

Editorial

Bedrohte Quell-Lebensräume

Dass Quellen äusserst bedrohte Lebensräume sind und von Quelljungfern, Köcherfliegen, Steinfliegen, Waffenfliegen oder auch vom faszinierende Feuersalamandern bewohnt werden, ist nur wenig bekannt.

Dies ist nur zu verständlich: Während der Anbauschlacht im Zweiten Weltkrieg wurden sie in grossem Stil aus der Landschaft «wegdrainiert» und eingedolt.

Doch das Quellensterben geht weiter. In den letzten Jahren gefährdet auch der Bau von Waldstrassen oder die Intensivierung der Landwirtschaft die Lebensgemeinschaft der Quellen. Selbst in den höchsten Lagen der Alpen werden Quell-Lebensräume immer seltener, weil Maiensässe in Ferienhäuser umgebaut oder neue Quellen für Alpbetriebe gefasst werden und die Siedlungen stetig wachsen.

Zu diesen Faktoren gesellt sich nun auch der Klimawandel mit den zu erwartenden einschneidenden meteorologischen Änderungen. Erstmals wurden in der Schweiz Quell-Lebensräume im Bezug auf Veränderungen durch den Klimawandel untersucht. Die Studie unserer drei privaten Büros zeigte, dass wir mit einem starken Wandel der Artenzusammensetzung rechnen müssen. Mehr denn je gilt: Intakte Quell-Lebensräume müssen in der Naturschutzplanung effizient geschützt und beeinträchtigte Objekte revitalisiert werden.

Daniel Küry, Verena Lubini, Pascal Stucki

Inhalt

Wie entstehen Quellen, wie sehen die aus?	2
Temperatur – Schlüsselfaktor in Quellen	2
Exposition und Permafrost	3
Wer bevorzugt kalte Quell-Lebensräume?	3
Welche Quellbewohner sind beeinträchtigt?	4



Die kühlen Quellen der Alpen drohen wegen des Klimawandels wärmer zu werden. Leidtragende sind Spezialisten unter den Quellbewohnern wie die Steinfliege *Dictyogenus fontium* (rechts).

Den Quellbewohnern wirds zu heiss!

Im Rahmen des BAFU-Pilotprojekts Anpassung an den Klimawandel wurden in 61 alpinen Quellen die Temperatur gemessen und die Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen untersucht. Insgesamt 27 Arten erwiesen sich als extreme Kältespezialisten. Aufgrund des neu entwickelten «Klimawandel-Verletzlichkeitsindex» erwiesen sich 87% der untersuchten Quell-Lebensgemeinschaften als bedroht.

In alpinen Quellen wird als Folge des Klimawandels mit einer Änderung der temperaturbestimmenden Prozesse im Wasser und mit einem Wandel der aquatischen Lebensgemeinschaften gerechnet. Meereshöhe, Geologie, Exposition im Gelände und Distanz zum Permafrost erwiesen sich als bestimmend für die Temperatur des Quellwassers. Besonders markanten Temperaturerhöhungen werden in Gebieten mit oberflächlichen Grundwasservorkommen und Veränderungen der Mächtigkeit und Dauer der Schneedecke erwartet. Besonders stark betroffen davon sind Arten mit einer Bevorzugung für tiefe Temperaturen.

In 61 alpinen Quellen den Schweizer Zentralalpen wurden 27 Steinfliegen- und Köcherfliegenarten mit einer besonderen

Vorliebe für kaltes Wasser beobachtet. Aus Studien ist bekannt, dass jene Arten besonders empfindlich auf den Klimawandel reagieren, die endemisch sind, in hohen Lagen vorkommen, auf Bachoberläufe und Quellen spezialisiert sind und eine kurze Schlupfperiode besitzen. Der «Klimawandel-Verletzlichkeitswert» beurteilt die diesbezügliche Empfindlichkeit der Arten.

Aufgrund ihrer ökologischen Eigenschaften erwiesen sich insgesamt 86 (68%) von 126 alpinen Quell-Arten als mässig bis stark verletzlich gegenüber Klimaveränderungen. Die Einstufung aller vorkommenden Arten ergab in 53 der 61 untersuchten Quell-Lebensräume (87%) eine hohe Verletzlichkeit. Sicherung und Förderung alpiner Quellen sind deshalb dringliche Naturschutzaufgaben.

Wie entstehen Quellen, wie sehen sie aus?

Obwohl «Quelle» üblicherweise als Austrittsort von Grundwasser definiert wird, ist noch lange nicht jeder Austritt ein Quell-Lebensraum. Die Schüttung, die Zusammensetzung des Substrats, die Vegetation und weitere Faktoren bestimmen Aussehen und Wert.

Im schematischen Wasserkreislauf, den alle aus der Schule kennen, bildet die Quelle den Anfang eines kleinen Bachs. Von der Versickerung des Niederschlagswassers bis zu dessen Austreten an der Bodenoberfläche kann viel passieren: Das Wasser gibt Wärme ab, es nimmt Mineralien auf oder gelangt in Langzeitspeicher (Hohlräume), wo es Jahrzehnte verweilt, bevor es zutage tritt. Aufgrund der Art ihres Austritts werden die drei Typen unterschieden: Fliess-, Sicker- und Tümpelquellen. Indes hier gibt es auch Übergänge und Zwischenformen, zudem sind einige völlig beschattet, andere ganzjährig der Sonne ausgesetzt und man-

che Quelle führt nur wenige Tage im Jahr Wasser.

Wichtig für die Bewertung ist die Struktur: Wie sind das Umfeld der Quelle oder die Uferlinie beschaffen? Gedeihen darin Gefässpflanzen und Moose? Dominieren grosse Steine, Kies oder Sand? Die Anzahl verschiedener Strukturen bestimmt den Wert einer Quelle, denn die Strukturvielfalt ist die Voraussetzung für eine artenreiche Lebensgemeinschaft. Zudem werden Beeinträchtigungen der Quellen protokolliert. Der Strukturwert unterscheidet die Zustandsklassen naturnah – bedingt naturnah – mässig naturnah – geschädigt – stark geschädigt.



Karst-Fliessquelle Unterst Band, Spiringen



Kalksinter-Fliessquelle im Rösental, Liestal



Pflanzenreiche Quelle Schwarzenboden



Von Steinen geprägte Quelle, Spiessenäpeltli

Temperatur – Schlüsselfaktor in Quellen

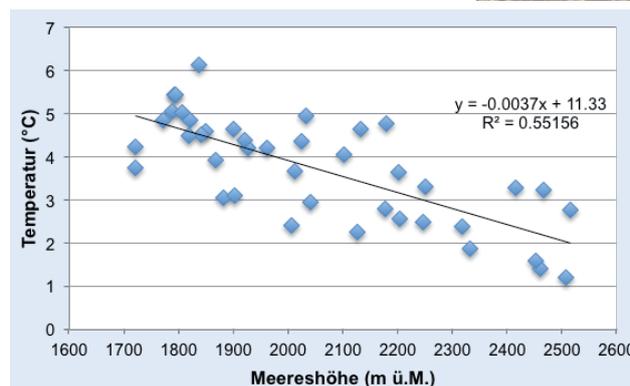
Veränderungen des biologischen Schlüsselfaktors Temperatur dürften die Lebensgemeinschaft markant beeinflussen. Doch was bestimmt den Temperaturverlauf in Quellen?

Die Temperatur gilt für die meisten biologischen Prozesse als Schlüsselfaktor. Deshalb ist davon auszugehen, dass Temperaturveränderungen auf die Lebensgemeinschaft in Quellen einen grossen Einfluss haben. Doch wodurch wird die Temperatur im Quellwasser beeinflusst und wie verändert sie sich?

Mit «Loggern» wurde der Temperaturverlauf über ein Jahr hinweg kontinuierlich erfasst. In den untersuchten Quellen zwischen 1720 und 2550 m ü. M. nahm die Temperatur mit zunehmender Höhe signifikant ab (0,37°C pro 100 Höhenmeter).

Im Mittel (Median) erreichte diese 4,35°C (Juli bis Dezember 2014) und 3,35°C (Januar bis Juni 2015). Die zweite Jahreshälfte war signifikant wärmer als das erste Halbjahr.

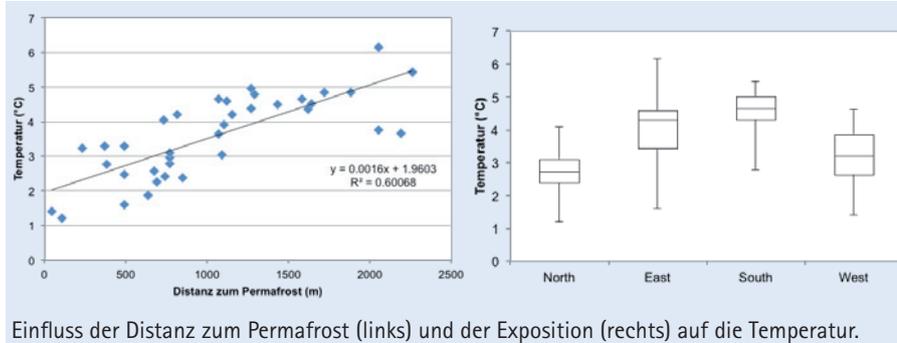
Mit einer genaueren Analyse wurde gezeigt, dass für diesen Unterschied vor allem die Kluftquellen verantwortlich sind. Hier ist der Wärmaustausch mit dem Gestein aufgrund der engeren Zwischenräume intensiver.



Beziehung Jahresmitteltemperatur und Meereshöhe in 41 alpinen Quellen (links). Temperaturlogger zur Messung der Temperatur im Quellwasser (oben).

Exposition und Permafrost – wichtige Parameter für die Temperatur

Die Distanz zum Permafrost und die Hangexposition beeinflussen die Temperatur am Quellaustritt: Eis im Untergrund und eine längere Schneebedeckung dürften die Ursachen sein.



Einfluss der Distanz zum Permafrost (links) und der Exposition (rechts) auf die Temperatur.

In den Quellen der subalpinen und alpinen Stufe erwiesen sich die Distanz des Quellaustritts zum Permafrost und die Exposition als wichtigste Einflussgrößen für die Temperatur. Während sie mit zunehmender Distanz zum Permafrost ansteigt, war die Temperatur in nord- und westexponierten

Quellen signifikant geringer als in südexponierten. In Westexposition dürften aufgrund der vorherrschenden Westwinde grössere Schneemengen abgelagert werden, die Hänge apert deshalb wie in Nordexposition später aus. Deshalb steigt dort die Temperatur erst später im Jahr an.

Eintagsfliegen, Steinfliegen Köcherfliegen – wer bevorzugt kalte Quell-Lebensräume?

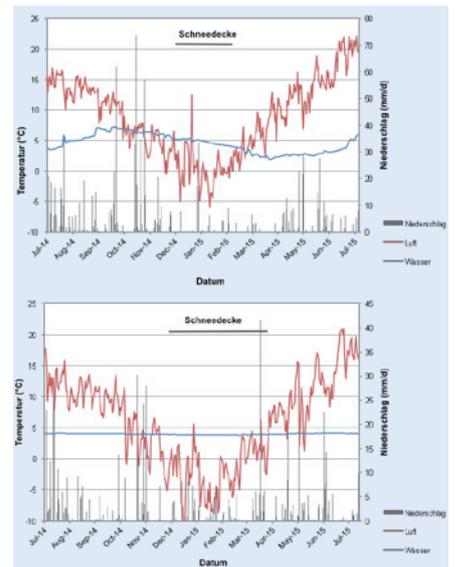
Die Anzahl der Steinfliegenarten in Quellen wird von der Temperatur nur wenig beeinflusst, der Artenreichtum der Köcherfliegen nimmt mit sinkenden Temperaturen ab. Insgesamt 27 Steinfliegen- und Köcherfliegenarten bevorzugten deutlich kaltes Wasser.

Die Fauna der Quellen bestand aus 11 Eintagsfliegen-, 40 Steinfliegen- (Plecoptera) und 48 Köcherfliegenarten (Trichoptera). Unter den Köcherfliegen dominierten mit 54% die in Quellen und quellnah lebenden Arten, während deren Anteil bei den Steinfliegen nur 28% betrug. Bei den Eintagsfliegen fehlten die Quellspezialisten vollständig.

Die Anzahl der Köcherfliegenarten nahm mit steigender Jahresmitteltemperatur signifikant zu, bei den Steinfliegen war die Artenzahl bei höheren Temperaturen nur geringfügig höher (rechts). Der Artenreich-

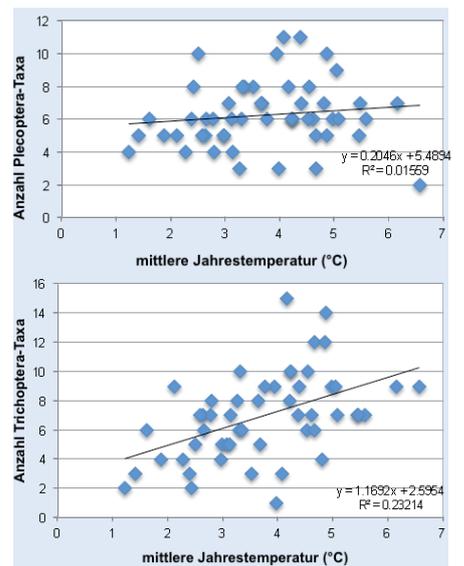
tum der Köcherfliegen nahm mit steigender Temperatur sowie mit grösserer Distanz zum Permafrost signifikant zu. Zudem waren südexponierte Quellen von signifikant mehr Köcherfliegenarten besiedelt als in nord-, ost- und westexponierte Quellen.

Eine Kanonische Korrespondenzanalyse ergab 27 Steinfliegen und Köcherfliegenarten, die ausschliesslich in kalten und hochgelegenen Quell-Lebensräumen vorkamen. Insgesamt 15 Arten (56%) waren Quellspezialisten. Die meisten der Kaltwasserbewohner stammen aus den Gattungen *Leuctra* (Steinfliegen) und *Drusus* (Köcherfliegen).



Temperaturmuster

Thermische Prozesse im Untergrund prägen den Temperaturverlauf (blaue Kurve) in Quellen. Kluftquellen mit hoch liegenden Grundwasserleitern (oben) zeigen jährliche Schwankungen. Stammt das Grundwasser aus grösserer Tiefe, ist die Temperatur in Jahresverlauf praktisch konstant (unten).



Beziehung Anzahl Steinfliegen- und Köcherfliegenarten und Temperatur.



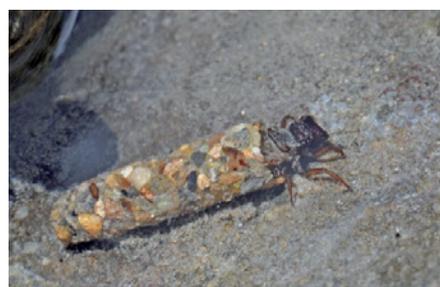
Welche Quellbewohner werden vom Klimawandel beeinträchtigt?

Besonders empfindlich auf den Klimawandel reagieren Arten kalter Gewässer, solche, mit einer Spezialisierung auf hohe Lagen, Bewohner von Quellen und Bachoberläufen sowie Endemiten und Arten mit einer kurzen Schlupfphase.

Von 27 Kaltwasserarten der Steinfliegen und Köcherfliegen sowie weitere typische Quellarten der Schweiz wurden in der Website «www.freshwaterecology.info» aufgeführten ökologischen Eigenschaften auf genauer analysiert. Alle, respektive die meisten Arten waren kaltstenotherm, Endemiten, Bewohner höherer Lagen und der Oberläufe oder Quellen. Zudem besass ein überwiegender Anteil eine kurze Emergenzzeit. Damit konnten wissenschaftliche

Arbeiten bestätigt werden, die eine Verletzlichkeit der Wasserinsekten aufgrund dieser Faktoren postulierten. Jeder Art wurde so ein Klimawandel-Verletzlichkeitswert (CCV-Wert) zugeordnet (siehe unten).

Auf der Basis dieser spezifischen CCV-Werte wurde ein Klimawandel-Verletzlichkeits-Index (CCV-Index) entwickelt, der das Ausmass der potenziellen Beeinträchtigung einer Quelle durch den Klimawandel wiedergibt.



Hochverletzliche Köcherfliegenart (*Drusus chrysotus* links) und mässig verletzte Eintagsfliege (*Baetis alpinus*, rechts) besiedelten dieselbe Quelle.

Fünf Verletzlichkeitsstufen

Klasse	CCVW/CCVI	Bezeichnung
5	> 2,70	hochverletzlich
4	2,11–2,70	verletzlich
3	1,51–2,10	mässig verletzlich
2	1,01–1,50	gering verletzlich
1	< 1,00	unverletzlich

Im Detail...

Der Newsletter ist die Zusammenfassung der folgenden Studie:

Küry, D., V. Lubini & P. Stucki 2016. Empfindlichkeit von Quell-Lebensgemeinschaften gegenüber Klimaveränderungen in den Alpen. BAFU-Pilotprojekt Anpassung an den Klimawandel. Unveröff. Typskript, 50 S. + Anhang.

Der detaillierte Bericht ist bei der untenstehenden Kontaktadresse erhältlich.

Zudem erschien die folgende Publikation: Küry, D., V. Lubini & P. Stucki 2016. Temperature patterns and factors governing thermal response in high elevation springs of the Swiss Central Alps. *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-016-2918-0

Der Klimawandel-Verletzlichkeits-Index (CCV-Index)

Um die Empfindlichkeit der Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen gegenüber dem Klimawandel in Quellen zu bestimmen, wurde ein Klimawandel (Climate Change) Verletzlichkeits-Wert (CCVW) konzipiert. Aus den spezifischen CCVW jeder vorkommen-

den Art wird der CCV-Index eines Quell-Lebensraums errechnet, der in Ergänzung zu Parametern wie Rote Listen und National Prioritäre Arten zu einer klimarelevanten Bewertung der Quellen und Fließgewässer verwendet wird.

T thermischer Faktor

Kaltstenotherm	1
Warmstenotherm / eurytherm	0

H Höhenfaktor

Höhenverbreitung > 1500 m (sal/alp)	2
Höhenverbreitung 800–<1500 m (mon)	1
Höhenverbreitung < 800 m (col)	0

E Endemismus

Endemismus Alpen / Jura	1
Nicht endemisch	0

Q Quellbindung

Quellbindung ÖWZ 16	2
Quellbindung ÖWZ 8	1
Quellbindung ÖWZ ≤4	0

Em Emergenzperiode

Kurze Emergenzperiode	1
Lange Emergenzperiode	0

Berechnung des spezifischen CCV-Werts:

$$\text{CCVW} = \frac{(4 \cdot T) + (3 \cdot H) + (2 \cdot E) + (2 \cdot Q) + \text{Em}}{5}$$

$$\text{CCV-Index (CCVI)} = \frac{\sum \text{Häufigkeitsklasse} \cdot \text{CCV-Wert (CCVW)}}{\text{Anzahl Arten}}$$

Impressum

Die *Quellen* Nachrichten informieren über den Schutz und die Förderung von Quell-Lebensräumen. www.quellelixier.ch

Projektleitung

Daniel Küry Life Science AG, Basel
Verena Lubini, Gewässerökologie, Zürich
Pascal Stucki, Aquabug, Neuchâtel
Kontakt: Life Science AG, Greifengasse 7
4058 Basel Tel.: 061 686 96 96
E-Mail: daniel.kuery@lifescience.ch

Ein Projekt im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel, gefördert durch das Bundesamt für Umwelt BAFU.

Finanzierung und Projektpartner:
Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Gewässer- und Bodenschutzlabor, Kt. BE
Amt für Natur und Umwelt, Kt. GR
Amt für Umweltschutz Kt. UR
Pro Natura Graubünden, Chur