

## Kapitel 4

# Die Gletscher der Hohen Tauern



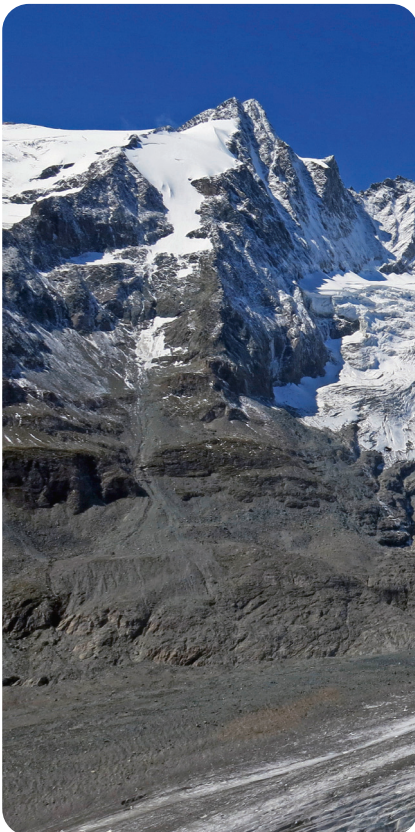
# Die Gletscher der Hohen Tauern

	Seite
<b>Eisige Riesen</b>	119
Gletscher – Ferner – Kees	119
Entstehung von Gletschern	119
Die Farben des Gletschers	120
Aufbau eines Gletschers	120
Gletscher wachsen und schrumpfen	121
Gletschertypen	121
Gletscherspalten	122
Gletscher hinterlassen Spuren	122
Moränen	123
Sander im Gletschervorfeld	124
Gletschermühlen und Gletschertöpfe	124
<b>Gletscher formen die Landschaft</b>	125
Karseen und steile Berggrate	125
Trogtäler	126
Nunatakker	126
<b>Permafrostböden und Blockgletscher</b>	126
<b>Das Eiszeitalter im Quartär</b>	128
Zeugen der Klimageschichte in den Hohen Tauern	128
Einfluss der Gletscher auf den Wasserhaushalt im Hochgebirge	129
<b>Die Pasterze – der größte Gletscher der Ostalpen</b>	130
Geschichten rund um die Pasterze	130
Die Sage vom Pasterzengletscher	130
Kaiser-Franz-Josef-Höhe, Elisabethruhe und Elisabeth-Felsen	131
Der Rückzug der Pasterze – Bilder einer Zeitreise	131



## Inhalt

	Seite
<b>Gletscherforschung in den Hohen Tauern</b>	132
Jährliche Gletscherberichte	133
Der Gletscherschwund und seine Folgen	133
<b>Überlebenskünstler in Schnee und Eis</b>	134
Anpassungsstrategien von Gletscherbewohnern	134
Blutschnee	134
Gletscherfloh	135
<b>Pioniere erobern neues Land</b>	135
<b>Nationalpark-Projekte</b>	136
Bohrungen im Seebachtal	136
<b>Nationalpark macht Schule</b>	137
Arbeitsblätter und Präsentationsfolien	137
Themen für die Vorwissenschaftliche Arbeit	137
Projektwochenangebote	137
Themenwege	137
Ausstellungen	137
Programme in Bildungszentren	137
<b>Anhang</b>	139
Literatur-Tipps	139
Film-Tipps	139
Web-Tipps	139
Literaturquellen	140
Quellenhinweise	141



## Eisige Riesen

*Trogtäler, Hochgebirgsseen, steile Berggrate, Talstufen mit Wasserfällen und Klammern sind die charakteristischen Landschaftselemente der Hohen Tauern und das Ergebnis weitreichender Vergletscherungen in der jüngeren Erdgeschichte. Kilometerdicke Eisströme bedeckten die Alpen bis weit in das Alpenvorland. Im Bereich der Hohen Tauern ragten nur die höchsten Gipfel, die Nunatakker, heraus.*

Obwohl die Gletscher derzeit stark zurückweichen, gehören sie nach wie vor zu den faszinierendsten Landschaftselementen der Hohen Tauern. Die 342 Gletscher im Nationalparkgebiet haben eine Gesamtfläche von 173 km<sup>2</sup> und bedecken ca. 10 % der Fläche des Nationalparks.<sup>1</sup>

Die Bezeichnung „Gletscher“ leitet sich vom lateinischen Begriff für Eis (=glacies) ab. Im Englischen und Französischen spricht man von *glacier*. In den italienischen Alpen nennt man die Gletscher *Ghiacciaio*, in Island heißen sie *Jökull*, in Norwegen *Bre*, in Russland *Lednik* und im Spanischen *Glaciar*.

Im deutschsprachigen Alpenraum gibt es zwei Bezeichnungen für Gletscher: **Ferner** (althochdeutsch: *firm* = alt) und **Kees** (althochdeutsch = Eis, Kälte).

Gletscher entstehen, wenn in einem Gebiet über mehrere Jahre der gefallene Schnee im Sommer nicht vollständig abschmilzt. Durch wiederholtes Auftauen und Wiedergefrieren entsteht aus den Schneekristallen *Firn*. *Firn* ist weißes graupelartiges Eis, das während des Sommers nicht schmilzt.

In den Folgejahren lagert sich Schneeschicht über Schneeschicht. Der Druck auf das Firneis wird zunehmend stärker, wodurch das Eis deformiert und verdichtet wird, bis schließlich aus weißem Firneis durchsichtiges, bläulich bis grünlich schimmerndes Gletschereis entsteht.

Die Dichte dieses Eises beträgt rund 0,9 g/cm<sup>3</sup>.

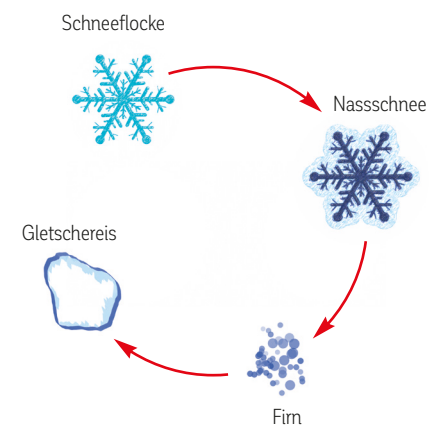
Zum Vergleich: Die Dichte von Neuschnees liegt bei etwa 0,1 g/cm<sup>3</sup>.

Um 1 cm Gletschereis zu bilden, sind 80 cm Neuschnee erforderlich.<sup>2</sup>

## Eisige Riesen

### Gletscher Ferner Kees

## Entstehung von Gletschern



Aus Schneeflocken entsteht Gletschereis

### Die Farben des Gletschers

Die weiße Farbe des Firneises und die blaue Färbung des Gletschereises hängen mit der Streuung und Brechung des Lichtes zusammen. Sind im Eis viele Luftbläschen eingeschlossen, dann wird das einfallende Licht stark gestreut und reflektiert. Vereinigen sich dabei alle Wellenlängen des sichtbaren Lichtes, dann erscheint das Eis weiß. Das Gletschereis ist jedoch stark komprimiert und enthält keine Luftbläschen. Die auffallenden Lichtstrahlen werden nicht abgelenkt, sondern verlaufen geradlinig durch die Eisschicht. Dabei wird je nach Wellenlänge das Licht unterschiedlich stark absorbiert. Die unterschiedliche Absorption hängt mit den chemischen Bindungen im Kristallgitter des Eises zusammen.

Durch Messungen hat man herausgefunden, dass Sonnenlicht im Eis einen Weg von ungefähr drei Metern zurücklegt, bis fast nur noch das blaue Licht reflektiert wird. Deshalb erscheinen in Gletschern die Wände von Spalten und Höhlen oft tiefblau.

### Aufbau eines Gletschers

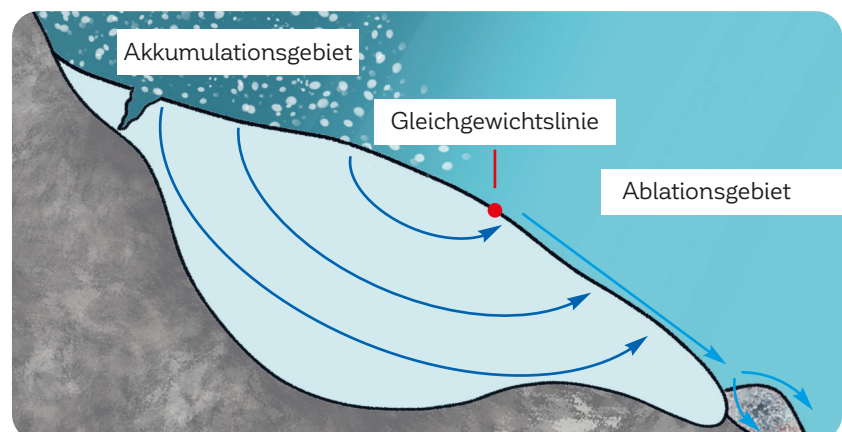
Das Gletschereis ist keine starre Masse, es fließt der Schwerkraft folgend langsam talwärts und bildet die **Gletscherzunge**.

Die Fließgeschwindigkeit der Tauerngletscher beträgt heute 1 - 100 m pro Jahr, während sie in der Eiszeit mehrere 100 m pro Jahr betrug.<sup>3</sup>

An der tiefer gelegenen Gletscherzunge schmilzt das Eis während des Sommers. Dieser Bereich wird **Zehr- oder Ablationsgebiet** genannt. Im höher gelegenen **Nähr- oder Akkumulationsgebiet** fällt im Winter mehr Schnee, als im Sommer abschmelzen kann.

Die Trennlinie zwischen Nähr- und Zehrgebiet bildet die Gleichgewichtslinie, wo sich der Zuwachs und das Abschmelzen des Eises die Waage halten. Die Gleichgewichtslinie variiert je nach Witterung Jahr für Jahr und entspricht ungefähr der Schneegrenze am Ende des Sommers.

Aufbau eines Gletschers



## Eisige Riesen

Wird im Nährgebiet mehr Gletschereis gebildet, als an der Gletscherzunge abschmilzt, spricht man von Gletschervorstoß. Beim Gletscherschwund oder Rückzug des Gletschers ist es gerade umgekehrt - es schmilzt mehr Eis, als nachgebildet wird.

Unter der derzeitigen Klimaerwärmung schrumpfen die meisten Gletscher der Alpen. Wie stark der Gletscherrückzug ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie von der Größe des Gletschers, dem Gefälle, der Neigung der Gletscheroberfläche und seiner Exposition zur Sonne.

*Je nach ihrer Lage und Form werden drei Gletschertypen unterschieden:*

### Talgletscher

Talgletscher sind die charakteristischen Gebirgsgletscher mit Nährgebiet, Zehrgebiet und Gletscherzunge.

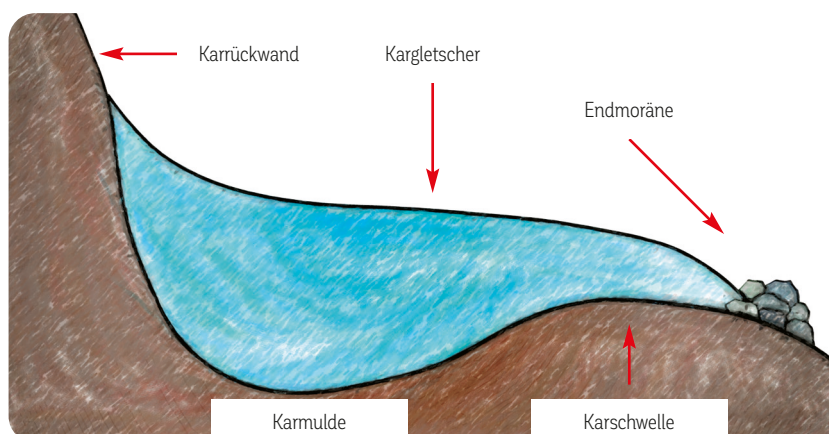
Das Eis füllt das Tal nicht bis zu den oberen Talrändern, somit wird die Bewegungsrichtung des Eisstroms vom Talverlauf bestimmt.

### Hanggletscher

Hanggletscher sind vergleichsweise kleine Vergletscherungen an einem Berghang. Sie besitzen keine Gletscherzunge.

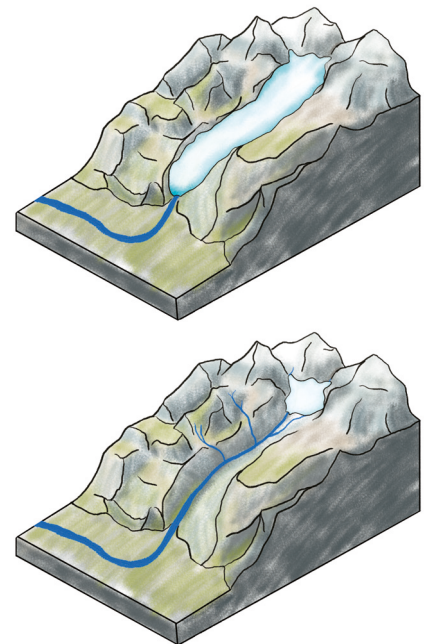
### Kargletscher

Bei Kargletschern sammelt sich das Eis in einer Mulde (Kar). Sie bilden keine Gletscherzungen, sondern sind am unteren Ende durch die Karschwelle begrenzt, die sich meist aus der Endmoräne bildet.



## Gletscher wachsen und schrumpfen

## Gletschertypen



Gletscher formen Kar-Täler

### Gletscherspalten

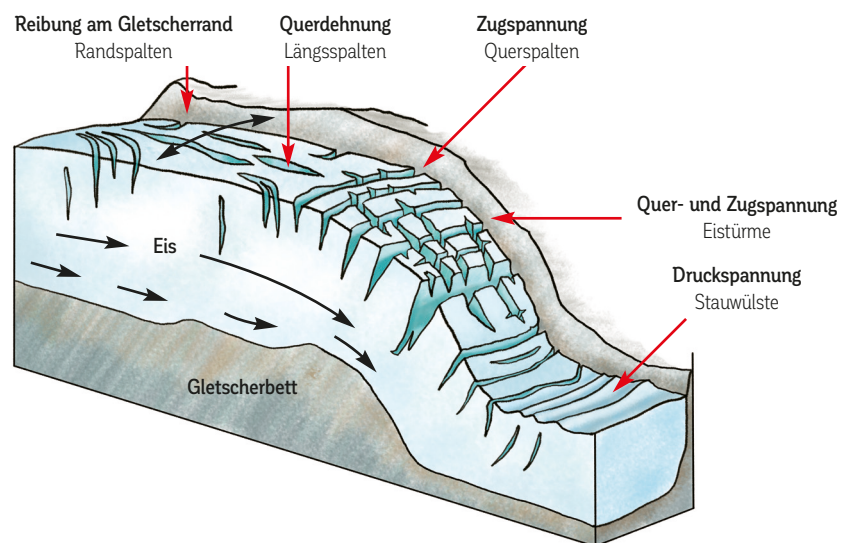


Gletscherspalte

Durch Dehnungs- und Scherkräfte entstehen verschiedene Formen Gletscherspalten, Eis-Türme und Stauwülste.

Durch Unebenheiten im Gletscherbett und unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten innerhalb des Eiskörpers entstehen Dehnungs- und Scherkräfte, die zu Rissen im Gletscher führen. Diese Gletscherspalten können entweder als Längs- oder als Querspalten auftreten.

Randspalten entstehen durch Reibung zwischen Eis und Fels am Rande des Gletschers. Beim Eisabbruch entstehen Eis-Türme und durch Druckspannungen treten am Ende des Gletschers Stauwülste auf.



### Gletscher hinterlassen Spuren



Gletschertor am Umbalkees

Obwohl Eis wesentlich weniger hart ist als Gestein, schleifen Gletscher darunter liegende Felsen glatt. Dies ist nur möglich, weil an der Unterseite des Eises Gesteinsmaterial mitgeführt wird. Die Steine frieren am Eis an, wodurch eine Art Schleifpapier entsteht.

Die Schleifwirkung des Eises wird durch das enorme Gewicht des Gletschers erhöht. Die Schleifspuren an Felsen nennt man **Gletscherschliff**. Das abgeriebene Material wird **Gletschermehl** bezeichnet und wird als Feinmaterial mit den Schmelzwässern mitgeführt.

Aus diesem Grund sind Gletscherbäche trüb und ihr Wasser nennt man **Gletschermilch**. Am **Gletschertor**, einem höhlenartigen Eisgewölbe am Ende der Gletscherzunge, tritt das Schmelzwasser aus.

Die Menge des Wasserabflusses unterliegt starken Schwankungen. Sie ist abhängig von der Tages- und Jahreszeit, vom Niederschlag und von den Sommertemperaturen.

## Eisige Riesen



Der Gletscher hinterlässt am felsigen Untergrund stark ausgeprägte Schleifspuren.

Gesteins- und Schuttmaterial, welches die Gletscher mitführen, wird in Form von Moränen abgelagert. Die **Seitenmoränen** bestehen aus großen Gesteinsbrocken und Feinmaterial, das sich an den steilen Flanken löst und seitlich am Gletscher zu liegen kommt.

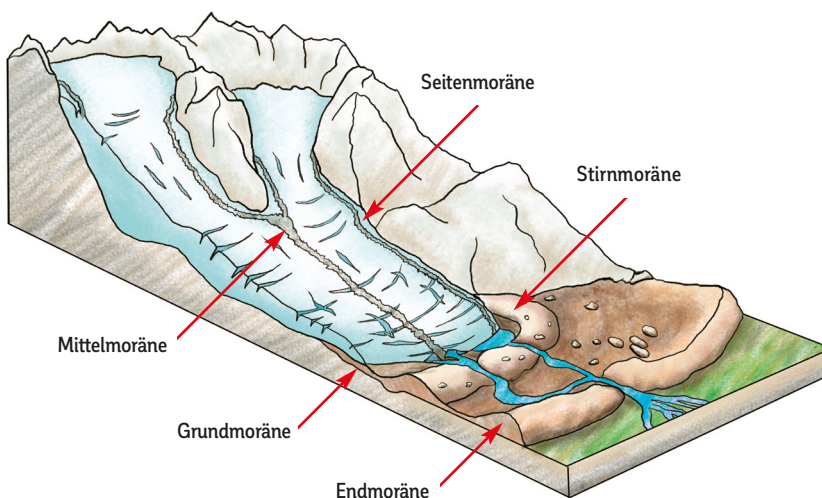
Vereinigen sich zwei Gletscherströme, so bilden die Seitenmoränen eine **Mittelmoräne**. Gesteinsmaterial, das der Gletscher am Grund mitführt, wird unter dem Druck fein zermahlen und bildet die **Grundmoräne**.

Als **Stirnmoräne** bezeichnet man das Gesteins- und Schuttmaterial, das der Gletscher an der Front vor sich her schiebt. Zieht sich der Gletscher in einer wärmeren Phase zurück, so bleibt das Material der Stirnmoräne liegen und bildet eine sichelförmige **Endmoräne**.

## Moränen



Das abgeschmolzene Eis am Frosnitzkees in Osttirol hinterlässt gut erkennbare Seitenmoränen.



Moränen sind Anhäufungen von Gesteins- und Schuttmaterial.

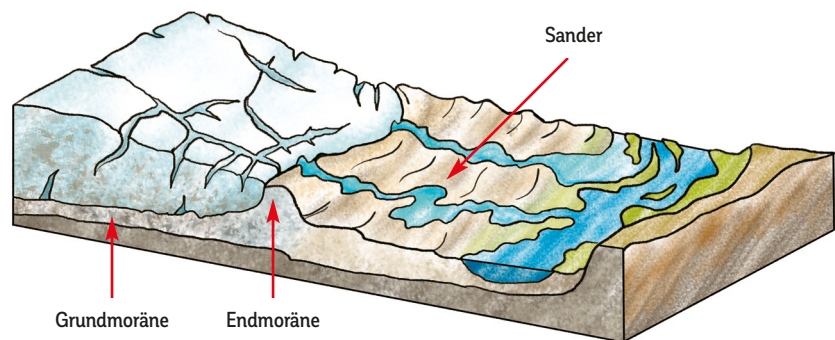
### Sander im Gletschervorfeld

Wenn der Gletscherbach durch die Endmoräne schneidet, lagert er das mitgeführte Material im Vorfeld des Gletschers ab. Grobe Gesteinsbrocken bleiben nahe der Moräne liegen, während Kies und Sand weit in das Gletschervorfeld hinaus transportiert und dort abgelagert wird.

Im Gegensatz zu den Moränen besteht der Sander aus gerundeten Steinen und Sanden, die durch den Transport im Wasser abgeschliffen wurden.



Das im Gletschervorfeld abgelagerte feine Sediment wird als Sander bezeichnet.



Ablagerungen am Ende des Gletschers

### Gletschermühlen und Gletschertöpfe

**Gletschermühlen** sind spiralförmige Vertiefungen im Eis, welche durch das abfließende Schmelzwasser geformt wurden. Sie entstehen in flachen Bereichen des Gletschers und können bis an das Gletscherbett reichen. Dort höhlt das Schmelzwasser, das reich an Sanden und Steinen ist, den felsigen Untergrund aus und es entstehen im Fels sogenannte **Gletschertöpfe**.



Das abfließende Schmelzwasser bildet im Eis Gletschermühlen.



Gletschertöpfe entstehen im felsigen Gestein durch die Kraft des Wassers.

## Gletscher formen die Landschaft



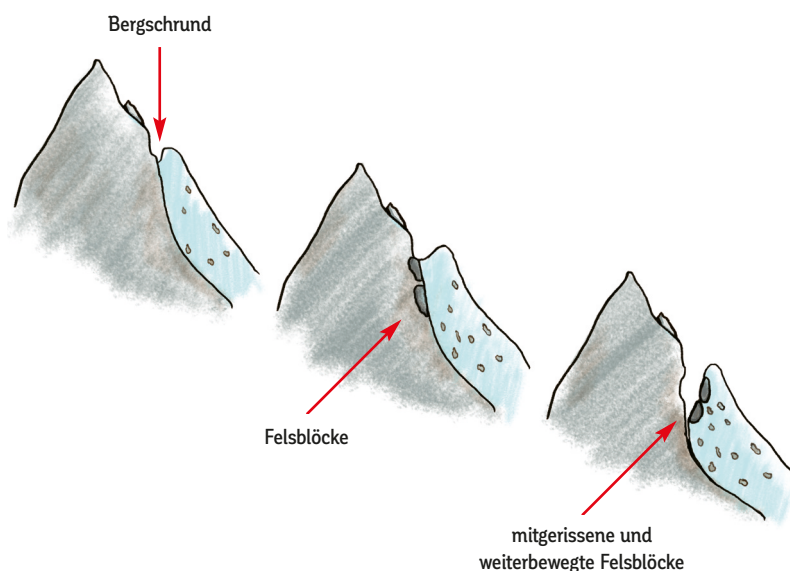
## Gletscher formen die Landschaft

Der Großglockner, Österreichs höchster Berggipfel, ist ein Karling.

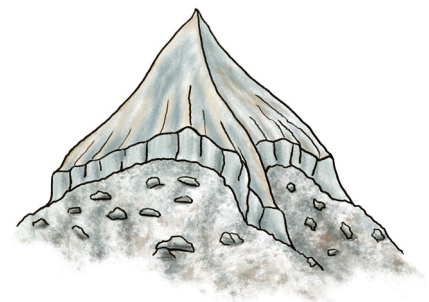
Die für das Hochgebirge typischen Karseen und steilen Berggrate sind aus Kargletschern hervorgegangen. Nach dem Rückzug des Eises bleiben die mit Wasser gefüllten Karmulden, die Karseen zurück.

## Karseen und steile Berggrate

Die steilen Berghänge sind durch Frostsprengung am Bergschrund zwischen Fels und Eis entstanden. Dringt Wasser in das Gestein, werden durch das Gefrieren des Wassers ganze Felsblöcke gelockert. Sie stürzen auf das Gletschereis und hinterlassen steile Berggrate.



Entstehung von steilen Berggraten



Treffen Kare von mehreren Seiten eines Berges zusammen, bilden sie charakteristische Gipfelformen: die **Karlinge**. Das wohl berühmteste Beispiel für einen Karling ist der Großglockner. Karlinge tragen häufig den Namen „Horn“, wie das Wießbachhorn oder der Große Hornkopf.

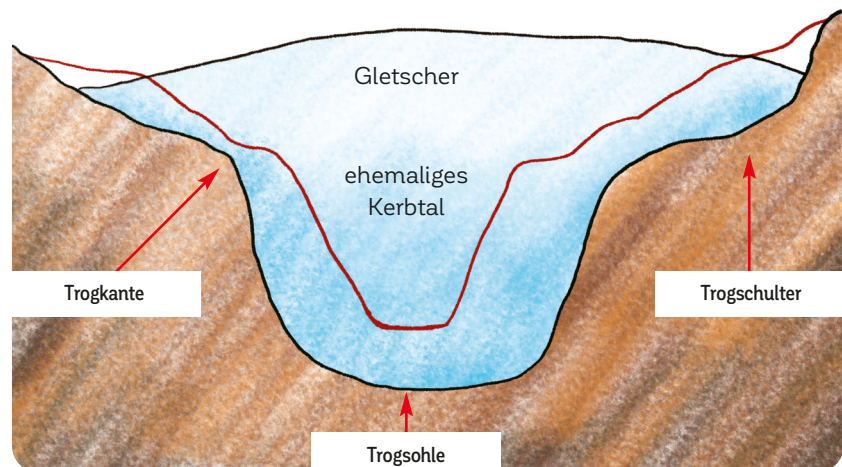
Die berühmtesten Berggipfel der Hohen Tauern sind Karlinge.

## Gletscher formen die Landschaft

### Trogtäler

Typische Talformen der Alpen sind die u-förmigen Trogtäler. Sie wurden durch Gletscher aus Kerbtälern (V-Täler) geformt. Trogtäler haben steile Talwände und einen flachen Talboden, dessen Untergrund meist aus Geröll und Schutt von Moränen oder aus nacheiszeitlichen Fluss-Sedimenten besteht. Die steilen Trogwände gehen an der Trogkante in die flache Trogschulter über.

Gletscher formten aus Kerbtälern u-förmige Trogtäler.



### Nunatakker

Nunatakker sind Berggipfel, die während der Eiszeit aus der Oberfläche des Eises herausragten und somit nicht glazialer Verformungen unterlagen. Der Große und der Kleine Burgstall bei der Pasterze sind Nunatakker.

## Permafrostböden und Blockgletscher

**Permafrostböden** sind Böden, Sedimente oder Schutt mit unterschiedlicher Mächtigkeit, die mindestens über zwei Jahre hindurch gefroren bleiben. Im Sommer taut nur die oberste Schicht auf.

In den Alpen findet man Permafrostböden je nach Lage und Exposition ab einer Seehöhe von 2.500 bis 2.700 m. Auf Grund der Klimaerwärmung taut auch im Nationalpark Hohe Tauern verstärkt der Permafrost auf.

Dies führt zu erhöhter Steinschlaggefahr und Felsstürzen sowie zur Destabilisierung des Untergrundes bei Schutzhütten. Von diesem Problem ist auch das Sonnblick-Observatorium, Österreichs höchstgelegene Wetterstation, betroffen.<sup>4</sup>



## Permafrostböden und Blockgletscher

**Blockgletscher**<sup>5</sup> sind eine Form des alpinen Permafrostes und können aus zurückschmelzenden Kargletschern entstehen. Sie bestehen aus Schutt und Eis und heben sich deutlich von ihrer Umgebung ab. An der Stirnseite von Blockgletschern entspringt häufig eine Quelle, deren Abflussverhalten saisonalen und tageszeitlichen Schwankungen unterliegt.

*Man unterscheidet drei Arten von Blockgletschern.*

Aktive Blockgletscher enthalten Eis und fließen langsam talwärts, während sich inaktive nicht bewegen. Bei fossilen, eisfreien Blockgletschern ist die Oberfläche eingebrochen, da das Eis im Schuttkörper geschmolzen ist.

Im Nationalpark Hohe Tauern kommen 126 Blockgletscher vor. Man findet sie in den verschiedensten Tälern, wie dem Hollersbachtal (Venediger Gruppe), dem Dösental (Ankogelgruppe) und dem Gößnitztal (Schobergruppe).

Die Schobergruppe ist mit ihren 67 aktiven Blockgletschern die blockgletscherreichste Gebirgsgruppe in den Ostalpen. Hier befindet sich im Hinteren Langtalkar der größte aktive Blockgletscher. Er ist über 600 m lang und hat eine Fläche von 0,2 km<sup>2</sup>. Jährlich bewegt sich dieser Gletscher ca. 1 m talwärts.<sup>6</sup>

Das Eis des Blockgletschers  
hält riesige Schuttmassen fest.



### Das Eiszeitalter im Quartär

*Das Quartär ist die jüngste erdgeschichtliche Periode, die vor 1,64 Mill. Jahren begann und bis heute andauert. Sie gliedert sich in Pleistozän (1,64 Mill. bis 10.000 Jahre vor heute) und Holozän, welches die letzten 10.000 Jahre umfasst.*

Im Quartär fanden mehrere große Vergletscherungen statt, von denen die jüngste die Würm-Eiszeit ist, die vor 115.000 Jahren begann und vor 10.000 Jahren endete.<sup>7</sup> Während dieser Zeit waren die Alpen von einem weitverzweigten Eisstromnetz bedeckt, das weit in das Alpenvorland hinausreichte. Die Schneegrenze lag um 1.200 m tiefer als heute und die Sommertemperaturen waren durchschnittlich um 10 °C niedriger.<sup>8</sup>

Die Vergletscherung hatte in der Würm-Eiszeit ihren Höchststand erreicht. Die Isel- und der Möllgletscher waren Seitengletscher des Draugletschers, der bis nach Klagenfurt reichte, wo er 40 km breit und 600 m mächtig war. Bei Lienz hatte das Eis sogar eine Mächtigkeit von 1.500 m. Die Gletscherzunge des Salzachgletschers reichte bis ca. 40 Kilometer nördlich von Salzburg und der Murgletscher bis kurz vor Judenburg.<sup>9</sup>

Die Nacheiszeit, die vor 10.000 Jahren begann, war durch Gletschervorstöße und Gletscherrückgänge geprägt. In den Jahren 1850 bis 1855 haben die Alpengletscher ihren letzten Höchststand erreicht, seitdem ziehen sie sich stark zurück. Dies wird durch jährliche Gletschermessungen belegt.

### Zeugen der Klimageschichte in den Hohen Tauern

Die zurückweichenden Gletscher geben immer wieder Holzstücke, Pflanzenreste und Torfstücke mit Pollen und Samen frei, die die Klimageschichte der Hohen Tauern dokumentieren. Durch die Moränenreste kann man die ehemalige Ausdehnung der Gletscher rekonstruieren.

Die Zeugen der Klimageschichte hat man an mehreren Gletschern im Nationalpark Hohe Tauern gefunden. Zirbenreste entdeckte man im Vorfeld des Schlattenkeeses in Osttirol. Moränenreste am Dorfer- und Simonykees, so wie am Frosnitzkees zeigen die Ausdehnung der Gletscher in der Nacheiszeit.<sup>10</sup>

Im September 1990 entdeckte der Gletscherforscher Heinz Slupetzky an der Gletscherzunge der Pasterze einige Baumstümpfe und Torfreste. Die Altersdatierung der Fundstücke nach der Radiokarbon-Methode zeigt, dass der „Pasterzenbaum“ eine 300 Jahre alte Zirbe ist, die vor ca. 9.000 Jahren wuchs.

## Das Eiszeitalter im Quartär

Zusätzlich kann man durch die Breite der Jahresringe, die von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit abhängig ist, auf die klimatischen Bedingungen schließen, unter denen der Baum gewachsen ist. Torfstücke belegen, dass sich vor ca. 10.000 Jahren im Bereich der heutigen Gletscherzunge ein Wald befand.<sup>11</sup> Die Artenzusammensetzung des Waldes kann durch Untersuchungen der im Torf befindlichen Pollen bestimmt werden.

Im Jahr 2014 entdeckte man im Gletschervorfeld der Pasterze einen weiteren sensationellen Fund. Analysen ergaben, dass es sich bei dem 7,9 m langen Baumstamm mit einem Gewicht von 1.700 kg um eine 6.000 Jahre alte Zirbe handelt.



Der Stamm der 6.000 Jahre alten Zirbe wurde im Sommer 2014 im Gletschervorfeld der Pasterze geborgen.

Alle diese Funde belegen, dass vor 9.000 Jahren die Gletscher kleiner waren. Das Klima war milder und die Baumgrenze lag höher oben. Ähnliche Bedingungen herrschten auch vor 7.000 bis 3.500 Jahren und so war es möglich, dass dort wo sich heute noch Gletschereis befindet, damals hochstämmige Zirben wachsen konnten.

Gletscher beeinflussen das lokale Klima und haben eine große Bedeutung für den Wasserkreislauf im Gebirge. Sie sind gigantische Süßwasserspeicher für die Zukunft. In kühlen Jahren speichern sie einen Teil des Niederschlags, den sie in warmen, trockenen Jahren abgeben und Gebirgsbäche speisen.

*Ein Beispiel mag dies verdeutlichen:*

*Allein das Wasser, das beim Gletscherschwund des Obersulzbachkees zwischen 1850 und 1969 abschmolz (700 bis 800 Millionen m<sup>3</sup>), könnte leicht den Wörthersee in Kärnten oder den Chiemsee zur Hälfte füllen.<sup>12</sup>*

**Einfluss der Gletscher  
auf den  
Wasserhaushalt im  
Hochgebirge**

## Die Pasterze – der größte Gletscher der Ostalpen

### Die Pasterze – der größte Gletscher der Ostalpen

Die Pasterze ist ein beeindruckendes Beispiel für einen alpinen Talgletscher, dessen landschaftsformende Wirkungen gut beobachtbar sind. Seiten-, Stirn- und Endmoränen zeigen die ehemalige Ausdehnung des Gletschers.

Im Gletschervorfeld breitet sich der Sandersee aus, dessen Ablagerungen aus der Verwitterung von Kalkglimmerschiefem stammen. Auch die verschiedenen Sukzessionsstufen der Wiederbesiedelung nach dem Rückzug des Eises sind gut erkennbar.

Obwohl die Pasterze unter dem Einfluss des Klimawandels stark zurückgeht, ist sie nach wie vor der größte Gletscher der Ostalpen. Das Eis hat an seiner dicksten Stelle eine Mächtigkeit von 200 m, seine Gesamtfläche beträgt 16 km<sup>2</sup> und die Gletscherzunge ist vier Kilometer lang.<sup>13</sup>

### Geschichten rund um die Pasterze

Der Name *Pasterze* leitet sich vom slowenischen *paster/pastir*, also Hirte ab. Die berühmte Sage vom Pasterzengletscher erzählt davon, dass es in diesem Gebiet grüne Wiesen und ausgedehnte Matten gab. Funde, die das zurückweichende Eis der Pasterze freigeben, belegen, dass es im Bereich der Gletscherzunge vor über 6.000 Jahren einen lockeren Waldbestand gab.

### Die Sage vom Pasterzengletscher

Auf jenen Höhen, welche heute die Eisfelder der Pasterze bedecken, waren einst grüne Wiesen, ausgedehnte Matten, wo die Bewohner der dort aneinander grenzenden Länder ihre großen Jahrmärkte abhielten.

Als ein solches Fest, wobei es an allerlei Unterhaltungen nicht fehlte, einmal auf einen Sonntag fiel und der heilige Tag durch Tanz, Spiel und ausgelassenes Vergnügen entweiht wurde, da kam, von Gott gesendet, über die Höhen des Großglockners ein furchtbarer Sturm; der Regen fiel in Strömen, von den Felsen herab stürzten schäumende Wasser, den Wiesenplan bedeckten wogende Fluten und rissen Menschen, Vieh und all die Herrlichkeiten des Marktes in die Tiefe und bedrohten sogar die schuldlosen Bewohner des Tales.

Da schickte Gott in seinem Erbarmen einen heftigen Frost, der die niederrauschenden Wogen plötzlich erstarren machte und die Frevler im Eise begrub, die schuldlosen Talbewohner aber rettete. Von Zeit zu Zeit soll das Eis des Pasterzengletschers die Leichen solcher Frevler auswerfen.<sup>14</sup>



## Die Pasterze – der größte Gletscher der Ostalpen

*Die Pasterze hatte um 1852 ihren letzten Gletscherhöchststand.  
Die Mächtigkeit des Eises war damals dreimal größer als heute.*

### Der Rückzug der Pasterze – Bilder einer Zeitreise

1890



### Kaiser-Franz-Josefs-Höhe, Elisabethruhe und Elisabeth-Felsen

Als Kaiser Franz Joseph I 1856 zur Pasterze aufstieg, reichte das Eis bis zu dem nach ihm benannten Aussichtsplateau am Fuße des Großglockners (Kaiser-Franz-Josefs-Höhe, 2.369 m).

Kaiserin Elisabeth blieb bei diesem Aufstieg am Unteren Bretterboden („Bretter“ bedeutet steile, glatte Felswände) auf einer Höhe von 2.132 m zurück. Von diesem Aussichtsplatz, der wie das Glocknerhaus „Elisabethruhe“ genannt wird, hatte sie einen fantastischen Blick auf den damals mächtigen Eisfall am unteren Ende der Pasterze. Dieser zog sich tief in die Möllschlucht.

1929



Als nach 1876 der zurückweichende Gletscher 1 km weiter westlich auf einer Höhe von 2.155 m einen Felsen freigab, wurde dieser nach der beliebten Kaiserin „Elisabeth-Felsen“ benannt.<sup>15</sup>

1950



Die Pasterze reichte beim Gletscherhöchststand bis zum heutigem Glocknerhaus.

### Gletscherforschung in den Hohen Tauern

*Die Erforschung der Gletscher begann im Gebiet des Nationalparks Hohe Tauern bereits im Jahre 1846 mit der Vermessung der Pasterze durch den aus Klagenfurt stammenden Ferdinand Seeland.*

Seit 1879 wird die Längenänderung der Pasterze gemessen. Diese ist bis auf drei Jahre lückenlos dokumentiert. Heute werden zusätzlich zu den Längenmessungen noch weitere Methoden der Datenerfassung durchgeführt.

Ein Team der Universität Graz unter der Leitung von Dr. Gehard Lieb misst jährlich an vier Querprofilen die Gletscherlänge und dokumentiert wie stark das Eis einsinkt und mit welcher Fließgeschwindigkeit sich das Eis bewegt.

Die Untersuchungen zeigen, dass seit dem letzten Gletscherhochstand die Pasterze um zwei Kilometer kürzer geworden ist.

#### Web-Tipp:

Österreichs Gletscher im Wandel

Die Messungen der Eisbewegungen weisen daraufhin, dass sich das Eis maximal 15 m pro Jahr talwärts bewegt. In den 80iger Jahren wanderte das Eis immerhin noch 80 m pro Jahr.

In den Jahren 2006 bis 2016 ist die Länge der Gletscherzunge der Pasterze jährlich um ca. 40 m kürzer geworden und die Mächtigkeit des Eises hat pro Jahr durchschnittlich 4,7 m abgenommen.

Die Eisoberfläche ist im Bereich der ehemaligen Hofmannshütte um ca. 300 m eingesunken.<sup>16</sup>



Für den Gletscherschwund gibt es mehrere Gründe. Einerseits ist die Jahresdurchschnittstemperatur gestiegen, was zur Folge hat, dass im Sommer immer häufiger Regen anstatt Schnee fällt. Andererseits schmilzt das Eis schneller, wenn die weiße Schneedecke, die die Sonneneinstrahlung reflektiert, fehlt.

## Gletscherforschung im Nationalpark Hohe Tauern

Nach einem Aufruf des Österreichischen Alpenvereins werden seit 125 Jahren an Österreichs Gletschern Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen veröffentlicht der Alpenverein jährlich auf seiner Webseite. ([www.alpenverein.at](http://www.alpenverein.at))

### Jährliche Gletscherberichte

Durchschnittliche Längenverluste, Einsinkbeträge des Eises und Fließgeschwindigkeiten an der Pasterze, gemessen an vier Querprofilen<sup>17</sup>:

Jahr	Längenverlust m	Einsinkbeträge m	Fließgeschwindigkeit m pro Jahr
2010	21,8	3,7	8,9
2011	40,3	4,7	4,3
2012	97,3	4,6	5,2
2013	41	4,4	7
2014	53,6	5,9	5,9
2015	54,4	6,9	5,6

Gletschermessungen werden nicht nur an der Pasterze, sondern auch am Mullwitzkees und am Schlatten Kees in Osttirol sowie am Obersulzbachkees in Salzburg, durchgeführt.

Auf der Webseite „Österreichs Gletscher im Wandel“ findet man Daten und Fakten zu den Gletschern und den Ergebnissen der Gletschermessungen.



Film-Tipp:  
Gletschermessung Pasterze

Der Rückgang der Gletscher beeinflusst das Mikroklima, den Wasserhaushalt und erhöht die Naturgefahren. Durch das Einsinken des Eiskörpers fehlt den Steilhängen der Halt. Steinschlag und Felsstürze sind die Folge. Alpine Wege müssen neu gebaut oder aufgelassen werden. So wurde zum Beispiel wegen erhöhter Steinschlaggefahr entlang des Gamsgrubenweges bei der Pasterze eine kostenintensive Tunneltrasse errichtet.

### Der Gletscherschwund und seine Folgen

Herabfallender Schutt bedeckt das Gletschereis. Das dunkle Material absorbiert mehr Sonnenstrahlen als die helle Oberfläche des Schnees, wodurch im Bereich von Schutt und Gesteinen das Eis schneller schmilzt. Die Gletscherzunge der Pasterze ist bis zu  $\frac{3}{4}$  mit Schutt bedeckt. Ab einer gewissen Mächtigkeit bietet der Schutt jedoch einen Strahlungsschutz für das Eis und hemmt sogar die Abschmelzung. Ein 15 cm mächtiger Schutt kann das Schmelzen des Eises um 50 % reduzieren.<sup>18</sup>

### Überlebenskünstler in Schnee und Eis

*Gletscher sind keine toten Eiswüsten. Trotz lebensfeindlicher Umweltbedingungen, wie tiefe Temperaturen, ständiges Auftauen und Wiedergefrieren des Wassers, hohe UV-Strahlung und Nährstoffarmut, siedeln sich Lebewesen am und im Eis an.*

*Kleine Schmelztrichter, die sich im Eis bilden, werden von einer Vielzahl speziell angepasster Organismen wie Viren, Bakterien, Algen, Gletscherfloh und Bärtierchen bewohnt.*

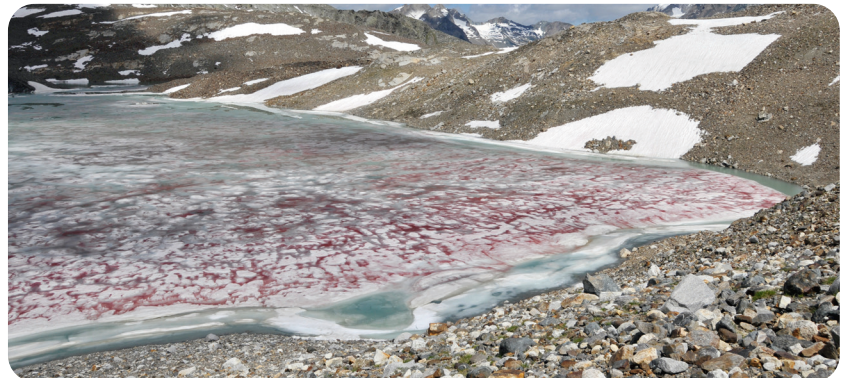
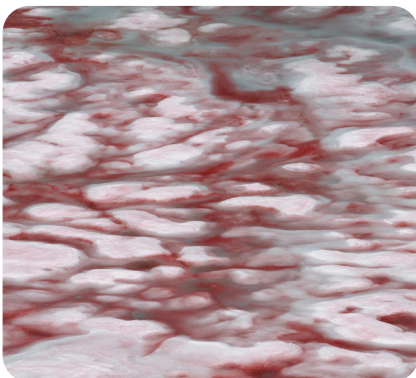
### Anpassungsstrategien von Gletscher- bewohnern

Alle Lebewesen, die Gletscher besiedeln, haben in den Zellen vermehrt Zucker eingelagert, wodurch der Gefrierpunkt herabgesetzt wird. Gleichzeitig besitzen sie besondere Proteine, die Eiskristallkeime einschließen und somit die Beschädigung der Zellmembrane verhindern. Spezielle Enzyme garantieren, dass die Organismen ein Einfrieren über längere Zeit überleben und beim Auftauen nicht beschädigt werden. Gegen die hohe UV-Strahlung sind die Gletscherlebewesen durch Pigmente geschützt.

### Blutschnee

Eine besondere Naturerscheinung ist der rote Schnee, den viele Bergwanderer als Sahara-Sand deuten. Dieser ist jedoch nicht rot sondern ockerfarben bis hellbraun. Beim roten Schnee handelt es sich um einzellige Grünalgen (*Chlamydomonas nivalis*), die sich im späten Frühling oder Sommer am Wasserfilm auf der Gletscheroberfläche ansiedeln. Das grüne Chlorophyll der Alge ist durch rote Pigmente, die als Strahlungsschutz dienen, überdeckt.

Neuerdings wird untersucht, inwieweit der im Volksmund genannte „Blutschnee“ die Abschmelzung des Gletschereises beschleunigt. Während weiße Schnee- und Eisflächen das Sonnenlicht bis zu 90 % reflektieren, ist die Reflexion durch die Rotfärbung um 13 % geringer. Durch die roten Pigmente wird die kurzwellige Sonnenstrahlung in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt. In Folge schmilzt wahrscheinlich das umliegende Eis schneller.



## Überlebenskünstler in Schnee und Eis

Gletscherflöhe (*Isotoma saltans*) gehören zu den Springschwänzen (*Collembola*) und sind flügellose Urinsekten. Die 0,2 bis 0,5 mm kleinen, schwarzen Tiere besiedeln das Eis ganzjährig. Bei Gefahr können sie sich mit der bauchseits gelegenen Sprunggabel in die Luft katapultieren (Name!).

Gletscherflöhe leben in der Grenzschicht zwischen Eis und der darauf liegenden Schneeschicht. Hier sammelt sich Gletscherschlamm (Kryokonit) an. Dabei handelt es sich um vom Wind angewehten Staub, Pollen und um Pflanzenreste, die die Nahrungsgrundlage dieser Tiere bilden. Da der Gletscherschlamm dunkel gefärbt ist, schmelzen Schnee und Eis in diesem Bereich und es entstehen kleine Schmelztrichter, die ideale Lebensräume für Gletscherflöhe sind.

Der Gletscherfloh hat ein körpereigenes Frostschutzmittel aus Zucker und Alkohol, wodurch der Gefrierpunkt der Körperflüssigkeit erheblich gesenkt wird. Somit kann er bei dauerhaft niedrigen Temperaturen von bis zu minus 15 °C überleben, ohne Schaden zu erleiden. Zusätzlich verfügt er über spezielle Proteine, die die im Körper entstehenden Eiskristallkeime einschließen und somit die Kristallbildung verhindern. Bei extremer Kälte entleert der Gletscherfloh Magen und Darm, damit die dort befindlichen Feststoffe nicht als Kristallisationskeime wirken können.

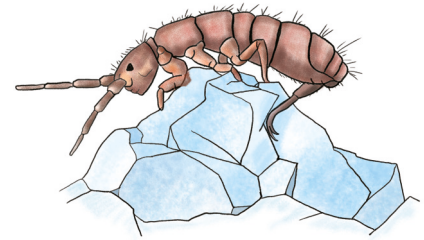
Temperaturen über dem Gefrierpunkt sind für den Gletscherfloh lebensbedrohlich, da Enzyme, die für die Atmung benötigt werden, an die extreme Kälte angepasst sind. Bei plus 12 °C stirbt der Gletscherfloh.<sup>19</sup>

*Durch den Rückzug der Gletscher entsteht neues Land, das Gletschervorfeld. Dieses wird nach und nach von Pflanzen und Tieren besiedelt. Die Lebensbedingungen in diesem Bereich sind unwirtlich. Sande und lockerer Schutt werden unter dem Einfluss des Gletscherbaches und durch starke Winde ständig umgelagert. Erdreich und Nährstoffe, die für das pflanzliche Wachstum notwendig sind, fehlen und die Vegetationszeit ist sehr kurz.*

Pionierpflanzen leiten die Vegetationsentwicklung (Sukzession) ein. Mit ihren Wurzeln und Sprossen stabilisieren sie den Boden, wo sich in Folge Nährstoffe anreichern. Es entstehen kleine Polsterpflanzen, in dessen geschützten Bereichen sich weitere Pflanzen und Tiere ansiedeln können.

Parallel dazu beginnt die Bodenbildung auf bloßem Felsen und auf Gesteinsbrocken, wo durch Verwitterung und Frostsprengung feine Risse entstehen. Hier siedeln sich Bakterien, Blaualgen und Pilze an. Flechten scheiden Säuren ab, die das Gestein lockern und die darin

## Gletscherfloh



## Pioniere erobern neues Land



Pionierpflanzen am Gletschervorfeld

enthaltenen Mineralstoffe freisetzen. Die ersten Bodentiere sind Milben und Springschwänze, die durch Vögel oder Wind eingebracht werden. Sie ernähren sich von Pilz- und Algenresten. Der Kot der Tiere und abgestorbenes pflanzliches Material bilden nach und nach eine dünne Humusschicht, wodurch sich der Nährstoffgehalt und das Wasserspeichervermögen erhöht.

Über Jahrzehnte bis Jahrhunderte siedeln sich weitere standortspezifische Pflanzen an, bis schließlich Sträucher und Bäume wachsen.

Durch die Besiedelung des Gletschervorfeldes entsteht eine primäre Wildnis. Das ist ein Gebiet, das vom Menschen unberührt ist und in seiner Entwicklung nicht beeinflusst wurde. Solche Wildnisflächen zeigen alle Sukzessionsstufen und sind als Freilandlabor für die Forschung und den Naturschutz von größter Bedeutung.

## Nationalpark-Projekte

### Bohrungen im Seebachtal <sup>20</sup>

Im Mallnitzer Seebachtal in Kärnten wurden 1999 Bohrungen bis in eine Tiefe von 160 m durchgeführt. Der Bohrkern dokumentiert die Sedimentabfolge der letzten 17.000 Jahre und veranschaulicht die Vegetations- und Klimageschichte im inneralpinen Raum.



Die Sedimentabfolgen, in denen man auch Holzreste und Pollen gefunden hat, zeigen, dass die großen Gletschermassen von vor 20.000 Jahren sehr rasch, also innerhalb von 3.000 Jahren abgeschmolzen sind. Im Seebachtal wuchsen vor 17.000 Jahren bereits Pflanzen.

Die Zeit vor 15.000 bis 10.000 Jahren war von einem Wechsel aus Kalt- und Wärmeperioden geprägt. Die Kaltphasen sind durch einen hohen Anteil von Gräser- und Kräuterpollen dokumentiert, während sich in wärmeren Phasen Lärchen und Zirben ausbreiten konnten. Der Bohrkern zeigt auch, dass es vor 6.700 bis 5.000 Jahren wärmer und das Seebachtal dicht bewaldet war. Im Sediment entdeckte man Pollen von Grünerle, Fichte und Lärche. Der Mensch ist vor 3.600 bis 3.200 Jahren in das Seebachtal vorgedrungen. Auch das wird durch Pollen von Brennnessel, Ampfer und Spitz-Wegerich belegt.

Durch die Forschungen am Bohrkern des Seebachtals konnte erstmals innerhalb der Alpen die Vegetations- und Klimageschichte der letzten 17.000 Jahre rekonstruiert werden.

## Nationalpark macht Schule



## Nationalpark macht Schule

### Arbeitsblätter und Präsentationsfolien

- ▶ siehe Kapitel »Arbeitsblätter« bzw. »Präsentationsfolien«

### Themen für die Vorwissenschaftliche Arbeit

- ▶ Das Sonnblick-Observatorium in Zeiten des Klimawandels
- ▶ Auswirkungen des Klimawandels auf den Wintertourismus in den Hohen Tauern
- ▶ Die Entwicklung der Pasterze seit dem Gletscherhöchststand 1852

### Projektwochenangebote

- ▶ Kalte Riesen in heißen Zeiten
- ▶ VERBUND-Klimaschule des Nationalparks Hohe Tauern

### Themenwege

- ▶ Gletscherweg Pasterze
  - ▶ Blockgletscherweg Dösental
  - ▶ Gletscherlehrweg Obersulzbachtal
  - ▶ Themenweg Sonnblickkees
  - ▶ Gletscherweg Innerschlöss
- Heiligenblut  
Mallnitz  
Neukirchen am Großvenediger  
Uttendorf  
Matrei in Osttirol

### Ausstellungen

- ▶ Univerzoom
  - ▶ Erlebnisausstellung Gletscher – Klima – Wetter
  - ▶ Nationalparkwelten
- Nationalparkzentrum | Mallnitz  
Uttendorf  
Nationalparkzentrum | Mittersill

#### Web-Tipp:

Projektwochenfolder des  
Nationalparks Hohe Tauern

#### Web-Tipp:

Themenwege im  
Nationalpark Hohe Tauern

#### Web-Tipp:

Ausstellungen und Infozentren

### Web-Tipp:

Bildungseinrichtungen des  
Nationalparks Hohe Tauern

### Web-Tipp:

Bildungsprogramme des  
Nationalparks Hohe Tauern

### Programme in Bildungszentren

Zukunftslabor

- Klimawandel konkret

Nationalparkzentrum | Mallnitz

Nationalpark Science Center

- Schneeflocken und Eiswelten

Nationalparkzentrum | Mittersill

Haus des Wassers

- Mehrtägige Lernprogramme

St. Jakob in Deferegggen

Module: Klimabox und Vision Globe, Klima und Gletscher, Wetter und Klima



## Anhang



### Literatur-Tipps

erhältlich beim Nationalparkrat Hohe Tauern:

**Naturführer zum Thema Gletscher:**

**Gletscherweg Innergsschlöss / Gletscherweg Obersulzachtal / Gletscherweg Pasterze**

Lieb, Gerhard Karl; Slupetzky, Heinz:

**Gletscherweg Pasterze. Naturkundlicher Führer zum Nationalpark Hohe Tauern.**

(2. Auflage), Innsbruck, 2004

Lieb, Gerhard Karl; Slupetzky, Heinz:

**Die Pasterze. Der Gletscher am Großglockner.**

Verlag: Anto Pustet, Salzburg, 2011



### Film-Tipps

Jährliche Gletscherberichte, Seite 133:

**Gletschermessung Pasterze**

Schule.at – Österreichisches Schulportal

<https://www.youtube.com/watch?v=Vmn94zfEzaY>



### Web-Tipps

Gletscherforschung in den Hohen Tauern, Seite 132:

**Österreichs Gletscher im Wandel**

<http://www.gletscherwandel.net>

Nationalpark macht Schule, Seite 137:

**Projektwochenfolder des Nationalparks Hohe Tauern**

<https://hohetauern.at/de/bildung/projektwochen.html>

Nationalpark macht Schule, Seite 137:

**Themenwege im Nationalpark Hohe Tauern**

<https://hohetauern.at/de/besuchen/themenwege.html>

Nationalpark macht Schule, Seite 137:

**Ausstellungen und Infozentren**

<https://hohetauern.at/de/besuchen/infozentren-ausstellungen.html>

Nationalpark macht Schule, Seite 138:

**Bildungseinrichtungen im Nationalpark Hohe Tauern**

<https://hohetauern.at/de/bildung.html>

Nationalpark macht Schule, Seite 138:

**Bildungsprogramme des Nationalparks Hohe Tauern**

<https://hohetauern.at/de/bildung.html>

## Literaturquellen

Aichhorn, Katharina; u.a.:

**30 Jahre Nationalpark Hohe Tauern Kärnten.**

Kärntner Nationalparkfonds: Großkirchheim, 2011

dRadio Wissen.:

**Floh mit Frostschutzmittel.**

<http://dradiowissen.de/beitrag/gletscherfloh-frostschutzmittel-inklusive>

Krainer, Karl:

**Nationalpark Hohe Tauern – Geologie.**

Sekretariat des Nationalparkrates (Hg): Matrei, 2005

Lieb, Gerhard Karl; Kellerer-Pirklbauer, Andreas:

**Die Pasterze. Altes und Neues von Österreichs größtem Gletscher.**

Bergauf. Mitgliedermagazin des Österreichischen Alpenvereins, Nr. 2/16, Jg 71

Lieb, Gerhard Karl; Slupetzky, Heinz:

**Die Pasterze. Der Gletscher am Großglockner.**

Verlag Anto Pustet: Salzburg, 2011

Stüber, Eberhard, Winding, Norbert.:

**Erlebnis Nationalpark Hohe Tauern. Band Kärnten (3. Auflage)**

Athesia-Tyrolia Verlag: Innsbruck, 2005

## Anhang

### Quellenhinweise

- <sup>1</sup> Nationalpark Hohe Tauern: Nationalpark Hohe Tauern im Portrait. Gletscher und Wasser.  
<https://hohetauern.at/de/natur/gletscher-und-wasser.html> (dl 30.08.2016)
- <sup>2</sup> Wissen.de: Gletscher. <http://www.wissen.de/gletscher> (dl 30.06.2016)
- <sup>3</sup> Vgl. Stüber Eberhard, Winding Norbert:  
Erlebnis Nationalpark Hohe Tauern. Band Kärnten (3. Auflage)  
Athesia-Tyrolia Verlag: Innsbruck, 2005, S. 23
- <sup>4</sup> Vgl. Krainer, Karl:  
Nationalpark Hohe Tauern – Geologie.  
Sekretariat des Nationalparkrates (Hg): Matrei, 2005, S. 120 ff
- <sup>5</sup> Vgl. Krainer Karl, Ribis Markus:  
Blockgletscherinventar Tirol. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr. 87. S. 67 - 88  
[http://www.geo-zt.at/fileadmin/user\\_upload/04\\_Publikationen/e\\_Geowissenschaftliche\\_Literatur/2011\\_Blockgletscherinventar-Tirol.pdf](http://www.geo-zt.at/fileadmin/user_upload/04_Publikationen/e_Geowissenschaftliche_Literatur/2011_Blockgletscherinventar-Tirol.pdf)
- <sup>6</sup> Vgl. Krainer, Karl:  
Nationalpark Hohe Tauern – Geologie.  
Sekretariat des Nationalparkrates (Hg): Matrei, 2005, S. 125
- <sup>7</sup> Vgl. Krainer, Karl: (a.a.O.), S. 127
- <sup>8</sup> Vgl. Stüber Eberhard, Winding Norbert:  
Erlebnis Nationalpark Hohe Tauern. Band Kärnten (3. Auflage)  
Athesia-Tyrolia Verlag: Innsbruck, 2005, S. 24
- <sup>9</sup> Vgl. Krainer, Karl: (a.a.O.), 127 f
- <sup>10</sup> Vgl. Krainer, Karl: (a.a.O.), 130 f
- <sup>11</sup> Vgl. Aichhorn, Katharina; u.a.:  
30 Jahre Nationalpark Hohe Tauern Kärnten.  
Kärntner Nationalparkfonds: Großkirchheim, 2011, S. 41
- <sup>12</sup> Stüber, Eberhard, Winding, Norbert:  
Erlebnis Nationalpark Hohe Tauern. Band Kärnten (3. Auflage)  
Athesia-Tyrolia Verlag: Innsbruck, 2005, S. 28 f
- <sup>13</sup> Lieb, Gerhard Karl; Kellerer-Pirklbauer, Andreas:  
Die Pasterze. Altes und Neues von Österreichs größtem Gletscher.  
Bergauf. Mitgliedermagazin des Österreichischen Alpenvereins, Nr. 2/16, Jg 71 (141), S. 14 ff
- <sup>14</sup> Quelle: Graber: Sagen aus Kärnten, Graz 1941.  
Für SAGEN.at korrekturgelesen von Harald Hartmann, Februar 2006. © digitaler Reprint: [www.SAGEN.at](http://www.sagen.at/texte/sagen/oesterreich/kaernten/Graber/pasterzengletscher.html).  
<http://www.sagen.at/texte/sagen/oesterreich/kaernten/Graber/pasterzengletscher.html> (dl 02.08.2016)

<sup>15</sup> Vgl. Lieb, Gerhard Karl; Slupetzky, Heinz:  
Die Pasterze. Der Gletscher am Großglockner.  
Verlag Anto Pustet: Salzburg, 2011, S. 53

<sup>16</sup> Vgl. Lieb, Gerhard Karl; Kellerer-Pirklbauer, Andreas (a.a.O.), S. 15

<sup>17</sup> Quelle: Gletscherberichte des Österreichischen Alpenvereins.  
<http://www.alpenverein.at/portal/museum-archiv/gletschermessdienst/archiv-gletscherberichte/archiv-gletscherberichte.php>  
(dl 05.08.2016)

<sup>18</sup> Vgl. Lieb, Gerhard Karl; Keller-Pirklbauer, Andreas (a.a.O.), S. 16

<sup>19</sup> Vgl. dRadio Wissen: Floh mit Frostschutzmittel.  
<http://dradiowissen.de/beitrag/gletscherfloh-frostschutzmittel-inklusive> (dl 06.08.2016)

<sup>20</sup> Vgl. Krainer, Karl: (a.a.O.), 128 ff