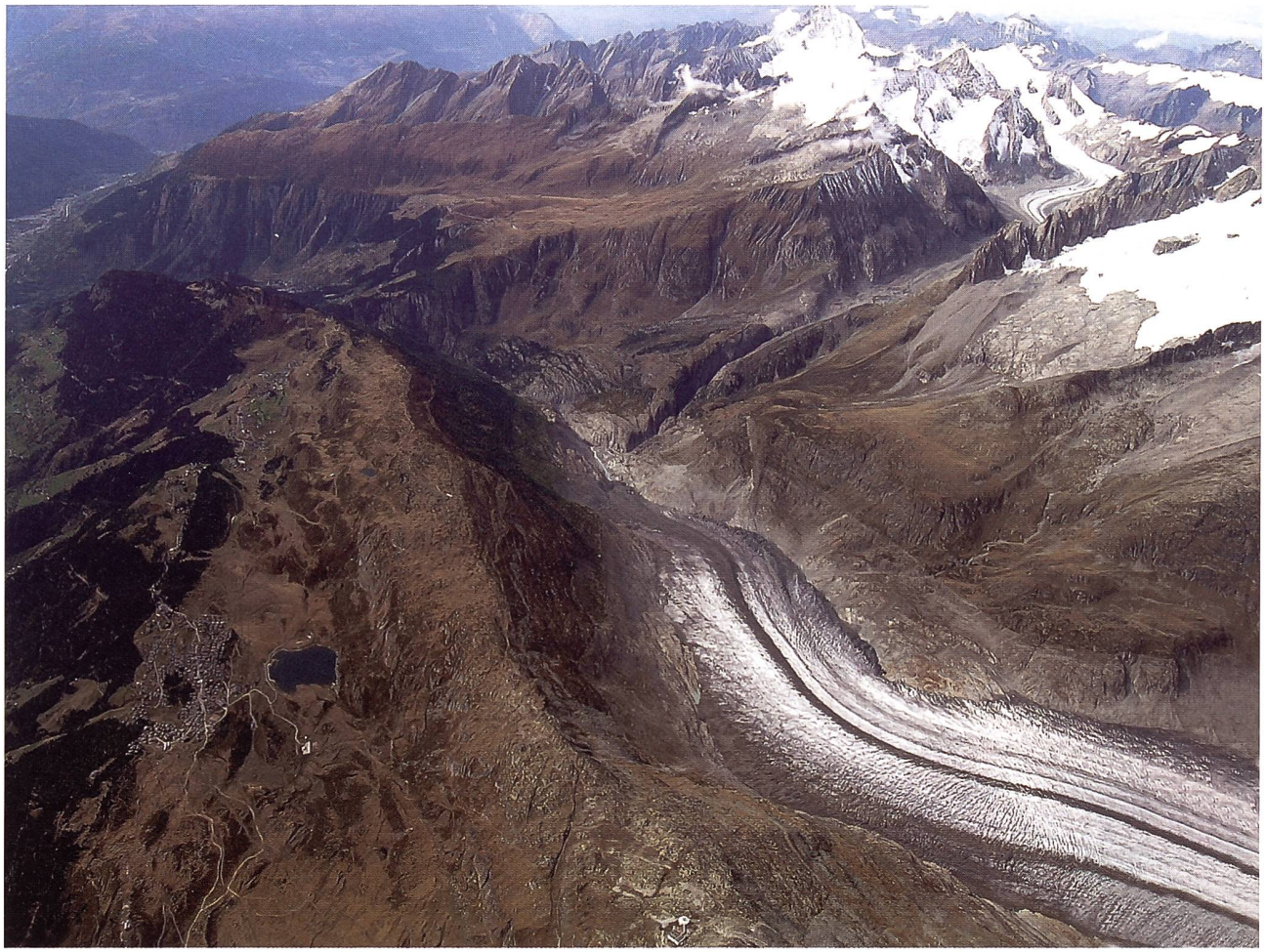
Deshalb eignen sich einfache und anspruchsvollere Kreis- und Gruppentänze ideal für die Schule, Jugendarbeit, Pfarreiarbeit, Freizeit, Erwachsenenarbeit und überhaupt für Feste im kleineren und grösseren «Kreis».

Lehrgang zum Kreis- und Gruppentänzer
Die einjährige Ausbildung zum Kreis- und Gruppentänzer greift die Idee der drei Sparten «Rockig – Traditionell – Meditativ» auf. In allen Lehreinheiten wird in diesen drei Sparten getanzt. Die Ausbildung umfasst sechs Wochenenden, jeweils von Freitagabend bis Sonntagnachmittag, oder sie wird in drei Blockkursen angeboten. Die angehenden Tänzer/innen erlernen ein Tanzrepertoire, das sie befähigt, zirka 60 – 70 Tänze in ihrem Tätigkeitsfeld anzuleiten. Zudem erhalten sie Einblicke in Körperarbeit, Improvisation und Choreografie. Jeder Teilnehmer wird zudem eine eigene Choreografie in einer der drei Tanzsparten erarbeiten.

Wer kann Kreis- und GruppentänzerIn werden?
Die einzige Voraussetzung ist Freude an der Bewegung und der Musik. Etwas Tanzerfahrung erleichtert den Einstieg, ist aber nicht Bedingung. Die Ausbildung spricht vor allem Personen folgender Berufe an: JugendarbeiterIn, LehrerIn, PfarrerIn, AnimatorIn, SozialpädagogIn, TurnleiterIn, ErwachsenenbildnerIn – und natürlich auch ganz einfach Leute, die sich gerne bewegen.

Was ist Kreistanz?
Die Grundidee ist simpel: Beliebig viele Personen fassen sich an den Händen und tanzen im Kreis. Diese Art von Tanz kennen die Menschen seit ewigen Zeiten und in allen Kulturen. Der Kreistanz ist aus den diversen traditionellen Volkstänzen entstanden und wird nun mit modernen Tanzschritten und zeitgenössischer Musik angereichert. Es werden verschiedene Schrittfolgen getanzt, die sich wiederholen. Das Repertoire an Choreografien reicht mittlerweile von einfacher Bewegungsmeditation über moderne Gruppentänze bis hin zu fröhlichen Festtänzen. Die Tänze sind beliebig gestaltbar und somit für jede Altersstufe geeignet. Sie sind an keine Religion gebunden, ermöglichen aber Gemeinschaftserfahrungen, die besonders in der Pfarreiarbeit, Schule, Jugendarbeit und an Festen geschätzt werden. In fast jeder grösseren Ortschaft der Schweiz gibt es solche Tanzkreise.

Weitere Informationen erhalten Sie unter folgender Adresse:
Kreistanzschule ChoRa
Kirchgasse 25, 9220 Bischofszell
Tel. 0041 –(0) 71 422 57 09
E-Mail: chora@chora.ch
Homepage: www.chora.ch



Flugaufnahme über der Zunge des Grossen Aletschgletschers. (Foto: Christine Rothenbühler, 2003)

AUFGABEN – FRAGEN

Auswerten eines «Gletscherbildes»

Zur Orientierung

- Suche dir eine geeignete Karte mit dem abgebildeten Gebietsausschnitt heraus und orientiere dich anhand auffallender Geländepunkte und Landschaftsmerkmale!
- In welche Richtung hat die Fotografin (übrigens eine versierte Segelfliegerin) ihre Kamera gehalten?
- Was denkst du, wie hoch fliegt das Segelflugzeug ungefähr? Beachte dazu die Bergspitzen im Hintergrund und notiere dir deren Gipfelhöhe!
- In welcher Jahreszeit wurde die Aufnahme gemacht? Welche Anhaltspunkte gibt es dazu?
- Wie heissen die zwei links im Bild erkennbaren Landschaftsgebiete (es sind auch Ferienorte)?
- Welchen Namen trägt die auffallende Geländeverflachung im Hintergrund (im oberen Bilddrittel)?
- Wie heisst das Haupttal (im Hintergrund oben links)?

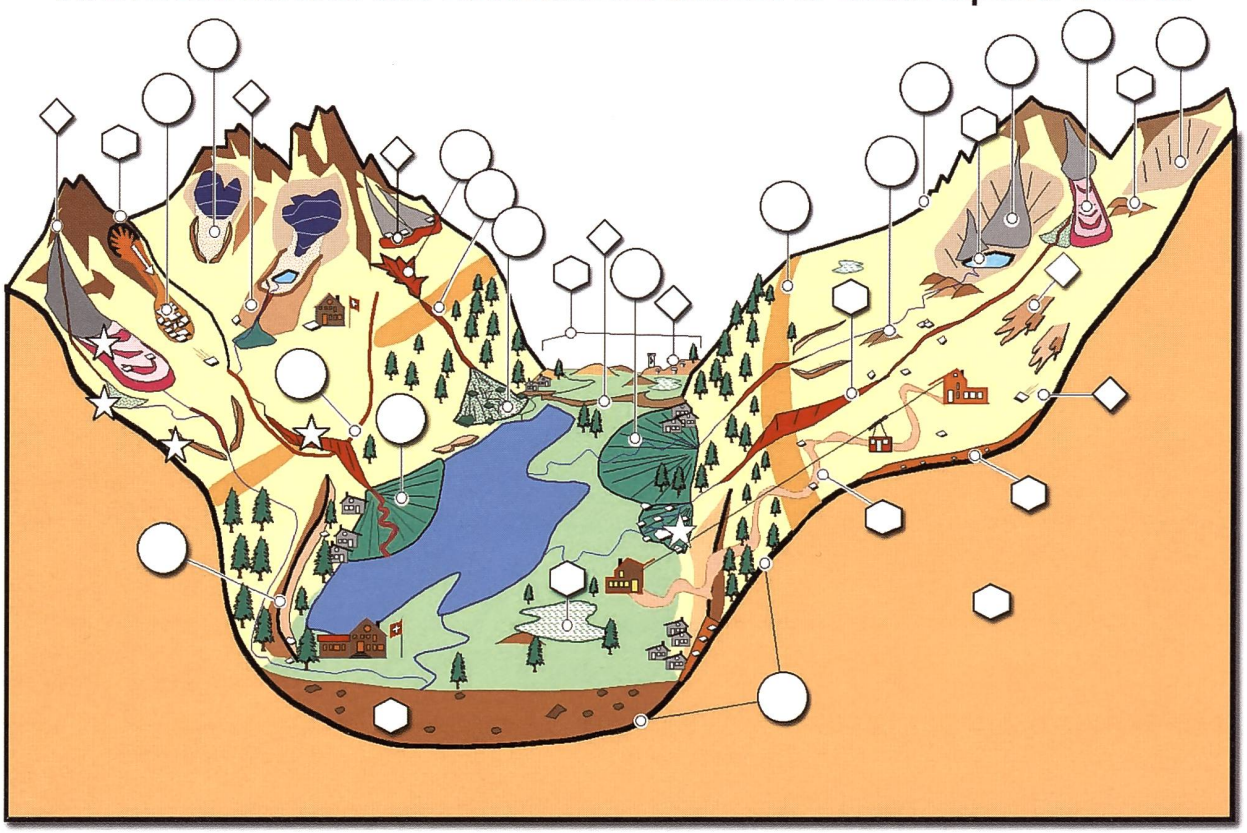
Zur Vergletscherung

- Wie heissen – neben dem Grossen Aletsch – die anderen hier abgebildeten grösseren Gletscher?
- Bis wohin reicht etwa die schuttbedeckte Zunge des Grossen Aletschgletschers? Was kannst Du dort gerade noch erkennen?
- Welche verschiedenen Arten von Gletscherspalten haben sich auf der Oberfläche des Grossen Aletschgletschers gebildet? Erkläre vereinfacht deren Entstehung!
- Welche Moränentypen kannst du auf oder neben den Gletschern sehen?
- Aus welcher Vorstossphase stammt wohl der langgezogene Moränenwall rechts oberhalb des Gletschers?
- Wie und wo bilden sich Mittelmoränen?
- Aus wievielen Zuflüssen setzt sich der Grosse Aletschgletscher in seinem Nährgebiet zusammen?

Zur Geomorphologie (Landschaftsformen)

- Suche im Bild all diejenigen Landschaftsformen oder Erscheinungen, die auf die Wirkung des Gletschers zurückgehen.
- Erkennst du auch Stellen, welche vorwiegend durch das Wasser von Bergbächen oder kleineren Flüssen geschaffen wurden?
- Was sind mögliche Gründe, dass es ausgedehnte Gebiete mit Vegetation, daneben aber auch Flächen ohne Pflanzenbewuchs hat?
- In welchem Zeitabschnitt der Erdgeschichte wurde der im Vordergrund erkennbare Bergrücken (rechts vom kleinen See) vom Gletschereis noch überfahren und überprägt?
- Wie wird sich deiner Ansicht nach diese Landschaft verändern und entwickeln, wenn die Zunge des Gossen Aletschgletschers dereinst ganz aus dem Blickfeld verschwunden ist?
- Was müsste passieren (klimatisch und glaziologisch), damit der Grosse Aletschgletscher wieder vorstossen könnte?

Oberflächenformen und Landschaftselemente in einem alpinen Hochtal



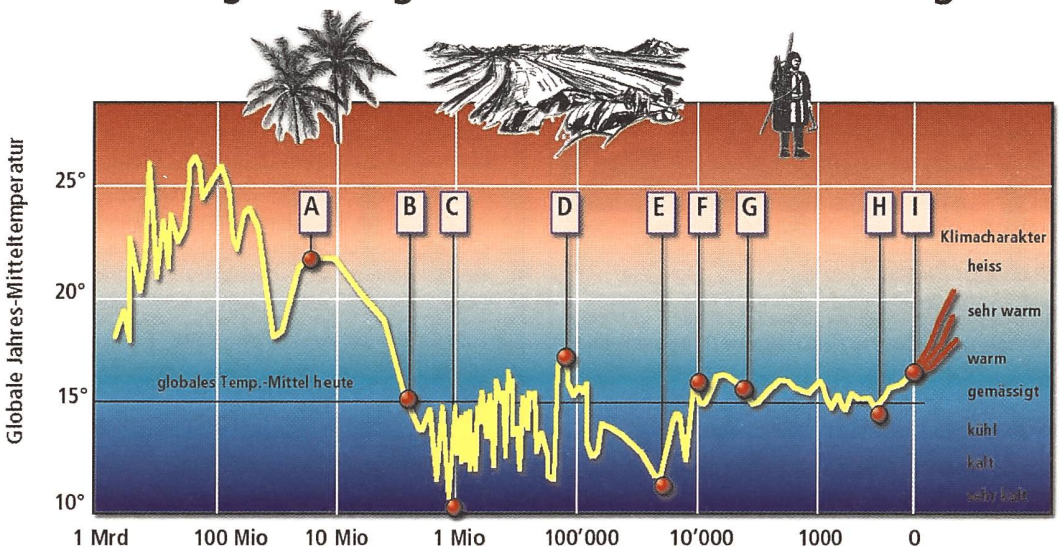
○ Grundbegriffe		⬡ Zusatzbegriffe		◇ Spezialbegriffe	
1	**Gletschervorfeld**	A	**Erosionskerbe**	a	**Erdströme** (Solifluktion)
2	**Kar**	B	**Karschwelle**	b	**Wanderblock** (Solifluktion)
3	**Blockgletscher**	C	**Karsee**	c	**Gletschertöpfe**
4	**Rundhöcker**	D	**Grundmoränendecke**	d	**Blockgirlande**
5	**Schliffgrenze** (eiszeitlich)	E	**Überschliffenes Passgebiet**	e	**Murgang-Anrisszone**
6	**Schuttkegel (Felssturzkegel)**	F	**Abbruchnische**	f	**Moränenbastion**
7	**Erosionstrichter**	G	**Torfmoor (Hochmoor)**	g	**alte Seeterrassen**
8	**Murgang(rinne)**	H	**Skipisten**(planierung)	**Geomorphologische Prozessbereiche**	
9	**Murkegel**	I	**Alluvionen**	erosiv	**Einwirkung von...** akkumulativ
10	**Moränenwall** (späteiszeitlich)	J	**Anstehendes Gestein**	◣	**Gletscher** (glazial) ◢
11	**Stufenmündung (Hängetal)**	☆	**Bergiffs-Wiederholungen**	●	**Bach/Fluss** (fluvial) ●
12	**Trogtal** (U-Querschnitt)	K		↓	**Schwerkraft** (gravitativ) ↓
13	**Trogschulter**	L		▼	**Frost** (periglazial) ▼
14	**Schwemfächer** (oder **Delta**)	M		✕	**Mensch** (anthropogen) ✕
15	**Felssturzablagerung**	N		✿	**Pflanzen** (biogen) ✿

Schematische Darstellung eines alpinen Trogtals. (Grafik: Max Maisch)

AUFGABE

- Ordne in dieser Darstellung die in der Formenliste aufgeführten Begriffe (Formen, Erscheinungen) richtig zu (Grund-, Zusatz- und Spezialbegriffe)! Klassiere die einzelnen Formen zudem nach den vorgegebenen «Prozessbereichen» (erosiv/akkumulativ)!

Klima- und gletschergeschichtliche «Schlüsselereignisse»



Alter (Jahre vor heute)

A	B	C	5'300	~115'000	150
D	E	F	~2.4 Mio	~20'000	~10'000
G	H	I	> 780'000	A ~20 Mio	21. Jhdt.

Ereignisse	Beschreibung
Leben und Tod von «Ötzi»	Auf der Erde kommt es nach einem Temperaturabfall zu markanten Kalt-/Warm-Zyklen mit ausgedehnten Vereisungen
Letzte Zwischeneiszeit	Der heutige Mensch beeinflusst hauptsächlich durch das Verbrennen fossiler Energieträger das Erdklima und heizt die Atmosphäre damit künstlich auf
Beginn des Eiszeitalters	Die alpinen Gletscherströme erreichen ihre grösste würmzeitliche Ausdehung und hinterlassen im Vorland deutliche Moränenwälle und Schotterfelder
Beginn der Nacheiszeit	Die Alpengletscher stossen gegen Ende der «Kleinen Eiszeit» nochmals vor und bilden dabei mächtige Moränenwälle
Die grösste Eiszeit	Hochgelegene, vom Menschen bereits begangene Alpenübergänge vereisen schlagartig und verharren mehrere Tausend Jahre unter Eis
A Molassezeit im Mittelland	Die abschmelzenden Eiszeitgletscher erreichen heutige Ausdehnung und schwanken seither nur noch in geringem Ausmass
Gletscherhochstand 1850/60	Die Alpen und das Alpenvorland erleben die ausgedehnteste und mächtigste Vereisung des gesamten Eiszeitalters
Maximum der letzten Eiszeit	In diesem Zeitabschnitt ist es sogar leicht milder als heute, anschliessend beginnt die «Würm-Kaltzeit»
Verstärktes Treibhausklima	A Die Urflüsse entströmen den jungen Alpen, lagern im Vorland ihre Schwemmfracht ab und bilden den heutigen Felsuntergrund

AUFGABE • Ordne die hier ausgewählten klima- und gletschergeschichtlichen «Schlüsselereignisse» (Buchstaben **A-I**) den vorgegebenen Zeitangaben zu! Versuche herauszufinden, welche Beschreibung (Definition) zu welchem der genannten Ereignisse passt! (Grafik: Max Maisch)

TATSACHEN – WISSENSWERTES

Hast du gewusst,....?

Gletscher der Schweiz

- ...dass es in den Gebirgsregionen der Schweizer Alpen heute (noch) über 2'000 Gletscher gibt? **Frage**: Welche Umstände machen das genaue «Zählen» von Gletschern so schwierig?
- ...dass die schweizerische Vergletscherung vor 150 Jahren (Hochstand von 1850/60) noch rund 1800 km² umfasste?
- ... dass die 2'000 Schweizer Gletscher zusammen heute noch eine Gesamtfläche von rund 1'050 km² bedecken?
- ...dass diese 2'000 Gletscher in den letzten 150 Jahren rund 750 km² an Fläche (über 40 Prozent) eingebüsst haben? **Frage**: Welcher Kanton kommt mit seiner Fläche den genannten Zahlenwerten am nächsten (oder welche Kantone zusammen)? **Tipp**: Kantonsflächen im Geographie-Buch «Schweiz, Suisse, Svizzera, Svizra» nachschlagen.
- ...dass die heutigen Gletscher zusammen noch rund 2.7 Prozent der Schweiz (CH-Staatsfläche 41'285 km²) bedecken? **Frage**: Wie gross schätzest du den Anteil der übrigen «Bedeckungen» (z.B. von Wald, Siedlungen, Seen, Kulturland)?
- ...dass der Grosse Aletschgletscher (90.1 km² Fläche) mit Abstand der grösste Gletscher der Schweiz, ja sogar des gesamten Alpenraums ist? **Frage**: Mit welchem Anteil repräsentiert der Grosse Aletschgletscher die gesamtschweizerische Vergletscherung?
- ...dass alle in den Schweizer Alpen vorhandenen Eisreserven – geschmolzen und gleichmässig verteilt – unser Land mit ca. 1,6 Meter Wasser bedecken würden? **Frage**: Wie gross ist das gesamte Eisvolumen aller Schweizer Gletscher?
- ...dass gemäss den Szenarien zur «Klimaerwärmung» bereits bis Mitte des 21. Jahrhunderts rund drei Viertel aller Gletscher der Schweizer Alpen verschwinden werden? **Frage**: Wieviele Gletscher(flächen) gibt es demzufolge um 2050 noch (theoretisch)?

Gletscher der Erde

- ...dass mit rund 15 Mio km² annähernd 10 Prozent der Landoberfläche der Erde von Gletschereis bedeckt ist? **Frage**: Wieviel misst demnach die gesamte Landoberfläche der Erde? Wieviel beträgt somit die Gesamtfläche aller Meere? **Tipp**: Flächenverhältnis Land zu Meer ca. 30 zu 70 Prozent (gerundet).
- ...dass die Eiszeitvergletscherung der gesamten Erde vor 22'000-25'000 Jahren eine Fläche von insgesamt rund 45 Mio km² bedeckte? **Frage**: Wievielmal grösser war die globale Eisbedeckung damals im Vergleich zu heute?
- ...dass die im Eis der Antarktis (Gesamtfläche des Festlandes rund 13.2 Mio km²) gespeicherte Wassermenge – vollständig geschmolzen – den Weltmeeresspiegel um rund 85 Meter ansteigen lassen würde (ohne Küstenlinienveränderung)? **Frage**: Wieviele Kubikkilometer Wasser (in gefrorener Form als Eis) enthält die Antarktis?
- ...dass das Eis der Antarktis an einigen Stellen bis zu 4750 («genau» 4744 m) Meter dick ist? **Frage**: Mit welchen Methoden könnte man das herausgefunden haben?
- ...dass die grössten Eisberge, die von der Antarktis abbrechen, an die 80 km lang sein können? **Frage**: Bis wohin würde dieser Eisblock von Zürich (oder Bern, Chur, Luzern etc.) aus reichen?
- ...dass der schnellste Gletscher, der Kutiah Gletscher in Pakistan, den Rekord für den schnellsten Vorstoss hält? 1953 stiess er in drei Monaten mehr als 12 km vor. **Frage**: Welche mittlere Tages- und Stundengeschwindigkeit lässt sich daraus errechnen?
- ...dass der grösste Gletscher Europas (ausserhalb Grönlands) auf Island liegt (Vatnajökull) und mit 8'900 km² Fläche rund 3x so gross ist wie alle Alpengletscher zusammen? **Frage**: Wievielmal hätte der grösste Schweizer Gletscher auf dem Vatnajökull Platz?
- ...dass es in Alaska an die 100'000 Gletscher gibt und dass davon erst ungefähr 1'000 Gletscher einen Namen haben? **Frage**: Aus welchen Gründen tragen (fast) alle Schweizer Gletscher einen Namen?
- ...dass der Malaspinagletscher in Alaska, der weltweit grösste Piedmontgletscher (Vorlandgletscher, wie Eiszeitgletscher am Alpenrand), rund 8'000 km² bedeckt und an seiner breitesten Stelle an der Zunge an die 190 km misst? **Frage**: Bis wohin würde sich diese Zunge vom Bodensee aus über das Schweizer Mittelland erstrecken?

Gletscher der Eiszeit

- ...dass die Schweiz während der letzten Kaltzeit (Würmeiszeit) vor rund 22'000-25'000 Jahren zu etwa 80-90% von riesigen Gletschersystemen bedeckt war? **Frage**: Wie umfangreich war die schweizalpine Vereisung und wievielmal grösser war die damalige Eisbedekkung im Vergleich zu heute? (Ausgangszahlen siehe oben).
- ...dass zum Maximum der letzten Eiszeit der Meeresspiegel global rund 120 Meter tiefer lag als heute? **Frage**: Wie gross war demzufolge die Wassermenge, die damals in Form von Eis auf den Kontinenten gebunden war? (Ausgangszahlen siehe oben).
- ...dass sich Skandinavien seit dem Verschwinden der eiszeitlichen Eiskappe durch Entlastung der Erdkruste im Zentrum um rund 300 Meter angehoben hat? **Frage**: Wie mächtig muss das Eis dort gewesen sein, wenn die Dichte des Gesteinsmaterials diejenige des Eises etwa um das Dreifache übertrifft? (Annahme: Erdkruste mit oder ohne Eisbedeckung stets im «Schwimmgleichgewicht»).
- ...dass Gletscher, obwohl sie aus «butterweichem» Material (Eis) bestehen, während den Eiszeiten im Alpenraum ansehnliche Vertiefungen und zum Teil bis unter den Meeresspiegel reichende Täler «ausgehobelt» haben? **Frage**: Welche Faktoren müssen bei dieser grossen Erosionsleistung ganz entscheidend mitgeholfen haben?

Gletschereis als Materie

- ...dass 90% eines Eisberges unter Wasser schwimmt und nur 10% über dem Wasser sichtbar ist? **Frage**: Was ist die physikalische Ursache dieses altbekannten Phänomens (z.B. Untergang der TITANIC)?
- ...dass Eiskristalle in Gletschern so gross wie Tennisbälle (Ø 10 cm) werden können? **Frage**: Schätze zuerst und berechne sodann das Gewicht eines solchen «Riesen-Eiskristalls»!
  Tipp: Volumen = $(4/3)\ \pi r^3$.
- ... dass die blaue Farbe des Eises davon herrührt, dass im reinen kompakten und luftblasenfreien Eis alle langwelligen Farben (z.B. Rot) absorbiert und lediglich das kurzwellige Blau gestreut und reflektiert wird? **Frage**: Warum erscheint Gletschereis aber oft auch weisslich?

Kleines «Gletscher-Glossar»

Ablation: Vorgänge, die dem Gletscher Masse entziehen durch Schmelzen und Verdunsten infolge Sonneneinstrahlung, Kalbung oder Eisabbrüche.

Akkumulation (auf dem Gletscher): Vorgänge, die dem Gletscher Masse zuführen durch Niederschlag (Schneefall), Winddrift oder Lawinenniedergänge. In der Geomorphologie: Ablagerung oder Sedimentation von transportiertem Gesteinsmaterial durch Flüsse/Bäche, Gletscher, Wind oder auch die Meeresbrandung.

Blockgletscher: sich wulstartig pro Jahr ca. 0.1 -1.0 m talabwärts bewegender zungenförmiger Schuttstrom, aus Blöcken verschiedenster Grösse bestehend. Enthält im aktiven Zustand einen aus Permafrost gebildeten (Eis)Kern.

Erosion (Geomorphologie): Ausfurchende Tätigkeit des fliessenden Wassers oder auch von Gletschern. Wegführung des durch die Verwitterung aufbereiteten Gesteinsmaterials.

fluvial: von Bächen oder Flüssen verursachte Akkumulations- oder Erosions-Prozesse und die dadurch geschaffenen Geländeformen.

fluvioglazial: Prozesse und Formen, die durch die kombinierte Wirkung des Eises und von Schmelzwässer zustandekommen.

Firn: Schnee, der mindestens einen Sommer überdauert hat und sich bereits in den dichteren Firn umgewandelt hat.

Geomorphologie: Wissenschaft, die sich mit den formbildenden Prozessen der Erdoberfläche und den durch sie geschaffenen Gelände- und Landschaftsformen auseinandersetzt.

glazial: unmittelbar vom Gletscher verursachte Prozesse und die dadurch geschaffenen Gelände- oder Landschaftsformen.

Glaziologie: Wissenschaft, die sich mit den (physikalischen) Eigenschaften und dem Verhalten von Schnee, Eis und Gletschern beschäftigt.

Gleichgewichtslinie: Linie auf dem Gletscher, an welcher am Ende des Haushaltsjahres (Ende Sommerhalbjahr) sich Akkumulation und Ablation die Waage halten. Bei ausgeglichenem (stationärem) Massenhaushalt stehen sich die Flächen von Nähr- und Zehrgebiet in einem 2:1-Verhältnis gegenüber.

Gletschervorfeld: Gebiet zwischen den Moränen der neuzeitlichen (bzw. postglazialen) Vorstösse (z.B. Hochstand 1850/60) und den heutigen Gletscherumrissen.

Hochstand von 1850/60: allgemein in den Alpen verbreitete Vorstossphase der Gletscher, welche um die Mitte des 19. Jahrhunderts im Anschluss an frühere Vorstösse ähnlicher Grösse (z.B. um 1600 und 1820) ihren Höhepunkt erreichte. Markiert das Ende der «Kleinen Eiszeit».

Kleine Eiszeit (engl. Little Ice Age): allgemein kühle Phase der Gletschergeschichte seit Mitte des 13. Jahrhunderts, gekennzeichnet durch allgemein grosse Gletscherausdehnungen und mehrere Hochstände in der Grössenordnung von 1850/60.

Massenbilanz: Verhältnis von Einnahmen (Akkumulation) und Ausgaben (Ablation) auf einem Gletscher am Ende des Haushaltsjahres. Wird an einigen wenigen Alpengletschern regelmässig bestimmt.

Molasse: Bezeichnung für Gesteinsformationen, welche im Zeitraum des Tertiärs (65 - 2.4 Mio Jahre vor heute) im Mittelland in mehreren Zyklen durch die Urflüsse als Schuttmaterial aus den Alpen abgelagert wurde (z.B. als Sandsteine, Mergel oder Nagelfluhbänke).

Moränen: vom Gletscher an der Grenze Eis/Untergrund (Grundmoräne) oder am Eisrand (Seitenmoränen) bei Vorstössen häufig in Form von Wällen akkumuliertes Gesteinsmaterial (End-, Ufermoränen). Beim Zusammenfluss zweier Gletscherströme entstehen Mittelmoränen.

Murgang: aus einem Gemisch aus Schutt, Erde, Wasser und Gesteinsblöcken bestehende stromartige Massen, die sich meist in Wildbachfurchen plötzlich und rasch abwärts wälzen.

Pionierpflanzen: Erstbesiedler von Neuland, z.B. von Gletschervorfeldern.

Postglazial (oder Holozän): Nacheiszeit, Beginn vor ca. 11'500 Jahren, als die eiszeitlichen Gletscher endgültig auf die Grössenordnung neuzeitlicher Ausdehnung (z.B. 1850) zurückschmolzen.

Quartär: jüngste geologische Formation der Erdgeschichte, aufgrund der verschiedenen Kaltzeiten (Glaziale) auch Eiszeitalter genannt. Beginn vor ca. 2.4 Mio Jahren, umfasst auch die Gegenwart.

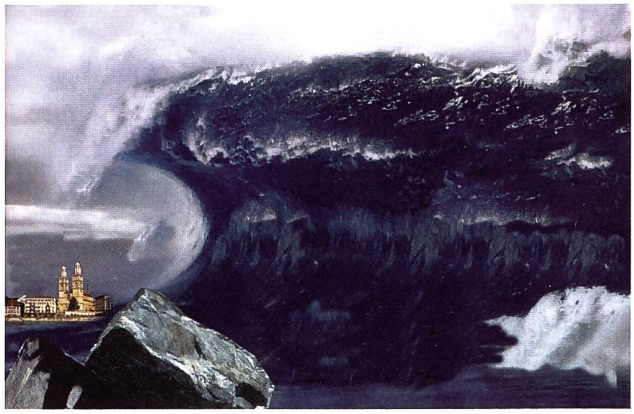
Radiokarbonmethode (^{14}C-Methode): physikalisches Verfahren zur Altersbestimmung organischer Materialien (Holz, Torf, Böden, Knochen) aufgrund der Zerfallsgesetze des radioaktiven Kohlenstoffes.

Séracs: Durch das Überkreuzen von Längs- und Querspalten meist über Steilabbrüchen entstehendes wirres Spaltenmuster mit spektakulären Eistürmen.

Spätglazial: Zeitraum zwischen ca. 20'000-11'500 Jahren vor heute am Ende der letzten Kaltzeit, als die eiszeitlichen Gletscher sukzessive zurückzuschmelzen begannen.

Verwitterung: Zersetzung und Zerstörung oberflächennah gelegener Gesteine und Mineralien durch mechanische (z.B. Frostsprengung) oder chemische Prozesse (z.B. Lösungsvorgänge).

Würmeiszeit: jüngste quartäre Vereisungsepoche mit weiten, beidseits der Alpen bis ins Vorland reichenden Gletschervorstössen. Zeitraum ca. 110'000 - 11'500 Jahre vor heute.



Zwei «virtuelle» und spekulative Zukunfts-Visionen für Zürich: Sintflut, Heisszeit oder Eiszeit? Das Vorkommen der im Schweizer Mittelland und bis auf die Jurahöhen verstreuten grossen Fremdlingsblöcke (Findlinge, Erratiker) wurde anfangs des 19. Jahrhunderts noch als Folge einer grossen (biblischen) Sintflut gedeutet. Erst später setzte sich mit der Begründung der Eiszeittheorie die Idee einer oder gar mehrerer grossen Vergletscherungen durch. Steuern wir bald einer «Heisszeit» oder – wie uns der Kinofilm «The Day After Tomorrow» dramatisch suggeriert – eher wieder einer «Eiszeit» zu? (Bildmontagen: Max Maisch)

(Foto: Christine Rothenbühler, 2003)

Verzeichnisse

Literatur – Quellenangaben – www.links

Verwendete und empfohlene Publikationen sowie Hinweise auf ergänzende Unterlagen und Hilfsmittel für den Schulunterricht

Verwendete und empfohlene Publikationen für den glazialen (Geo-)Unterricht

(Gletscherkunde, Geologie, Klimawandel, Geomorphologie)

Agassiz, L. (1841): Untersuchungen über die Gletscher («Études sur les glaciers», 1840). Dt. Bearbeitung Carl Vogt, Textband und Atlas, Solothurn.

Anker, D.: Verschiedene Bergmonografien mit interessanten «Gletschergeschichten» (z.B. Piz Bernina – König der Ostalpen (1999, ISBN 3.905111-45-4); Titlis – Spielplatz der Schweiz (2001, ISBN 3-905111-62-4); Piz Palü – Dreiklang in Fels und Eis (2003, ISBN 3-905111-96-9), AS-Verlag, Zürich.

Bachmann, R. C. (1978): Gletscher der Alpen. Hallwag Verlag, Bern und Stuttgart. (ISBN 3-444-102100)

Fleckinger, A. und Steiner, H. (1998): Der Mann aus dem Eis. Folio Verlag, Bozen – Wien und Südtiroler Archäologie Museum, 55 S.

Fleckinger, A. (2003): Ötzi, der Mann aus dem Eis. Alles Wissenswerte zum Nachschlagen und Staunen. Folio Verlag Wien, Bozen, 120 S.

Glogger, B. (1998): Heisszeit. Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz. vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 155 S.

Haeberli, W., Hoelzle, M., Maisch, M. (1998): Gletscher - Schlüsselindikatoren der globalen Klimaänderung. In: Lozán, J.L., Grassl, H., Hupfer, P. (Hrsg.): Warnsignal Klima – Wissenschaftliche Fakten. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 1998, S. 213-221.

Hantke, R. (1978, 1980, 1983): Das Eiszeitalter. Bände I-III. Ott Verlag AG, Thun.

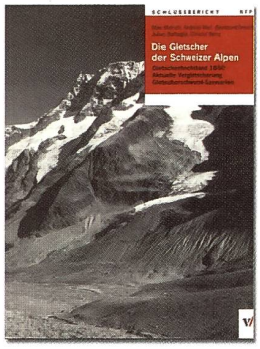
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. (download unter: www.ipcc.ch)

Jost D. (2000): Schneeflocken und Lawinen. Unterrichtsvorschlag. In: Die neue Schulpraxis, Heft 1/2000, S. 15-23.

Kiechler, N., 2000: Der Mann aus dem Eis – Materialien zum Thema «Ötzi». Unterrichtsvorschlag. In: Die neue Schulpraxis, Heft 10/2000, S. 39-48.

Labhart, T. (2004): Geologie der Schweiz. Ott Verlag AG, Thun.

Lozán, J.L., Grassl, H., Hupfer, P. (Hrsg.) (1998): Warnsignal Klima – Wissenschaftliche Fakten. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 1998, 464 S.



Maisch, M., Wipf, A., Denneler, B., Battaglia, J., Benz, Chr. (2000): Die Gletscher der Schweizer Alpen. Gletscherhochstand 1850, Aktuelle Vergletscherung, Gletscherschwund-Szenarien 21. Jahrhundert. NFP 31-Schlussbericht Teilprojekt 4031-033412, (1. Auflage 1999), 2. Auflage, 373 S.

Maisch, M., Haeberli, W. (2003): Die rezente Erwärmung der Atmosphäre – Folgen für die Schweizer Gletscher. In: Geographische Rundschau 55 (2003), Heft 2, S. 4-12.

Maisch, M. (2002): Klimawandel und Gletscherschwund. Zum Rückgang der Gebirgsgletscher in der Bernina. In: Geographie heute, 23. Jg., Heft 203 (Themenheft «Alpen»), S. 30-34.

Maisch, M. und Fitze, P. (2002): Glazialmorphologie und Bodenentwicklung im Vorfeld des Morteratschgletschers (Exkursion). In: Petermanns Geographische Mitteilungen, Zeitschr. für Geo- und Umweltwissenschaften, 146 Jg., Heft 4, S. 42-47.

Maisch, M. und Wick, P. (2004): «Eiszeitgletscher-Visionen» und «Gletscherschwund-Szenarien» – Interaktive Möglichkeiten zur Visualisierung und Erkundung glazialdynamischer Prozesse (am Beispiel der Museums-Installation «Gletscherland Schweiz»). In: Gamerith, W. et al. (Hrsg): Alpenwelt – Gebirgswelten. Inseln, Brücken, Grenzen. Abhandlungen und Tagungsberichte des 54. Dt. Geographentags in Bern, 2003.

Nolzen, H. (2002): Gletscher prägten die Alpen und ihr Vorland. Spielen mit einem klassischen Unterrichtsthema. In: Geographie heute, 23. Jg., Heft 203 (Themenheft «Alpen»), S. 8-11.

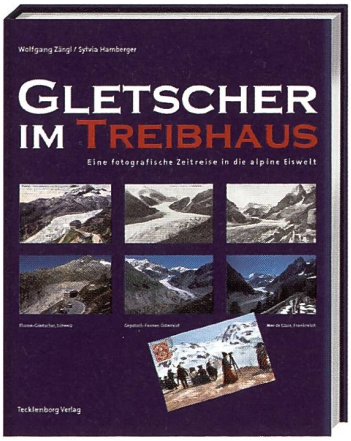
OcCC (Organ consultatif sur les changements climatiques), (2002): Das Klima ändert – auch in der Schweiz. Die wichtigsten Ergebnisse des dritten Wissensstandberichtes des IPCC aus der Sicht der Schweiz. Bern, 48 S. (download unter: www.occc.ch)

Schweizerische Verkehrszentrale (Hrsg.), **(1979):** Die Schweiz und ihre Gletscher. Von der Eiszeit bis zur Gegenwart. Kümmerly+Frey, Bern, 191 S. (ISBN 3-259-08391X)

Schweizer Lexikon und Gletscherkommission der SANW (Schweiz. Akademie der Naturwissenschaften), (Hrsg.), (1993): Gletscher, Schnee und Eis. Das Lexikon zu Glaziologie, Schnee- und Lawinenforschung der Schweiz. Verlag Schweizer Lexikon Mengis+Zier. – Dieses Lexikon ist im Buchhandel nicht mehr erhältlich. Das 102-seitige handliche Nachschlagewerk kann im Gletschergarten Luzern (solange Vorrat) noch bezogen werden (Preis Fr. 10.-, Versandkosten Fr. 2.50).

Strasser, S. und Würker, W. (1998): Schnee und Eis – Entdeckungsreise im Reich der Kälte. Wilhelm Heyne Verlag, München, 280 S. (ISBN 3.453-14315-9)

Wick-Mooser, P. und A. (1996): Beobachten – Vermuten – Klären. Eine Entdeckungsreise im Gletschergarten Luzern. 20 Millionen Jahre zum Anfassen. In: Die neue Schulpraxis, 7/8, S. 23-32.



Zängl, W. und Hamberger, S. (2004): Gletscher im Treibhaus. Eine fotografische Zeitreise in die alpine Eiswelt. Tecklenborg Verlag, Steinfurt, 272 S. (mit verschiedenen Fachbeiträgen, www.tecklenborg-verlag.de).

Zryd, A. (2001): Les Glaciers. La Nature dans les Alpes. Editions Pillet, Saint Maurice. (ISBN 2-940145-27-X)

Naturlehrpfade – Gletscherlehrpfade

Richter, R. M. und Richter, K. (1997): Erlebnis Lehrpfade der Schweiz. Band 2: Natur, Geologie, Ökologie. AT Verlag, Aarau, 143 S.

Auf der Maur F. und Jordan, P. (2002): Geotope – Fenster in die Urzeit. Ein Einstieg in die Geologie der Schweiz. Mit Wandervorschlägen für 20 Zeitreisen. Ott Verlag AG, Thun, 208 S.

Maisch, M., Burga, C.A., Fitze, P. (1999): Lebendiges Gletschervorfeld. Von schwindenden Eisströmen, schuttreichen Moränenwällen und wagemutigen Pionierpflanzen im Vorfeld des Morteratschgletschers. Führer und Begleitbuch zum Gletscherlehrpfad Morteratsch. Gemeinde Pontresina, 138 S. (2. verb. Neuauflage), inkl. Begleitbroschüre.

WWF Schweiz und Naturforschende Gesellschaft des Engadins (SESN), (2000): Auf den Spuren des Klimawandels. Broschüre zum Klimaweg im Oberengadin. Gemeinde-Verwaltung Pontresina und Samedan.

Arbeitsgemeinschaft Gletscherpfad Steinalp (1996): Führer durch den Gletscherpfad Steinalp am Sustenpass. Region Meiringen-Hasliberg. Druckerei Pauli, Meiringen.

Abb. A.1 Orientierungstafel zum «Klimawanderweg Oberengadin» auf der Route Muottas Muragl-Segantinihütte-Alp Languard (Tafelstandort) -Pontresina. (Foto: Max Maisch)

Ausgewählte Themenhefte (Zeitschriften)

Geographische Rundschau: Themenheft «Glazialmorphologie». Heft Februar 2/2003. Westermann Verlag, Braunschweig.

Geographie und Schule: Themenheft «Die aktuelle Gletscherdynamik», Heft April 4/2004. Aulis Verlag Deubner GmbH & CO KG, Köln.

Geographie heute (Themen, Modelle, Materialien für die Unterrichtspraxis aller Schulstufen): Themenheft «Alpen», Heft 203, September 2002. Erhard Friedrich Verlag, Seelze/Velber.

Gletscherdaten – Gletscherberichte

Datenquelle: Schweizerisches Gletscherbeobachtungsnetz. Schweizerische Glaziologische Kommission der SANW (Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften).

Die **«Gletscherberichte»** («Glaciological Reports», zweijährlich erscheinende Publikationen) mit den jeweils aktuell aufgearbeiteten Daten zu den Schweizer Gletschern können bezogen werden über:

- **VAW** – Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 8092 Zürich
- **GIUZ** – Geographisches Institut der Universität Zürich, Abt. Physische Geographie, 8057 Zürich

Bildnachweis – Verdankungen

Die in diesem Themenheft verwendeten Bildmaterialien stammen von Jürg **Alean** (Eglisau), Urs **Bütler** (Luzern), Horst **Machguth** (Zürich), Toni **Mair** (Oberägeri), Max und Manuel **Maisch** (Gockhausen), Frank **Paul** (Univ. Zürich), Christine **Rothenbühler** (Academia Engiadina, Samedan), Peter **Wick** (Gletschergarten Luzern) und Andreas **Wipf** (Steinhausen).

Die Abdruckgenehmigung der verwendeten Kartenausschnitte und Geländemodelle verdanken wir **swisstopo** (Bundesamt für Landestopographie, Wabern) und der **Schweizer Flugwaffe** (Flugplatz Dübendorf).

Für die sorgfältige Durchsicht und Korrektur des Manuskriptes sind wir Annemarie **Wick-Mooser** (Meggen) zu grossem Dank verpflichtet.

Unterrichtsmaterialien dieses Themenheftes auf CD-Rom

Die in diesem Themenheft verwendeten Materialien (Bilder, Grafiken, Aufgabenblätter, etc.) können als druckfertige Farb-Kopiervorlagen (PDF im A4-Format) mit zusätzlichen Informationen (Fachartikel, Illustrationen, Vorlagen, ausgewählte Powerpoint-Sequenzen) auf einer CD-Rom gegen eine Gebühr von Fr. 25.– (plus Versandkosten) über folgende Adresse bezogen werden: Max Maisch, GIUZ – Geographisches Institut Universität Zürich, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich (maisch@geo.unizh.ch).

Der Verwendungszweck der Materialien ist aus urheberrechtlichen Gründen auf die private und schulische Nutzung (Unterricht) beschränkt.

Coole WWW-Links zum «Gletscher-Surfen»

PROCLIM Klimaportal
- http://www.climate-change.ch

Weltweiter Gletscherbeobachtungsdienst an der Uni Zürich
- http://www.geo.unizh.ch/wgms

Datenbank über gefährliche Gletscher in der Schweiz
- http:// www.glacierhazards.ch
- http://www.vaw.ethz.ch/vi/vaw_gz.vi_web/inventar/index.html

Abteilung Glaziologie an der ETH Zürich
- http://www.vaw.ethz.ch

Schweizerisches Gletscherbeobachtungsnetz
- http://129.132.60.46:8888/messnetz

Gletschergarten Luzern
- http://www.gletschergarten.ch

Gletscherbeobachtung aus dem Weltall
- http://www.glims.org

Gletscherbilder
- http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/glaciers

Sammlung diverser Gletscherlinks
- http://www.joinme.net/stelmo/glacierlinks.html

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Max Maisch
Geographisches Institut
Universität Zürich
Winterthurerstrasse 190
8057 Zürich
maisch@geo.unizh.ch

Peter Wick, Direktor
Gletschergarten Luzern
Stiftung Amrein-Troller
Denkmalstrasse 4
6006 Luzern
wick@gletschergarten.ch

Lieferantenadressen für Schulbedarf

Advents- und Erlebniskalender

- **SI TZT AG,** Rainstr. 57, 8706 Meilen, Tel. 01 923 65 64, www.tzt.ch

Aktive Schul- und Freizeitgestaltung

GUBLER TISCHTENNIS seit über 30 Jahren
BILLARD TÖGGELI TISCHTENNIS
Für Schulen:
TT-Beläge: Platten in Rot und Schwarz à 16,5 x 17,5 cm, à Fr. 5.-
10% Schulrabatt!
Sie finden alles in der grössten permanenten Ausstellung der Schweiz oder in den Gratis-Katalogen.
Tischtennis GUBLER AG 4652 Winznau/Olten
Tel. 062 285 51 41 www.gubler.ch
Fax 062 285 51 42 E-Mail: info@gubler.ch
GUBLER BILLARD

Audio / Visuelle Kommunikation

Audiovisuelle Kommunikation
- Video-/Hellraum-und Diaprojektoren
- Audio-/Videogeräte
- Verbrauchsmaterial

verlangen Sie detaillierte Informationen bei:
AV-MEDIA & Geräte Service
Gruebstr. 17 • 8706 Meilen • T: 01-923 51 57 • F: 01-923 17 36
www.av-media.ch (Online-Shop!) • Email: info@av-media.ch

Autogen-Schweiss- und Schneideanlagen

GLOOR
Autogen-Schweisstechnik
Werkstatt-Einrichtungen für den Schulbetrieb
Gebr. Gloor AG, 3400 Burgdorf
Tel. 034 422 29 01
Fax 034 423 15 46

Bienenwachs / Kerzengiessformen

- **Bienen-Meier,** R. Meier Söhne AG, 5444 Künten, 056 485 92 50, Fax 056 485 92 55

Bücher

- **Buchhandlung Beer,** St. Peterhofstatt 10, 8022 Zürich, 01 211 27 05, Fax 01 212 16 97

ERBA AG, Bahnhofstrasse 33, 8703 Erlenbach
Planen – Gestalten – Einrichten
Bibliothek/Mediothek
verlangen Sie unsere Checkliste
Tel. 01 912 00 70, E-Mail: info@erba-ag.ch

Dienstleistungen

SWISSDIDAC
Dienstleistungen für das Bildungswesen
Services pour l'enseignement et la formation
Servizi per l'insegnamento e la formazione
Services for education
SWISSDIDAC
Geschäftsstelle
Postfach, 8800 Thalwil
Tel. 01 722 81 81, Fax 01 722 82 82
www.swissdidac.ch

Fernseh- und Computerwagen

FUREX ...schafft Platz! UNSER HIT! Mietra Schliessfachanlagen
Projektions-, TV- & Apparatewagen
FUREX AG, 8320 Fehraltorf
Tel. 01 954 22 22
www.furex.ch info@furex.ch

Handarbeiten / Kreatives Schaffen / Bastelarbeit

- Bastel-Gips, Gips-Kurse, **ADI***Kom*, 052 659 61 68, www.adikom.ch
- **Blacho-Tex AG,** Blachenmaterial für Taschen, Hüllen etc. 5607 Hägglingen, Tel. 056 624 15 55, www.blacho-tex.ch
- Büsten, Nähkissen, Scheren, 041 850 20 12, www.buesten.ch
- **J.+P. Berger,** Pelz, Leder, alles Bastelmaterial dazu 8200 Schaffhausen, Tel. 052 624 57 94, www.jpberger.ch
- **Farbige Tücher und Stoffe** für Spiel, Tanz. Spass und Bastelarbeiten oder zum Dekorieren: 26 Farben, 6 Grössen, uni, Batik, bedruckt, Gaze oder Flanell. Info: 052 386 22 10
- **Peddig-Keel,** Peddigrohr und Bastelartikel, 9113 Degersheim, 071 371 14 44, www.peddig-keel.ch

Die Online-Ideensammlung für technisches und textiles Gestalten:
www.do-it-werkstatt.ch
Über 150 do-it-Aufgaben, Fotogalerie und preiswerte Hilfsgeräte
Angebote für Schulen, auch ohne Internetanschluss
do-it-Werkstatt, Burgackerweg 10, 3629 Jaberg, Tel. 031 781 46 22

Sackfabrik Burgdorf
Franz Gloor
Kirchbergstrasse 115
3400 Burgdorf
Tel./Fax 034 422 25 45
Jutegewebe roh und bunt
Handarbeitsstoffe (Aida, Etamine)
Jutesäckli, Baumwolltaschen

CARAN d'ACHE OF SWITZERLAND
CARAN d'ACHE SA
Chemin du Foron 19
1226 Thônex-Genève
Tel. 022 869 01 01
Fax 022 869 01 39
www.carandache.ch

SPECK STEIN
DAS IDEALE WERKMATERIAL

BAUDER AG
SPECKSTEIN UND SPEZIALWERKZEUG
JOSEFSTRASSE 30
8031 ZÜRICH
TEL. 01 271 00 45
FAX 01 272 43 93

KERZEN SELBER UND SEIFEN MACHEN
Beste Rohmaterialien,
Gerätschaften und Zubehör für Hobby, Schulen, Kirchen und Werkstätten
EXAGON Bernerstrasse Nord 210, 8064 Zürich, Tel. 01/430 36 76/86, Fax 01/430 36 66
E-Mail: info@exagon.ch, Internet-Shop: www.exagon.ch

Holzbearbeitungsmaschinen

ROBLAND Holzbearbeitungsmaschinen

ETTIMA

Kreissägen, Hobelmaschinen, Kehlmaschinen usw. kombiniert und getrennt.

Inh. Hans-Ulrich Tanner 3125 Toffen b. Belp
Bernstrasse 25 Tel. 031 819 56 26
www.ettima.ch

Holzbearbeitungsmaschinen und Werkzeuge:
FELDER Hammer NL MASCHINEN MARKT
für jedes Schulbudget, verlangen Sie Unterlagen / VIDEO-Kasette erhältlich / permanente Ausstellung
HM-SPOERRI AG
Weieracherstraße 9
8184 BACHENBÜLACH
Tel. 01872 51 00
Fax 01 872 51 21
www.hm-spoerri.ch

Informatik und Lernprogramme

schulverlag
Über 500 Titel an Lernsoftware für Vorschulalter bis Universität in allen Fachbereichen
Güterstrasse 13, 3008 Bern, Telefon 031 380 52 80,
Fax 031 380 52 10, www.schulsoft.ch
schulsoft.ch Software für Schule und Bildung

Keramikbrennöfen / Glasfusionsöfen

michel
KERAMIKBEDARF
8046 Zürich 01 372 16 16
www.keramikbedarf.ch
SERVICE
Wir sorgen für Funktion und Sicherheit

Industrieöfen, Keramik-, Glas- und Laboröfen
Härterei-, Giesserei-, Keramik- und Glasbedarf
Nabertherm Schweiz AG
Nabertherm MORE THAN HEAT 30-3000 °C
CH-4614 Hägendorf • Batterieweg 6
Tel. +41 (0)62 209 60 70 • Fax +41 (0)62 209 60 71
E-Mail: info@nabertherm.ch • www.nabertherm.ch

Kopiervorlagen

- **Verlag Persen GmbH,** 8546 Islikon, Tel./Fax 052 375 19 84
- **Kohl-Verlag,** Lehrmittel-Vertrieb Gisler, Zug, Tel. 041 741 51 36, Fax 041 741 51 39, www.lvg.ch

Künstlermaterialien

boesner
Künstlerbedarf zu Grosshandelspreisen
Bestellen Sie den umfangreichen Gratiskatalog über Telefon 062 737 21 21, Telefax 062 737 21 25, info@boesner.ch, www.boesner.ch oder besuchen Sie uns von Montag bis Samstag (9.30h bis 18.00h, Mittwoch bis 20.00h und Samstag bis 16.00h) an der Suhrenmattstrasse 31 in 5035 Unterentfelden.
Neu: Samstag offen von 9.30h bis 16.00h

Lehrmittel

orell füssli Verlag
PAETEC
SCOLA VERLAG
Bildungsverlag EINS
Lehrmittel – Lernhilfen – Software
Auslieferung: Bücherdienst AG
Postfach, 8840 Einsiedeln
Tel.: 01 418 89 89
Fax: 01 418 89 19
Kontakt: Orell Füssli Verlag AG
Inge Bütler, IBuetler@ofv.ch
Tel.: 01 466 73 65
Mehr Info unter www.ofv.ch

Aus der Praxis – Für die Praxis
HLV
Die besonderen Lehrmittel für die spezielle Förderung, insbesondere für Klein-, Einführungs- und Sonderklassen.
Zu beziehen bei Ihrem kantonalen Lehrmittelverlag.
Auskunft und auch Direktbestellungen:
Heilpädagogischer Lehrmittelverlag (HLV)
Möslistr. 10, 4232 Feldbrunnen
Fon/Fax 032 623 44 55
Internet: www.hlv-lehrmittel.ch
E-Mail: lehrmittel@hlv.lehrmittel.ch

Schroedel Metzler
Diesterweg
Lehrmittel
Lehrermaterialien
Lernhilfen
Software
INFORMATION & MARKETING SCHWEIZ
Schroedel • Diesterweg
Hauptstr. 52, Postfach, 6045 Meggen LU
Telefon 041 377 55 15, Fax 041 377 55 45
www.schroedel.ch
E-Mail: a.rutishauser@schroedel.ch
Ihre Kontaktperson: Alfons Rutishauser

Modellieren / Tonbedarf

Alles zum Töpfern und Modellieren im Werkunterricht
Gratis Katalog verlangen!
Bodmer Ton AG, Töpfereibedarf
8840 Einsiedeln, Tel. 055 418 28 58, info@bodmer-ton.ch
bodmer ton

Physikalische Demonstrationsgeräte

- **Steinegger+Co.,** Rosenbergstr. 23, 8200 Schaffhausen, Tel. 052 625 58 90, Fax 052 625 58 60, www.steinegger.de

Schnittmuster für den Unterricht

- **Création Brigitte,** über 120 Schnittmuster von Kleidern, Taschen, Mützen und Accessoires für Girls und Boys Brigitte Petermann, E-Mail: creation-brigitte@gmx.ch, www.creation-brigitte.ch.vu

Schulfotografie

- **SASJF,** J. Frigg, Realschule, 9496 Balzers, 00423 384 31 53

Schulmaterial / Lehrmittel

- **Schule und Weiterbildung Schweiz,** www.swch.ch, Kurse, Zeitschriften «Schule» und «Ecole romande», Bücher, Tel. 061 956 90 71, Fax 061 956 90 79
- **Verlag ZKM,** Postfach, 8353 Elgg, Tel./Fax 052 364 18 00, www.verlagzkm.ch

Erwin Bischoff AG
Zentrum Stelz, 9501 Wil 1
Telefon 071 929 59 19, Telefax 071 929 59 18
www.bischoff-wil.ch

www.biwa.ch
BIWA Schulbedarf AG Tel. 071 988 19 17
9631 Ulisbach-Wattwil Fax 071 988 42 15

Lernmedien von SCHUBI
Fordern Sie den Katalog 2004 an bei:
SCHUBI Lernmedien Tel. 052 644 10 10
Breitwiesenstrasse 9 Fax 0800 500 800
8207 Schaffhausen www.schubi.ch
SCHUBI

Schulmobiliar / Schuleinrichtungen

MERWAG
SCHULEINRICHTUNGEN
Schüler-und Lehrerarbeitsplätze
Industrie Eschmatt CH-8498 Gibswil
Tel. 055 – 265 60 70 merwag@bluewin.ch

Schuleinrichtungen
Wandtafeln
Tische und Stühle
Embru-Werke
8630 Rüti
Tel. 055 251 11 11
Fax 055 251 19 30
info@embru.ch, www.embru.ch
embru

hunziker
schulungseinrichtungen
Hunziker AG Thalwil Telefon 01 722 81 11
Tischenloostrasse 75 Telefax 01 722 82 82
Postfach www.hunziker-thalwil.ch
CH-8800 Thalwil info@hunziker-thalwil.ch

NOVEX
MÖBELBAU
NOVEX AG Telefon: 041 914 11 41
Schuleinrichtungen Fax: 041 914 11 40
Baldeggstrasse 20 E-Mail: info@novex.ch
6280 Hochdorf www.novex.ch

ZESAR.ch
SCHULMÖBEL
PF 1948
2501 Biel
Tel. 032 365 25 94
www.zesar.ch
info@zesar.ch

Schulraumplanung und Einrichtungen

schule raum
AG für Schule & Raum
Bahnhofplatz 12
CH-3127 Mühlethurnen
Telefon 031 802 00 80
www.schule-raum.ch

Schulzahnpflege

- **Profimed AG,** Dorfstrasse 143, 8802 Kilchberg, Tel. 0800 336 411, Fax 0800 336 410, E-Mail: info@profimed.ch, www.profimed.ch

Spiel- und Sportgeräte

silisport ag **Tel. 052 385 37 00 / www.silisport.com**

Holz-Hoerz
Holz-Hoerz GmbH
Postfach 11 03
D-72521 Münsingen
Tel. 0049-7381/93570 Fax 935740
www.pedalo.de E-Mail: Holz-Hoerz@pedalo.de
EHO
Entwicklung und Herstellung von psychomotorischen Übungsgeräten, original pedalo®-System, Balaciergeräten, Rollbrettern, Kinderfahrzeugen, Lauflernrad, Geräten und Material für den Werkunterricht.

Spielplatzgeräte

bürli
Spiel- und Sportgeräte AG
Postfach 3030
6210 Sursee LU
Telefon 041 925 14 00
Fax 041 925 14 10
www.buerliag.com
- Spiel- und Sportgeräte
- Fallschutzplatten
- Drehbare Kletterbäume
- Parkmobiliar

LGA GS geprüfte Sicherheit

Hinnen Spielplatzgeräte AG
Industriestr.8, 6055 Alpnach Dorf
Tel 041 672 91 11, info@bimbo.ch
BIMBO
Der richtige Partner für Ihr Projekt
www.bimbo.ch

FUCHS THUN AG
Spielplatzgeräte mit Pfiff !
Fuchs THUN
Kombi-Geräte - drehbare Kletterbäume - Fuchsteller
Tempelstrasse 11 Tel. 033 334 30 00 www.fuchsthun.ch
3608Thun Fax 033 334 30 01 info@fuchsthun.ch

Rüegg, Spielplatzgeräte GmbH
Weidhof 266, Postfach
8165 Oberweningen
Tel. 01 856 06 04, Fax 01 875 04 78
www.rueggspielplatz.ch
info@rueggspielplatz.ch
Spielplatzgeräte aus Holz
Fallschutzplatten
Parkmobiliar
Multisport- und
Freizeitanlagen

Stoffe und Nähzubehör

- **M. Erni & Co.,** Landstrasse 33, 5415 Nussbaumen, Tel. 056 282 52 48, Fax 056 282 52 49 E-Mail: erni.stoffe@dplanet.ch

Wandtafel / Schuleinrichtungen

- **Jestor AG,** Einrichtungen für Schulzimmer und Konferenzräume, 5703 Seon, Tel. 062 775 45 60, Fax 062 775 45 64, E-Mail: mail@jestor.ch, www.jestor.ch
- **E. Knobel,** 6301 Zug, Tel. 041 710 81 81, Fax 041 710 03 43, info@knobel-zug.ch, www.knobel-zug.ch

hunziker
schulungseinrichtungen
Hunziker AG Thalwil, Tischenloostrasse 75, Postfach, CH-8800 Thalwil
Telefon 01 722 81 11, Telefax 01 722 82 82, www.hunziker-thalwil.ch, info@hunziker-thalwil.ch

NOVEX
MÖBELBAU
NOVEX AG, Schuleinrichtungen, Baldeggstrasse 20, 6280 Hochdorf
Telefon: 041 914 11 41, Fax: 041 914 11 40, E-Mail: info@novex.ch, www.novex.ch

Werkraumeinrichtungen und Werkmaterialien

Werkraumeinrichtungen, Werkzeuge und Werkmaterialien für Schulen
8302 Kloten, Tel. 01-804 33 55, Fax 01-804 33 57
auch in Köniz, St.Gallen, Aesch und Kriens
http://www.opo.ch • E-Mail: schulen@opo.ch
OPO OESCHGER
Wir richten ein.

Wellstein ag Werkstattbau
8272 Ermatingen
Beratung · Planung · Produktion · Montage · Service · Revision
www.gropp.ch
☎ 071 / 664 14 63
Werkraumeinrichtungen direkt vom Hersteller

Ihr Spezialist für Werkraumeinrichtungen in Schulen, Therapie- und Lehrwerkstätten.
Mobiliar, Werkzeuge, Maschinen, Beratung, Planung, Schulung, Service und Revisionen.
Franz Xaver Fähndrich
Spielplatzring 12, 6048 Horw, Tel. 041 340 56 70, Fax 041 340 56 83, Mobil 079 641 07 04, E-Mail: f_faehndrich@bluewin.ch

ASHAWAY RACKET STRINGS
cak SPORT
Badminton Squash Tennis
Buttiweg 8, CH-4112 Flüh
Telefon +41 61 733 00 02
Telefax +41 61 733 00 05
cak@swissopen.com

die neue schulpraxis

74. Jahrgang
erscheint monatlich,
Juni/Juli Doppelnummer

Über alle eingehenden Manuskripte freuen wir uns sehr und prüfen diese sorgfältig. Wir bitten unsere Mitarbeiter, allfällige Vorlagen, Quellen und benützte Literatur anzugeben.
Für den Inhalt des Artikels ist der Autor verantwortlich.

Internet: www.schulpraxis.ch
E-Mail: schulpraxis@tagblatt.com

Redaktion
Unterstufe
Marc Ingber, (min)
Wolfenmatt, 9606 Bütschwil,
Tel. 071/983 31 49, Fax 071/983 32 49
E-Mail: mingber@schulpraxis.ch

Mittelstufe
Prof. Dr. Ernst Lobsiger, (Lo)
Werdhölzli 11, 8048 Zürich,
Tel./Fax 01/431 37 26
E-Mail: elobsiger@schulpraxis.ch

Oberstufe/Schule + Computer
Heinrich Marti, (Ma)
alte Gockhauserstrasse 1c, 8044 Zürich,
Tel. 076/399 42 12 (Combox),
Fax 076/398 42 12
E-Mail: hmarti@schulpraxis.ch

Unterrichtsfragen
Dominik Jost, (Jo)
Zumhofstrasse 15, 6010 Kriens,
Tel. 041/320 20 12
E-Mail: djost@schulpraxis.ch

Lehrmittel/Schulentwicklung
Norbert Kiechler, (Ki)
Tieftalweg 11, 6405 Immensee,
Tel. 041/850 34 54
E-Mail: nkiechler@schulpraxis.ch

Abonnemente, Inserate, Verlag:
St.Galler Tagblatt AG
Fürstenlandstrasse 122
9001 St.Gallen, Tel. 071/272 78 88
Fax 071/272 75 29 (Abonnemente:
Tel. 071/272 73 47, Fax 071/272 73 84)

Verlagsleiter: Thomas Müllerschön
E-Mail: tmuellerschoen@tagblatt.com

Druck und Versand:
Zollikofer AG, 9001 St.Gallen

Abonnementspreise:
Inland: Privatbezüger Fr. 84.–,
Institutionen (Schulen, Bibliotheken)
Fr. 126.–, Ausland: Euro 58.–/Euro 92.–
Einzelpreis: Fr. 16.–, Ausland: Euro 15.–

Inseratpreise:

1/1 Seite	s/w	Fr. 1620.–
1/2 Seite	s/w	Fr. 904.–
1/4 Seite	s/w	Fr. 508.–
1/6 Seite	s/w	Fr. 421.–
1/8 Seite	s/w	Fr. 275.–
1/16 Seite	s/w	Fr. 154.–

(zuzüglich 7,6% Mehrwertsteuer)

Jetzt bestellen

Der praktische Nothelfer

M. Ingber
Subito 2 – 125 starke Kopiervorlagen für Vertretungsstunden auf der Primarstufe

Vor drei Jahren erschien unser nsp-special Subito. Auf 111 Seiten stellten wir Ihnen Kopiervorlagen zur Verfügung, die Sie möglichst schnell und ohne langes Erklären einsetzen konnten, falls eine Kollegin oder ein Kollege ausfiel und dessen Klasse beschäftigt werden musste. Immer wieder erfährt man auch bei der eigenen Planung, dass einige Kinder schneller als erwartet arbeiten. In solchen Situationen ist man froh, schnell eine Zusatzarbeit bereit zu haben. Der grosse Erfolg von Band 1 hat uns zur Herstellung von Subito 2 animiert. Hier möchten wir den Faden etwas breiter spinnen und nicht mehr nur einzelne Arbeitsblätter für kurze Noteinsätze anbieten, sondern kürzere Reihen, die zum selbstständigen Bearbeiten oder zur Repetition gedacht sind. So werden die Schülerinnen und Schüler im Durchschnitt über einen halben Tag beschäftigt.

Bitte einsenden an:
die neue schulpraxis
Fürstenlandstrasse 122
9001 St. Gallen

Bestellung per Fax:
071 272 73 84
Telefonische Bestellung:
071 272 71 98
E-Mail-Order:
schulpraxis@tagblatt.com

Alle Preise inkl. MwSt.
zuzüglich Versandkosten

Ich bin Abonnent von «die neue schulpraxis», bitte senden Sie mir (gegen Rechnung):
____ Ex. à CHF 24.– **«Subito 2»** Kunden-Nr. _____

Ich bin Nichtabonnent von «die neue schulpraxis», bitte senden Sie mir (gegen Rechnung):
____ Ex. à CHF 28.50 **«Subito 2»**

Senden Sie mir zusätzlich ____ Ex. **«Subito 1»** ☐ Abonnent: CHF 20.– ☐ Nichtabonnent: CHF 24.50

Name _____ Vorname _____

Schule _____

Strasse _____

PLZ _____ Ort _____

Postfach, 8021 Zürich