

# einblicke ausblicke



## Die Gletscher des Welterbes Jungfrau-Aletsch im Spiegel der Zeit

### in Kürze

- Seit dem Ende der kleinen Eiszeit (um 1850) 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% 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 Gletscherseeausbrüche 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 Gletscherrückzug 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 167 kleinen und grossen Gletschern liegt die Region zu 42% 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 Eiszeit vor 24'000 Jahren 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 eindrücklich sichtbar – tiefe U-Täler hinterliessen. Der Rückzug geschah allerdings nicht kontinuierlich, sondern wurde durch zahlreiche Vorstossphasen unterbrochen. Zwischen 1600 und 1850 zum Beispiel herrschte die Kleine Eiszeit, während der die Eismassen wieder markant wuchsen. Dieses Gletscherwachstum versetzte die Bewohner der Gemeinde Fiesch derart in Angst und Schrecken, dass sie 1678 in einem Gelübde schworen, 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

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.

Abbildung 1: Rückgang der vergletscherten Fläche im Welterbe-Perimeter. 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.

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 nachhaltigen 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: Zwischen 1850 und 2010 haben die Gletscher in den Schweizer Alpen bereits mehr als 50% ihres Volumens verloren, was für ca. 100 Gletscher bereits das Ende bedeutete. Seit 1998 hat sich die Gletscherschmelze weiter beschleunigt.

Mit 81.7 km<sup>2</sup> Fläche, 22.6 km Länge und einem Gewicht von 28 Milliarden Tonnen ist der Grosse Aletschgletscher der grösste und längste Gletscher in den Alpen. Am Konkordiaplatz, wo seine Nährgebiete zusammenlaufen, beträgt seine Dicke immer noch mehr als 900 m. Auch dieser Eisriesen spürt die Klimaveränderung: Seit Messbeginn im Jahr 1870 verkürzte er sich jährlich um durchschnittlich 24.5 m, sodass er seit-

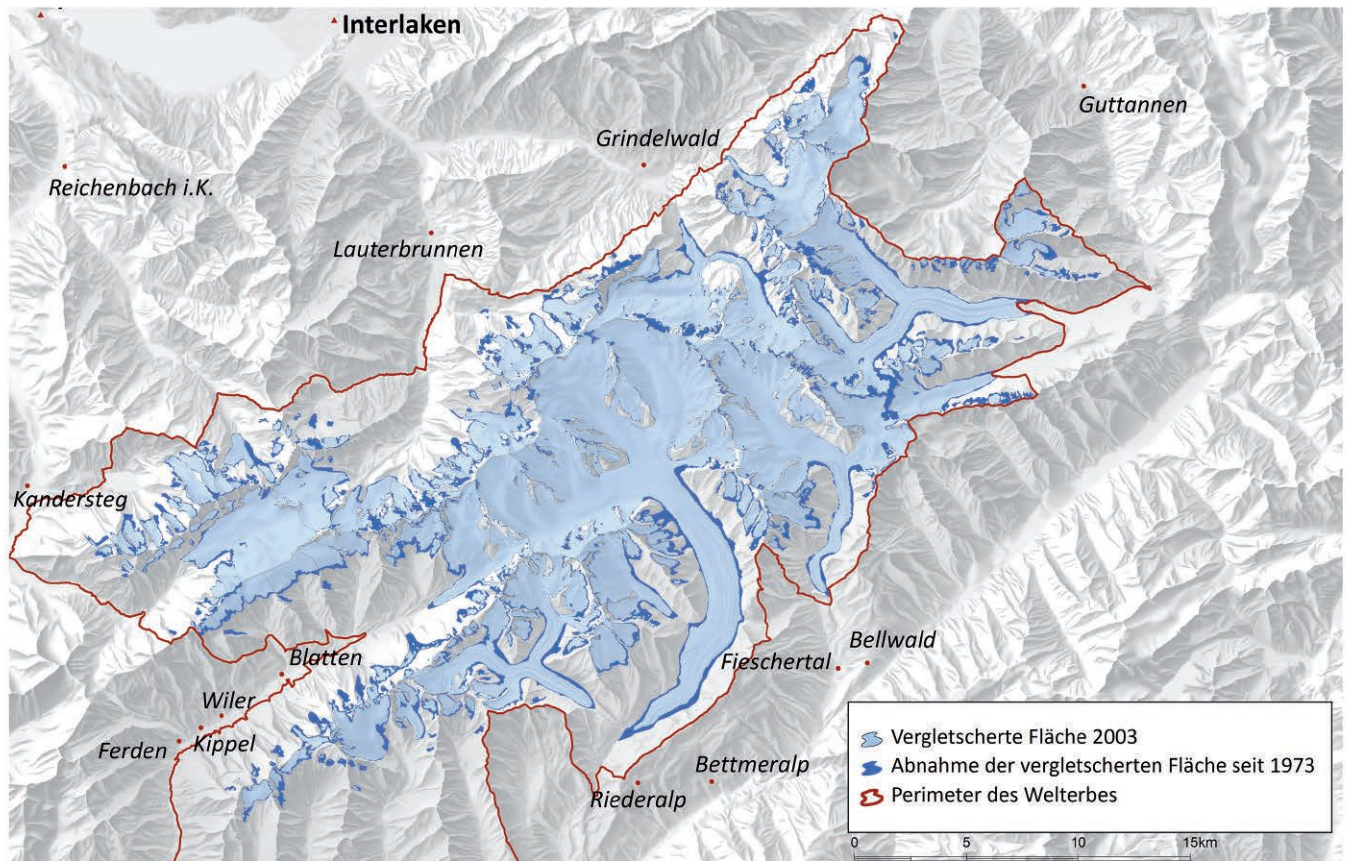
her gesamthaft 2.94 km, das heisst 11.5% seiner Länge, eingebüsst hat.

Bei kleinen Gletschern sind die proportionalen Eisverluste seit der letzten kleinen Eiszeit tendenziell grösser, da sie kürzere Reaktionszeiten 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 solch kurzfristige Witterungsfluktuationen unter, da sie erst mit einer Verzögerung von 30 bis 40 Jahren auf Klimaänderungen reagieren.

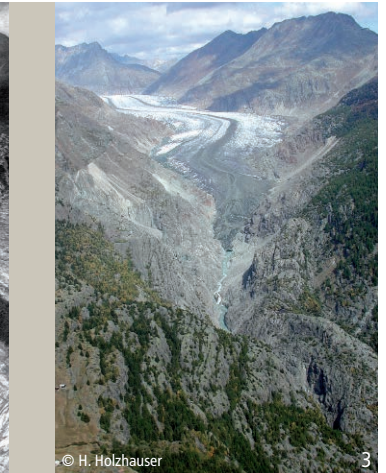
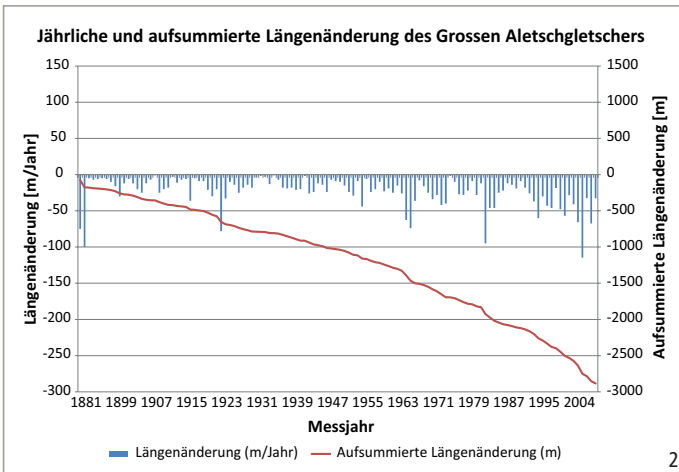
**Auswirkungen des Eisrückgangs**

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

**Veränderungen der vergletscherten Fläche im Welterbe-Perimeter zwischen 1973 und 2003**



Datenquelle: Abt. Physische Geographie des Geographischen Instituts der Universität Zürich; Kartengrundlage: © 2013 swisstopo (BA 130044)



Alpen-Leinkraut, dem Weideröschen 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 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. Dies zeigte sich im Sommer 2012, als ein britisches Paar auf dem Grossen Aletschgletscher Skeletteile entdeckte. Diese konnten drei Brüdern zugeordnet werden, welche seit einem Aufbruch zu einer Bergtour vor 86 Jahren verschollen waren.

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 vorverschoben. 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 Täler stark von der Bewässerung 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 Gletscherrandseen, Steinschlag oder Ausbrüche von Gletscherrandseen erhöhen das Gefahrenpotential.

Dass in Zukunft ganzjährig verschneite Berggipfel und Gletscher immer seltener werden, löst auch in der Tourismusbranche Unbehagen aus. Reisende waren schon

Abbildung 2: Jährliche und aufsummierte Längenänderung des Grossen Aletschgletschers von 1881 bis 2011. 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 40 m pro Jahr verlor. (Quelle: VAW/ETHZ und EKK/SCNAT 2010)

Abbildung 3: Der Grosse Aletschgletscher um 1856 und im Jahre 2011 von der Belalp aus gesehen. (Foto links: F. Martens, Alpine Club Library London; Foto rechts: H. Holzhauser)

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: © natur-welten.ch)

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: Der Gletscherrückzug führt zur Destabilisierung von Felswänden und Moränen. Dies wurde bei der Stiereggi im Bereich des Unteren Grindelwaldgletschers, wo im Jahr 2005 über 650'000 m<sup>3</sup> Boden wegbrachen, besonders deutlich. (Foto: H.R. Keusen)



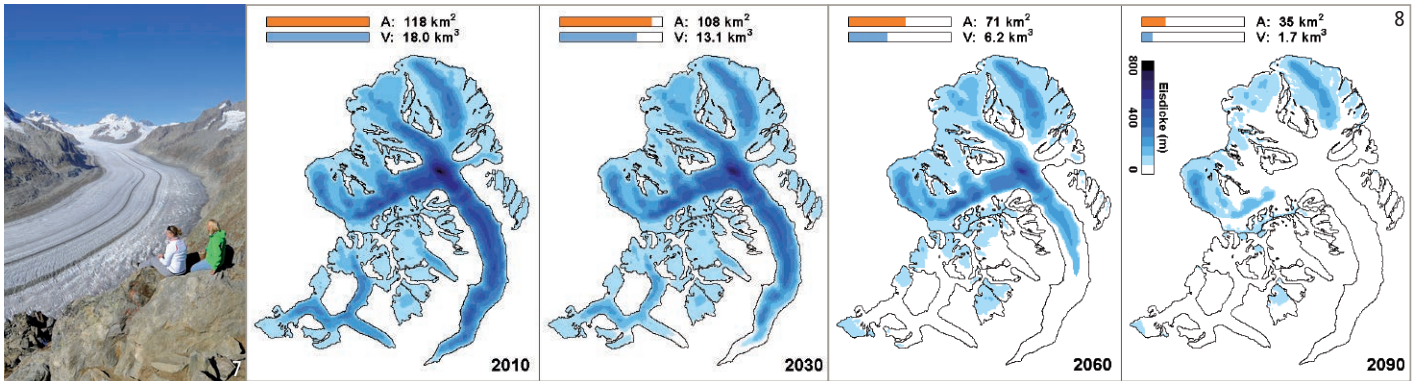


Abbildung 7: Die Schönheit der Gletscher zieht Menschen aus aller Welt ins Welterbe-Gebiet. Werden mit dem Rückzug der Gletscher langfristig auch die Touristen verschwinden oder kann sich der Tourismus der neuen Situation anpassen? (Foto: © Aletscharena)

Abbildung 8: Eisdickenentwicklung des Grossen Aletschgletschers auf der Basis von 100 möglichen Temperatur- und Niederschlagsverläufen im Jahr 2100 und für 3 verschiedene Zeitperioden in der Zukunft: 2030, 2060 und 2090 (A: Gletscherfläche, V: Gletschervolumen). (Quelle: BAFU 2012)

früh an den Gletschern interessiert und machten Mitte des 19. Jahrhunderts mit ihren sogenannten „Gletscherfahrten“ den Ursprung der touristischen Entwicklung der Welterbe-Region aus. Auch heute sind die mächtigen Gletscher beliebte Ausflugsziele. So fuhren im Sommer 2011 mehr als 765'000 Menschen auf das Jungfraujoch, um die imposante Aussicht auf die Gletscher zu genießen. Mit dem Gletscherückzug 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 wurde 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 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 majestätische Grosse Aletschgletscher wird die nächsten 50 bis 100 Jahre vermutlich überdauern, auch wenn er bis ins Jahr 2100 nur noch ca. 10% des Eisvolumens und weniger als einen Drittel der Eisfläche der Referenzperiode 1980 bis 2009 aufweisen wird. Die Vereisung wird sich dann wahrscheinlich auf kleine Eisflächen in den Firngebieten begrenzen.

### 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 dreimal pro Jahr über interessante Entwicklungen in der Welterbe-Region informiert.

#### Weiterführende Literatur

**Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.).** 2012. Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro). Umwelt-Wissen 1217. Bern: Bundesamt für Umwelt.

**Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.).** 2012. Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).

**Haerli W, Schleiss A, Linsbauer A, Künzler M, Büttler M.** 2012. Gletscherschwund und neue Seen in den Schweizer Alpen. Perspektiven und Optionen im Bereich Naturgefahren und Wasserkraft. *Wasser Energie Luft* 104(2): 93-102.

**OcCC, ProClim (Hrsg.).** 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern: OcCC / ProClim.

**Stöckli S.** 2010. Wie weiter, wenn das Eis weg ist? *Beobachter Natur* 7: 36-47.

**Zumbühl HJ, Holzhauser H.** 2007. Glaziologie. Annäherung an 3500 Jahre Gletschergeschichte. In: Wallner A, Bäschlin E, Grosjean M, Labhart T, Schüpbach U und Wiesmann U (Hrsg.). *Welt der Alpen. Erbe der Welt. UNESCO Welterbe-Region Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn*. Bern: Haupt Verlag. pp. 47-72.

#### Verantwortliche für diese Ausgabe

Sarah Achermann und Karina Liechti  
Centre for Development and Environment CDE  
Universität Bern

#### Wissenschaftliche Begleitung

David Volken (BAFU)

#### Herausgeber und Kontakt

UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch  
Managementzentrum  
Kehrstrasse 12, CH - 3904 Naters  
T: +41 (0)27 924 52 76  
info@jungfrau-aletsch.ch  
www.jungfrau-aletsch.ch  
www.mySwissalps.ch

#### Titelbild

Blüemlisalp-gletscher (Foto: © natur-welten.ch)

Co-Partner des Welterbes:  
Nestlé S.A., BLS AG, PostAuto Schweiz

