

# Der Klimawandel betrifft alle Organismengruppen

Durch die Klimaerwärmung dehnen tendenziell diejenigen Arten ihre Verbreitungsareale aus, die höhere Temperaturen bevorzugen, während sich Arten zurückziehen, die an tiefe Temperaturen angepasst sind. Sehr mobile Arten wie die Tagfalter und die Gewässerinsekten reagieren rascher als Gefässpflanzen und Moose.

Die Folgen des Klimawandels sind in der Schweiz mess- und spürbar. Seit 1864 ist die mittlere Temperatur bei uns um fast 2 Grad Celsius gestiegen. Welche Auswirkungen hat diese Umweltveränderung auf die Artenvielfalt?

## Areale dehnen sich aus

Bei den im BDM untersuchten Organismengruppen kann ein Höherwandern festgestellt werden, wobei die beobachteten Veränderungen bei den terrestrischen Organismengruppen geringer sind als dies aufgrund des Temperaturanstiegs zu erwarten wäre (Abbildung 1). Einzelne Arten sind aber nicht nur in die Höhe gestiegen, sondern haben ihr Verbreitungsareal – teils massiv – ausgeweitet.

Ein bekanntes Beispiel ist der Kurzschwänzige Bläuling, der zu Beginn der Erhebungen sehr selten war, mittlerweile aber weite Teile des Juras und Mittellands besiedelt. Seine Expansion war nur dank der Tatsache möglich, dass die Frasspflanzen seiner Raupen aus der Familie der Schmetterlingsblütler in den meisten Gebieten häufig sind. Es gibt verschiedene weitere südliche Tagfalterarten, die es dem Kurzschwänzigen Bläuling gleichtun, wie etwa der Karstweissling oder der Weisse Waldportier.

Auch bei den anderen Organismengruppen gibt es etliche wärmeliebende Arten, die sich seit Messbeginn deutlich ausgebreitet haben. Bei den Moosen ist beispielsweise das Steifblättrige Katharinenmoos zu nennen. Die licht- und wärmeliebende Art kommt hauptsächlich auf der Alpensüdseite vor. Sie ist typisch für lichte Kastanien- und Eichenwälder und besiedelt Böschungen und lückige Trockenrasen. Seit 2001 haben die Nachweise stark zugenommen.

Bei den Gefässpflanzen sind insbesondere wärmeliebende Arten ruderaler Standorte auf dem Vormarsch. Ein eindrückliches Beispiel ist der Gekielte Ackersalat, der in den letzten 20 Jahren vor allem im östlichen Mittelland häufiger geworden ist (Abbildung 2).

## Früher aktiv

Die Klimaerwärmung wirkt sich nicht nur auf die Verbreitung von Arten aus, sondern auf den gesamten Lebenszyklus im Jahresverlauf, die sogenannte Phänologie. Bei den Tagfaltern können

solche Phänologie-Verschiebungen analysiert werden, da bei dieser Organismengruppe je nach Höhenstufe bis zu sieben Begehungen pro Jahr verteilt über die gesamte Flugzeit durchgeführt werden.

Ein warmer Frühling begünstigt die Entwicklung vieler Arten, da die Raupen früher ein grösseres Nahrungsangebot finden und sich schneller entwickeln können. Beim Braunen Waldvogel beispielsweise hat sich der Entwicklungszyklus in den drei Hitzesommer-Jahren (2003, 2015 und 2018) um rund zwei Wochen ververschoben (Abbildung 3) (BAFU et al. 2019). Mit dem BDM können also bei den Schmetterlingen auch Verschiebungen der Phänologie festgestellt werden.

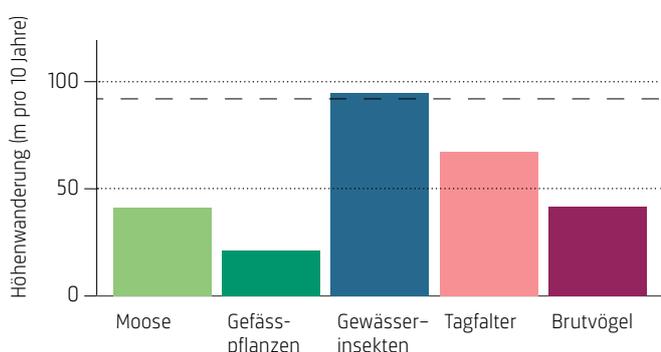
Bei einigen Tagfalterarten kann eine zu frühe Entwicklung nachteilig sein: Wenn die Raupen schlüpfen, bevor die Futterpflanzen genügend Biomasse gebildet haben oder die Falter fliegen, bevor die Nektarpflanzen blühen, kann das für das Überleben fatale Folgen haben.

## Gebirgsarten unter Druck

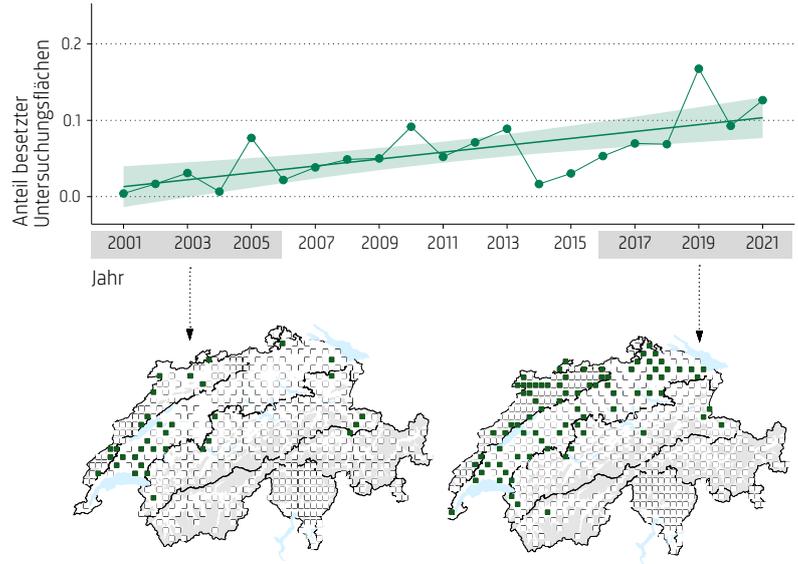
Der Klimawandel führt bei vielen Arten zu einer Zunahme der Populationsgrössen und einer Ausweitung ihrer Verbreitungsareale. Doch gilt dies für alle Arten? Zur Beantwortung dieser Frage lohnt sich ein Blick ins Gebirge: Bei den Tagfaltern nimmt die Anzahl der Hochgebirgsarten leicht ab, während bei den Gebirgspflanzen eine Zunahme zu beobachten ist.

Für mehrere Tagfalterarten, die für das Gebirge typisch sind, hat die Schweiz eine besondere Verantwortung. Einige dieser Gebirgsspezialisten sind allerdings seltener geworden. Dazu gehört der Gletscherfalter. Er kann in kurzrasigen und steinigen Alpweiden bis 3000 m ü. M. angetroffen werden und ist mit seiner marmorierten Flügelunterseite perfekt getarnt im felsigen Lebensraum. Ihn konnte man nur noch in 29 Untersuchungsflächen feststellen – von einst deren 43. Im Hitzesommer 2018 wurde zudem auch ein massiver Einbruch bei den Individuenzahlen beobachtet (BAFU et al. 2019).

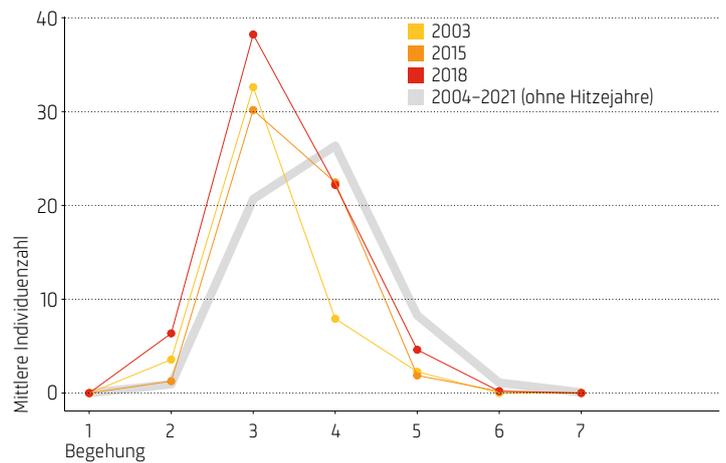
Auch der Alpen-Apollo ist tendenziell im Rückgang begriffen (Abbildung 4). Von den einst 44 Vorkommen auf BDM-Transekten wurden zuletzt nur noch 32 bestätigt. Interessanterweise betreffen



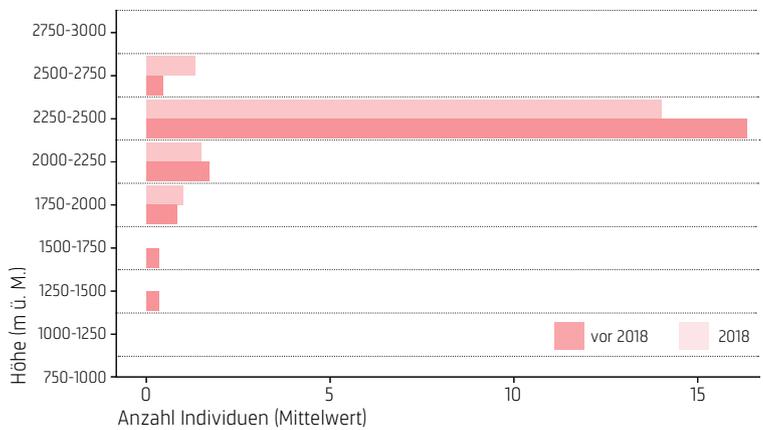
**Abbildung 1:** Durchschnittliche Höhenwanderung der Organismengruppen. Dieser Wert leitet sich aus der Zunahme des mittleren Temperatur-Steigerwerts der beobachteten Arten innerhalb von 10 Jahren ab. Als Vergleich: Die durchschnittliche Lufttemperatur nahm derart zu, dass Standorte gleicher Temperatur heute 92 m höher liegen als noch vor 10 Jahren (gestrichelte Linie).



**Abbildung 2:** Ausbreitung des Gekielten Ackersalats (*Valerianella carinata*) zwischen 2001 und 2021 in der Schweiz. Die Gerade zeigt den Trend mit dem 95%-Vertrauensbereich. Foto Thomas Stalling



**Abbildung 3:** Veränderungen der Phänologie am Beispiel des Braunen Waldvogels (*Aphantopus hyperantus*) in den Hitzejahren 2003, 2015, 2018 im Vergleich zu den übrigen Jahren. Jeder Tagfalter-Transect wird in tieferen Lagen zwischen Anfang Mai und Anfang September 7 mal pro Jahr begangen (in höheren Lagen in einer verkürzten Periode nur 4 mal). Tageszeit und Wetterbedingungen zum Durchführen der Aufnahmen sind genau vorgeschrieben, dazu gehört auch die Temperaturmessung zu Beginn einer Aufnahme. Foto Tobias Roth



**Abbildung 4:** Höhenverbreitung des Alpen-Apollo (*Parnassius phoebus*) 2018 und in früheren Erhebungen (2003, 2008 und 2013). Der Alpen-Apollo konnte im Hitzesommer 2018 in seinen tiefsten BDM-Vorkommen überhaupt nicht mehr nachgewiesen werden. Foto Thomas Marent

die fehlenden Nachweise vor allem Vorkommen am unteren Rand der Höhenverbreitung. Dies führt zur Vermutung, dass der Klimawandel dem emblematischen Alpenendemiten zusetzt. An verfügbarem Raupenfutter kann es nicht liegen, denn die häufigste Nahrungspflanze der Raupe ist der Bewimperte Steinbrech, welcher an Bachrändern und in Quellfluren in den Alpen sehr weit verbreitet ist.

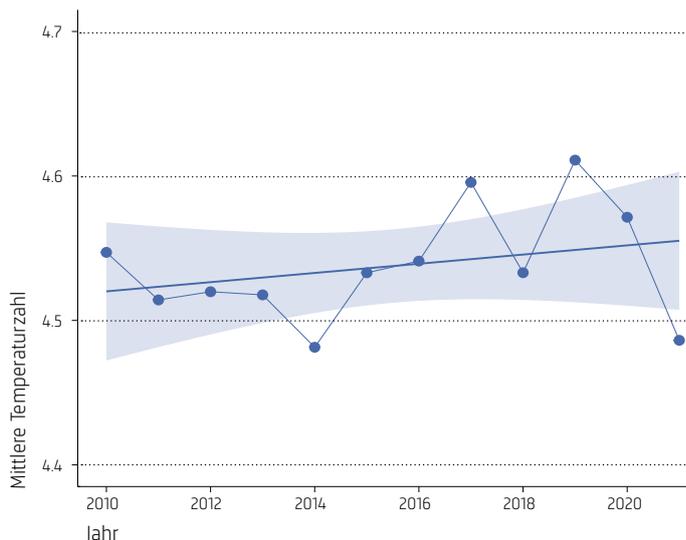
Dass Tagfalterarten, die eher kühlere Lebensräume bevorzugen, abnehmen, wird auch durch den negativen Trend beim Tagfalterindex bestätigt, der für 22 Kältezeiger berechnet wurde (vgl. S. 40) (Roth et al. 2021). Neben dem Klimawandel dürften aber auch andere Faktoren eine entscheidende Rolle spielen für den Rückgang von Arten im Alpenraum, beispielsweise die Nutzungsaufgabe von Wiesen und Weiden, was zu einer Vergandung und schlussendlich zu Verwaldung führt (siehe S. 22).

**Gewässerinsekten reagieren rasch**

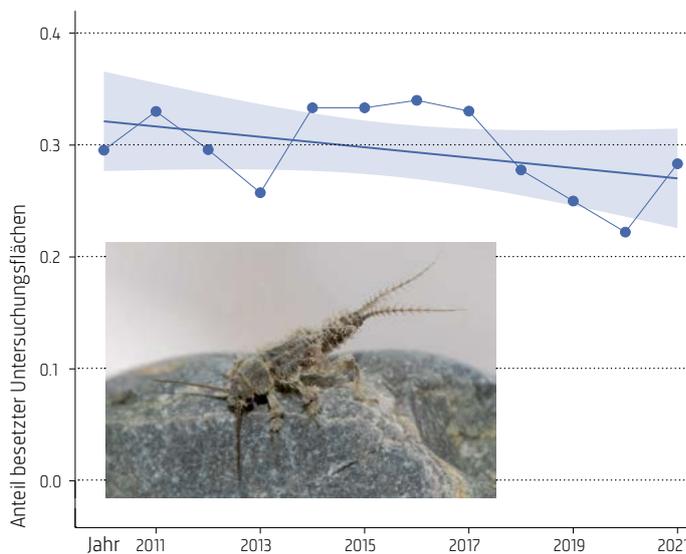
Der Klimawandel zeigt sich nicht nur an Land, sondern auch in den Gewässern. Tiefgelegene und entsprechend wärmere Gewässer beherbergen natürlicherweise mehr Gewässerinsekten als hochgelegene und kühlere Bäche (Hutter et al. 2019). Deshalb ist es nicht erstaunlich, dass die Artenzahlen bei den Eintags- und Köcherfliegenlarven aufgrund der Klimaerwärmung eher ansteigen (siehe S.30). Diese beiden Ordnungen kommen hauptsächlich in tieferen Lagen vor und sind wärmebedürftiger als die Steinfliegenlarven. Ähnlich wie bei den Gebirgsspezialisten unter den Tagfaltern gibt es auch bei den Gewässerinsekten kälteliebende Arten, die weniger gut mit den Auswirkungen des Klimawandels zurechtkommen.

Seit Messbeginn steigt der mittlere Temperatur-Zeigerwert bei den Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (Abbildung 5). Obwohl in den letzten 10 Jahren viele Gewässerinsekten häufiger werden, nehmen gerade Charakterarten von Gebirgsbächen wie die Steinfliege *Nemoura mortioni* in ihrer Verbreitung ab (Abbildung 6).

In Hitzejahren zeigen die Wassertemperaturen weniger extreme Ausschläge als die Lufttemperaturen, was auf eine Pufferwirkung von Gewässern schließen lässt. Deshalb wird allgemein vermutet, dass sich der Temperaturanstieg weniger schnell auf Gewässerorganismen auswirkt als auf terrestrische Organismen. Entgegen dieser Vermutung zeigen die BDM-Daten, dass die Veränderungen bei den Gewässerinsekten eher schneller stattfinden als bei den terrestrischen Organismengruppen (Abbildung 1, S. 26). Es ist also davon auszugehen, dass die Pufferwirkung der Gewässer für verschiedene Arten schon verpufft ist.



**Abbildung 5:** Zunahme des mittleren Temperatur-Zeigerwerts der Eintags-, Stein- und Köcherfliegenlarven. Die Gerade zeigt den Trend mit dem 95%-Vertrauensbereich.



**Abbildung 6:** Die Verbreitung der kälteliebenden Steinfliege *Nemoura mortioni* ist rückläufig. Die Gerade zeigt den Trend mit dem 95 %-Vertrauensbereich. Foto Christian Roesti