

BDM-FACTS

NR. 4 / MÄRZ 2012: KLIMAWANDEL

Doronicum elusii (Foto: J. Schmitt)

Auswertungen der BDM-Daten zeigen, dass typische Gebirgspflanzen ihre Verbreitung in noch höhere Lagen ausgedehnt haben. Generell dringen wärmeliebende Gefässpflanzenarten in bisher kühlere Gebiete vor. In den klimatisch milden Lagen haben vor allem kurzlebige und trockenheitstolerante Arten und Neophyten signifikant zugenommen. Obwohl sich solche Trends bequem als eine Folge des Klimawandels deuten lassen, dürften auch andere Ursachen daran beteiligt sein.

Spuren des Klimawandels in der Vegetation?

In den letzten rund hundert Jahren hat ein deutlicher Wandel der Vegetation stattgefunden. Die Wälder haben sich ausgedehnt und sind dichter, die Wiesen und Weiden sind artenärmer und wüchsiger geworden. Moore und Trockenbiotope sind im grossen Ausmass verschwunden. Solch langfristige und grossräumig stattfindende Veränderungen soll in Zukunft das Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM frühzeitig erkennen, so dass womöglich lenkend eingegriffen werden kann. Das BDM erfasst seit 2001 auf einem landesweiten Messnetz von rund 2000 Dauerbeobachtungsflächen unter anderem den Artenreichtum von Gefässpflanzen. Jede

Messfläche wird alle 5 Jahre aufgesucht und die darin vorkommenden Arten werden registriert.

Nach 10 Beobachtungsjahren hat die Koordinationsstelle BDM in den Daten nach Anzeichen und allfälligen Ursachen für allgemeine Veränderungen der Vegetation der Schweiz gesucht. Zu diesem Zweck wurden ökologisch interpretierbare Gruppen von Zeigerarten (Landolt et al. 2010) ausgewertet. Untersucht wurden insbesondere Artengruppen, die bestimmte Klima- oder Bodeneigenschaften anzeigen und damit indirekt Auskunft über den Zustand ihres Lebensraums geben. Das vorliegende Faktenblatt fasst daraus diejenigen

Trends zusammen, die sich als Auswirkung des Klimawandels interpretieren lassen.

Ausbreitung in höhere Lagen

Verschiedene Ergebnisse legen nahe, dass sich die Höhenverbreitung der Gefässpflanzenarten gegenwärtig verändert. In hochmontanen und subalpinen Höhenlagen (Berggrünlandstufe) stellen wir eine überdurchschnittliche Zunahme von Arten fest, die eigentlich für tiefer gelegene, mildere Lagen kennzeichnend sind. Auch typische Pflanzenarten von Lebensräumen über der Baumgrenze dehnen ihr Verbreitungsgebiet



in noch höhere Regionen aus (Abb. 1). Die Höhenlage der Fundstellen, wo typische Gebirgspflanzen wachsen, ist seit Beginn der Erhebungen im Jahr 2001 im Durchschnitt um 15 bis 20 Meter angestiegen. Die anhand von BDM-Daten gemessene Geschwindigkeit, mit der ein «Aufstieg» bei den Gefäßpflanzen stattfindet, ist ähnlich der Geschwindigkeit für kälteliebende Moose, die mit Hilfe historischer Daten für die schweizerischen Alpen geschätzt wurde (24 Meter pro Jahrzehnt, siehe Bergamini et al. 2009).

Diese Befunde stimmen mit Prognosen aus Computermodellen insofern überein, als dass für Gebirgslagen eine Zunahme der Artenzahl vorausgesagt wurde (z.B. Pearman et al. 2011). Weniger eindeutig ist, welche Veränderungen sich am unteren Rand der Höhenverbreitung langfristig ergeben werden. Während theoretische Modelle und zum Teil auch empirische Daten eine parallele Verschiebung der Verbreitungsgrenzen nach oben postulieren (z.B. Lenoir et al. 2008), lässt sich in den BDM-Daten bisher kein Rückzug der Gebirgspflanzenarten am unteren Rand erkennen (Abb. 1) – ein spannendes Resultat. Vermutlich ist die Höhenverbreitung von Gebirgspflanzen nur an der oberen Grenze überwiegend klimatisch bedingt, während in tieferen Lagen die ökologische Nische zunehmend auch durch andere ökologische Faktoren wie z.B. Interaktionen mit Konkurrenten, Fressfeinden und Krankheiten definiert ist (Frei et al. 2010). Oder aber es braucht schlicht noch mehr Zeit, bis ein Rückgang messbar wird. Das BDM hält die Rohdaten für vertiefte Analysen bereit.

Starke Indizien, noch keine Beweise

Wenn in unberührten alpinen Landschaften plötzlich mehr Pflanzenarten wachsen als früher, ist ein verändertes Klima die naheliegende Erklärung, denn im hohen Gebirge ist der Einfluss des Menschen gering. Trotz der starken Indizien

Abb. 1 Anstieg der Artnachweise typischer Gebirgspflanzen seit 2001

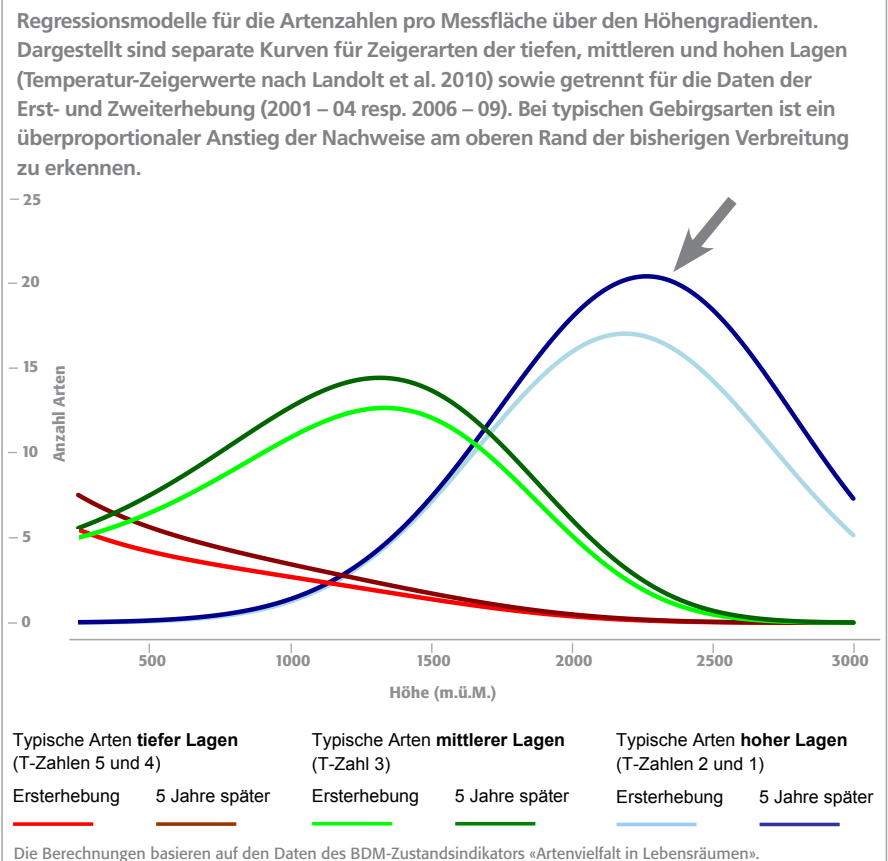


Abb. 2 Gefäßpflanzen alpiner Lagen

Das BDM stellt fest, dass solche typische Gebirgspflanzen ihr Verbreitungsgebiet in noch höhere Lagen ausdehnen. Bild: Stumpflättrige Weide (*Salix retusa*).



ist es aus methodischen Gründen bislang nicht möglich, den kausalen Zusammenhang zwischen den beobachteten Vegetationsveränderungen und dem Klimawandel eindeutig zu beweisen.

In tieferen Lagen ist dies noch schwieriger. Denn gleichzeitig mit der fortschreitenden Klimaerwärmung hat sich dort auch die Nutzung der Landschaft durch den Menschen verändert: Siedlungsraum und Ver-

kehrsträger haben sich ausgedehnt, die Methoden und Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung befinden sich in stetigem Wandel.

Es wäre deshalb zu einfach, das veränderte Klima als einzige Ursache für aktuelle Vegetationstrends anzuführen. In der Folge sollen weitere Befunde beschrieben werden, die sich zwar plausibel mit dem Phänomen der Klimaerwärmung erklären lassen, bei denen aber auch weitere

Ursachen eine entscheidende Rolle spielen könnten.

Mehr Wärme, Trockenheit und eine Ruderalisierung in tiefen Lagen

Für das Mittelland und für milde Lagen generell gibt es Hinweise, dass die Lebensräume für Pflanzen einerseits wärmer, andererseits aber auch trockener werden. Neben Wärmezeigern haben in den letzten 10 Jahren auch trockenheitstolerante Gefässpflanzenarten in tiefen Lagen statistisch signifikant zugenommen, zumindest auf der Landschaftsebene (Abb. 3). Dem Autor sind keine anderen Studien bekannt, die diesen Trend beschreiben. Der Befund deckt sich aber mit den Ergebnissen neuester Klimamodelle, die im Verlauf des 21. Jahrhunderts zunehmende Trockenheit voraussagen (CH2011, 2011). Zumindest während der letzten 30 Jahre hat die Winter-Niederschlagsmenge an vielen Messstationen signifikant abgenommen, vor allem im Alpenraum sowie im Westen der Schweiz (<http://www.meteoschweiz.admin.ch/>). Die von Meteoschweiz publizierten Klimatrends der letzten Jahrzehnte zeigen bei den Niederschlägen je nach Region und betrachteter Zeitperiode allerdings andere, teils abweichende Muster.

Besonders deutlich ist die Artenzunahme bei den Unkraut- und Ruderalpflanzen in den milden Lagen der Schweiz (bis und mit Obst-Ackerbaustufe) (Abb. 3). Darunter befinden sich vor allem Pflanzenarten mit kurzem Lebenszyklus, die innert ein bis zwei Jahren keimen, blühen, viele Samen bilden und dann absterben. Wohl deshalb können sich diese Arten schneller als andere in der Landschaft ausbreiten, so dass die Zunahme bereits nach der Beobachtungsdauer von nur 10 Jahren auffällt. Diese Pflanzenarten bevorzugen offene Standorte wie Äcker, Wegränder und Abstellplätze, wo sie in Vegetationslücken aufkommen können. Die Zunahme solcher Arten ist denn auch im Siedlungs- und Ackerbaugebiet am stärksten.

Abb. 3 Zunahme von Trockenzeigern und Ruderalpflanzen

Veränderung der mittleren Artenzahl von Unkraut- und Ruderalpflanzen (linke Grafik, rot) und von Trockenzeigern (rechte Grafik, grün) im Vergleich mit der Veränderung aller anderen Gefässpflanzenarten (blau) von der BDM-Ersterhebung 2001-05 zur Zweiterhebung 2006-10. Ausgewertet wurden alle BDM-Messflächen tiefer Lagen (bis und mit Obst-Ackerbaustufe). Dargestellt sind Mittelwerte der Prozentanteile pro Messfläche mit 95% Vertrauensbereich.

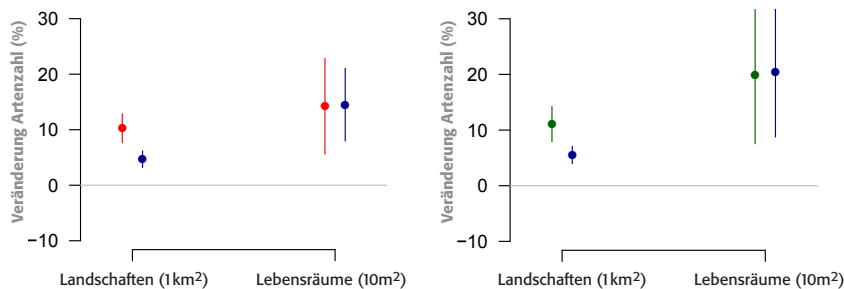


Abb. 4 Ruderalpflanzen der Tieflagen

Güterumschlagplatz im klimatisch milden Basel als Lebensraum für Ruderalpflanzen und Eintrittspforte für Neophyten.



Weil die meisten Unkraut- und Ruderalpflanzen typischerweise warme Standorte besiedeln (Landolt et al. 2010), könnten sie durch die Klimaerwärmung durchaus begünstigt worden sein. Ebenso gut lässt sich ihre Ausbreitung aber auch dadurch erklären, dass ihre Samen wegen gestiegenem Verkehrsaufkommen effizienter verfrachtet wurden, oder dass durch veränderte Bewirtschaftungspraktiken in der Landwirtschaft mehr günstige Standorte für diese Pflanzen entstanden sind.

Neophyten im Vormarsch

Eine Artengruppe, die unter den Ruderal- und Pionierpflanzen stark vertreten ist, sind die Neophyten. Diese nicht-einheimischen Pflanzen haben sich erst in jüngerer Zeit in die

Schweiz angesiedelt. Ihre Verbreitung ist gemäss wissenschaftlichen Studien stark durch warme Temperaturen sowie die Nähe zu Siedlung und Infrastruktur geprägt (Nobis et al. 2009, Walther 2002). Im BDM zeigt sich, dass die Zahl der beobachteten Neophyten-Arten pro BDM-Messfläche seit 2001 nachweisbar zugenommen hat. Das gilt zwar auch für die einheimischen Arten, doch haben Neophyten im Verhältnis zum Ausgangszustand bei der Ersterhebung 2001 bis 2005 stärker zugelegt als die einheimischen Arten (Abb. 5).

Unter den Neophyten haben seit 2001 besonders diejenigen Arten zugenommen, die eine hohe Affinität zu warmen Temperaturen haben. Neophyten mit auffällig starker Ausbreitung und hohem Temperaturzeigerwert nach Landolt et al. (2010)

sind etwa das Kanadische Berufskraut (*Conyza canadensis*), der Sommerflieder (*Buddleja davidii*) und die Haarästige Rispenhirse (*Panicum capillare*). Bemerkenswert ist auch, dass Neophyten in den vergangenen Jahren auch verstärkt in der deutlich kühleren montanen Stufe auftreten – also ausserhalb ihrer bisher klimatisch bevorzugten Gebiete (Abb. 5). Trotz all dieser Fakten: Dass sich Neophyten zuerst in urbanen Zentren ansiedeln, könnte mehr mit den vielen Eintrittspforten (Bahnhöfe, Flughäfen, Strassen) als mit mildem Klima zu tun haben. Und dass Neophyten ihr Verbreitungsgebiet nach ihrer Ankunft noch ausweiten, wäre auch ohne Klimaerwärmung zu erwarten. Deshalb sind im Einzelfall die ökologischen Ansprüche einer Neophyten-Art und die Rolle des Klimas zu prüfen. (z.B. Walther et al. 2007).

Bedeutung der beobachteten Veränderungen

Gemäss Daten des BDM und etlichen wissenschaftlichen Studien sprechen viele Indizien dafür, dass sich die Klimaerwärmung aktuell auf unsere Vegetation auswirkt, und zwar am deutlichsten im Gebirge. Dort wo gleichzeitig der Mensch die Landschaft nutzt, ist sein direktes Einwirken auf die Pflanzenwelt via Land- und Forstwirtschaft, Verkehr und Bautätigkeit wohl nach wie vor stärker.

Im Vergleich zur Lebensdauer der meisten Pflanzenarten – aber auch in historischen Dimensionen – sind zehn Jahre eine sehr kurze Beobachtungsdauer, um grossräumigen, kontinuierlichen Vegetationswandel nachzuweisen. Bemerkenswert dabei ist, dass in der Schweiz seit Beginn der BDM-Erhebungen im Jahr 2001 kein deutlicher Anstieg der mittleren Jahres-Temperatur verzeichnet wurde. Zeigen die BDM-Daten tatsächlich die Auswirkungen des Klimawandels, muss es sich um die Fortsetzung einer Entwicklung handeln, die bereits früher eingesetzt hat. Kurzzeitige Witterungsschwankungen von ein paar Jahren vermögen diesen Langfristtrend einer über-

Abb. 5 Zuwachs bei den nicht-einheimischen Gefässpflanzenarten

Entwicklung der durch den Menschen seit 1500 eingeschleppten, nicht-einheimischen Gefässpflanzen (Neophyten, grün) im Vergleich zu den übrigen Gefässpflanzen (blau). Pro Höhenstufe dargestellt ist der mittlere Zuwachs der Artenzahl pro Messfläche zwischen der BDM-Ersterhebung 2001-04 und der Zweiterhebung 2006-09, mit 95%-Vertrauensbereich. * = statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0.05$).

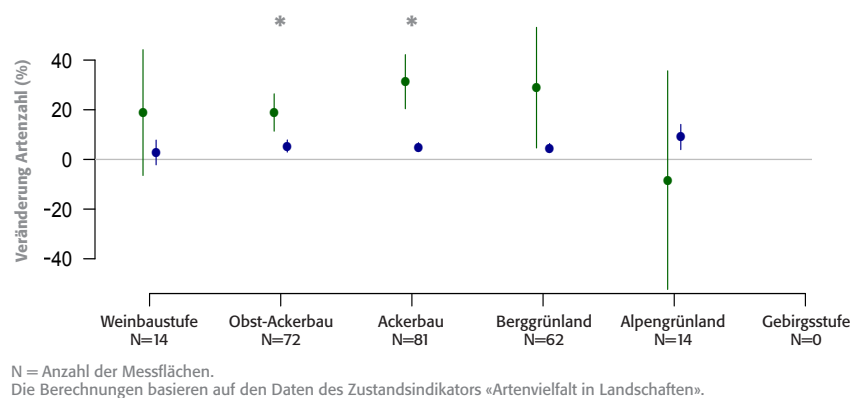


Abb. 6 Neophyten in warmen Gefilden. Bild: Sommerflieder (*Buddleja davidii*)



durchschnittlich warmen Klimaphase nicht zu beeinflussen. Deshalb wohl reicht das BDM-Zeitfenster von nur 10 Jahren bereits aus, um den anhaltenden generellen Trend einer veränderten Höhenverbreitung von Gefässpflanzenarten zu belegen.

Bislang ist das Ausmass der seit 2001 im BDM festgestellten Trends nur gering. Der Zuwachs bei den ausgewerteten Artgruppen liegt im Bereich von ein bis zwei Prozent bezogen auf die Anzahl der Artbeobachtungen aus der Ersterhebung der Messflächen. Hochgerechnet auf Jahrzehnte kann eine solche Entwicklung für die Biodiversität aber durchaus relevant werden. Dies zeigen zum Beispiel die beeindruckenden Veränderungen der Flora im Bereich der Alpengipfel in den letzten rund 100 Jahren (Vittoz et al. 2009, Holzinger et al. 2008, Frei et

al. 2010). Bisherige Studien konnten aus methodischen Gründen meist nur lokal die klimabedingten Reaktionen von Gefässpflanzenarten über Jahrzehnte hinweg und für hochalpine Bereiche beschreiben. Mit den BDM-Daten lassen sich nun ähnliche Trends für eine kürzere Zeitspanne, über die gesamte Fläche der Schweiz und für eine breitere Palette von Lebensräumen als allgemeines Phänomen bestätigen (siehe auch Gottfried et al. 2012). Die Analysemöglichkeiten der BDM-Daten sind in diesem Zusammenhang noch längst nicht ausgeschöpft.

Christoph Bühler
buehler@hintermannweber.ch

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei Pascal Vittoz (Universität Lausanne), Veronika Stöckli (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF) und Gian-Reto Walther (Bundesamt für Umwelt BAFU) für die wertvollen Anregungen und die Kommentare zu Entwürfen dieses Factsheets.

Literatur- und Quellenangaben

Bergamini, A., Ungricht, S. & Hofmann, H. (2009): An elevational shift of cryophilous bryophytes in the last century – an effect of climate warming? *Diversity and Distributions* 15: 871-879.

CH2011 (2011): *Swiss Climate Change Scenarios CH2011*, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88 pp.

Frei, E., Bodin, J. & Walther G.-R. (2010): Plant species' range shifts in mountaineous areas – all uphill from here? *Botanica Helvetica* 120: 117-128.

Gottfried, M. und 31 weitere Autoren (2012): Continent-wide response of mountain vegetation to climate chan-

ge. *Nature Climate Change* 2(2). doi:10.1038/nclimate1329

Holzinger, B., Hulber, K., Camenisch, M. & Grabherr, G. (2008): Changes in plant species richness over the last century in the eastern Swiss Alps: elevational gradient, bedrock effects and migration rates. *Plant Ecology* 195: 179-196.

Landolt, E. et al. (2010): *Flora indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. Haupt Verlag, Bern, 378 S.

Lenoir et al. (2008): A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century. *Science* 320 (5884): 1768-1771.

Nobis, M. P., Jaeger, J. A. G. & Zimmermann, N. E. (2009): Neophyte species richness at the landscape scale under urban sprawl and climate warming. *Diversity and Distributions* 15: 928–939.

Pearman, P. B., Guisan, A. & Zimmermann, N. E. (2011): Impacts of climate change on Swiss biodiversity: an indicator taxa approach. *Biological Conservation* 144: 866-875.

Vittoz, P., Dussex, N., Wassel, J. & Guisan, A. (2009): Diaspore traits discriminate good from weak colo-

nisers on high-elevation summits. *Basic and Applied Ecology* 10: 508-515.

Walther, G.-R. (2002:) Weakening of climatic constraints with global warming and its consequences for evergreen broad-leaved species. *Folia Geobotanica* 37: 129-139.

Walther, G.-R., Gritti, G.E., Berger, S., Hickler, T., Tang, Z. & Sykes, M.T. (2007): Palms tracking climate change. *Global Ecology and Biogeography* 16: 801-809.

Das **Biodiversitätsmonitoring**

Schweiz (BDM) ist ein langfristiges Beobachtungsprogramm des Bundesamts für Umwelt BAFU zur Überwachung der biologischen Vielfalt des Landes.

BDM-FACTS beleuchtet regelmässig wichtige Erkenntnisse aus dem BDM.

Das Infoblatt erscheint ausschliesslich als PDF und kann auf der Website des BDM heruntergeladen werden:

www.biodiversitymonitoring.ch/publikationen

Herausgeber: Bundesamt für Umwelt BAFU,

www.umwelt-schweiz.ch
