

Arbeitstexte: Entstehen von Gletschern

**I. Was ist eigentlich ein Gletscher?**

Gletscher sind grosse **Schnee-, Firn- und Eismassen**. Vielfach meint man aber, wenn man von Gletschern spricht, nur die grossen Eismassen, die durch Umwandlung aus Schnee entstanden sind. Gletscher gibt es natürlich nur in kalten Gebieten. Dazu gehören die verschiedenen Gebirge, sowie die polaren Regionen. Aber nur weil es kalt ist, entstehen noch lange keine Gletscher! Es braucht dazu auch genügend Niederschlag. Auf der Erde gibt es nämlich auch Gegenden, wo es ganzjährig sehr kalt ist und trotzdem gibt es dort keine Gletscher. Als Beispiel sei hier Alaska genannt: Im nördlichen Alaska wäre es genügend kalt, aber es gibt dort zu wenig Niederschlag.

Die gesamte Eismasse dieser Erde bedeckt ein Gebiet mit der Grösse von 15 mio km², das sind 3% der Erdoberfläche oder 10% der Festlandfläche. 98% davon liegen in den Polargebieten, also in der Antarktis und auf Grönland.

II. Entstehung von Gletschereis

Unter Druck und mit Wärme wird Schnee zu Eis. In der Natur ist es ganz ähnlich. Im allgemeinen schneit es im Winter bis ins Mittelland hinunter. Im Hochgebirge schneit es nicht nur im Winter, sondern auch oft im Sommer. In einer Höhe von mehr als 2500 Meter über dem Meer ist es auch im Sommer meist genügend kalt, so dass der Niederschlag in Form von Schnee auf die Erdoberfläche fällt. Tagsüber scheint die Sonne auf die Schneedecke und verwandelt den pulverigen Schnee in Nassschnee. Durch die Kälte in der Nacht gefriert dieser Nassschnee wieder. So lösen sich im Laufe eines ganzen Tages Tauen und Gefrieren ab. Dieser Vorgang wiederholt sich Tag für Tag und der Schnee verwandelt sich in körniges Eis, welches wir **Firn** nennen. Oben haben wir bereits erfahren, dass auch unter Druck Eis entstehen kann. Dies ist ebenfalls leicht zu verstehen. Immer wieder fällt neuer Schnee auf die alte Schneedecke. Obwohl diese feinen Flocken ganz langsam zu Boden fallen, haben sie doch in grosser Menge ein beträchtliches Gewicht. Die alte Schneedecke wird unter dem Gewicht der Neuschneedecke zusammengepresst. Unter diesem Druck wird aus Altschnee Firn, später Eis.

III. Wie ernährt sich ein Gletscher?

Ein Gletscher ernährt sich natürlich von Schnee, der jedes Jahr auf seiner Oberfläche abgelagert wird. Da der Gletscher in seinen hochgelegenen Teilen ständig neuen Schnee erhält, muss er an einer anderen Stelle wieder an Masse verlieren, sonst würde er grösser werden.

Man unterteilt den Gletscher nach dieser Erkenntnis in zwei Teile:

In das **Nährgebiet (Akkumulationsgebiet)**, wo der neue Schnee liegen bleibt und zu Eis wird und in das **Zehrgebiet (Ablationsgebiet)**, wo nicht nur der im Winter gefallene Schnee schmilzt, sondern auch ein Teil des Eises durch Verdunstung verschwindet. Gletschermasse geht auch durch Eisabbrüche verloren. Der Massenverlust wird als **Ablation** bezeichnet. Das Nähr- und das Zehrgebiet werden durch die **Gleichgewichtslinie (auch Firnlinie oder klimatische Schneegrenze)** getrennt. An der Gleichgewichtslinie halten sich Eiszuwachs und Eisabtrag die Waage.

IV. Gletscherbewegung

Bereits vor mehr als 100 Jahren stellten Naturforscher fest, dass Gletscher sich bewegen. Sie beobachteten, dass Steine auf Gletschern ihre Lage mit der Zeit verändern. Ein anderer Forscher fand seine Leiter, die er auf einer Bergbesteigung im Hochgebirge verloren hatte, einige Jahre später wieder. Sie kam einige Hundert Meter weiterhalb der Stelle, an der er sie verloren hatte, wieder aus dem Gletschereis heraus. Dies waren alles Zeichen dafür, dass sich Gletscher bewegen. Die heute gültige Theorie besagt, dass Gletscher wegen ihres grossen Eigengewichtes infolge der Schwerkraft nach unten fliessen. Sie rutschen einerseits auf ihrem Felsbett hinunter, das Eis verformt sich andererseits aber auch im Inneren. Das Rutschen auf dem Untergrund ist die wichtigste Komponente der Bewegung. Die innere Verformung trägt nur einen sehr kleinen Teil zur Bewegung bei.

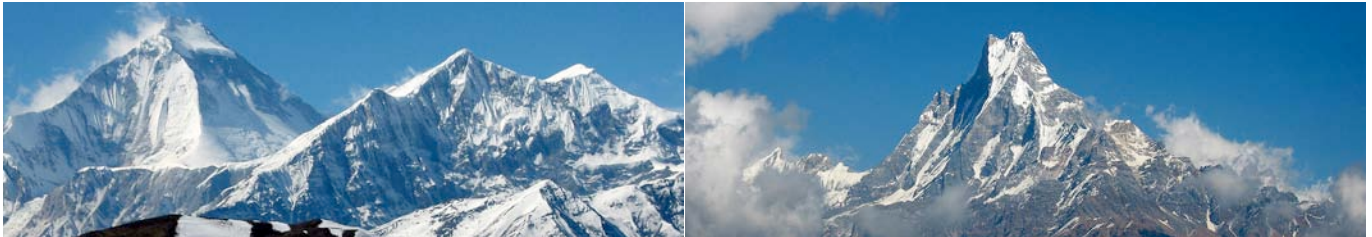
V. Fremdmaterialeinschlüsse im Eis

Im Eis gibt es noch viele verschiedene Substanzen. Wenn Firn zu Eis wird, wird die Luft, die sich zwischen den Eiskristallen befindet, eingeschlossen. Diese **Lufteinschlüsse** können auch viele Jahrhunderte später auf ihre Zusammensetzung untersucht werden. So kann man zum Beispiel die Zusammensetzung der Atmosphäre vor vielen Tausend Jahren erforschen. Auch Staub und Asche wird auf Gletschern abgelagert und durch neuen Schneefall überdeckt.

Bei Vulkanausbrüchen entstehen beispielsweise deutliche **Trennschichten** aus Asche in Gletschern. Sogar Sandstaub aus der Sahara kann auf unseren Gletschern in den Bergen eine gut sichtbare Schicht hinterlassen. Dies sind nur die feinen Partikel die sich im Eis befinden.

Daneben gibt es aber auch noch viele kleine und grosse Steine, die im Eis mittransportiert werden. Sie kommen aus den steilen Gebirgsflanken oberhalb der Gletscher. Entweder fallen sie in den **Bergschrund** und werden dann innerhalb des Eises mittransportiert, oder sie fallen auf die Gletscheroberfläche und fahren dann wie Passagiere talabwärts. Alle diese Fremdbestandteile können verschiedene **Strukturen** im Eis hervorrufen. Die feinen Staubschichten aus vulkanischer Asche erzeugen eine **Bänderung** im Eis. Man kann mit Hilfe dieser Bänder, die man als **Leithorizonte** bezeichnet, das Alter einer Schicht genau bestimmen, wenn man eine zylinderförmiges Stück Eis (= Eisbohrkern) aus dem Gletscher herausbohrt. Man muss dazu nur wissen, welches Ereignis dieser Leithorizont darstellt - so zum Beispiel einen bestimmten Vulkanausbruch.

Bänderungen können aber auch durch verschieden grosse Luftblasen entstehen. Während eines Jahres bilden sich immer zwei verschiedenen Arten von Eis. Dichtes, **luftarmes Eis**, das in einer grünlich blauen Farbe erscheint, entsteht im Sommer und weisses, **luftreiches Eis** entsteht im Winter. Dies kommt daher, weil im Sommer das Schmelzwasser in die luftgefüllten Poren im Eis fliesst und dadurch die Luft verdrängt. Sobald es kälter wird, gefriert dieses Wasser wieder. Das betroffene Eis ist dicht und luftarm. Schneit es im Winter Schicht um Schicht auf den Gletscher, werden die Poren im Schnee, die Luft enthalten, überdeckt und eingeschlossen. Diese Luft kann danach nicht mehr entweichen. Dieses Eis ist weiss und luftreich.



Arbeitstext: Aufbau und Einteilung von Gletschern

I. Der Aufbau eines Gletschers

Gletscher sind grosse **Eismassen**, die durch Umwandlung aus Schnee entstanden sind. Bei der Umwandlung werden aus Schneeflocken zuerst Firnkörner und erst dann Eiskörner - die sich zu einer grossen Eismasse zusammenschliessen. Die obersten Schichten eines Gletscher sind also immer eine Kombination aus Schnee und Firn. Erst darunter folgt das Eis.

Das **Schneefeld** liegt oberhalb der Gletscher auf den umliegenden Gebirgsflanken. Da die Temperaturen in dieser Höhe immer unterhalb des Gefrierpunktes liegen, wandelt sich der Schnee dort nur sehr langsam in Firn um, so dass man dort immer Schnee antrifft.

Firnfelder liegen etwas tiefer und stellen das Nährgebiet der Gletscher dar. Der Schnee wurde umgewandelt in Firn und wird später zu Eis. Kleine Teile des Firnfeldes sind am Fels angefroren und bewegen sich deshalb auch nicht talabwärts.

Im Firnfeld gibt es eine Spalte, die man **Bergschrund** nennt. Er trennt den beweglichen Bereich vom unbeweglichen Teil des Gletschers. Demzufolge fliesst der Gletscher unterhalb des Bergschrundes langsam ins Tal hinunter.

Spalten bilden sich an verschiedenen Stellen im Gletscher.

Randspalten reissen auf, weil der Gletscher am Rand durch die starke Reibung gebremst wird. Der mittlere Teil des Gletschers fliesst jedoch schneller.

Querspalten bilden sich, wenn der Gletscher über eine Felsstufe fliesst. Dabei bewegt sich der Gletscher in den steileren Bereichen etwas schneller als oberhalb der Stufe. Unterhalb der Stufe wird das Eis wieder zusammengedrückt, so dass sich die Spalten wieder schliessen.

Radiärspalten bilden sich vorne an der Zunge. Das Eis hat in diesem Bereich eine grössere Fläche zur Verfügung als im Tal. So dehnt sich die Zunge aus und die Radiärspalten öffnen sich.

Längsspalten entstehen im oberen Bereich der Gletscher durch die Oberflächenspannung im Eis.

Beim **Gletschertor** fliesst der Gletscherbach in die Ebene hinaus. An dieser Stelle ist der Gletscherbach weisslich gefärbt.

Das feine **Gesteismehl** trübt den Bach derart, dass man dieses Wasser als **Gletschermilch** bezeichnet.

II. Gletschertypen

Anfangs dieses Jahrhunderts unterschied man die Gletscher anhand geographischer Merkmale. So sprach man von alpinen, skandinavischen, sowie grönländischen Gletschern. In den 50er Jahren schlug ein Forscher die Einteilung anhand der Lage von Nähr- und Zehrgebiet vor. Ein anderer Forscher schlug vor, nach **thermischen Kriterien** zu klassifizieren. Damit meinte er, Gletscher nach ihrer Temperatur einzuteilen.

a) Reliefbedingte Gletscher

Will man die Gletscher nach ihrer Grösse klassifizieren, so gibt es zwei Haupttypen. Die **Gebirggletscher und die Deckgletscher**.

Die **Gebirggletscher** werden unterteilt in **Eisstromnetze, Talgletscher und Kargletscher**. Alle diese Gletscher werden vom Relief (= von der Geländeoberfläche) geprägt.

Eisstromnetze sind Ausdruck einer starken Vergletscherung. Dabei schliessen sich mehrere Talgletscher zu einem grossen Eiskomplex zusammen. Gletscher in Eisstromnetzen sind auch oft über eine Wasserscheide miteinander verbunden. Während der Eiszeit war die Schweiz von einem Eisstromnetz überzogen, das aber infolge der nacheiszeitlichen Erwärmung zerfallen ist. Auf Spitzbergen findet man aber heute noch ein Eisstromnetz.

Unsere Alpengletscher sind eigentliche **Talgletscher** (auch Zungengletscher genannt). Wichtig im Unterschied zu den Eisstromnetzen ist, dass die Talgletscher nicht mehr über die Wasserscheiden miteinander verbunden sind. Die Eisstromnetze der letzten Eiszeit, schmolzen ab und hinterliessen die kleinen Zungengletscher in den Bergen. Diese sind also die Überreste der riesigen Eisstromnetze.

Kargletscher sind Überreste von grossen Talgletschern, die ihre Zunge verloren haben. Ein Kar kann man sich wie eine Pfanne mit steilen Seitenwänden und einem flachen Boden vorstellen. Da die Schneegrenze nahe dem Rand des Kars liegt, kann ein Kargletscher keine Zunge mehr ausbilden. Zudem stürzen am Rand des Kargletschers oft Eislawinen ab, die die Zungenbildung verhindern.

Zu den **Deckgletschern** zählt man die **kontinentalen Eisschilde (Inlandeis), Vorlandgletscher (Piedmontgletscher) und Plateaugletscher**.

Die Antarktis ist zu 98% mit Eis bedeckt. Solch riesige Flächen von Eis heissen kontinentale **Eisschilde**. Die Antarktis und Grönland sind die grössten Eisvorkommen der Erde. Beide Inlandeise umfassen zusammen rund 98% der vergletscherten Erdoberfläche.

Vorlandgletscher sind auch riesige Eiskörper. In der Schweiz gab es sie vor gut 20'000 Jahren, also in der letzten Eiszeit. Sie entstanden damals aus den grossen **Talgletschern**. Als diese Gletscher ins Mittelland vorstiessen, breiteten sich deren Zungen wie ein grosser Kuchenfladen in der Ebene aus (siehe Schweizer Weltatlas 1993, S. 13 oben). Ein besonders schönes Beispiel aus der heutigen Zeit ist der Malaspinagletscher in Alaska.

Plateaugletscher gibt es vor allem im Hochland von Skandinavien. Sie sind nicht sehr dick (nur etwa 100 Meter), überdecken aber grosse Flächen.

b) Einteilung anhand der Temperatur

Es gibt kalt und 'warme', sogenannt **temperierte Gletscher**. Das klingt etwas verwirrend. Wie kann ein Gletscher temperiert sein? Nun das ist eigentlich ganz einfach. Bei den kalten Gletschern, handelt es sich um Gletscher, die das ganze Jahr Temperaturen unterhalb des **Schmelzpunktes** aufweisen. Von temperierten Gletschern spricht man, wenn das Eis immer nahe dem Schmelzpunkt, also etwa um 0°C "warm", ist. Die meisten Gletscher der Alpen sind temperierte Gletscher. Wirklich kalte Gletscher gibt es in der Arktis und der Antarktis.

V. Verbreitung der Gletscher auf der Erde während der Eiszeit und heute

In der letzten Eiszeit, das war vor gut 20'000 Jahren, waren grosse Teile dieser Erde mit Eis bedeckt. Ganz Nordamerika lag unter einem riesigen Eisschild. Es bestand aus zwei Teilen, dem eigentlichen Eisschild (in Kanada, Alaska und den nördlichen USA) und der Gebirgsvergletscherung der Rocky Mountains. Am östlichen Rand waren das Eisschild mit dem grönländischen Inlandeis verbunden. Das skandinavische Eisschild, als zweites grosses Eisschild der Nordhalbkugel, reichte bis weit nach Deutschland und Frankreich hinunter. Die beiden Eismassen waren zudem durch einen riesigen Eisschelf auf dem Atlantik miteinander verbunden.

Jedoch für die Schweiz war es ein riesiges Gebiet. Denn beinahe die ganze Schweiz war durch die Eismassen zugedeckt. Diese Vereisung schuf die heutige Schweizer Landschaft. Die ganze Schweiz wurde durch diese Vereisung geprägt. Waren es nicht Gletscher, die die Berge abschliffen so war es das Schmelzwasser, das Täler eintiefte und enorm viel Schutt und Geröll im Mittelland ablagerte. Im Vergleich mit der Eiszeit, ist heute nur ein winziger Teil der Erde vergletschert.

Wie es während der Eiszeit auf der Südhalbkugel ausgesehen haben muss, weiss man heute immer noch

nicht genau. Sicherlich war die Antarktis auch vollständig vereist, wie das heute noch der Fall ist. Man vermutet aber, dass die antarktische Vereisung grösser war als heute und dass auch Teile von Südamerika vergletschert waren.

Arbeitstext: Gletscher formen die Landschaft

I. Nacheiszeitliche Gletscherschwankungen in der Schweiz

Bevor man genau wusste, wie sich Gletscher bewegen und wie sie mit der Landschaft umgehen, sagte Albert Heim, ein berühmter Schweizer Naturforscher: 'mit Butter hobelt man nicht'. Damit wollte er zum Ausdruck bringen, dass es für ihn unmöglich schien, dass weiches Eis den harten Fels abschleifen konnte. Eigentlich hat er damit nicht Unrecht. Jedoch kannte er die genauen Zusammenhänge nicht. Tatsache ist, dass die Gletscher der letzten Eiszeit unsere Berge abschliffen und so eine reichhaltige Landschaft schufen. Damals waren alle Alpentäler mit Gletschern ausgefüllt. Sie schufen die charakteristischen U-Täler, von denen man heute spricht. Vor gut 10'000 Jahren war die Eiszeit zu Ende. Die Gletscher zogen sich immer weiter zurück. Nur einmal, vor gut 150 Jahren, stiessen die Gletscher noch einmal vor. Diese Zeit nennt man darum heute auch die 'kleine Eiszeit'. Diesen Vorstoss kann man heute noch an vielen **historischen Moränen** (Moränen sind Schuttablagerungen von Gletschern) aus der Zeit von 1850 nachvollziehen. Seit diesem letzten Vorstoss ziehen sich die Gletscher jedoch immer weiter in die Gebirgsflanken zurück. Man weiss heute nicht, wie lange wir in der Schweiz noch Gletscher haben werden. Denn die seit 20 Jahren beobachtete Erwärmung unseres Klimas setzt den Gletschern arg zu.

II. Einfluss von Gletschern auf die Landschaft

Gletscher verändern die Landschaft! Wie kann der Gletscher aber wirklich den Fels abtragen und eine Vielzahl von Formen hervorbringen? Die genauen Zusammenhänge sind bis heute noch nicht ganz geklärt. Man weiss aber, dass Gletscher an ihrer Unterseite immer etwas Gesteinsmaterial mitführen. In dem viele Steine an die Unterseite des Gletschers anfrieren, entsteht eine Art Sandpapier. Mit Sandpapier können wir Holz zuschleifen. Genauso muss man sich das vorstellen. Das enorme Gewicht der Gletscher drückt seine rauhe Unterseite gegen den Fels und schleift ihn ab. Gefriert das Eis am Untergrund an, so ist es möglich, dass ganze Steinbrocken aus dem Fels gerissen werden, wenn der Gletscher talwärts fliesst.

a) Abtragsformen (Erosionsformen)

Hierunter versteht man Formen, die durch eine äussere Kraft, wie sie ein Gletscher oder fliessendes Wasser ausüben, geschaffen wurden. Hier einige Beispiele:

Rundhöcker: Diese walrückenförmigen Hügel werden durch die abschleifende Wirkung des oben genannten Sandpapiers geschaffen. Rundhöcker haben eine **flache Luv- und eine steile Leeseite**. (Die Luvseite ist die Seite, von der der Gletscher kam). Am Rundhöcker kann man somit immer erkennen, woher der Gletscher kam.

Gletscherschliff: So nennt man Kratzer und Schrammen auf Felsoberflächen. Sie bilden sich auch durch das Abschleifen. Sie werden bis zu mehreren Kilometer lang und entstehen unabhängig von der Gesteinsart oder der Felsausbildung.

Trogtäler: Sie werden vielfach auch als **U-Täler** bezeichnet. Sie wurden während der Eiszeit in der Schweiz durch Abtragung und das Ausräumen der Gesteinsbrocken aus dem Tal geschaffen. Sie werden durch steile Seitenwände (**Trogwand**) begrenzt und zeigen oben oft eine Kante, die zu einem flacheren Hang überleitet. Dieser Bereich wird als **Trogschulter** bezeichnet. Solche Trogschultern sind oft Überreste des voreiszeitlichen Tales.

Kar: Kare sind kesselförmige Eintiefungen unterhalb der Berggrate mit flachem Boden und steilen Rückwänden. Sie sind wie die Trogtäler eine vom Gletscher geschaffene Ausräumungsform, aber mit kleinem Ausmass. Aus diesen Karen strömten die eiszeitlichen Talgletscher in die tieferliegenden Täler hinunter.

Gletschermühlen: Schmelzwasser, das durch Gletscherspalten in die Tiefe stürzt, fliesst unter dem Gletscher weiter, wobei es unter sehr hohem Druck gerät. Da es Sandpartikel enthält, schleift es sich an engen Stellen in das untenliegende Felsbett ein. Die dabei erreichten Fliessgeschwindigkeiten des Wassers können 200km/h betragen. Mit der Zeit bilden sich tiefe Löcher, die wir Gletschermühlen oder -töpfe nennen. Manchmal findet man auch grosse und kleine Findlinge in den Gletschermühlen. Es stimmt übrigens nicht, dass diese durch Drehung der Gletschermühlen geschaffen haben sollen!

b) Ablagerungsformen (Akkumulationsformen)

Moränen sind wohl die bekanntesten Ablagerungsformen der Gletscher. Sie bestehen aus Schutt und Geröll unterschiedlicher Grösse. Die Komponenten sind eckig bis kantengerundet. Je nach Morärentyp findet man mehr oder weniger viel Tonanteil. Die Zusammensetzung der Moränen hat einen starken Einfluss auf die Böden, die sich daraus bilden und somit auf den Menschen, der diese Böden landwirtschaftlich nutzt.

Es gibt vier verschiedene Morärentypen: **Grund-, Seiten-, Mittel- und Endmoränen**

Grundmoräne: Sie wird durch das Material gebildet, das aus den steilen Felswänden in den Bergschlund fällt. Dieses Material wird dann nahe dem Boden im Gletscher mittransportiert, durch den Druck fein zermahlen und in Vertiefungen abgelagert.

Seitenmoräne: Material, das von steilen Felswänden auf den Gletscher fällt, wird auf dessen Oberfläche talwärts mittransportiert. An den steilen Flanken des Gletscher fällt es schliesslich herunter und wird seitlich vom Gletscher abgelagert. Es besteht aus grossen Gesteinsbrocken, die meist eckige Umrisse haben, und Feinmaterial.

Mittelmoränen: Sie entstehen an der Stelle, wo sich zwei Gletscher vereinen. Es sind immer die Seitenmoränen die sich dann zu einer einzigen Mittelmoräne zusammenschliessen.

Endmoräne: Der Gletscher schiebt an seiner Front Material vor sich hin. Zieht sich der Gletscher in einer wärmeren Phase zurück, so bleibt das Material liegen und bildet eine sichelförmige Endmoräne.

Drumlins sind ein wesentlicher Bestandteil einer Grundmoränenlandschaft. Sie wurden wahrscheinlich bei einem erneuten Vorstoss der Gletscher aus der Grundmoräne gebildet. Sie haben eine ähnliche Form wie Rundhöcker, bestehen aber nicht aus Fels sondern aus unsortiertem Moränenmaterial. Zudem haben sie die steilere Böschung nicht auf der Leeseite sondern auf der Luvseite.

Eratiker sind kleine bis grosse Steine die man im Vorfeld eines eiszeitlichen Gletschers gefunden hat. Man konnte sich früher nicht vorstellen woher diese Steine kamen, denn sie passten nicht in die geologische Region, in der man sie fand. Als man dann erkannte, dass die Schweiz einmal mit riesigen Gletscher zugedeckt war konnte man erklären, wie diese Steine ins Mittelland kamen. Als Leitgesteine bezeichnet man ganz bestimmte Eratiker, bei denen man genau sagen kann aus welchem Gebirge sie stammen.

Leitgesteine

Rheingletscher : **Julier-Granit, Muschelsandstein**

Linthgletscher : **Glarner Verrucano**

Reussgletscher : **Windgällen-Porphyr**

Aaregletscher : **Grimselgranit**

Rhonegletscher: **Arolla-Gneise, Mt. Blanc-Granit, Vallorcine-Konglomerat**

Schmelzwasserschotter (Sander) entstehen, wenn sich der Gletscherbach durch die Endmoräne schneidet und sein mitgeführtes Geschiebe auf ein grosses Gebiet im Vorfeld der Gletscher verteilt. Das grobe Material bleibt nahe der Moräne liegen. Aber das feine Material, wie Kies und Sand, wird weit auf das Gletschervorfeld hinaus getragen und dort abgelagert. Im Gegensatz zu den Moränen besteht der Sander aus gut gerundeten Geröllen, die durch den Transport im Wasser abgeschliffen wurden. **Die typische Abfolge von Grundmoräne mit Zungenbeckensee, Endmoräne und Schotterebene nennt man übrigens glaziale Serie.**

III. Das eiszeitlich geprägte schweizerische Mittelland

Die Kombination aller Erosions- und Ablagerungsformen geben der Schweiz ihr vielfältiges Landschaftsbild. Viele Endmoränen helfen zum Beispiel mit, dass die Seen unseres Mittellands abgedämmt werden. So werden Zürich-, Katzen-, Greifen- und Pfäffikersee durch Endmoränen begrenzt. Die eiszeitlichen Ablagerungen haben zudem eine wirtschaftliche Bedeutung. Das feine Material der Grundmoränen bildet die Grundlage für fruchtbare Böden. Auf diesen Böden wird heute intensiv Landwirtschaft betrieben. Die enormen Schottermassen, die durch das Schmelzwasser der Gletscher abgelagert wurden, bergen heute grosse Grundwasservorkommen. In der Tiefe bildeten sich riesige Grundwasserströme, die in vielen Orten das Trinkwasser liefern. Zudem können die Schotter in Kiesgruben abgebaut werden. Dieses Material, Kies und Sand, wird für die Betonherstellung im Hoch- und Tiefbau benötigt.

Bedeutung von Gletschern für den Menschen

Eis und vor allem Gletscher haben seit langer Zeit eine wichtige Rolle im Leben der Menschen gespielt. Stauseen in den Alpen wurden oft in der Nähe von Gletschern errichtet, weil Gletscher sehr viel Wasser speichern. So kann ein Gletscher wie ein Wasserreservoir benützt werden. Dieses Wasser wird dann zur Stromerzeugung genutzt. Heute, wie auch früher, wurde das Schmelzwasser auch zur Bewässerung von Feldern eingesetzt. Im Wallis haben unsere Urgrossväter lange Kanäle von den Gletscher bis zu ihren Feldern gebaut. Diese sind wohl die eindrucklichsten Zeugen der Schmelzwasserbewässerung. In diesem Kapitel wird beschrieben, wie man Gletscher nutzen kann. Allerdings waren und sind Gletscher nicht nur ein Segen für die Menschen. Ein Gletscher birgt auch Gefahren in sich. Einige dieser Gefahren werden in diesem Kapitel erklärt.

I. Gletscherkatastrophen

Gletscherkatastrophen richten nicht nur Sachschaden an, sie fügen dem Menschen auch viel Leid zu. Drei Beispiele von Gletscherkatastrophen:

Eislawinen

Im Jahre 1962 brach an der Flanke des Huascarán-Nordgipfel (ein 6768m hoher, vergletschertes Berg in den Anden Perus) ein Teil des Gletschers ab und raste zu Tal. Innerhalb von wenigen Minuten wurden neun Dörfer mit rund 4000 Menschen unter einer Decke aus Eis und Stein begraben. Nur acht Jahre später ereignete sich noch eine weit schwerwiegendere Katastrophe. Nach einem Erdbeben löste sich wiederum ein grosser Teil des Hängegletschers. Bei dieser Naturkatastrophe gab es rund 70'000 Tote, 150'000 Verletzte und etwa 186'000 zerstört Häuser. Teile dieser Eislawine wurden über die Böschung der Endmoräne hinaus katapultiert und flogen bis zu vier Kilometern weit. Aus diesen Angaben sieht man, welche Kraft in einer solchen Eislawine steckt.

Seeausbrüche

Zwischen Endmoränen und Gletscherzungen bilden sich beim Abschmelzen des Eises oftmals kleinere und grössere Seen. Die Endmoränen können aber nur eine bestimmte Menge Wasser hinter sich zurückhalten. Wird die Wassermenge zu gross, besteht die Gefahr, dass der See die Endmoräne aufreisst und es kommt dann zu einem Seeausbruch.

Ein solches Ereignis kann Schaden anrichten, kann aber auch für Tourismus und Forschung genutzt werden. So wusste man, dass der See 'Lake George' in Alaska sich jährlich im Juli entleerte. Dies wurde bald zu einer Touristenattraktion. Aber nicht nur Touristen kamen um dieses Naturschauspiel zu beobachten - es kamen auch viele Wissenschaftler und Ingenieure, die während dieses Ausbruchs Versuche durchführten. Diese Katastrophen können auch in der Schweiz geschehen. Sie haben bei uns nur ein viel kleineres Ausmass und sind weniger gefährlich!

Geschlossenen Endmoränen stauen Schmelzwasser auf. Übersteigt der Wasserdruck den Gegendruck der Moräne, so bricht der See aus und fliesst als reissender Schlammstrom in die Täler.

II. Schmelzwassernutzung zur Energieerzeugung und für Bewässerungszwecke der Landwirtschaft

Gletscher sind ideale Wasserspeicher. So wird in vielen Ländern das sommerliche Schmelzwasser der Gletscher zur Stromerzeugung genutzt. Dieses Wasser wird meist in grossen Stauseen gefasst und dann durch die Turbinen geschleust. Oft werden auch mehrere Stauseen hintereinander gebaut, um die Wasserkraft noch besser auszunutzen. Vor allem aus den Walliser und Berner Alpen sind solche grossen Stauseen bekannt (z.B. Grimsel). Vor gut 30 Jahren stellte man fest, dass sich sehr viele Gletscher zurückziehen. Um das Schmelzwasser zu nutzen, plante und baute man zu dieser Zeit sehr viele Kraftwerke und Staumauern. Infolge des schnellen Rückganges der Gletscher hat man vor einigen Jahren festgestellt, dass viele Anlagen zu gross geplant wurden. Daher entstehen heute immer mehr neue Zuleitungen, um den Stauseen genügend Wasser zuführen zu können. Dieses Wasser wird den umliegenden Bächen und Quellen entnommen, wodurch deren Wasserhaushalt stark gestört wird. In allen Hochgebirgen, wie den Alpen, den Anden oder dem Himalaya, werden Schmelzwässer für Bewässerungszwecke verwendet. Die hangparallelen Wasserleitungen - die Wasserkännel oder Bisses - aus dem Wallis sind Zeugen dafür. Schon seit langer Zeit nutzten die Walliser Bauern die Schmelzwässer der Gletscher. Sie bauten diese Leitungen von der Gletscherzunge bis zu ihren Feldern in den tieferen Lagen. Ohne diese Technik hätte man auf den trockenen Feldern des im Regenschatten liegenden Wallis nur sehr karge Erträge erzielen können.

III. Eisschilde: Deponien für radioaktiven Abfall?

Ende der 50er Jahre hatten verschiedene Wissenschaftler ganz verrückte Ideen. Sie schlugen vor, den radioaktiven Abfall aus den Kernkraftwerken in der Antarktis zu entsorgen. Da sich Inlandeise nur sehr langsam bewegen und ihre Mächtigkeit (= Dicke) einige Kilometer beträgt, konnte man annehmen, dass die Abfälle für mehrere zehntausend Jahre sicher gelagert wären. Weitere Vorteile in diesen Gebieten wäre auch die sehr tiefen Temperaturen, die beinahe kein Sickerwasser zulassen. Dies hätte den Vorteil, dass ein defektes Abfallfass keine grossen Verstrahlungen anrichten könnte. Die Beseitigung radioaktiver Abfälle wird in Zukunft ein zentrales Problem werden. Auf den ersten Blick wäre das Deponieren von radioaktiven Abfällen im Eis wohl eine sehr einfache Lösung. Obwohl sich das Inlandeis sehr langsam bewegt, könnten die Abfallfässer in 100'000 Jahren ins Meer gelangen. Ausserdem müssen wir uns fragen, ob wir - die heute lebenden Menschen das Recht haben - einen Kontinent und Lebensraum auf Jahrtausende hinaus mit unseren radioaktiven Stoffen zu beeinträchtigen. Glücklicherweise wurde bereits 1959 im Antarktikvertrag festgelegt, dass Kernexplosionen und die Ablagerung von radioaktiven Abfällen in der Antarktis untersagt sind und unseren Nachkommen dieses einmalige Naturparadies somit erhalten bleibt.

IV. Trinkwassererzeugung aus Eis

Die Idee, die riesigen Eisvorräte der Polargebiete zu nutzen, ist nicht neu. Schon Mitte letzten Jahrhunderts transportierte ein Schiff Gletschereis aus Alaska nach San Francisco. Zu Beginn dieses Jahrhunderts wurden kleinere Eisberge mit Schiffen aus der Antarktis an die südamerikanische Küste geschleppt. Dieses Eis wurde zur Bewässerung der Trockengebiete eingesetzt. Wichtig für ein solches Unternehmen war natürlich auch die Wirtschaftlichkeit dieser Art von Wasserbeschaffung. Mitte der 70er Jahre machten zwei Wissenschaftler erste Abklärungen. Ihrer Meinung nach würde sich ein solches Projekt nur in der Antarktis lohnen. Nur dort gibt es genügend grosse Tafelberge, die sich zum Abtransport eignen. Wegen der Fahrtzeit von rund 150 Tagen, würde ein Eisberg von 55m x 220m x 250m restlos schmelzen. Daher müssten die Eisberge um einiges grösser sein. Nur bei riesigen Dimensionen wäre gewährleistet, dass mehr als die Hälfte des Ausgangs-Eisberges sein Ziel in den Trockengebieten erreichen würde. Für jene Gebiete wäre das eine Revolution, denn es böten sich z.B. ganz neue Möglichkeiten für die Landwirtschaft an. Der Wasserpreis würde sich auf etwa 50 Rappen pro Kubikmeter belaufen, was einiges günstiger ist als der Preis für die Trinkwasserherstellung durch Entsalzungsanlagen.

V. Gletscher als Ziele des Massentourismus

In den letzten 20 Jahren wurden viele vergletscherte Gebiete dieser Erde durch den Verkehr erschlossen. Nun führen Strassen, Seilbahnen oder Skilifte in diese abgelegenen Hochgebirgsregionen. Damit wurde dem Massentourismus die Türe zu einer natürlichen Landschaft geöffnet. Die neuen Anziehungspunkte spürten aber bald die positiven und negativen Folgeerscheinungen des Massentourismus.

Zum Beispiel der Rhonegletscher. Dort führt die Furkapassstrasse vorbei. Mit einigen Problemen wurde an dieser Strecke Parkplätze für Autos und Autobusse gebaut. Nahe diesen Parkplätzen wurde in die Gletscherfront ein Stollen gebaut, so dass die Touristen für ein kleines Eintrittsgeld auch einmal einen Gletscher von Innen bewundern können. Auch die Gletscherwelt von Zermatt ist reichhaltig und gut erschlossen. Durch die Zahnradbahn und die verschiedenen Luftseilbahnen ist es sogar möglich, im Sommer Skifahren zu gehen. Die Alpen sind aber nicht das einzige touristisch genutzte Hochgebirge.

Auch die Rocky Mountains in Nordamerika werden immer mehr für den Tourismus erschlossen. Damit haben die Gletscher der Hochgebirgsregionen ihren Schrecken verloren. Denn bis vor nicht allzu langer Zeit waren sie nur wenigen Bergsteigern bekannt und zugänglich. Heute suchen Tausende in der Bergwelt das Erlebnis von unberührter Natur. Der Hochgebirgstourismus hat jedoch negative Auswirkungen auf die Natur. Die Tier- und Pflanzenwelt in den gletschernahen Bereichen ist sehr empfindlich. Touristenströme stören nicht nur das scheue Gebirgswild, sie zerstören auch die dünne und nur langsam wachsende Pflanzendecke. Sie lassen Abfall zurück und verschmutzen die Luft mit den Abgasen aus Autos und Bussen. Von der Ursprünglichkeit, Natürlichkeit und Stille der Bergwelt ist in touristisch erschlossenen Gebieten nicht mehr viel zu spüren!

