

Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökosysteme

Von Andreas Fischlin, Systemökologie – Institut für Integrative Biologie, Departement für Umweltwissenschaften, ETH Zürich, CH-8092 Zürich, andreas.fischlin@env.ethz.ch

Der Klimawandel wirkt auf die Ökosysteme der Erde in regional unterschiedlicher Weise und erfolgt im Zusammenspiel mit anderen Umwelteinflüssen wie Landnutzung, Habitatfragmentierung, Stoffeinträge und invasive Arten. Wir müssen damit rechnen, dass sich die Artenzusammensetzung der Ökosysteme stark verändern wird und bei ungebremstem Klimawandel Arten in merklicher Zahl aussterben werden.

Seit die Zusammenfassung des vierten Wissensstandsberichtes des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, www.ipcc.ch) für Entscheidungsträger veröffentlicht wurde, ist der Klimawandel in aller Munde. Bereits im Gang befindliche Veränderungen werden nun allgemein wahrgenommen. Zunehmend wird auch anerkannt, dass der Mensch dafür die Hauptverantwortung trägt. Die dringend notwendige, breite Diskussion zu den Risiken, die mit den verschiedenen Klimaszenarien verknüpft sind, steht aber immer noch aus.

Bedrohte Hotspots

Was bedeutet der Klimawandel langfristig für die Biodiversität? Im neuen Wissensstandsbericht des IPCC wurde unter anderem das Wissen zu dieser Frage analysiert, bewertet und zusammengefasst (Fischlin et al. 2007). Dass der Klimawandel nicht nur physikalische Systeme wie Gewässer und Gletscher verändert, sondern auch viele Arten und damit ganze Ökosysteme beeinflusst, ist allgemein bekannt und gut belegt.

Dass sich Ökosysteme bis zu einem gewissen Grad an neue Lebensbedingungen anpassen können, ist ebenfalls bekannt. Ab welchem Ausmass die Veränderungen die Biodiversität und damit die Ökosystemfunktionen beeinträchtigen, ist allerdings ungenügend erforscht. Was die Auswirkungen auf die Biodiversität betreffen, existieren teilweise sogar gegensätzlich anmutende Vorstellungen.

Müssen wir einen massiven Verlust an Biodiversität befürchten, oder ist der Klimawandel eine Chance für heute durch menschliche Aktivitäten in Bedrängnis geratene Arten, ihren Bestand auszuweiten? Hier gilt es, die verschiedenen Bestandteile der Biodiversität klar auseinanderzuhalten. Biodiversität ist die Vielfalt auf der Ebene der Gene, der Arten und der Ökosysteme. Der Verlust an Vielfalt kann räumlich betrachtet lokal oder gar global sein, wobei ein globales Aussterben irreversibel ist. Trifft es eine Schlüsselart, kann lokales Aussterben für ein Ökosystem fatale Folgen haben. Allgemein wird befürchtet, dass ein Verlust an Biodiversität, egal auf welchem Niveau und auf welcher geographischen Skala, entscheidende Funktionen der Ökosysteme beeinträchtigen oder gar zum Ausfall bringen könnte (Duraiappah et al. 2005). Damit wäre auch die Lebensqualität des Menschen in Gefahr. Leider verstehen wir aber gerade diese Zusammenhänge nur ungenügend. Bisherige Erkenntnisse, die lediglich kleinräumig und für eine beschränkte Anzahl Pflanzenarten gelten, lassen sich keineswegs auf ganze Ökosysteme oder Regionen übertragen.

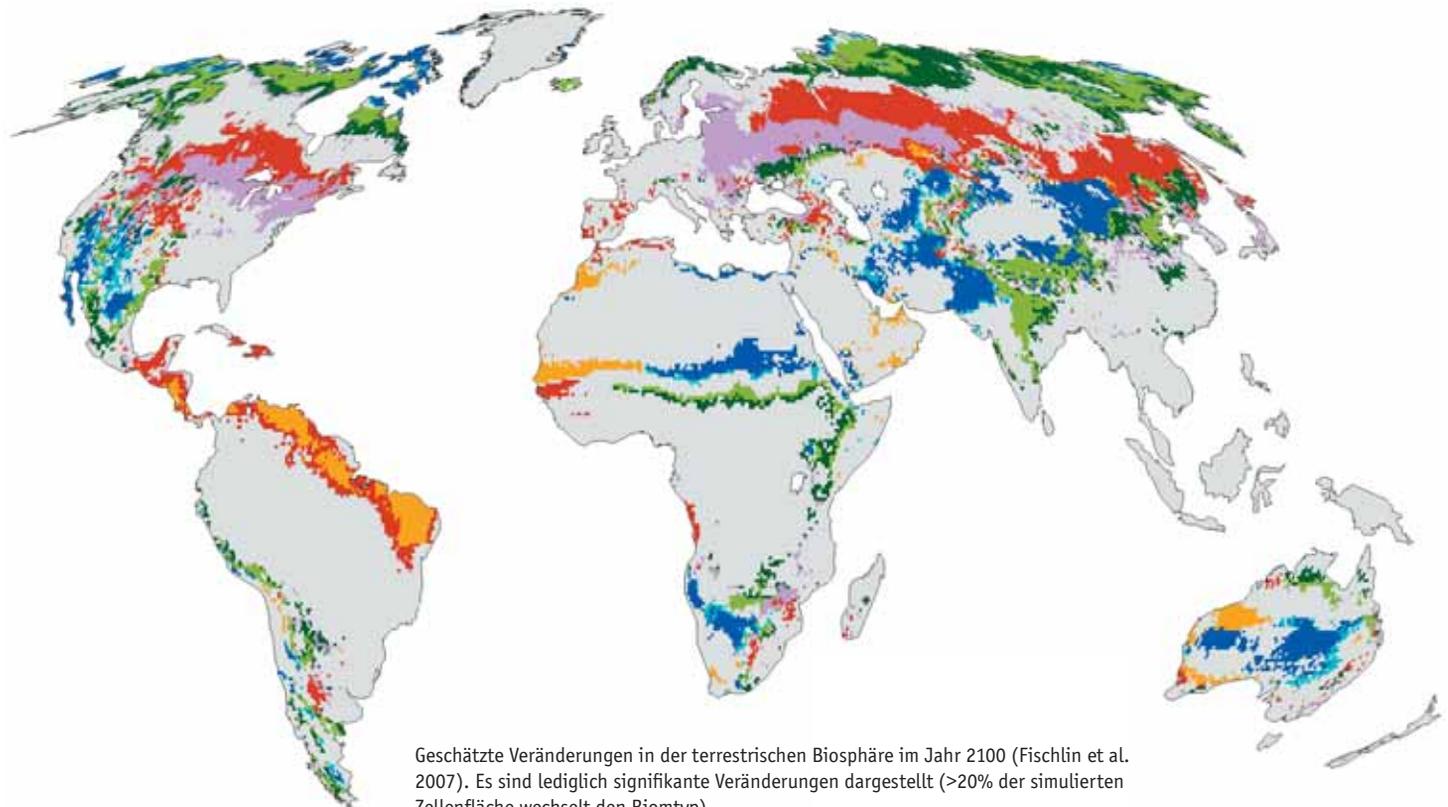
In Zeiten des Klimawandels sollte den 25 Biodiversitäts-Hotspots eine besondere Beachtung geschenkt werden. Ob sie von den zu erwartenden Klimaänderungen verschont oder gar besonders stark betroffen sein werden, ist von immenser Bedeutung für das Schicksal der Biodiversität auf diesem Planeten. Untersuchungen haben leider gezeigt, dass das Letztere der Fall sein wird. Viele Hotspots befinden sich in den Tropen, wo bereits heute eine Vielzahl von Gefährdungsfaktoren wirken. Viele Ökosysteme werden übernutzt oder in Landwirtschaftsland oder Plantagen umgewandelt. Aus evolutiver Sicht ist dies be-

denklich, gelten doch die Tropen als «Wiege» und «Museum» der Biodiversität zugleich (Jablonski et al. 2006).

Überschätzte Migrationsrate

Die Anpassung an veränderte Klimabedingungen geschieht auf Artebene, und nicht auf der Ebene ganzer Lebensgemeinschaften. Man geht deshalb davon aus, dass Lebensgemeinschaften, die polwärts oder im Gebirge aufwärts gewandert sind (siehe Abbildung), nur noch bedingt Ähnlichkeit mit heutigen Lebensgemeinschaften haben. Teilweise dürften neuartige Ökosysteme entstehen, was zumindest erhebliche Änderungen in der Artenzusammensetzung mit sich bringen wird. Aus paleoökologischen Studien vergangener Klimaänderungen wissen wir, dass weniger physiologische oder genetische Anpassungen für das Überleben von Arten entscheidend sind; viel wichtiger ist die Grösse der fundamentalen ökologischen Nische. Diese beschreibt im Gegensatz zur beobachtbaren, realisierten Nische, welche auch durch Einflüsse von Konkurrenten und Fressfeinden mitbestimmt ist, den potenziell besiedelbaren Lebensraum. Ändert sich das Klima, eröffnen sich möglicherweise neue Lebensräume, die aus der heutigen Verbreitung nicht ableitbar sind. Leider ist das Wissen hierzu aber sehr dürftig.

Eine Schlüsselrolle bei den Auswirkungen eines raschen Klimawandels spielt die Ausbreitungsgeschwindigkeit. Studien zeigen, dass es einem Teil der Arten nicht gelingt, rechtzeitig potenziell besiedelbare Standorte zu erreichen. Zudem zeigen einige neuere Arbeiten (z.B. McLachlan et al. 2005, Pearson 2006, Svenning und Skov 2007), dass die «Migrationsraten» bisher eher überschätzt wurden. Selbst von einer äusserst mobilen Art wie



Geschätzte Veränderungen in der terrestrischen Biosphäre im Jahr 2100 (Fischlin et al. 2007). Es sind lediglich signifikante Veränderungen dargestellt (>20% der simulierten Zellenfläche wechselt den Biomtyp).

■ Zunahme der Waldfläche	■ Rückgang der Waldfläche
■ Zunahme der Bedeckung mit Gehölzpflanzen	■ Zunahme der Graslandfläche
■ Rückgang der Wüste	■ Ausdehnung der Wüste
■ Wandel des Waldtyps	

dem Polarfuchs kann nicht einfach angenommen werden, dass sie mit dem Klimawandel Schritt halten kann. Gemäss genetischen Untersuchungen ist es den zentraleuropäischen Populationen am Ende der letzten Eiszeit nicht gelungen, durch eine Nordwanderung der Erwärmung auszuweichen. Die Wiederbesiedelung Skandinaviens erfolgte vom Inneren des eurasischen Kontinents aus (Dalen et al. 2007).

Zwar liefen auch vergangene Klimaveränderungen sehr schnell ab (z.B. 7 °C in 50 Jahren Ende der jüngeren Dryas, Dansgaard et al. 1989). Doch der heutige Klimawandel ist eine noch nie dagewesene Herausforderung für die Biodiversität, weil er in Kombination mit anderen Gefahren wie der intensiven Nutzung oder gar Übernutzung von Ressourcen und sonstigen Eingriffen in die Landschaften abläuft. Wir wissen, dass auch ohne Klimawandel ein beachtlicher Anteil der Arten gefährdet ist (www.iucnredlist.org).

Aussterberisiko und Schutzkonzepte

Obwohl das Gefährdungspotenzial einzelner Arten stark variiert, ist es gelungen,

zumindest für die besser untersuchten Pflanzen- und Tierarten ein Aussterberisiko abzuschätzen (Fischlin et al. 2007). Demnach sind bei einer globalen Erwärmung von 2 bis 3 °C über dem vorindustriellen Niveau weltweit im Durchschnitt zwischen 20 und 30% der höheren Pflanzen- und Tierarten von einem hohen Aussterberisiko bedroht – je nach Region sind es zwischen 1% und 80%.

Es gibt bereits erste Opfer des Klimawandels. Durch die bisherige, als geringfügig einzustufende Erwärmung sind schon Korallen-, rund 70 Amphibienarten und lokal einzelne Schmetterlingsarten ausgestorben. Eine soeben veröffentlichte Studie aus dem Alpenraum (GLORIA, Pauli et al. 2007) zeigt ebenfalls, dass innerhalb eines Jahrzehnts der Lebensraum für nivale Arten kleiner geworden ist, während sich derjenige der eingewanderten Arten aus den unteren Höhenlagen nach oben ausgedehnt hat. Zwar nahm insgesamt die Diversität zu, doch alpine endemische Arten sind nun stärker gefährdet. Damit lassen sich auch die scheinbaren Gegensätzlichkeiten bei den Auswirkungen des Klimawandels erklären: Bei geringer Erwärmung ergibt sich

vorerst lokal eine Erhöhung der Diversität durch die neu hinzukommenden, möglicherweise invasiven Arten. Die endemischen Arten werden allmählich zurückgedrängt und sterben früher oder später aus.

Da weltweit praktisch die Hälfte der heutigen Schutzgebiete kaum oder nur mangelhaft den Anforderungen gewachsen sind, die sich durch den Klimawandel ergeben (Fischlin et al. 2007), müssen Naturschutzbemühungen in Zukunft vermehrt auf den Klimawandel ausgerichtet werden. Bedenkt man, wie lange die Umsetzung von Schutzbemühungen in vielen Ländern, nicht zuletzt in der Schweiz, benötigen, so muss rasch gehandelt werden. Es gilt, sich auf den unvermeidlich gewordenen Klimawandel einzustellen und den noch vermeidbaren durch massive Reduktion der Emissionen zu stoppen! ■

Literatur: www.biodiversity.ch/publications/hotspot

irrelevant ist. Er ist eine zusätzliche Gefahr, welche die bestehenden Einflussgrößen überlagert und sie verstärken kann. So muss angenommen werden, dass invasive Arten durch den Klimawandel begünstigt werden. Und für Arten, die bereits heute am Rande des Aussterbens stehen, könnten sich die Lebensbedingungen zusätzlich verschlechtern. Gefragt sind daher neue Konzepte für die Ausweisung und das Management von Schutzgebieten (S. 17).

Auf globaler Ebene könnte der Klimawandel für die Biodiversität eine grössere Rolle spielen als in Mitteleuropa (S. 5–6). Die Erhöhung des Meeresspiegels, die Zunahme der Frequenz tropischer Wirbelstürme, die Erhöhung der Meerestemperatur oder die Desertifizierung ganzer Regionen werden die biologische Vielfalt negativ beeinflussen. Es gilt daher, möglichst rasch Massnahmen gegen den Klimawandel in die Wege zu leiten. Doch viele dieser Massnahmen treffen die Biodiversität schlimmer als der Klimawandel selbst. So gibt es Bestrebungen, die Restwassermengen zu senken, um mehr Strom aus Wasserkraft erzeugen zu können, Wälder sollen intensiver genutzt werden, und auf den Äckern soll vermehrt so genannter Biotreibstoff wachsen. An dieser Sorte Treibstoff ist allerdings so gut wie nichts BIO (siehe S. 7–9). Als geradezu absurd müssen Ersatzaufforstungen in Savannen, die Umwandlung von Naturwäldern in Plantagen oder die Düngung nährstoffarmer Ökosysteme bezeichnet werden. Denn die beste Versicherung gegen die Folgen des Klimawandels ist eine hohe Biodiversität (S. 7–9, S. 16). Das gilt auch für die Erhaltung der genetischen Ressourcen in der Landwirtschaft. Denn nur eine grosse Sortenvielfalt gewährleistet zukünftige Anpassungen an veränderte Klimabedingungen und damit die Ernährungssicherheit für die Menschen. Der Klimaschutz darf deshalb auf keinen Fall auf Kosten der Biodiversität gehen! Vielmehr sind die möglichen Synergien zwischen Klima- und Biodiversitätsschutz zu nutzen – mit Massnahmen, die dem Klimawandel entgegen wirken und gleichzeitig die Biodiversität fördern. ■

Literatur: OcCC/ProClim 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. OcCC/ProClim, Bern.

Autorinnen und Autoren des Brennpunktes

■ **Dr. Andreas Fischlin** leitet die Fachgruppe Terrestrische Systemökologie am Institut für Integrative Biologie an der ETH Zürich und unterrichtet am Departement für Umweltwissenschaften. Einer seiner Forschungsschwerpunkte ist die Modellierung von Ökosystemen in einem sich ändernden Klima. Er hat wiederholt als Hauptautor für das IPCC gearbeitet und berät als Wissenschaftsvertreter Bundesorgane in Klimafragen.



■ **Antoine Guisan** ist Professor an der Universität Lausanne im Fachbereich Ökologie und Evolution, wo er die Gruppe ECOSPAT leitet.



Er lehrt Biogeographie sowie verschiedene Techniken der Raumanalyse. Sein Interesse gilt in erster Linie der Analyse und der Voraussage der Verbreitung von Arten sowie der Anwendung entsprechender Modelle. **Dr. Pascal Vittoz** ist Oberassistent an der Universität Lausanne. Er ist verantwortlich für das Projekt PERMANENT.PLOT.CH.

■ **PD Dr. Gian-Reto Walther** habilitierte sich nach Abschluss der Dissertation am Geobotanischen Institut der ETH Zürich am Institut für Geobotanik der Universität Hannover. Er arbeitet als Akademischer Oberrat am Lehrstuhl für Pflanzenökologie der Universität Bayreuth. Er beschäftigt sich mit den Auswirkungen der aktuellen Klimaänderung auf die Vegetation.



■ **Prof. Peter Duelli** leitet die Abteilung Biodiversität an der WSL und ist Dozent an der Universität Basel und der ETH Zürich. Er ist Co-Präsident des Forum Biodiversität Schweiz. Seine Forschungsgebiete sind die Erfassung, Bewertung und Förderung der Biodiversität in der Kulturlandschaft sowie das Entwickeln und Testen von Indikatoren als Mass für biodiversitätsbezogene Wertvorstellungen.



■ **Dr. Niklaus Zbinden, Dr. Verena Keller und Hans Schmid** leiten an der Schweizerischen Vogel-



warte Sempach den Bereich Überwachung der Vogelwelt. Zusammen bringen sie mehr als ein halbes Jahrhundert Tätigkeit in diesem Bereich ein. Sie haben an der Universität Bern Biologie studiert und mit Arbeiten über ornithologische Themen abgeschlossen. V. Keller untersuchte den Einfluss von Störungen auf das Brutverhalten des Haubentauchers, H. Schmid erforscht die Zugstrategie von Greifvögeln am Alpenrand und N. Zbinden ging Fragen der Nahrungsökologie bei Raufusshühnern auf den Grund.

■ **Dr. Martine Rebetez** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL und Professorin für Klimatologie am Geografischen Institut der Universität Neuenburg. Sie ist spezialisiert auf Fragen zum Klimawandel in der Schweiz und dessen Konsequenzen für die Waldökosysteme.



■ **Dr. Nina Buchmann** ist seit 2003 Professorin an der ETH Zürich. Die Forschungsschwerpunkte ihrer Gruppe liegen in der Biogeochemie terrestrischer Ökosysteme, vor allem im terrestrischen Kohlenstoffhaushalt unter sich ändernden Klimabedingungen, und in den Wechselbeziehungen zwischen Biodiversität und Ökosystemfunktionen.



■ **Dr. Norbert Kräuchi** hat Forstwirtschaft studiert. Sein Forschungsschwerpunkt ist der Einfluss von Umweltveränderungen auf das Ökosystem Wald. Er ist verantwortlich für die langfristige Waldökosystemforschung LWF und leitet seit 2007 das neue WSL-Forschungsprogramm Forstwirtschaft und Klimawandel.

