

einblicke ausblicke



UNESCO World Heritage
Swiss Alps Jungfrau-Aletsch



Quellen – sensible Lebensräume in Gefahr

in Kürze

- Quellen zeichnen sich durch konstante Wassertemperaturen und stabile physikalische und chemische Eigenschaften aus und bieten einer spezialisierten artenreichen Flora und Fauna einen Lebensraum.
- Infolge der globalen Erwärmung und des Auftauens von Permafrost wird sich die Temperatur des Quellwassers in Zukunft erhöhen.
- Besonders empfindlich auf den Klimawandel reagieren Arten kalter Gewässer, Arten mit einer Spezialisierung auf hohe Lagen und Insektenarten mit einer kurzen Schlupfphase.
- Alpine Quellen sind im Hinblick auf den Klimawandel von grosser Bedeutung für spezialisierte Arten denen es in tieferen Lagen zu warm wird. Alpine Arten hingegen besitzen keine entsprechenden Ausweichmöglichkeiten in höhere und kühlere Lagen.
- Neben dem Klimawandel stellt vor allem der wachsende Nutzungsdruck (Trinkwasserversorgung, Neubau von Beschneiungs- und Wasserkraftanlagen und das wachsende Tourismusangebot) eine Gefahr für Quellen in den Alpen dar.
- Zum Schutz und zur Förderung ihrer Lebensgemeinschaft ist die Sensibilisierung der Bevölkerung von höchster Priorität.

Im UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch (SAJA) befindet sich eine Vielzahl von gefassten und ungefassten Quellen, welche für die Natur- und Kulturlandschaft von prägender Bedeutung sind. Durch ihre konstanten Wassertemperaturen, stabilen physikalischen und chemischen Eigenschaften bieten sie Lebensraum für eine spezialisierte Lebensgemeinschaft. Doch in den letzten Jahrzehnten hat die zunehmende Erschliessung der Alpen zu einer Intensivierung der Nutzung und zu strukturellen Beeinträchtigungen dieser sensiblen Lebensräume geführt. Im Zuge des Klimawandels ist zudem mit Änderungen der temperaturbestimmten Prozesse in Quellen zu rechnen, welche negative Auswirkungen auf die spezialisierten Artgemeinschaften der Quellen haben können. Wird es gelingen, diese einzigartigen Lebensräume zu schützen und ein Teil der ökologischen Vielfalt der Welterbe-Region sicherzustellen?

Quellen - Ursprung des blauen Goldes

Im UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch befindet sich eine Vielzahl von gefassten und ungefassten Quellen, welche für die Natur- und Kulturlandschaft von prägender Bedeutung sind. Sie tragen zur Vielfalt der unterschiedlichen Landschaften und Ökosysteme bei und nehmen eine wichtige ökologische und ökonomische Rolle für die Region ein.

Verglichen mit dem Mittelland weist der Alpenraum eine deutlich höhere Dichte an naturnahen Quellen auf - die Standorte erstrecken sich bis in die Gipfelregionen der Gebirge. Da das Einzugsgebiet, welches zur Grundwasserneubildung dient, jedoch fortwährend kleiner wird, nimmt die Anzahl Quellen mit zunehmender Höhe ab.

Quellen bilden den Ursprung von Fliessgewässern und sind einzigartige Lebensräume, die das Grundwasser permanent oder temporär mit den Oberflächengewässern verbindet. Der Bedeutung von Quellen als Lebensraum wurde lange Zeit kaum Beachtung geschenkt, trotz seltenen Eigenschaften: Sie bieten konstante Wassertemperaturen sowie stabile physikalische und chemische Verhältnisse. Infolgedessen beherbergen sie eine Vielzahl spezialisierter Arten. Dies sind oft Wasserinsekten und weitere Makrozoobenthos-Arten (s. Box 1), welche tiefe Wassertemperaturen für eine optimale Entwicklung benötigen und aufgrund ihrer Gefährdung sowie Spezialisierung als national prioritär eingestuft werden⁴.

Man unterscheidet zwischen drei Quelltypen: Fliess-, Sicker- und Tümpelquellen. Ausser-



der Quelltemperaturen und der Höhenlage sowie der Quelltemperaturen und der Distanz zu Permafrostboden untersucht. Pro 100 Höhenmeter wurde eine Abnahme der Quelltemperaturen von 0.28°C festgestellt (s. Abbildung 3). Beim Permafrost sorgte eine zusätzliche Entfernung von 100 m für eine Erwärmung von 0.11 °C. Mit einer Abnahme der spezifischen Quelltemperaturen wurde eine Zunahme der Makrozoobenthos-Arten in den untersuchten Quellen beobachtet¹.

Weitere entscheidende Faktoren für die Wassertemperatur sind die Lufttemperatur, der Wärmeaustausch im Untergrund und die Exposition. Unterschiedliche Expositionen führen im Frühjahr zum Teil zu einer längeren Schneebedeckung und länger anhaltenden Eisschichten im Untergrund. Vor allem in nord- und westexponierten Quellen ist mit einer signifikant geringeren Wassertemperatur als in südexponierten Quellen zu rechnen. Als Folge der globalen Erwärmung und durch das Auftauen des Permafrosts wird ein weiterer Anstieg der Quelltemperaturen prognostiziert⁵.

Neben dem bereits geringen Grundwasservorkommen auf Walliser Seite werden im Welterbe verringerte Niederschlagsmengen im Sommer erwartet. Damit besteht die Möglichkeit, dass gering schüttende Quellen (d.h. Quellen mit wenig austretenden Wassermengen) während den Sommermonaten versiegen können. Gleiche Szenarien konnten bereits in den Hitzesommern 2003, 2011 und 2018 im Jura und den Voralpen beobachtet werden². Ähnliche erhebliche ökologische Konsequenzen konnten während des Hitzesommers 2022 im UNESCO-Welterbe in Form von schwindenden Abflussmengen registriert werden (s. Abbildung 4).

Abbildung 1: **Als eindrückliches Beispiel einer Karstquelle gelten die Quellen von Geltenbach im Gasternental.** Die Faszination dieser Quelle liegt in der Eigenschaft des Kalksteins. Die zerklüfteten und löslichen Höhlensysteme erlauben dem Wasser rasch durchzuzickern. In der Schweiz nimmt Karst eine Fläche von rund 20 % ein und ist ausschliesslich in den Alpen und im Jura-gebirge zu finden. (Foto: Sebastian Wälti)

dem gibt es Übergangs- und Zwischenformen. Daneben ist es vor allem die Beschaffenheit des Grundwasserleiters (Aquifer), welcher über das äussere Erscheinungsbild einer Quelle entscheidet. Das UNESCO-Welterbe SAJA umfasst zwei Typen von Grundwasserleitern: Kluft- und Karst-Aquifere. Letztere werden durch Kalkstein dominiert und bringen spektakuläre Quellen hervor⁶ (s. Abbildung 1).

Temperatur als prägender Faktor

Die Temperatur gilt für die meisten biologischen Prozesse als Schlüsselfaktor. Es ist daher anzunehmen, dass sich die Lebensgemeinschaften in den Quellen aufgrund des Klimawandels und der damit einhergehenden Temperaturerhöhungen in Zukunft verändern werden. In einer Studie im Lötschental wurde der Zusammenhang



Abbildung 2: **Der Bach-Steinbrech auch Quell-Steinbrech genannt, besiedelt** neben Bachrändern und feuchten Hängen vor allem Quellfluren. Die Art ist rasenbildend und zeichnet sich durch ihre fleischigen Blätter und ihren zitronengelben Blüten aus. (Foto: Patrik Ngu)

Box1: MAKROZOOBENTHOS

Makrozoobenthos wird die Gesamtheit aller von Auge sichtbaren wirbellosen Tiere, die den Grund von Gewässern besiedeln, bezeichnet. Diese Lebensgemeinschaft setzt sich aus Insekten, Schnecken, Muscheln und anderen Organismen zusammen. Für die Qualitätsbeurteilung von Quell-Lebensräumen dienen besonders die aquatisch lebenden Larven der Eintags-, Stein-, und Köcherfliegen. Mehrere dieser Arten sind gefährdet und deren Erhalt und Förderung somit national prioritär.

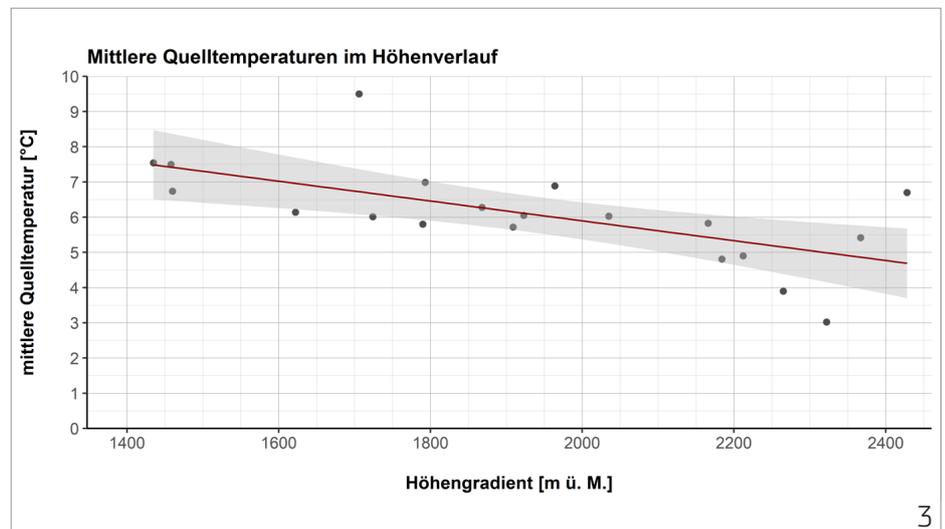


Abbildung 3: **Mittlere Wassertemperatur** (Ende Juli bis Anfang Oktober 2021) **der zwanzig untersuchten Quellstandorte im Lötschental in Abhängigkeit der Meereshöhe.** Die Quelltemperaturen nahmen im Verlauf des Höhengradienten signifikant und um durchschnittlich 0.28 °C pro 100 Meter ab¹.



Abbildung 4: **Verringerung der Abflussmengen aufgrund anhaltender Hitze.** Betrug die Schüttung einer Quelle auf der Bettermeralp im Jahr 2020 noch 3.0 l/s (Bild links), verzeichnete sie im Hitzesommer 2022 lediglich eine Abflussmenge von 0.3 l/s (Bild rechts). Die Unterschiede waren hinsichtlich der benetzten Breite, der Quellbachtiefe und einer abweichenden Vegetation auszumachen. (Foto links: Remo Wenger, Foto rechts: Nicolas Anderegg)

Box 2: KLIMAWANDEL VERLETZLICHKEITS-INDEX (CCV-INDEX)

Um die Verletzlichkeit von Eintags-, Stein- und Köcherfliegen in Quellen gegenüber dem Klimawandel zu bestimmen, wurde nach Küry et al. (2016)⁵ der Klimawandel Verletzlichkeits-Index (CCV-Index) entwickelt. Der Index umfasst den Klimawandel Verletzlichkeitswert (CCVW), welcher sich aus der Wassertemperatur, der Höhenverbreitung, der Quellbindung, dem Grad an Endemismus (Vorkommen von Arten in abgegrenzten geografischen Bereichen) und der Zeitdauer der Schlupfphase jeder Art zusammensetzt. Aus dem daraus resultierenden spezifischen CCV-Wert jeder in einer spezifischen Quelle vorkommenden Art wird im Anschluss ein CCV-Index eines ganzen Quell-Lebensraums errechnet. Dieser erlaubt im Anschluss eine Zuordnung der Lebensräume in die fünf Klassen: «unverletzlich», «gering verletzlich», «mässig verletzlich», «verletzlich» und «hochverletzlich» gegenüber dem Klimawandel.

Alpine Quellen - Refugium seltener Arten

Neben ihren kalten Temperaturen sind die Merkmale alpiner Quell-Lebensräume ihre zahlreichen spezialisierten sowie endemischen (d.h. nur in einem begrenzten Gebiet vorkommende) Arten. Besonders empfindlich auf den Klimawandel reagieren Arten kalter Gewässer, Arten mit einer Spezialisierung auf hohe Lagen, Wasserinsekten mit einer kurzen Schlupfphase und Endemiten⁵. Besonders alpine Köcherfliegenarten, welche diese begrenzte ökologische Nische aufweisen, werden am stärksten mit den Folgen des Klimawandels konfrontiert. Untersuchungen im Lötschental bestätigen dies. Im Einzugsgebiet wurden drei endemische Arten der Westalpen nachgewiesen, welche vom Aussterben bedroht sind. Es handelte sich dabei um drei Arten der Unterfamilie Drusinae¹ (s. Abbildung 6).

Generalistische alpine Arten (d.h. Arten, welche sich in einem breiten Spektrum von Umweltbedingungen entwickeln) können von künftigen zusätzlichen Schmelzwassereinträgen profitieren, was artspezifische Verschiebungen in andere Gebiete zur Folge haben kann. Für diverse Pflanzen- und Tierarten wurden bereits Verschiebungen - insbesondere in höhere Lagen - nachgewiesen. Eine Anpassung wird jedoch durch die Ausbreitungsfähigkeit einzelner Arten und den Einzugsgebietsgrenzen eingeschränkt. Für Arten, die bereits in den höchstgelegenen Quellen leben, ist eine Verschiebung nach oben nicht möglich (summit trap phenomenon) und sie können lokal aussterben.

Die Beobachtungen im Lötschental anhand des Klimawandel Verletzlichkeits-Index (s. Box 2) zeigten, dass die Verletzlichkeit der Quell-Lebensgemeinschaften gegenüber dem Klimawandel mit zunehmender Höhe zunimmt (s. Abbildung 5). Damit wird bestätigt, dass hochgelegene Quellen im Hinblick auf den Klimawandel von grosser Bedeutung sind. Dies weil sie zum einen eine spezialisierte Artgemein-

schaft beherbergen, die gegenüber der Klimaerwärmung sehr sensibel reagiert und ihnen so als Refugium dienen kann. Zum Anderen fungieren sie als letzter Zufluchtsort für mobile Arten, die sich aufgrund der steigenden Tempe-

raturen nach oben bewegen. Da die Dichte der Quellen im Höhenverlauf tendenziell abnimmt, zumal Einzugsgebiete mit der Höhe kleiner werden, sind hochgelegene Quell-Lebensräume von grosser Bedeutung¹.

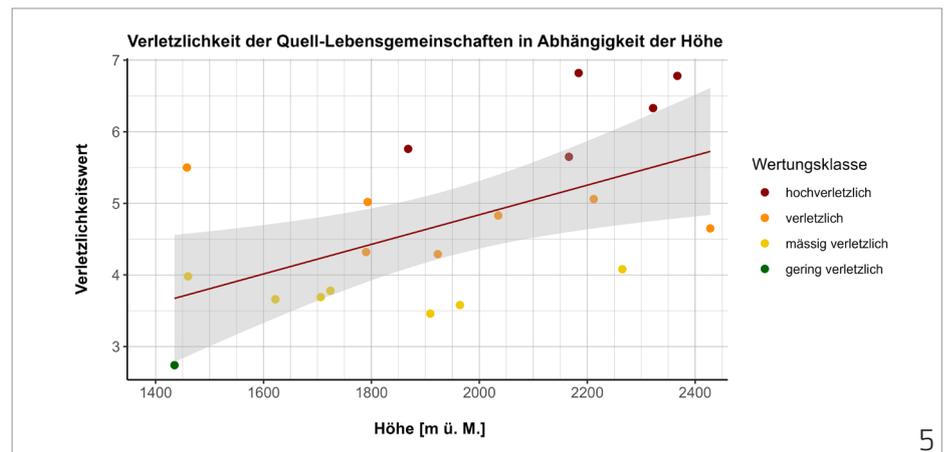


Abbildung 5: **Der Klimawandel Verletzlichkeits-Index (CCV) der 20 faunistisch untersuchten Quellen** des Lötschentals in Abhängigkeit der Meereshöhe [m ü. M.]. Mit zunehmender Meereshöhe nahmen Quellstandorte mit einer hohen Verletzlichkeit gegenüber dem Klimawandel signifikant zu¹.



Abbildung 6: **Drusus muelleri - eine endemische Köcherfliege der Westalpen**, welche in ihrem Verbreitungsgebiet auf die subalpine und alpine Höhenstufe beschränkt ist. Im Einzugsgebiet des Lötschentals konnte diese kälteangepasste Art grösstenteils in Quellen oberhalb 1900 m ü. M. nachgewiesen werden. Die Art wird stark mit den Auswirkungen des Klimawandels konfrontiert werden und kann lokal aussterben. (Foto: Verena Lubini)

Abbildung 7: **Quellbeprobung im Lötschental.** Im Hintergrund zu sehen die Lonzhöhner, das Breithorn, das Breitlauhorn, das Bietschorn und das Wilerhorn. (Foto: Patrik Ngu)



Abbildung 8: **Gefasste Quelle mit einer kleinen Brunnenstube und Überlauf.** (Foto: Nicolas Anderegg)



Abbildung 9: **Trittschäden im Quellbereich einer alpinen Quelle bedingt durch Weidetiere.** (Foto: Nicolas Anderegg)

Quellen erhalten und schützen

Lange Zeit von menschlichen Eingriffen verschont, nimmt der Nutzungsdruck auf alpine Quellen zu. Die tendenziell isolierte Lage und die Kleinräumigkeit der Quellen machen diese Lebensräume anfällig auf Veränderungen. Die steigende Nachfrage nach Trinkwasser und die damit verbundenen Neufassungen von Quellen (s. Abbildung 8), der Ausbau von Beschneigungs- und Wasserkraftanlagen, die Drainierung von Pisten, die Intensivierung der verbleibenden Landwirtschaft und das wachsende Tourismusangebot stellen eine zusätzliche Gefahr für die sensiblen Lebensräume dar³.

Als weitere Beeinträchtigung der strukturellen Qualität von Quellen im Berggebiet können Trittschäden durch das Weidevieh genannt werden (s. Abbildung 9). Oft befinden sich die Grundwasseraustritte in Sömmerungsgebieten, wo sie als Trinkstellen vom Vieh aufgesucht werden. Die Hufen der Nutztiere können dabei Schäden hinterlassen und die Quellstruktur beeinträchtigen. Ferner können organische Feinsedimente und

über Fäkalien Nährstoffe in die nährstoffarmen Lebensräume gelangen. Bei belasteten Quell-Lebensräumen, welche von dieser Thematik betroffen sind, gilt es zu diskutieren, welches Potenzial eine gezielte Auszäunung während der Alpsommerung haben kann.

Da Quellen in der Schweiz noch keinen umfassenden Schutzstatus besitzen, bleibt es zentral, Quellstandorte in der Welterbe-Region flächendeckend zu erfassen, um einen zielorientierten Schutz zu ermöglichen (s. Abbildung 7). Quell-Lebensräume sind bei Bauprojekten – wie andere schützenswerte Lebensräume – zu berücksichtigen. Eine sachgerechte Interessensabwägung bei Bauvorhaben sind bei Nutzungs- und Lebensraumkonflikten dennoch unabdingbar. Geeignete Massnahmen zum Schutz können z. B. durch Vereinbarungen mit Bewirtschafter:innen, einem zonenrechtlichen Schutz oder der Ausscheidung von Schutzgebieten sichergestellt werden. Gezielte Aufwertungsmassnahmen können den Zustand von beeinträchtigten Quell-Lebensräumen verbessern³.

DAS UNESCO-WELTERBE SCHWEIZER ALPEN JUNGFRAU-ALETSCH



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.

Literatur und weiterführende Informationen

- ¹ Anderegg N, Greber P. Vulnerabilität von Quell-Lebensgemeinschaften unter Berücksichtigung des Klimawandels - eine Untersuchung im UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch. 2022. Bachelorarbeit. ZHAW, Wädenswil.
- ² BAFU. Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU; 2021. Umwelt-Wissen Report: UW-2101-D.
- ³ BAFU. Quell-Lebensräume erfassen – erhalten – aufwerten. Eine Arbeitsgrundlage für die Praxis. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU; 2021. Umwelt-Wissen Report: UW-2122-D.
- ⁴ Kury D, Lubini V, Stucki P. Verletzlichkeit von Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen alpiner Quellen gegenüber Klimaveränderungen. 2018.
- ⁵ Kury D, Lubini V, Stucki P. Empfindlichkeit von Quell-Lebensgemeinschaften gegenüber Klimaveränderungen in den Alpen. 2016.
- ⁶ Wenger R, Lalou J.C, Hapka R. Quellen der Schweiz. 2021. Bern: Haupt-Verlag.

Verantwortlich für diese Ausgabe

Nicolas Anderegg, Alessandra Lochmatter - UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch (SAJA)
Patrick Greber - BSc Umweltingenieurwesen
Dr. Roger Bär - Centre for Development and Environment (CDE), Universität Bern

Wissenschaftliche Begleitung

Dr. Daniel Kury - Life Science AG Basel
Christa Gufler - ZHAW Wädenswil

Herausgeber und Kontakt

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

Titelbild

Quellbach auf der Bettmeralp (Foto: Nicolas Anderegg)

Partner des Welterbes

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

