

einblicke | ausblicke



UNESCO World Heritage
Swiss Alps Jungfrau-Aletsch



Die Gletscher des Welterbes Jungfrau-Aletsch im Spiegel der Zeit

in Kürze

- Seit 1930 hat das Volumen der Schweizer Gletscher um gut die Hälfte abgenommen.
- Steigt die Temperatur um 3° C an, werden von der heutigen Gletscherfläche im Jahr 2100 nur noch 10 bis 20 % der Gletscherausdehnung von 1950 übrigbleiben. Bei einem Anstieg um 5° C werden die Alpen gänzlich eisfrei sein.
- Der Gletscherschwund vergrössert durch vermehrte Eisabbrüche, Destabilisierung von Felswänden und Moränen sowie durch Gletscherseerausbrüche das Naturgefahrenpotential.
- Der Maximalabfluss wird bis Ende des 21. Jahrhunderts um 30 % abnehmen. Pflanzen, Tiere und Menschen in der Region werden lernen müssen, in Trockenperioden mit weniger Wasser zu leben.
- Auch der Tourismus steht vor grossen Herausforderungen, wenn künftig nicht nur der Schnee im Winter ausbleibt, sondern mit den Gletschern auch eine Hauptattraktion im Sommer verschwindet.
- Mit der Eröffnung neuer Lebensräume und der damit verbundenen ökologischen Sukzession hat der Gletscherückzug auch positive Seiten: er trägt zur Erhöhung der Artenvielfalt in den betroffenen Regionen bei.

Die Gletscher der Region Jungfrau-Aletsch und deren einzigartige Schönheit waren während Jahrhunderten nicht nur Inspiration für Besucher und Einheimische, sondern auch entscheidende Kriterien für die Auszeichnung des Gebietes mit dem UNESCO-Welterbe-Label. Mit mehr als 260 kleinen und grossen Gletschern liegt das Welterbe zu mehr als einem Drittel unter Eis und umfasst die grösste zusammenhängende Eisfläche der Alpen. Im Zuge der Klimaerwärmung ziehen sich die Gletscher jedoch kontinuierlich zurück und stellen die Menschen im Alpenraum vor vielfältige Herausforderungen. Wie präsentiert sich die Situation im Welterbe-Gebiet?

Gletscher reagieren sensibel auf Temperatur und Niederschlag, was sich in der Veränderung der Eismasse zeigt. Aussagen zu Gletscherlängen und -volumen eignen sich daher hervorragend als Indikatoren für den aktuellen Klimawandel, welcher in den Alpen besonders ausgeprägt ist.

Von Eisgiganten zu schrumpfenden Gletscherzungen: Ein Blick in die Vergangenheit

Während des Höhepunktes der letzten grossräumigen Vergletscherungen Europas vor zirka 24'000 Jahren (Würmeiszeit) lagen grosse Teile des Welterbes unter einem teilweise 1400–1500 m dicken Eispanzer. Zu Beginn der Nacheiszeit (gegen 11'700 Jahre vor heute) erwärmte sich das Klima allmählich, sodass sich die Gletscher in die Alpentäler zurückzogen und dabei Moränenwälle, Schotterfluren und – wie im Lauterbrunnental eindrucksvoll sichtbar – tiefe U-Täler hinterliessen. Der Rückzug geschah allerdings nicht kontinuierlich, sondern wurde durch zahlreiche Vorstossphasen unterbro-

chen. Zwischen 1600 und 1850 zum Beispiel herrschte die Kleine Eiszeit, während der die Eismassen wieder markant wuchsen. Dieses Gletscherwachstum versetzte die Bevölkerung der Gemeinde Fiesch derart in Angst und Schrecken, dass sie 1678 in einem Gelübde schwor, tugendhafter zu leben und gegen den Vorstoss zu beten.

Dynamiken seit dem letzten Hochstand

Die letzte maximale Ausdehnung der Schweizer Alpengletscher geht auf das Jahr 1850 zurück. Nach 1850 kam es zu einem Temperaturanstieg und die Gletscher verloren im Sommer häufig mehr Masse durch die Schmelze, als sie während des Jahres durch Schneefall hinzugewinnen konnten. In der Folge kam es zu einem andauernden Rückzug der Gletscher, welcher in den 1890er, 1910er und 1970er Jahren durch meist bescheidene Vorstösse für einige Jahre unterbrochen wurde. Der Rückzug der Gletscher alleine ist nicht aussergewöhnlich, aber die Geschwindigkeit des Abschmelzens gibt Anlass zur Sorge: Seit

GLETSCHERENTSTEHUNG

Da Gletschereis aus umgewandeltem und verdichtetem Schnee hervorgeht, gibt es Gletscher nur dort, wo Schnee fällt und dieser mehrere Jahre überdauert. Über Jahrzehnte wird der Schnee durch den Druck der überlagernden Massen in Eis umgewandelt und fliesst dann der Schwerkraft folgend ins Tal. Dadurch fliesst das Eis in Regionen mit höheren Temperaturen und schmilzt ab. Durch das Eisfließen wird Masse vom Akkumulations- ins Ablationsgebiet transportiert, und bei konstantem Klima stellt sich eine Gletschergrösse ein, bei der sich Akkumulation und Ablation ausgleichen. Für eine ausgeglichene Massenbilanz muss das Akkumulationsgebiet im Mittel ungefähr 60 % der gesamten Fläche einnehmen. Ist es aufgrund veränderter klimatischer Bedingungen (z. B. gestiegener Temperaturen) kleiner, schmilzt in der Regel mehr Eis ab als an Schnee hinzugewonnen wird und der Gletscher verliert netto an Masse. Neben den jährlichen Änderungen der Massenbilanz, welche die direkte Folge der im jeweiligen Jahr vorherrschenden Witterung (Temperatur, Niederschlag, Strahlung usw.) ist, gibt es auch eine langfristige und sichtbare Reaktion, über die sich die Ausdehnung des Gletschers an ein verändertes Klima anpasst.

1930 haben die Gletscher in den Schweizer Alpen 50 % ihres Volumens verloren⁵. Von insgesamt 2150 Gletschern sind seit 1973 mehr als 730 Gletscher verschwunden.

Der Grosse Aletschgletscher ist der grösste und längste Gletscher in den Alpen. Am Konkordiaplatz, wo seine Nährgebiete zusammenlaufen, beträgt seine Dicke⁴ bis zu 800 m. Auch dieser Eisriese spürt die Klimaveränderung: Seit Messbeginn im Jahr 1870 verkürzte er sich um durchschnittlich 23 m pro Jahr, sodass er seither mehr als 3.4 km, das heisst 12 % seiner Länge, eingebüsst hat². Die Gletscherschmelze und somit auch Längenabnahme des Grossen Aletschgletschers hat sich in den letzten Jahrzehnten jedoch deutlich beschleunigt.

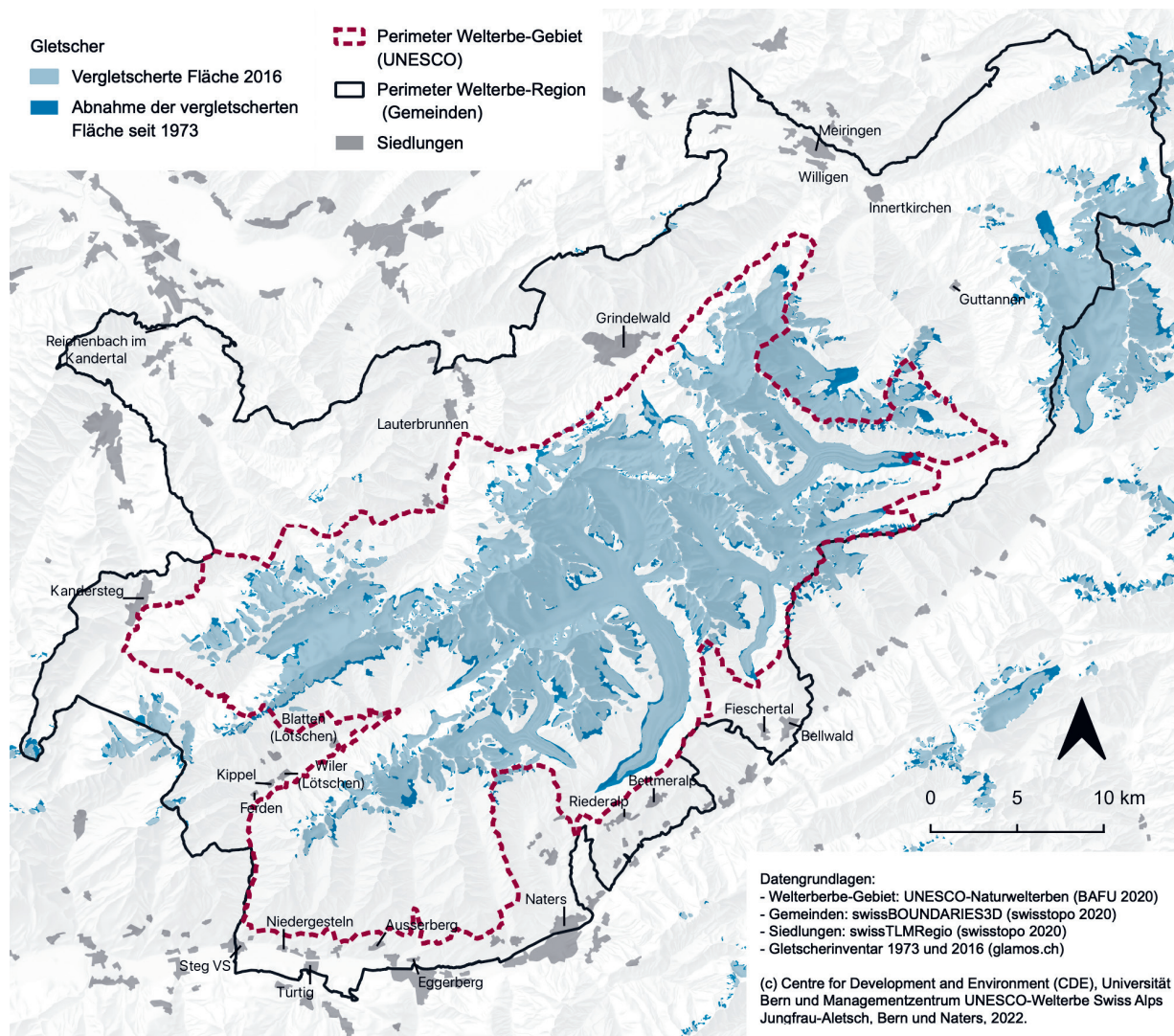
Bei kleinen Gletschern sind die proportionalen Eisverluste seit der letzten kleinen Eiszeit tendenziell grösser, da sie kürzere Reakti-

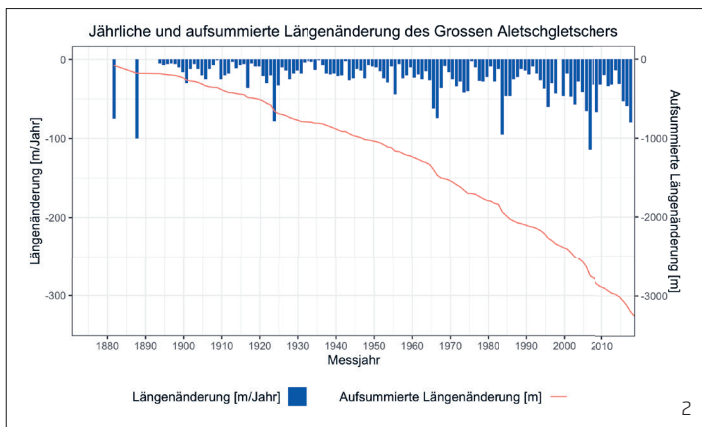
onszeiten auf ein Klimasignal der Vergangenheit haben als grössere Gletscher. Aufgrund der kühlen und nassen Sommer in den 1970er Jahren sind kleinere und mittlere Gletscher kurzzeitig vorgestossen, so z. B. der Langgletscher im Lötschental. Im Unterschied dazu zeigt der Grosse Aletschgletscher seit 1881 kein Jahr mehr mit einer positiven Längenänderung. Bei grossen Gletschern gehen solche kurzfristige Witterungsfluktuationen unter, da sie erst mit einer Verzögerung von mehreren Jahrzehnten bis hin zu einem Jahrhundert auf Klimaänderungen reagieren.

Auswirkungen des Eisrückgangs

Das Abschmelzen der Gletscher hat weitreichende Auswirkungen, zum Beispiel auf das Mikroklima oder auf die Lebensräume von Tieren und Pflanzen. Zieht sich ein Gletscher zurück, wird im sogenannten Gletschervorfeld unfruchtbarer Boden frei, der schon bald von Flechten und Moosen und später von Pionierpflanzen wie dem Alpen-Leinkraut, dem Weiderösch oder dem bewimperten Steinbrech besiedelt wird. Die ökologische Sukzession, wie sie in den Gletschervorfeldern beobachtet werden kann, ist ein ausgezeichnetes Schaufenster für die Entwicklung der

Abbildung 1: Rückgang der vergletscherten Fläche im Welterbe-Perimeter und der Welterbe-Region. Die Änderungen im Klima zeigen sich nach einiger Verzögerung in den Längen- und Volumenänderungen der Gletscher. Im Welterbe-Perimeter kann an allen Gletscherzungen ein Rückzug festgestellt werden.





Ökosysteme und auch für künftige Generationen von unschätzbarem Wert. Der Rückzug gibt aber nicht nur neuen Boden frei, sondern lässt auch lange Vermisstes wieder zum Vorschein kommen. Im Sommer 2022 wurden auf dem Grossen Aletschgletscher aufgrund der hohen Temperaturen Wrackteile eines Flugzeuges, welches im Jahr 1968 abstürzte, von einem Bergführer entdeckt.

Auch die Wasserverfügbarkeit verändert sich im Zuge der Eisschmelze. Gletscher stellen riesige Wasserspeicher dar, die im Winter den Niederschlag sammeln und diesen in Trockenperioden kontinuierlich freigeben. Diese Eigenschaft geht mit dem Rückgang der Gletscher verloren, was sich auf den Abfluss, den Wasserhaushalt und die Pegelstände von Flüssen und Grundwasser auswirkt. Während der Jahresabfluss in stark vergletscherten Einzugsgebieten zumindest bis Mitte des 21. Jahrhunderts zunehmen wird, wird sich der Maximalabfluss im Sommer bis Ende Jahrhundert markant verkleinern (Abnahme gegenüber 1980–2009 um rund 30 %) und um rund einen Monat vorverschieben. Daraus ergeben sich nicht nur einschneidende Konsequenzen für Tiere und Pflanzen, sondern auch für den Menschen. So wird sich die Landwirtschaft, welche insbesondere in den trockenen Walliser Tälern stark von der Be-

wässerung abhängig ist, auf ein verändertes Wasserdargebot einstellen müssen. Gleiches gilt langfristig auch für die Wasserkraftnutzung, auch wenn diese für einige Jahre vom erhöhten Jahresabfluss profitieren könnte. Gesellen sich zu den erhöhten Schmelzraten künftig auch immer öfter Starkniederschläge, erhöht sich die Hochwassergefahr. Auch andere Folgen des Gletscherrückzugs wie Eisstürze in Gletscherseen, Steinschlag, Ausbrüche von Gletscherrandseen und Hangrutschungen erhöhen das Gefahrenpotential^{1, 6}. Der Rückgang des Grossen Aletschgletschers gilt zum Beispiel als Ursache für eine großflächige Rutschung im nordöstlichen Teil des Aletschwalds bis unterhalb der Moosfluh. Als Folge davon wurden die weiträumige Sperrung von Wanderwegen und ein Neubau der Gondelbahn von der Riederalp auf die Moosfluh erforderlich. Die Gondelbahn wurde so konstruiert, dass sie die prognostizierte Verschiebung von bis zu 10 m in den nächsten 25 Jahren aufzufangen vermag.

Dass in Zukunft ganzjährig verschneite Berggipfel und Gletscher immer seltener werden, löst auch in der Tourismusbranche Unbehagen aus. Reisende waren schon früh an den Gletschern interessiert und machten Mitte des 19. Jahrhunderts mit ihren sogenannten «Gletscherfahrten» den Ursprung der tou-

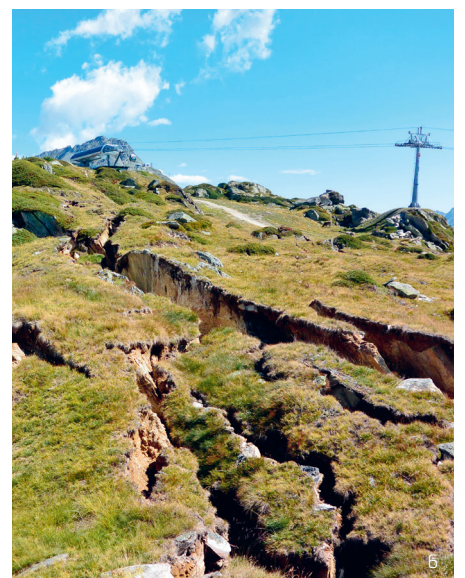
Abbildung 2: Jährliche und aufsummierte Längenänderung des Grossen Aletschgletschers von 1870 bis 2018. Seit Messbeginn verliert der Grosse Aletschgletscher kontinuierlich an Länge und Masse. In den letzten 20 Jahren hat sich der Rückzug derart beschleunigt, dass der Gletscher durchschnittlich 50 m pro Jahr verlor. (Daten: GLAMOS)

Abbildung 3: Der Grosse Aletschgletscher um 1856 und im Jahre 2022 von der Belalp aus gesehen. (Foto links: F. Martens, Alpine Club Library London; Foto rechts: R. Schmid)

Abbildung 4: Pionierpflanzen im Vorfeld des Unteraargletschers. Flechten und Moose bringen nach dem Abschmelzen des Gletschers Nährstoffe in den unfruchtbaren Boden und schaffen die Grundlage für das Wachstum von krautigen Pflanzen und Sträuchern. (Foto: R. Schmid)

Abbildung 5: Die Gletscher spielen seit Jahrhunderten nicht nur in der Kunst, sondern auch in der Sagenwelt eine grosse Rolle. Darin widerspiegelt sich die grosse gesellschaftliche Bedeutung der Eismassen für die Lokalbevölkerung. (Bild: Wilderwurm-Gletscher; Quelle: H.G. Willink 1892, in C.T. Tent 1892: Mounteneering)

Abbildung 6: Die Destabilisierung von Berghängen durch den Gletscherrückzug wurde unter anderem bei der großflächigen Rutschung Moosfluh deutlich. Dort rutschte der Hang mehrere Meter pro Jahr und oberhalb der Gletscherzunge wurden im Herbst 2016 Verschiebungen von 10 bis 30 Metern gemessen. Als Folge der Rutschung wurden die Sperrung von Wanderwegen und der Neubau der Gondelbahn von der Riederalp auf die Moosfluh erforderlich. (Foto: P. Schwitter)



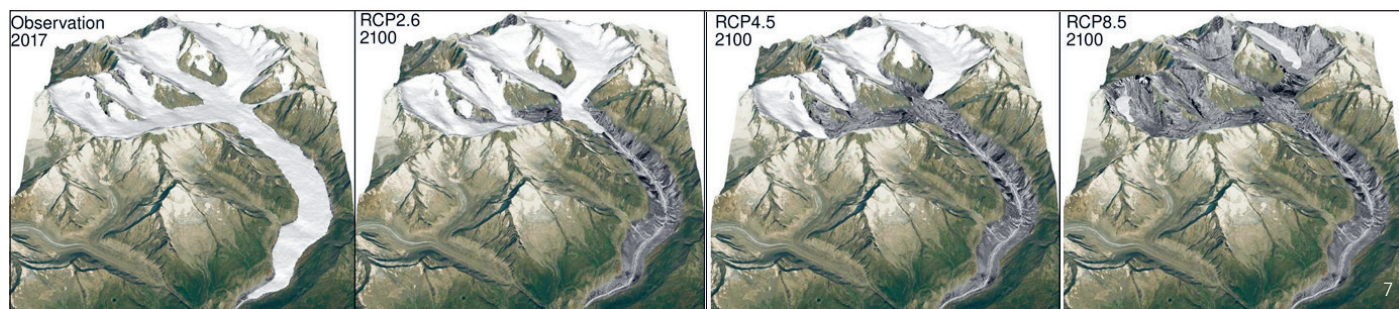


Abbildung 7: Bis ins Jahr 2100 werden das Volumen und die Ausdehnung des Grossen Aletschgletschers stark abnehmen. Die Abbildung zeigt, die beobachtete Ausdehnung im Jahr 2017 (Observation) sowie die berechnete Ausdehnung im Jahr 2100 unter den Annahmen eines globalen Temperaturanstiegs von 1 – 2.5° C (RCP2.6: starke Reduktion der CO₂-Emissionen, bis 2060 auf etwa Netto-Null), 2 – 4° C (RCP4.5: etwas Klimaschutz, aber ohne Erfüllung des Pariser Abkommen) und 4 – 8° C (RCP8.5: kein massgeblicher Klimaschutz) (Adaptiert von Jouvét und Huss 2019).



Abbildung 8: Die Schönheit der Gletscher zieht Menschen aus aller Welt ins Welterbe-Gebiet. Werden mit dem Rückzug der Gletscher langfristig auch die Touristen verschwinden oder kann sich der Tourismus der neuen Situation anpassen? (Foto: R. Schmid)

DAS UNESCO-WELTERBE SCHWEIZER ALPEN JUNGFRAU-ALETSCHE



Die Region des UNESCO-Welterbes Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch umfasst nicht nur eine atemberaubende Hochgebirgslandschaft mit Gletschern, vielfältigen geologischen Formen und einem breiten Spektrum von Habitaten, sondern auch eine vielfältige Kulturlandschaft. Diese einzigartige Kombination ist aus Sicht der einheimischen Bevölkerung, der kantonalen und nationalen Akteure und der UNESCO würdig, für kommende Generationen geschützt und erhalten zu werden. Um die Veränderungen des Gebiets und die Gefährdung seiner Werte und Funktionen zu erfassen, werden im Rahmen einer Gebietsüberwachung unterschiedliche Aspekte aus Umwelt und Gesellschaft und deren Entwicklung regelmässig mittels Indikatoren überprüft und bewertet. Basierend darauf können Massnahmen zum Erhalt der Werte der Region erarbeitet werden. Die vorliegende Broschüre ist Teil der Serie «Einblicke – Ausblicke», welche einmal pro Jahr über interessante Entwicklungen in der Welterbe-Region informiert.

ristischen Entwicklung der Welterbe-Region aus. Auch heute sind die mächtigen Gletscher beliebte Ausflugsziele. So fuhren im Jahr 2019 mehr als 1 Million Menschen auf das Jungfrau-Joch, um die imposante Aussicht auf die Gletscher zu geniessen. Mit dem Gletscher-rückzug muss der Tourismus, der aufgrund der abnehmenden Schneesicherheit ohnehin vor grossen Herausforderungen steht, in Zukunft vielerorts auch auf seine heutige Sommerattraktion verzichten.

Ein Blick in die Zukunft

Aus zahlreichen Berechnungen wird deutlich, dass die Temperatur bis Ende des 21. Jahrhunderts weiter ansteigen und die Niederschlagsmenge, insbesondere in den Sommermonaten, abnehmen wird. Bereits bei einer Erwärmung um 2° C gegenüber der Vergleichsperiode 1981–2010 werden innerhalb der nächsten Dekaden kleine und mittelgrosse Gletscher, wie zum Beispiel der Joligletscher oberhalb der Sonnigen Halden, aus dem Landschaftsbild der Alpen verschwinden. Steigt die

Temperatur hingegen um 3° C, würde bis zum Ende des 21. Jahrhunderts nur noch 10 % der Gletscherausdehnung von 1950 verbleiben. Diese Reste würden mitverschwinden, wenn sich die Temperatur gar um 5° C erhöht.

Der Rückzug der Gletscher hat auch bedeutende Auswirkungen auf den Aussergewöhnlichen Universellen Wert (AUW) des UNESCO-Welterbes. Einerseits verschwindet mit dem Rückzug der Gletscher längerfristig ein prägendes Element, welches wesentlich zur aussergewöhnlichen Schönheit und Faszination der Landschaft beiträgt. Andererseits stellt der Gletscherrückgang ein anschauliches Beispiel geomorphologischer Prozesse bei der Entwicklung von Landschaftsformen dar. Neu entstehende, eisfreie Flächen erlauben die Entwicklung neuer wertvoller Lebensräume für Pflanzen- und Tiergemeinschaften (Sukzession). Wie diese Entwicklungen von der Gesellschaft wahrgenommen und bewertet werden, kann noch nicht abgeschätzt werden und wird die Zukunft zeigen.

Literatur und weiterführende Informationen

- ¹ BAFU. Klimabedingte Risiken und Chancen. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU; 2017. p. 146. Umwelt-Wissen Report No.: UW-1706-D.
- ² GLAMOS. Swiss Glacier Length Change. Glacier Monitoring Switzerland (Schweizerisches Gletschermessnetz); 2021. doi:10.18750/lengthchange.2021.r2021.
- ³ Huss M, Marty C, Bauder A, Nötzli J. Keine Erholung für Gletscher. Kryosphärenbericht für die Schweizer Alpen. Die Alpen – Les Alpes – Le Alpi. 2021; 97(6):52–55.
- ⁴ Jouvét G, Huss M. Future retreat of Great Aletsch Glacier. Journal of Glaciology. 2019; 65(253):869–872. doi:10.1017/jgl.2019.10.
- ⁵ Mannerfelt ES, Dehecq A, Hugonnet R, Hodel E, Huss M, Bauder A, Farinotti D. 2022. Halving of Swiss glacier volume since 1931 observed from terrestrial image photogrammetry. The Cryosphere. 16(8):3249–3268. doi:10.5194/tc-16-3249-2022.
- ⁶ Michaud P. Gletscher. Es geht um Schadensbegrenzung. In: Wird in der Schweiz das Wasser knapp? Warum der Klimawandel unseren Umgang mit dem blauen Gold verändert. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU); 2020. Die Umwelt. Natürliche Ressourcen der Schweiz. Nr. 4/2020.

Impressum

Bei dieser Ausgabe handelt es sich um eine überarbeitete Version der Publikation «Achermann, S. und Liechti, K. 2019. Die Gletscher des Welterbes Jungfrau-Aletsch im Spiegel der Zeit. 2012. Naters: UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch Managementzentrum (Einblicke – Ausblicke)»

Verantwortliche für die Aktualisierungen dieser Ausgabe

Roger Bär Centre for Development and Environment CDE, Universität Bern
Jessica Oehler, Alessandra Lochmatter
UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch

Herausgeber und Kontakt

UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch
Bahnhofstrasse 9a, CH-3904 Naters
T: +41 (0)27 924 52 76, info@jungfrau-aletsch.ch
www.jungfrau-aletsch.ch, www.myswissalps.ch

Wissenschaftliche Begleitung

Dr. Matthias Huss

Titelbild

Tschingelfirn (Foto: Raphael Schmid)

Partner des Welterbes

Die Mobiliar, Jungfrauabahn, Gebäudeversicherung Bern GVB, BEKB | BCB, Blatten-Belalp Tourismus, Ortovox, Fritsch Swiss Bindings, Foto Video Zumstein, Aletsch Arena, Grimselwelt, Raiffeisen, Stämpfli Kommunikation, Landschaftspark Binnental, Aareschlucht, Bellwald Tourismus, Lötschental Tourismus

