

# GLETSCHER IM KLIMAWANDEL

Klima macht Schule: Davos und Parc Ela

Grundlagen



Vadret da Porchabella am Piz Kesch.

## **Impressum**

### Autorin und Autor:

Veronika Stöckli, Bergwelten 21 AG, Davos  
Gian Paul Calonder, Gemeinde Davos

### Bildquellen:

Wo nicht anders vermerkt stammen die Bilder von der Autorin oder dem Autor.

### Version:

27. September 2020

Das Projekt Klima macht Schule: Davos und Parc Ela wurde initiiert von der Gemeinde Davos für die Volksschulen in Davos und in der Region des Parc Ela. Das Projekt wurde das Projekt von der Volksschule Davos, der Gemeinde Davos, der Meuli-Stiftung, dem Amt für Natur und Umwelt Graubünden, dem Verein Parc Ela und dem Bundesamt für Umwelt BAFU.

Die Inhalte orientieren sich am Davoser Klimafilm und ergänzen den Schulstoff von globe zum Thema Klimawandel.

Das Projekt umfasst die folgenden Themen:

- Klima – gestern, heute, morgen
- Permafrost im Klimawandel
- Gletscher im Klimawandel
- Schnee im Klimawandel
- Natur im Klimawandel
- Natürliche Ursachen von Klimaschwankungen
- Wirtschaft und Gesellschaft im Klimawandel

Pro Thema sind Grundlagen, Unterrichtsmaterialien für Schülerinnen und Schüler sowie Erläuterungen ausgearbeitet.

## Gletscher

Gletscher zieren mit ihren weissen Firnfeldern die höchsten Berge in unserer Region. Sie sind attraktiv im Landschaftsbild, speichern im Eis den Niederschlag über die kalte Jahreszeit hinweg und bergen spannende Geschichte(n) in ihrem Innern.

Mit der zunehmenden Wärme schwindet das Eis der Gletscher. Mit dem Schwinden des Eises verändert sich die Umgebung, was wiederum auch uns Menschen betrifft.

Das vorliegende Kapitel beschreibt, was Gletscher sind, wie Gletscher in Davos und im Parc Ela vom Klimawandel betroffen sind und was das für Mensch und Natur bedeutet.



Diese Lerneinheit wird im Davoser Klimafilm im Modul „Die verlorene Insel“ thematisiert.

## ZUSAMMENFASSUNG

Gletscher prägen die Gebirgslandschaft. Die Eismassen entstehen aus Schnee, der über mehrere Jahre an Ort überdauert. Unter seiner eigenen Last verdichtet sich der Schnee allmählich zu Eis. Bei konstantem Klima sind der Aufbau von Eis und die Eisschmelze ausgeglichen. Das Schmelzwasser der Gletscher in der Schweiz macht ca. 2 % des gesamten Abflusses aus. Im Jahr 2010 umfasste die vergletscherte Fläche der Schweizer Alpen rund 950 km<sup>2</sup>. Es wurden 1420 Gletscher gezählt.

Im Gebiet der Gemeinde Davos liegen einige kleinere Gletscher und Firnfelder, so der Scalettagletscher, der Chüealp Gletscher und der Ducangletscher. Im Parc Ela finden sich um den Piz Platta und das Tälihorn verschiedene Gletscher und Firnfelder, ebenso wie um den Piz d'Err, Piz d'Uglix, Piz Ela, Piz Laviner, Piz d'Alp Val, La Piramida und um den Piz Üertsch. Der berühmteste ist der Vadret da Porchabella am Piz Kesch.

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts schwinden unsere Gletscher. Das Eis wird durch die zunehmende Wärme mehr ab- als aufgebaut. Allein in den vergangenen fünf Jahren haben die Gletscher in der Schweiz einen Zehntel ihres Volumens eingebüsst. Etliche Gletscher sind verschwunden, auch jene im Nationalpark.

Die Gletscherschmelze hat Auswirkungen auf die Umwelt und auf die Wirtschaft, die mit dem Gletscher verbunden sind. Das schmelzende Eis verändert den Wasserhaushalt, gibt Geschichten frei und lässt neue Naturlandschaften entstehen. So sind Forschende auf Fossilien gestossen, die der schmelzende Ducangletscher ans Licht brachte. Am Vadret da Porchabella wurde die Leiche einer jungen Frau gefunden, deren Leben im 18. Jahrhundert die Wissenschaft noch heute vor Rätsel stellt. Das Eis macht neuen Naturlandschaften Platz, z. B. am Grialetschgletscher oder am Jörigletscher.

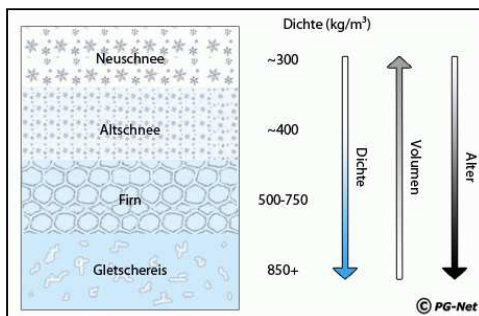
Mit dem Klimawandel schwinden die Gletscher weiter. Forschende gehen davon aus, dass gegen Ende des 21. Jahrhunderts in den Alpen vermutlich nur zwischen einem Drittel und einem Zehntel des heutigen Eisvolumens übrigbleiben. Das ewige ist zum Sinnbild der Vergänglichkeit geworden.

## ORIENTIERUNG

Gletscher sind grosse Eismassen. Sie bilden sich dort, wo es durchschnittlich unter 0 °C kalt ist und wo es viel schneit. Rund 950 km<sup>2</sup> oder 1,2 % der Landesoberfläche der Schweiz sind vergletschert. Das Schmelzwasser der Gletscher trägt rund 2 % der gesamten Abflussmenge in der Schweiz bei. Gletscher formen bis heute die Landschaft in ihrer Umgebung. Sie schleifen Fels glatt und hinterlassen Moränen, Findlinge und Auenlandschaften.

Gletscher werden seit der Mitte des vorletzten Jahrhunderts systematisch vermessen und beforscht. Die langen Datenreihen sind wertvoll um zu verstehen, wie die Gletscher auf den Klimawandel reagieren.

Gletscher entstehen aus Schnee, der über mehrere Jahre überdauert. Unter seiner eigenen Last verdichtet sich der Schnee allmählich zu Eis (vgl. Abbildung 1). Gefrierendes Schmelzwasser festigt die Auflage zusätzlich. Es dauert mehrere Jahre bis Schnee zu Eis wird. In einem konstanten Klima baut sich im Winter gleich viel Eis auf wie im Sommer abschmilzt.



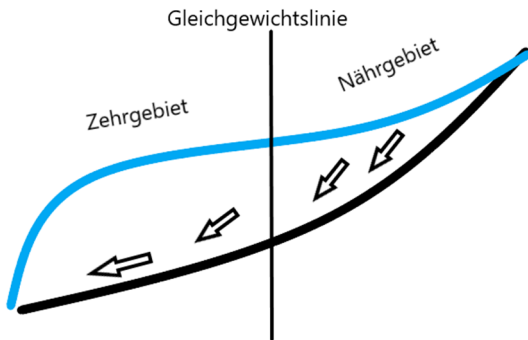
**Abbildung 1. Neuschnee wird zu Altschnee, Firn, und schliesslich Eis, wobei die Dichte zu und das Volumen abnimmt. Bildquelle: Freie Universität Berlin, 2020.**

Die heutigen Gletscher sind während der Letzten Eiszeit entstanden, die vor rund 110'000 Jahren begann und vor 12'000 Jahren endete. Sie sind Reste eines grossen Eispanzers, der damals die Schweiz bedeckte (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2. Die Schweiz während der Letzten Eiszeit. Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo.**

Gletscher werden in Nähr- und Zehrgebiet unterteilt, dazwischen liegt die Gleichgewichtslinie (vgl. Abbildung 3). Im Nährgebiet bildet sich mehr Eis, als verloren geht, z.B. weil es abfließt oder abschmilzt. Im Zehrgebiet ist es umgekehrt. Die beiden Bereiche werden auch Akkumulations- und Ablationsgebiet bezeichnet. An der Gleichgewichtslinie sind Auf- und Abbau des Eises ausgeglichen, die Massenbilanz liegt bei null. Von Auge wird die Gleichgewichtslinie anhand der sommerlichen Schneegrenze abgeschätzt. Mit Daten zu Niederschlag, Temperatur und Sonneneinstrahlung wird die Massenbilanz für einen Gletscher auch rechnerisch bestimmt.



**Abbildung 3. Lage von Nähr- und Zehrgebiet eines Gletschers und von seiner Gleichgewichtslinie.**

Angetrieben durch die Schwerkraft fließt das Eis der Gletscher allmählich talwärts. Die Geschwindigkeit mit der das Eis fließt, hängt davon ab wie schwer und wie warm das Eis oder wie steil und rau der Untergrund ist. Das Eis fließt nur wenige Meter pro Jahr. Fließende Gletscher schleifen Fels glatt, formen Trogtäler und hinterlassen Moränen und grosse Felsblöcke, die sogenannten Findlinge. Noch heute prägen Spuren der Eiszeit unsere Landschaft.

Ob ein Gletscher wächst oder schwindet, hängt weitgehend davon ab, wie viel es schneit, wie warm es ist und wie stark die Sonne einstrahlt. Blankes Eis schmilzt rasch und Gesteinsschutt kann dies beschleunigen, denn die Steine erwärmen sich in der Sonne und geben Wärme an das Eis ab.

## GLETSCHER IN DER REGION

Im Gebiet der Gemeinde Davos liegen einige kleinere Gletscher und Firnfelder. Es sind dies der Scalettagletscher am Ende des Dischmatal, der Chüealp Gletscher zwischen Scalettapass und Sertigpass und der Ducangletscher bei der Ducanfurrga. Weitere Gletscher grenzen an das Gemeindegebiet von Davos, so der Vadret da Grialetsch (vgl. Abbildung 4), der Vadret da Radönt und der Schwarzhornletscher, sie alle liegen im Gebiet der Gemeinde Zernez. Der nahe Jörigletscher gehört zu Klosters-Serneus, der Vadret Vallorgia und der Gletscher südwestlich des Scalettahorns zur Gemeinde S-chanf.



**Abbildung 4. Der Jörigletscher über den Seen am Fuss des Flüela-Wisshorn (links) und Vadret da Grialetsch (rechts).**

Der Vadret da Grialetsch ist der grösste Gletscher in der Umgebung von Davos. Er ist dennoch ein vergleichsweise kleiner Gletscher. Mit seinen rund 2.2 km<sup>2</sup> entspricht er einem Achtel des Vadret da Morteratsch bei Pontresina, oder einem Vierzigstel des Aletschgletschers.

Im Parc Ela finden sich um den Piz Platta und das Tälihorn verschiedene Gletscher und Firnfelder, so der Vadret da Piz Platta, um den Piz d'Err, Piz d'Uglix und Piz Ela liegt der Vadret digl Ela, am Piz Laviner, Piz d'Alp Val, La Piramida, und um den Piz Üertsch finden sich weitere kleine Gletscher und Schneefelder. Am Piz Kesch liegt der Vadret da Porchabella (vgl. Abbildung 5).



**Abbildung 5. Keszhütte und Vadret da Porchabella am Piz Kesch.**

## GLETSCHER IM KLIMAWANDEL

Die zunehmende Wärme und die ansteigende Schneefallgrenze bewirken, dass die Gletscher mehr Eis verlieren als sie aufbauen. Das Volumen der Alpengletscher ist seit 1850 um fast zwei Drittel geschrumpft. Von 1900 bis 2011 gingen knapp 100 km<sup>3</sup> Eis verloren. Im Jahr 2010 umfasste die vergletscherte Fläche der Schweizer Alpen rund 950 km<sup>2</sup>. Es wurden 1420 Gletscher gezählt. Seit dem Jahr 1973 sind 733 Gletscher verschwunden – also gut ein Drittel, darunter sämtliche Gletscher im Nationalpark.

Ein weltweites Forschungsprojekt hat gezeigt, dass die Gleichgewichtslinie in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts um 5 m pro Jahr höher geklettert ist, nach 1980 gar um 12 m pro Jahr. Die Gletscher schwinden immer rascher. In den vergangenen fünf Jahren haben die Gletscher in der Schweiz einen Zehntel ihres Volumens eingebüsst. Das ist so viel wie noch nie seit Beginn der Messungen.

Dass Gletscher ganz verloren gehen trifft auch die Forschung. Im 2019 musste die Gletscherforschung mit dem Pizolgletscher in den Glarner Alpen erstmals einen Gletscher aus ihrem Register streichen.

Das Schwinden geht weiter. In den Alpen wird gegen Ende des 21. Jahrhunderts vermutlich nur zwischen einem Drittel und einem Zehntel des Eisvolumens übrigbleiben, das 2017 gemessen wurde.

## DER SCALETTAGLETSCHER

Auch in der Landschaft Davos und im Gebiet des Parc Ela schwinden die Gletscher sicht- und messbar. Der Scalettagletscher z. B. hat von 1973 bis 2009 zwei Drittel seiner Fläche verloren. Heute ist er kein einheitlicher Gletscher mehr. Er ist in zahlreiche einzelne Firnfelder zerfallen (vgl. Abbildung 6 und 7).



**Abbildung 6. Der Scalettagletscher im 2009 (links) und im Jahr 1813 (rechts), gezeichnet von Hans Conrad Escher. Quelle: Krähenbühl, 1995.**



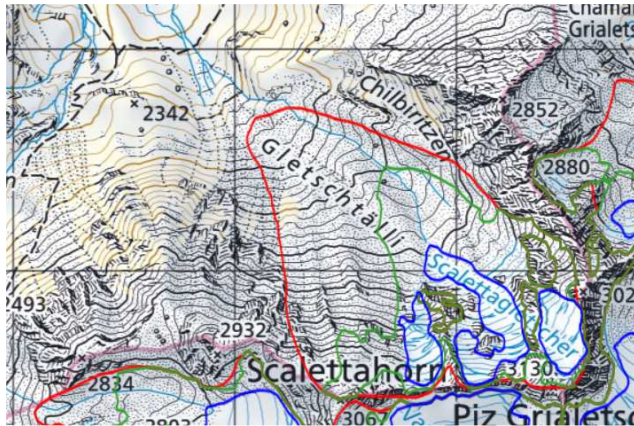


Abbildung 7. Die Ausdehnung des Scalettagletschers am Ende des Dischmats in den Jahren 1920 (rot), 1970 (grün) und heute (blau). Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo.

## DER SILVRETTAGLETSCHER

Am Silvrettagletscher wird seit 1956 die Länge gemessen, seit 1918 wird auch die Massenbilanz bestimmt. Das ergibt eine der längsten zusammenhängenden Massenbilanzreihen weltweit.

Die Silvrettahütte des SAC wurde in den 1860er Jahren errichtet. Gemäss Coaz (1866) „...steht [die Hütte] eine ¼ Std unter dem Silvrettagletscher, dessen gewaltige Moränenwälle und unterste Eiswände im Hintergrund des Tälchens sich auftürmen.“ Seither hat sich der Gletscher rund 1,5 km von der Hütte entfernt.

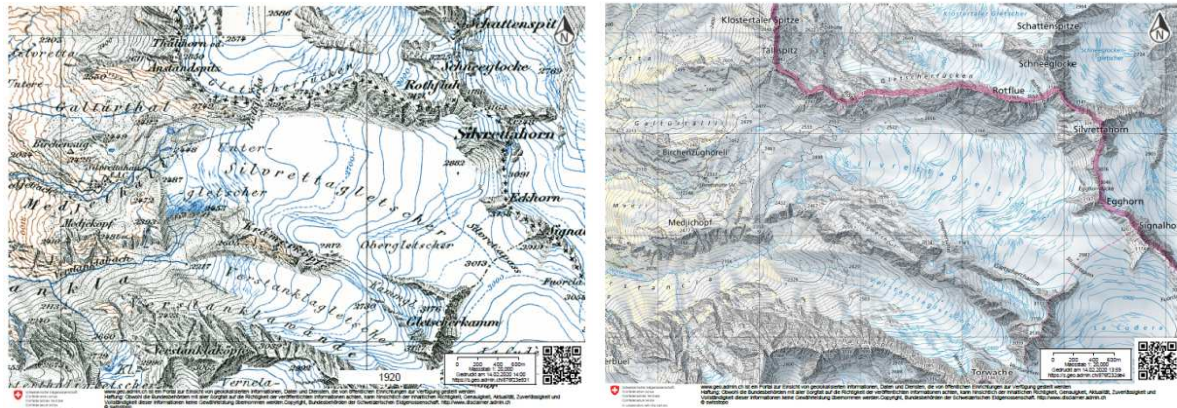
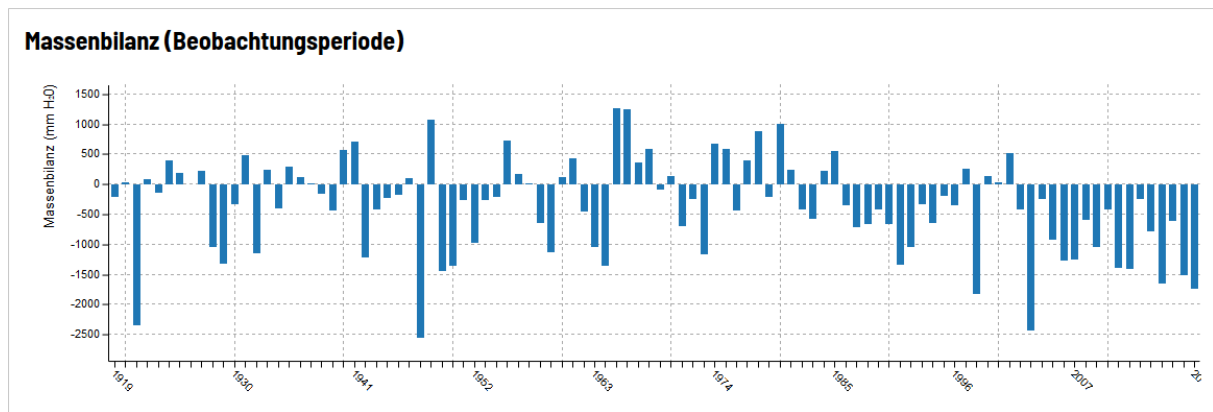


Abbildung 8. Der Silvrettagletscher auf der Landkarte von 1920 (links) und auf der heutigen swisstopo-Karte (rechts). Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo.

Seit Beginn der 1980er-Jahre verliert der Silvrettagletscher kontinuierlich an Masse (vgl. Abbildung 9). Heute ist er 3 km lang und bedeckt eine Fläche von 2,7 km<sup>2</sup>.



**Abbildung 9. Jährliche Massenbilanz des Silvrettagletschers von 1918 bis heute. Quelle: GLAMOS.**

Der Silvrettagletscher und sein Vorfeld sind im Bundesinventar der Gletschervorfelder und Auengebiete von nationaler Bedeutung verzeichnet. Ein Rundweg mit Informationstafeln erläutert die Geschichte des Gletschers und seiner Umgebung im Klimawandel.



**Abbildung 10. Blick auf den Silvrettagletscher. Quelle: /www.silvrettahuette.ch.**

Der Silvretta-Gletscher wird als kleiner Gletscher vermutlich noch vor Ende des 21. Jahrhunderts verschwunden sein.

## DER VADRET DA PORCHABELLA

Am Fuss des Piz Kesch im Parc Ela liegt der Vadret da Porchabella. Er wird seit 1895 vermessen. Wie alle anderen Gletscher hat auch der Vadret da Porchabella markant an Eis verloren. Im Jahr 2010 bedeckte er eine Fläche von 1,7 km<sup>2</sup> und war 2,2 km lang. Seit dem Jahr 1973 hat er mehr als ein Drittel seiner Fläche eingebüsst.

Im Vorfeld des Vadret da Porchabella ist die Geschichte des Gletschers sichtbar. Die Moränen des 1850er Hochstandes sind deutlich ausgeprägt. Zudem sind weitere Moränen und Rundhöcker zu sehen. Sie zeigen, wie gross der Gletscher einst war (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 11. Der Vadret da Porchabella am Piz Kesch (links) und die Umriss des Gletschers um 1850 (rote Linie), 1973 (grüne Linie) und 2010 (blaue Linie). Quelle: GLAMOS, 2020.

## AUSWIRKUNGEN DER GLETSCHERSCHMELZE

Die Gletscher unterliegen nicht nur einer eigenen Dynamik, sie verändern auch ihre unmittelbare Umwelt. Das schmelzende Eis macht neuen Naturlandschaften Platz. Der Verlust an Eis wirkt sich auch auf die Wirtschaft aus, z. B. auf den Tourismus oder die Wasserkraft. Der Wasserhaushalt wird durch die Gletscherschmelze nur wenig verändert, denn Gletscher tragen rund 2 % Wasser an unsere Bäche und Flüsse in der Schweiz bei. Besonders interessant sind die Geschichten, die das Eis frei gibt. Die folgenden Kapitel erzählen davon.

## FOSSILIEN AM GLETSCHER DUCAN

Vor einigen Jahrzehnten sind Forschende der Universität Zürich am Gletscher Ducan auf eine reiche Fossilfundstelle gestossen. Das schmelzende Eis hat Versteinerungen freigelegt (vgl. Abbildung 12). Die versteinerten Fische und Reptilien stammen aus einer Zeit von vor rund 240 Mio. Jahren. Statt schnee- und eisbedeckter Gipfel prägten damals Lagunen und Deltas das Landschaftsbild.

Die Landschaft um den Gletscher Ducan zählt heute dank seiner Fossilien zu den Geotopen der Schweiz. Geotope sind schützenswerte, geowissenschaftliche Naturdenkmäler. Die Stelle ist nicht zuletzt deshalb besonders wertvoll, weil sie Einblick gewährt in ein längst vergangenes Klima.



**Abbildung 12. Ducangletscher (links) und freigelegte Versteinerung (rechts).**

## DIE GEHEIMNISVOLLE PORCHABELLA

Im Sommer 1992 erhielt der Archäologische Dienst Graubünden den Hinweis, dass im Gebiet des Piz Kesch auf einem Gletscher eine Leiche aus dem Eis ragt. Bei der Leiche wurden hölzerne Gegenstände und Stoffreste gefunden.

Die Untersuchungen ergaben, dass die Leiche eine junge Frau war. Sie führte hölzerne Gegenstände mit sich, eine Schale und einen Löffel, einen Lauskamm und einen Rosenkranz. An ihren langen Haaren klebten Laus-Eier - sie hatte den Lauskamm also nicht grundlos bei sich.

Woher die junge Frau kam und wohin sie ziehen wollte, ist ungewiss; warum sie den Gletscher betrat und dort auch starb bleibt ein Geheimnis (vgl. Abbildung 13). Die Machart der Schuhe ist typisch für die Region des heutigen Österreich oder Süddeutschlands. Hat sie sich auf dem Weg von Bergün ins

Engadin verirrt? Von ihrer letzten Reise ist sie jedenfalls erst vor wenigen Jahren Jahre zurückgekommen. Gemäss den archäologischen Datierungsmethoden lebte die junge Frau um 1700 (vgl. Abbildung 14).



Abbildung 13. Lage des Fundortes der Porchabella und damalige Verbindungswege. Quelle: Reitmaier et al., 2015.



Abbildung 14. Die Ergebnisse der anthropologischen Untersuchung und die archäologischen Fundgegenstände. Quelle: Reitmaier et al., 2015.

## NEUE NATURLANDSCHAFTEN ENTSTEHEN

Das Eis der Gletscher formt die Landschaft. Kantige Felsen werden glatt geschliffen und lose Felsblöcke und Schutt talwärts verfrachtet. Schmilzt das Eis, so bleibt das Gestein an Ort und Stelle liegen. Grosse Blöcke - sogenannte Findlinge – liegen weit weg von den heutigen Gletschern. Die Moränen zeichnen die ehemalige Ausdehnung eines Gletschers nach (vgl. Abbildung 15). Diese Spuren in der Landschaft sind auch nach zehntausenden von Jahren Zeugen für die ehemalige Ausdehnung der Gletscher.



**Abbildung 15. Eine Moräne aus groben Blöcken zeichnet die Ausdehnung des Vadret da Radönt um 1850 nach.**

Schmilzt das Eis, so entsteht quasi Neuland. Mulden füllen sich mit Wasser und wandeln sich zu kleinen Seen. Wilde Bäche durchziehen das Gletschervorfeld und allmählich siedeln sich Pflanzen an. Es entstehen neue alpine Auenlandschaften (vgl. Abbildung 16).

Solche Gletschervorfelder bilden einzigartige Lebensräume für Tiere und Pflanzen und zeichnen sich durch einen vielfältigen und interessanten geomorphologischen Formenschatz aus. Die Gletschervorfelder bilden heute wahrscheinlich die einzige Wildnis der Schweiz. Beispiele solch neuer Landschaften gibt es auch in der Region Davos zu entdecken, etwa im Vorfeld des Vadret da Grialetsch oder des Jöri-gletschers.



**Abbildung 16. Alpine Auenlandschaft im Vorfeld des Vadret da Grialetsch.**

## DIE INSEL VERLIERT IHREN STATUS

Mitten aus dem Eis des Vadret da Grialetsch ragte einst ein Felskopf. Von den Kartographen erhielt der Fels den Namen „Isla Persa“. Diese „verlorene Insel“ im weiten Eis wurde auf Bergtouren gerne als Rastplatz genutzt. Die Gletscherzunge des Vadret da Grialetsch reichte damals auf eine Höhe von rund 2300 m ü. M. hinunter. Heute ragt die Isla Persa als dunkler Felskopf aus dem eisfreien Gletschervorfeld (vgl. Abbildung 17).



**Abbildung 17. Die Isla Persa ist heute keine verlorene Insel im Eismeer mehr (links). Sie hat verloren, und zwar den Gletscher um sie herum. Rechts: Grialetschhütte mit dem Gletscher im Hintergrund (Quelle: Foto Furter, um 1928).**

Dass der Vadret da Grialetsch vor einigen Jahrzehnten bedeutend grösser war als heute, zeigt sich nicht nur an historischen Bildern und Karten, sondern auch in der Landschaft. So sind rund um den Gletscher Seiten- und Endmoränen zu sehen, welche den ehemaligen Höchststand des Gletschers um die Mitte des 19. Jahrhunderts markieren. Gletscherschliff an Felsrücken zeugen noch heute von der grossen Scherkraft und der Fliessrichtung des mit Steinen durchsetzten Eises.

Das Gletschervorfeld am Vadret da Grialetsch ist derart vielfältig, dass es heute unter Schutz steht. Die einzigartige neue Landschaft ist im Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung gelistet. Hier finden Pflanzen und Tiere und auch das Wasser Raum für ihre eigene Dynamik, unbehindert durch den Menschen. Einschränkungen bestehen allerdings auch hier: Der Schutz des Gletschervorfeldes ist überlagert mit alpwirtschaftlicher und militärischer Nutzung.

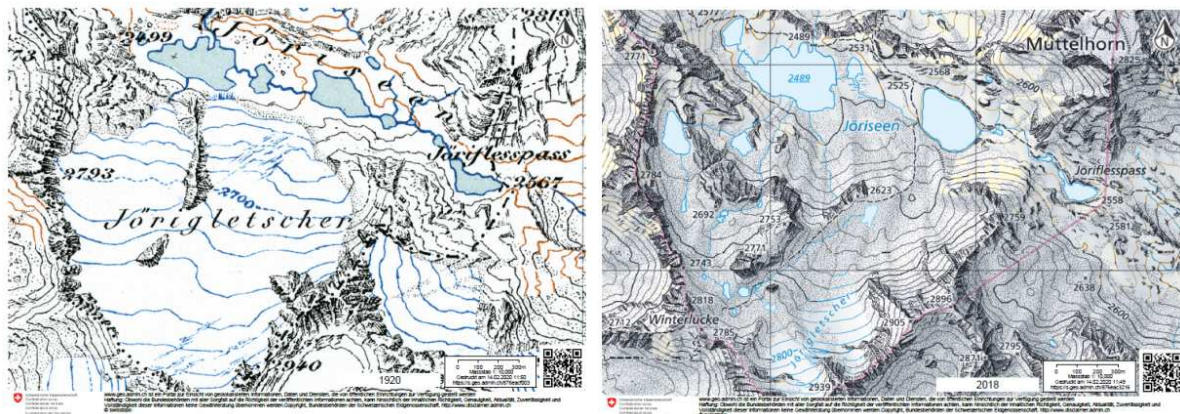
## DIE WUNDERBARE VERMEHRUNG DER JÖRISEEN

Ein eindrückliches Beispiel dafür, wie sich die Landschaft mit dem Rückzug des Eises verändert, präsentiert sich am Jörigletscher. Nördlich des Flüela Weisshorn sind seit den 1920er Jahren mit der fortschreitenden Gletscherschmelze neun kleinere und grössere Seen entstanden, sodass heute im Vorfeld des Jörigletschers 24 Seen gezählt werden (vgl. Abbildung 18 und 19).



**Abbildung 18.** Im ehemaligen Bett des Jörigletschers ist eine attraktive Seenlandschaft entstanden.

Dass die Jöriseen in den vergangenen Jahrzehnten zahlreicher geworden sind steht den Vorstellungen eines jungen Forschers in den 1920er Jahren entgegen. Der Student hat damals die Jöriseen und ihre Lebewesen untersucht. Aus seiner Sicht war klar, dass in absehbarer Zeit mindestens zwei der damals erst 13 Seen „der Versandung entgegen gehen“. Kreis hielt 1920 fest: „Die höchste Erhebung, das Flüela-Weisshorn (3083) umrahmt die zu seinen Füessen sich ausbreitende Kette der 13 Jöriseen... Langsam füllt er das Becken zudem mit Sand, Schutt etc. „...und in absehbarer Zeit wird sich vor den Augen des Wanderers nur noch eine öde Steinwüste ausbreiten...“.



**Abbildung 19.** Der Jörigletscher hat seit 1920 (links, Landeskarte um 1920) viel Eis verloren. An seine Stelle sind neue Seen entstanden (rechts, swisstopo 2018). Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo.

Die Jöriseen sind in den unterschiedlichsten Blautönen gefärbt, durch die Schwebstoffe im Wasser. Je stärker konzentriert desto mehr ändert die Farbe von intensive blau zu milchig blau zu grau. Die Jöriseen sind heute ein beliebtes Wanderziel.



## SCHLUSSBEMERKUNG

Die Gletscher der Alpen faszinieren nicht nur durch ihre schiere Grösse. Als Überbleibsel der letzten Eiszeit vermitteln sie ein Stück Erdgeschichte und ihr Anblick hat etwas Mystisches. Dieses «ewige Eis» aber schmilzt nach und nach. Die schmelzenden Gletscher sind eindruckliche Zeichen des Klimawandels. An ihrem Beispiel zeigt sich, dass eine vermeintlich geringe Erwärmung, eine grosse Wirkung in der Umwelt nach sich zieht. Forschende gehen davon aus, dass gegen Ende des 21. Jahrhunderts in den Alpen zwischen einem Drittel und einem Zehntel des heutigen Eisvolumens übrigbleiben. Das sind dramatische Aussichten. Das ewige Eis wird zum Sinnbild der Vergänglichkeit.

## LITERATURVERZEICHNIS

- AfW (Amt für Wald Graubünden). 2009. Gletscher und Klimawandel in Graubünden. Faktenblatt 14 (erste Ausgabe), Chur, 12 S.
- Akademien der Wissenschaften Schweiz. 2016. Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Swiss Academies Reports 11 (5), Bern, 218 S.
- Anonymous. 1872. Instruktion für die Gletscherreisenden des schweiz. Alpenclubs. Jahrbuch des Schweizer Alpenclub. Siebenter Jahrgang 1871-1872. S. 352-384.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt). 2012d. Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1217, 76 S.
- CH2018. 2018. CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zürich, 271 S.
- Coaz J. 1866. Das Silvrettagebirge. Jahrbuch des Schweizer Alpenclub. Dritter Jahrgang; S. 21-56.
- Fischer M, Huss M, Barboux C, Hoelzle M. 2014. The new Swiss Glacier Inventory SGI2010: relevance of using high-resolution source data in areas dominated by very small glaciers. Arctic, antarctic, and alpine research, Vol. 46, no. 4, 2014, pp. 933–945
- Freie Universität Berlin. 2020. PG-Net. Das Lernportal zur Einführung in die Physische Geographie. Fachbereich Geowissenschaften. Eisbildung [online]. [www. www. geo.fu-berlin.de/](http://www.geo.fu-berlin.de/). Abgerufen am 11.2.2020.
- Furrer H, Schaltegger U, Ovtcharova M, Meister P. 2008. U-Pb zirkon age of volcanoclastic layers in Middle Triassic platform carbonates of the Austroalpine Silvretta nappe (Switzerland). Swiss J. Geosci. 101:595-603.
- GLAMOS 1881-2018, The Swiss Glaciers 1880-2016/17, Glaciological Reports No 1-138, Yearbooks of the Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences (SCNAT), published since 1964 by VAW / ETH Zurich, doi:10.18752/glrep\_series.
- Krähenbühl H. 1995. Wo sind die Erzabbaustellen im Dischma? Bergknappe 73, 3, S.33-34.
- Maisch M E. 1981. Glazialmorphologische und gletschergeschichtliche Untersuchungen im Gebiet zwischen Landwasser- und Albulatal (Kt. Graubünden, Schweiz). Diss., Universität Zürich, Zürich, 215 S.
- Naturwissenschaften Schweiz. 2017a. Gletscher [online]. [www.naturwissenschaften.ch](http://www.naturwissenschaften.ch). Abgerufen am 18.10.2017.
- Naturwissenschaften Schweiz. 2017b. Inventare [online]. [www.naturwissenschaften.ch](http://www.naturwissenschaften.ch). Abgerufen am 18.10.2017.

Naturwissenschaften Schweiz. 2020. Schnee, Gletscher, Permafrost. Silvrettagletscher: Massenbilanz [online]. [www.naturwissenschaften.ch](http://www.naturwissenschaften.ch). Abgerufen am 11.2.2020.

NZZ (Neue Zürcher Zeitung). 2019. Die Hälfte des Gletschereises in den Alpen könnte bis 2050 verschwunden sein. Artikel von Sven Titz, 9.4.2019.

NZZ (Neue Zürcher Zeitung). 2019. Nach den winterlichen Schneemassen forderten Hitzewellen ihren Tribut – die Schweizer Gletscher schrumpfen weiter rasant. Artikel von Sven Titz, 15.10.2019.

Ohmura A, Boettcher M. 2018. Climate on the equilibrium line altitudes of glaciers: theoretical background behind Ahlmann's P/T diagram. *Journal of Glaciology*, Volume 64, Issue 245, pp. 489-505.

Rageth, Jürg. 1995. Ein Gletscherleichenfund im Piz Kesch-Gebiet. *Bündner Monatsblatt*, Heft 5, S. 365-391.

Reitmaier T, Camichel M, Frater N, Meyer S, Seiler R, Häusler M, Rühli F, Volken M und S. 2015. Eine weibliche Gletscherleiche aus der Zeit um 1690 in Graubünden. *Archäologie Graubünden* 2: 13-21.

Rütimeyer, L. 1881. Blick auf die Geschichte der Gletscherstudien in der Schweiz. *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*. Sechzehnter Jahrgang 1880-1881. Bern, 377-418.

Swisstopo (Bundesamt für Landestopografie). 2004. Bericht des Topographen Coaz von einer Tagestour um den Piz Vadret im September 1845. *Dufour Map. Kartografie einst und jetzt*. Bern.

Tagesanzeiger. 2017. So schmolzen die Schweizer Gletscher in 160 Jahren weg. [www.interaktiv.tagesanzeiger.ch](http://www.interaktiv.tagesanzeiger.ch). Abgerufen am 18.10.2017.