

BDM-FACTS

NR. 6 / JUNI 2013: WANDEL DER PFLANZENVIELFALT



Verwaldung im Berner Oberland (Foto: Andreas Ryser)

Neue Untersuchungen mit BDM-Daten legen nahe, dass sich die Pflanzenvielfalt je nach Ökologie der Arten unterschiedlich entwickelt. So ist beispielsweise mit einem Zuwachs von ursprünglich nicht einheimischen Pflanzenarten zu rechnen, da die Klimaerwärmung sowie die wachsende Siedlungsfläche diese Artengruppe begünstigen. Im Gegensatz dazu ist von einem Rückgang des Reichtums einheimischer Arten auszugehen – bei ihnen wirken sich Klimaerwärmung und Veränderungen der Landnutzung negativ aus.

Unterschiedlicher Wandel der Pflanzenvielfalt

In der Schweiz hängt die Artenvielfalt der Farn- und Blütenpflanzen grossräumig hauptsächlich von Landnutzung und Klima ab. So hat die Schaffung von Kulturlandschaften in den letzten Jahrhunderten erheblich zum landschaftlichen und biologischen Reichtum unseres Landes beigetragen. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts jedoch wirkt sich der vom Menschen geprägte Landschaftswandel negativ auf diese Vielfalt aus. Problematisch aus Sicht der Artenvielfalt ist zum Beispiel der Rückgang der Landwirtschaft in den Alpen während sich die Landnutzung in den Tieflagen intensiviert (Lachat et al., 2010; Ewald & Klaus, 2010).

Seit Ende des 20. Jahrhunderts lassen sich zudem Veränderungen feststellen, welche die Wissenschaft auf den globalen Klimawandel zurückführt (Forum Biodiversität Schweiz, 2007). Dessen Auswirkungen sind zunehmend in den Fokus der Biodiversitätsforschung gerückt.

Verschiedene Szenarien berücksichtigt

Wenn man dem prognostizierten Verlust der biologischen Vielfalt begegnen will, ist es wichtig zu wissen, welche Effekte durch kommende Landnutzungs- und Klimaveränderungen für die Artenvielfalt zu erwarten

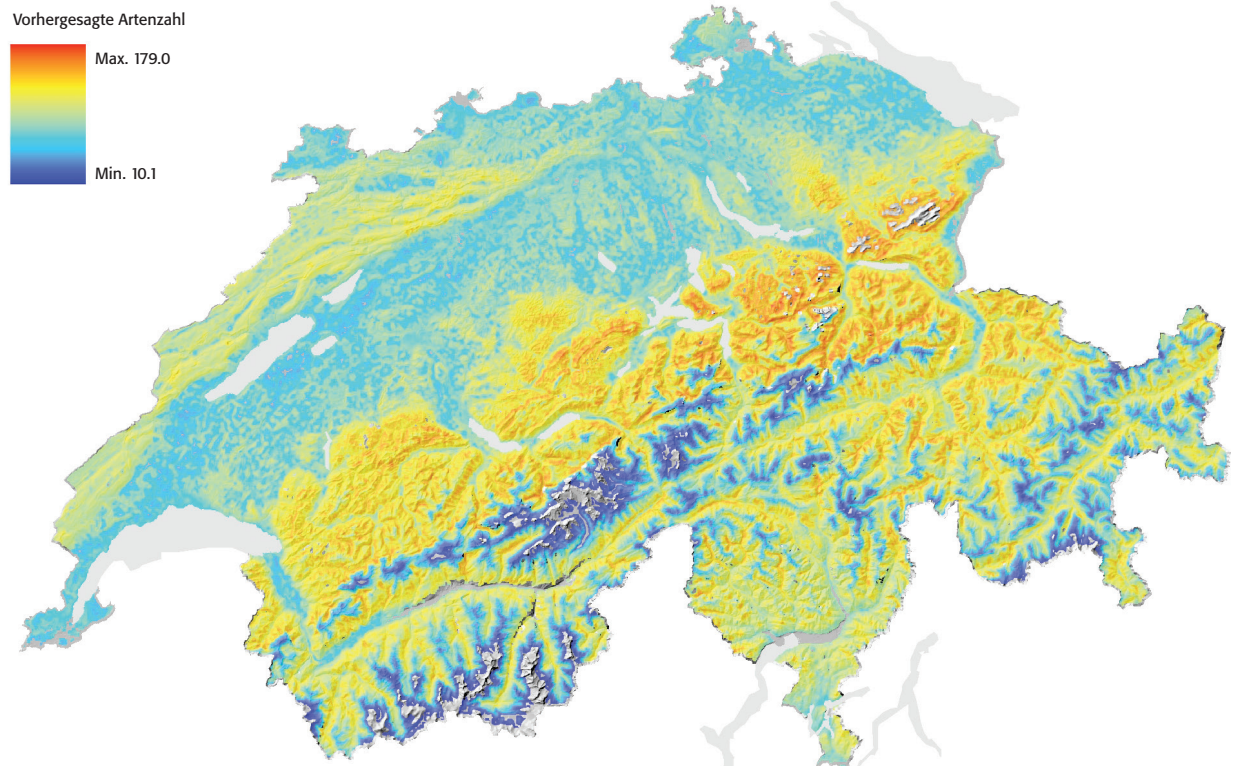
sind. Zur Beantwortung dieser Frage hat das Biodiversitätsmonitoring Schweiz eine gute Grundlage geschaffen. Die detaillierten BDM-Daten erlauben nämlich, mit Hilfe von statistischen Modellen die zukünftigen Veränderungen der biologischen Vielfalt genauer abzuschätzen.

Während die meisten bisherigen Untersuchungen in diesem Bereich entweder Veränderungen grösserer taxonomischer Gruppen (etwa aller Gefässpflanzen) oder die Veränderungen einzelner Arten analysierten, geht die hier vorgestellte Untersuchung auf ökologisch interpretierbare Artengruppen ein – ausgehend von der Annahme, dass Arten mit



Abb. 1 Aktuelle räumliche Verteilung der Artenzahlen für Hemikryptophyten

Die Karte zeigt die landesweit mit einem statistischen Modell (GLM) errechneten Artenzahlen pro Quadratkilometer für Hemikryptophyten (Pflanzen mit Überdauerungsknospen an der Erdoberfläche), basierend auf Daten des BDM-Zustandsindikators «Artenvielfalt in Landschaften». Die Farben veranschaulichen unterschiedlich hohe Artenzahlen (Rot: hohe Artenzahlen, Blau: geringe Artenzahlen; siehe auch <http://www.wsl.ch/biodiversitymaps>).



ähnlichen ökologischen Merkmalen auch ähnliche Veränderungstendenzen aufweisen.

Untersucht wurden Gefässpflanzengruppen auf Grundlage von Daten des BDM-Zustandsindikators «Artenvielfalt in Landschaften». Die Einteilung der Artengruppen erfolgte gemäss der Flora indicativa (Landolt et al., 2010) in einheimische und ursprünglich nicht-einheimische Arten oder anhand der Lebensformen. Mit Hilfe von statistischen Modellen der aktuellen Artenzahlen jeder Gruppe wurden – unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien für Klimaerwärmung und Landnutzung – die zu erwartenden Veränderungen der Artenzahl pro Quadratkilometer für das Jahr 2050 modelliert. Damit erfasst die Untersuchung eher die Verschiebung heutiger Verbreitungsmuster als das Auftreten neuer Arten. Die Umweltszenarien umfassen jeweils ein Szenario mit starken (Hi) und eines mit geringen Veränderungen (Low).

Die Klimaszenarien basieren auf IPCC-Szenarien (IPCC, 2007) und gehen von einer Erhöhung der Jahresmitteltemperatur von 1,0 beziehungsweise 2,9 °C bis 2050 aus. Die Landnutzungsszenarien umfassen zum einen die Zunahme der Waldfläche (eine der stärksten aktuellen Veränderungen der Bodenbedeckung; vgl. Gehrig-Fasel et al., 2007) auf Kosten bisher ungenutzter (Low-Szenario) oder zusätzlich landwirtschaftlich genutzter Gebiete (Hi-Szenario; modelliert mit Daten der «Arealstatistik der Schweiz» 1979/85 vs. 1992/97). Zum anderen wurde eine Zunahme der Siedlungsfläche basierend auf Hi- und Low-Szenarien des NFP 54 «Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung» verwendet (Jaeger et al. 2008, Nobis et al. 2009).

Für jede Artengruppe wurden neben der Veränderung der mittleren Artenzahl pro Quadratkilometer zusätzlich die potenziellen Auswirkungen der berücksichtigten

Umweltveränderungen abgeschätzt. Da zukünftige Entwicklungen mit Unsicherheiten behaftet sind, wurden die vorhergesagten Artenzahlen über sämtliche Kombinationen der Szenarien gemittelt. Aufnahmeflächen, bei denen Umweltbedingungen bis zum Jahr 2050 Werte erreichen werden, die heute in der BDM-Stichprobe nicht vorkommen, wurden von der Analyse ausgeschlossen. Auf solchen Flächen wären vorhergesagte Artenzahlen mit besonders grossen Unsicherheiten verbunden.

Übereinstimmung mit anderen Vorhersagen

Es zeigte sich zunächst, dass die verwendeten statistischen Modelle die aktuelle räumliche Verteilung der Artenzahlen für die einzelnen Artengruppen plausibel wiedergeben (vgl. Beispiel für Hemikryptophyten, d.h. Pflanzen mit Überdauerungsknospen an der Erdoberfläche, Abb. 1). Die Ergebnisse verdeutlichen, dass für

die verschiedenen Artengruppen unterschiedliche Umweltfaktoren von Bedeutung sind und auch derselbe Umweltfaktor je nach Artengruppe eine Zunahme oder Abnahme der Artenzahl je Quadratkilometer bewirken kann.

Zudem prognostizieren die Modelle, dass die Artenzahlen einheimischer Gefässpflanzen (indigene Arten) bis 2050 im landesweiten Durchschnitt abnehmen, während die Artenzahlen der ursprünglich nicht-einheimischen Arten zunehmen (Abb. 3). Die Resultate für einheimische Arten stimmen mit Modellvorhersagen anderer Autoren überein (z. B. Engler et al., 2011, Pearman et al., 2011). Die voraussichtliche Zunahme ursprünglich nicht-einheimischer Arten wird auch durch die bisherigen Beobachtungen des BDM gestützt (siehe BDM-Facts Nr. 4).

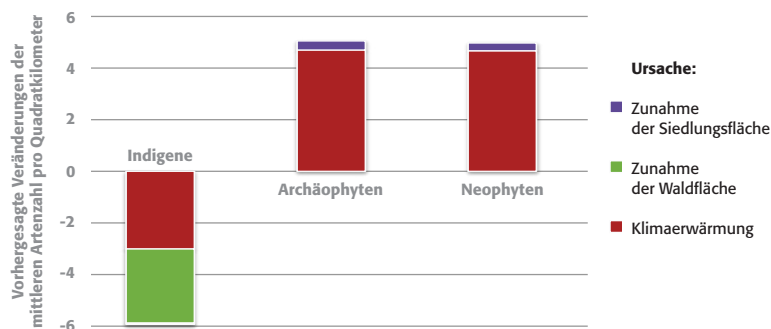
Bei den nicht-einheimischen Pflanzen unterscheidet man zwischen den Archäophyten (Abb. 2), die vor 1492 mit dem Menschen in die Schweiz gelangt sind, und den Neophyten, die danach unser Land besiedelten (Tab. 1, Abb. 3). Eine rasche Reaktion der Neophyten und Archäophyten auf Umweltveränderungen wird unter anderem dadurch begünstigt, dass es sich bei diesen Pflanzen oft um Ruderalarten mit hohem Ausbreitungspotenzial handelt. Wie bereits eine frühere Arbeit (Nobis et al., 2009) gezeigt hat, begünstigen hohe Jahresmitteltemperaturen und die Ausdehnung von Siedlungen die Zunahme der Artenzahlen ursprünglich nicht-einheimischer Arten. Hingegen weist der vorhergesagte Rückgang einheimischer Arten darauf hin, dass bei einer verminderten landwirtschaftlichen Nutzung in den Hochlagen die Zunahme der Waldfläche und die damit verbundene Abnahme artenreicher Offenlandhabitate eine ähnlich grosse Rolle spielen kann wie die Klimaerwärmung (Titelbild, Tab. 1).

Abb. 2 Der Portulak (*Portulaca oleracea*) – ein typischer Archäophyt



Abb. 3 Veränderung ursprünglich (nicht-)einheimischer Gefässpflanzenarten

Vorhergesagte Veränderungen der mittleren Artenzahl pro Quadratkilometer infolge von Klima- und Landnutzungswandel für einheimische und ursprünglich nicht-einheimische Gefässpflanzenarten bis ins Jahr 2050.



Tab. 1 Veränderungen der Artenzahl verschiedener Artengruppen

Vorhergesagte Veränderungen der mittleren Artenzahl pro Quadratkilometer infolge von Klima- und Landnutzungswandel für verschiedene Artengruppen bis ins Jahr 2050. Die Fachausdrücke der Artengruppen sind im Lauftext (S. 3/4) erklärt.

Art und Zeit der Einwanderung	Mittlere Artenzahl pro km ²	Veränderungen der mittleren Artenzahl je Quadratkilometer bis 2050			Veränderungen insgesamt
		Klimaerwärmung	Zunahme der Waldfläche	Zunahme der Siedlungsfläche	
Indigene	174,1	-3,0	-2,9	-0,02	-6,0
Archäophyten	9,6	4,7	-	0,4	5,0
Neophyten	4,8	4,7	-	0,4	4,8
Lebensformen					
Therophyten	16,6	8,0	-	0,3	8,3
Geophyten	17,4	0,9	0,3	-	1,1
Hemikryptophyten	121,3	-2,1	-2,7	-0,01	-4,9
Chamaephyten	16,3	-2,3	-0,6	0,1	-2,8
Phanerophyten	20,3	5,4	-	0,1	5,5

Die Gesamtveränderung der mittleren Artenzahl kann durch Wechselwirkungen zwischen mehreren Faktoren von der Summe der einzelnen Umweltveränderungen abweichen. Umweltveränderungen ohne Angaben sind statistisch gesehen für die Artenzahl der jeweiligen Gruppe von untergeordneter Bedeutung. Veränderungen, die weniger als 1% der mittleren Artenzahl ausmachen, sind ohne Richtungsfeile dargestellt.

Gehölze und kurzlebige Arten profitieren

Die Berechnungen für unterschiedliche Lebensformen zeigen, dass vor allem mit einer Zunahme einjähriger Arten (Therophyten) sowie der Bäume und Sträucher (Phanerophyten) zu rechnen ist (Tab. 1). Im Gegensatz dazu wird besonders für Pflanzenarten mit bodennahen Überdauerungsknospen (Hemikryptophyten) eine Abnahme der durchschnittlichen Artenzahl pro Quadratkilometer prognostiziert (Abb. 5). Diese zu erwartenden Entwicklungen werden durch die Klimaerwärmung bedingt – bei Hemikryptophyten aber auch durch die Veränderungen der Landnutzung. Dieser Befund passt zu den für einheimische und nicht-einheimische Pflanzen vorhergesagten Veränderungen: Bei vielen Neophyten handelt es sich nämlich um kurzlebige, ruderales Arten (Therophyten) und bei vielen Einheimischen um Hemikryptophyten.

Die Modellrechnungen zeigen also, dass für die ökologischen Artengruppen unterschiedliche Umweltfaktoren von Bedeutung sind und dass ein bestimmter Umweltfaktor je nach Artengruppe eine Zunahme oder Abnahme der Artenzahl pro Quadratkilometer bewirken kann. Inwieweit prognostizierte und tatsächlich beobachtete Veränderungen der Artenzahlen auf Landschaftsebene übereinstimmen, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Diese werden dazu beitragen, die Zuverlässigkeit der Modellberechnungen zu überprüfen und weiter zu verbessern.

Hiltrud Brose
brose.hiltrud@gmail.com

Michael Nobis
michael.nobis@wsl.ch

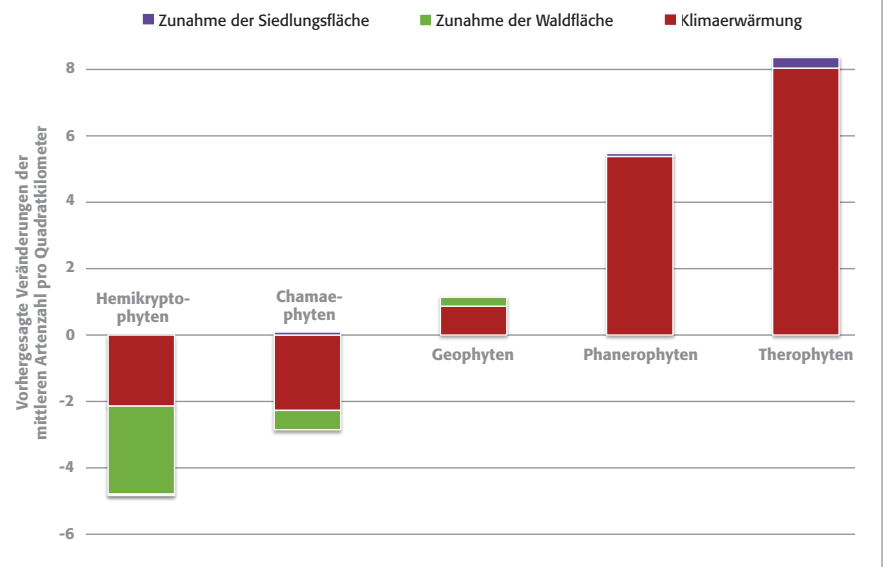
Die hier vorgestellte Untersuchung wurde im Rahmen einer Forschungszusammenarbeit zwischen BAFU und WSL durchgeführt und ist Teil der Dissertation von Hiltrud Brose (Brose, 2011).

Abb. 4 Die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) – ein typischer Chamaephyt



Abb. 5 Veränderung für Lebensformen-Gruppen

Vorhergesagte Veränderungen der mittleren Artenzahl pro Quadratkilometer infolge von Klima- und Landnutzungswandel für Lebensformen-Gruppen bis ins Jahr 2050.



Danksagung

Unser Dank gilt Jochen Jaeger und Christian Schwick für die Bereitstellung der NFP54-Siedlungsszenarien sowie Matthias Plattner und Gian-Reto Walther für wertvolle Anregungen und Kommentare zum Manuskript.

Literatur- und Quellenangaben

Brose, H. (2011): Analyzing distributions and dynamics of vascular plant species richness at the landscape scale in Switzerland. A study based

on the deconstructive approach to biodiversity. Dissertation Univ. Bern. 117 S.

Engler, R.; Randin, C.R.; Thuiller, W.; Dullinger, S.; Zimmermann, N.E.; Araújo, M.B.; Pearman, P.B.; Albert, C.H.; Choler, P.; de Lamo, X.; Dirnböck, T.; Gómez-García, D.; Grytnes, J.-A.; Heegard, E.; Høistad, F.; Le Lay, G.; Nogues-Bravo, D.; Normand, S.; Piédalu, C.; Puscas, M.; Sebastià, M.-T.; Stanisci, A.; Theurillat, J.-P.; Trivedi, M.; Vittoz, P.; Guisan, A., 2011: 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology* 17: 2330-2341.

Ewald, K.C.; Klaus, G. 2010: Die ausgewechselte Landschaft – Vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource. Haupt Verlag, Bern.

Forum Biodiversität Schweiz 2007: Biodiversität und Klimawandel. Hotspot 16: 10-17.

Gehrig-Fasel, J.; Guisan, A.; Zimmermann, N.E. 2007: Tree line shifts in the Swiss Alps: Climate change or land abandonment? *Journal of Vegetation Science* 18: 571-582.

IPCC 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Jaeger, J.; Schwick, C.; Bertiller, R.; Kienast, F. 2008: Landschaftszersiedelung Schweiz - Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung.

Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Schweizerischer Nationalfonds, Nationales Forschungsprogramm NFP 54 „Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung“. Zürich.

Lachat, T.; Pauli, D.; Gonseth, Y.; Klaus, G.; Scheidegger, C.; Vittoz, P.; Walter, T. (Red.) 2010: Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? BristolStiftung, Zürich. Haupt Verlag, Bern.

Landolt, E.; Bäumler, B.; Erhardt, A.; Hegg, O.; Klötzli, F.; Lämmler, W.; Nobis, M.; Rudmann-Maurer, K.; Schweingruber, F.H.; Theurillat, J.-P.; Urmi, E.; Vust, M.; Wohlgemuth, T. 2010: Flora indicativa – Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Haupt Verlag, Bern.

Nobis, M.P.; Jaeger, J.A.G.; Zimmermann, N.E. 2009: Neophyte species richness at the landscape scale under urban sprawl and cli-

mate warming. *Diversity and Distributions* 15: 928-939.

Pearman, P.B.; Guisan, A.; Zimmermann, N.E. 2011: Impacts of climate change in Swiss biodiversity: An indicator taxa approach. *Biological Conservation* 144: 866-875.

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.bafu.admin.ch