

# Umwelt

## Biodiversität: dynamisch, kostbar und schützenswert

Bernhard Schmid, Institut für Umweltwissenschaften, Universität Zürich, CH-8057 Zürich

Auskünfte: Bernhard Schmid, e-mail: bschmid@uwinst.unizh.ch, Fax +41 (0)1 635 57 11, Tel. +41 (0)1 635 52 04

**B**iodiversität, die Vielfalt des Lebens vom Kleinsten bis ins Grosse, ist eine besondere Eigenschaft der Erde und Bedingung für menschliches Leben. Biodiversität zeichnet sich aus durch eine eigene Dynamik und Entwicklungsfähigkeit. Menschliche Eingriffe und Nutzungen sollten im Einklang mit den natürlichen zeitlichen und räumlichen Skalen der Biodiversität erfolgen. Auch in der Schweiz sind dazu besondere Anstrengungen nötig.

Biodiversität ist heute ein Schlagwort, das in vielen Zusammenhängen auftaucht, ohne dass es genau verstanden wird. Zum Teil wird es so oft strapaziert, dass einige Fachleute bereits andere Begriffe wie biologische Integrität oder Komplexität (Mervis 1998) vorschlagen, um das zu erfassen, worum es eigentlich geht: das komplexe Netz von Beziehungen und gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Lebewesen der Natur und ihrer Umwelt. Eine besondere Rolle kommt in diesem Netz uns Menschen zu, weil die von uns gesponnenen Fäden in diesem Netz besonders dick sind und damit das ganze Netz stark beeinflussen und verändern. Biodiversität als Schlagwort bedeutet im positiven Sinne auch, dass wir uns dieser Rolle bewusst geworden sind und sie mit Verantwortung wahrnehmen wollen. Aus diesem Grunde wurde die internationale Konvention über Biodiversität geschaffen, der sich die Schweiz im Jahre 1994 ange-

schlossen hat. In diesem Artikel soll die Biodiversität aus naturwissenschaftlicher Sicht näher vorgestellt, auf ihre allgemeinere Bedeutung hingewiesen und die Situation und Aufgabe der Schweiz im Zusammenhang diskutiert werden.

### Was ist Biodiversität?

Biodiversität oder biologische Vielfalt umfasst viele Aspekte, die in Definitionen des Begriffes einfließen. Erstens kann Biodiversität für unterschiedliche Einheiten definiert werden: Erbanlagen oder Gene; Individuen, Arten und höhere systematische Einheiten (z.B. Insektenordnungen), Ökosysteme, Ökosystemprozesse und Landschaften. Zweitens kann Biodiversität auf unterschiedlicher Skala definiert werden: innerhalb kleiner Flächen ( $\alpha$ -Diversität), zwischen Flächen ( $\beta$ -Diversität) oder gesamthaft über eine grosse Fläche ( $\gamma$ -Diversität). Drittens kann sich Biodiversität als Mass auf die blosse Anzahl, auf die Verteilung oder auf die Unterschiedlichkeit der betrachteten Einheiten beziehen (Gaston 1996). Um genau zu wissen, wovon gesprochen wird, sollten in jedem Fall wenigstens diese drei Aspekte des Begriffes Biodiversität präzisiert werden. Eigentlich sollte man Biodiversität auch als Mass für die Komplexität von Interaktionen verwenden.

Wenn es um die genetische Vielfalt in der Landwirtschaft geht, werden zum Beispiel Angaben über die Anzahl von Rassen (als Substitut für die darin enthalte-

nen Gene) einer Nutztierart pro Land gemacht. Bei der Beurteilung der ökologischen Qualität von Dauerwiesen ist dagegen zum Beispiel die Artenvielfalt der Pflanzen, die über die Anzahl Pflanzenarten pro Fläche einheitlicher Grösse bestimmt wird, ausschlaggebend. Verteilung und Unterschiedlichkeit von Einheiten werden selten berücksichtigt, ebenso sind Angaben über  $\beta$ -Diversität selten zu finden. Gerade diese Aspekte könnten aber verhindern, dass Biodiversität zu einer unqualifizierten Zahl verkommt, die nicht mehr viel mit Integrität und Komplexität von Beziehungen zu tun hat. Ohne differenziertere Angaben können 1000 Äpfel und 2 Birnen im Keller gleich viel Biodiversität bedeuten wie ein Apfelbaum und eine Kuh auf einem Bauernhof.

### Die Bedeutung der Biodiversität

Interessanterweise wurde Biodiversität erst in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem wichtigen wissenschaftlichen Thema. Dies mag damit zusammenhängen, dass auf der Suche nach grundlegenden Gesetzen in der Natur, der Blick auf das Einheitliche, Ordnende, Zusammenfassende gerichtet war und Vielfalt, Abwechslung, Variation eher als störendes Rauschen, als Abweichung von der Norm betrachtet wurde. Als besonderer Erfolg der Lebenswissenschaften wurde die Entdeckung des universellen genetischen Alphabets gefeiert, das in allen Lebewesen das Gleiche ist. Gerade dieses

genetische Alphabet mit vier Basenmolekülen als Buchstaben erlaubt aber auch das Schreiben der unglaublich vielen verschiedenen Wörter, Sätze und Kapitel im grossen Buch des Lebens. Und dass Wörter, Sätze, Kapitel mehr sind als eine willkürliche Ansammlung von Buchstaben, wissen wir alle, wenn wir Inhalte mit Sprache wiedergeben.

Das Besondere an der lebenden Natur ist gerade die Fähigkeit, stets neue Formen hervorzubringen, mehr oder weniger erfolgreiche, je nach vorherrschenden Umweltbedingungen und dem Vorhandensein früher entstandener Formen. Dadurch ist Biodiversität gleichzeitig die lebende Natur selbst (Schmid 1996) und Voraussetzung für ihre eigene Weiterentwicklung und Anpassungs- und Evolutionsfähigkeit. Die Eigenschaft der Eigendynamik macht es uns nicht leicht, Ziele für die Erhaltung von Biodiversität zu definieren. Den gegenwärtigen Zustand «einzufrieren» (was teilweise im wörtlichen Sinne versucht wird) wäre ebenso unzureichend wie eine übermässige Strapazierung der Dynamik durch zu rasche Veränderungen (heute daran erkennbar, dass pro Jahr viel mehr Arten verschwinden als neue entstehen). Das eigentliche Ziel könnte wohl nur sein, die Eigendynamik und Evolutionsfähigkeit der Biodiversität zu erhalten.

Biodiversität hat grundsätzlich zwei funktionelle Bedeutungen. Die eine, auf die Zukunft gerichtete Bedeutung, ist die erwähnte Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Bedingungen. Die andere Bedeutung ist die Möglichkeit der Ausbildung integrierter Strukturen von höherer Komplexität, in denen durch komplementäre und synergistische «Zusammenarbeit» die Leistungsfähigkeit und Stabilität erhöht sein kann. Bis vor zehn Jahren wurde der Biodiversität diese intuitiv

einleuchtende funktionelle Bedeutung durch die Naturwissenschaften abgesprochen und als Wunschdenken abgetan (Joshi 2000). Erst in den letzten zehn Jahren konnte durch sauber geplante Experimente gezeigt werden, dass zum Beispiel Wiesenflächen, die eine grössere Anzahl zufällig ausgewählter Pflanzenarten aufweisen, ökologisch leistungsfähiger sind (Nährstoffnutzung, Produktivität usw.) als Wiesenteilstücke mit weniger Arten, oder, dass genetisch variable Populationen vitaler sind (Wachstum, Krankheitsresistenz, Samenproduktion) als genetisch weniger variable (Fischer und Schmid 1998).

Für Landwirtschaft und Gesellschaft sind die beiden funktionellen Bedeutungen der Biodiversität von existentiellern Interesse. Die Anpassungsfähigkeit stellt eine Versicherung gegen mögliche «Umweltrisiken» wie Klimaveränderungen und Krankheiten dar. So können zum Beispiel Rassen oder Arten, denen heute wenig Bedeutung beigemessen wird, bei verstärktem Auftreten von Trockenperioden in ihrer Verbreitung zunehmen oder beim Auftreten einer neuen Krankheit wichtige Medikamente liefern. Die erhöhte Leistungsfähigkeit ermöglicht Ökosystemdienstleistungen wie Biomasseproduktion, Luft-, Boden- und Wasserreinigung, Erosionsvermeidung, Bestäubung von landwirtschaftlich relevanten Pflanzenarten und positive Beeinflussung von Mikroklima und Wasserhaushalt.

### **Bewertung von Biodiversität**

Im Bestreben, drohende Biodiversitätsverluste zu vermeiden, machen Forschende und Akteure auf die vielfältigen Werte aufmerksam, die der Biodiversität zugeordnet werden können (Seidl und Gowdy 1999). Auf Seite des Naturschutzes werden

vor allem die nichtmateriellen, inneren Werte der Biodiversität erwähnt. Dazu gehören ethische und ästhetische Werte, zum Beispiel Ehrfurcht vor den in sehr langer Zeit entstandenen speziellen Formen von Lebewesen, Inspiration und Erholung beim Anblick, den Geräuschen und dem Geruch einer Blumenwiese. Auf Seite derjenigen, die biologische Ressourcen wirtschaftlich nutzen, werden Güter als materielle Werte der Biodiversität genannt. Dabei kann es sich um Nahrungsmittel, Bekleidungs- und Baumaterialien, Arzneimittel und Rohstoffe für die industrielle Verarbeitung handeln, oder auch um Nutzungsoptionen für Produkte, wie zum Beispiel eine zukünftige Pflanzendroge für den erwähnten Fall des Auftretens neuer Krankheiten. Während sich diese Werte relativ leicht in Geld umrechnen lassen, ist dies bei den ebenfalls bereits genannten Dienstleistungswerten der Biodiversität sehr viel schwieriger. Hier kann allenfalls über Zahlungsbereitschaftsanalysen ermittelt werden, wieviel zum Beispiel der Schweizer Bevölkerung der Erhalt einer hohen Luft- und Wasserqualität durch den Verzicht auf weitere Zerstörung von Biodiversität wert wäre. Dazu muss natürlich zuerst abgeschätzt werden können, wie die quantitative Beziehung zwischen diesen Ökosystemdienstleistungen und der Biodiversität aussieht. Noch schwieriger erscheint es, die Versicherungswerte der Biodiversität in Bezug darauf abzuschätzen, wie gut Ökosysteme nach allfälligen Umweltkatastrophen oder Klimaveränderungen ihre Dienstleistungsfunktionen aufrechterhalten können.

Wir kennen zwar erst einen Bruchteil aller Lebewesen auf der Erde, und selbst in gut untersuchten Regionen wie der Schweiz gibt es noch ganze Organismengruppen wie Fadenwürmer, Bodenpilze und Bakte-

rien, von denen wir fast nichts wissen. Pläne zur vollständigen Erfassung aller Arten von Lebewesen, wie sie von der Systematikagenda 2000 vorgeschlagen wird, scheitern nicht nur an den Kosten, sondern auch an den fehlenden Fachleuten und dem zweifelhaften Nutzen eines solchen Inventars. Dafür beginnen nun verschiedene Länder, darunter auch die Schweiz, die Biodiversität stichprobenartig für bestimmte Organismengruppen auf einem Flächenraster zu erfassen. Erste Auswertungen dieser Aufnahmen zeigen teilweise, aber keineswegs immer, eine Anhäufung von Arten auf bestimmten Flächen, sogenannten «hotspots» der Biodiversität (Myers *et al.* 2000).

### **Steuergrössen der Biodiversität**

Erfassungsprogramme für die Biodiversität dienen der Überwachung oder der Erfolgskontrolle von Förderungs- und Schutzmassnahmen, eignen sich aber nur bedingt für wissenschaftliche Auswertungen. Um Zustand und Dynamik der Biodiversität kausalanalytisch zu verstehen, müssen die möglichen Steuergrössen ebenfalls erfasst und auch experimentell manipuliert werden. Ein Experiment grössten Ausmasses in der Schweiz stellen die ökologischen Ausgleichsmassnahmen der Landwirtschaft dar, die auf die besondere Bedeutung der Steuergrössen Bewirtschaftungsweise und -intensität hinweisen.

Wichtige natürliche Steuergrössen der Biodiversität sind weltweit betrachtet Klima- und Bodenverhältnisse sowie Dauer der ungestörten evolutiven Entwicklung (in geologischen Zeitmassstäben). Grossflächige Untersuchungen zeigen hierbei eine positive Beziehung zwischen Standortsproduktivität und Biodiversität, die sich in kleinflächigen Untersuchungen in eine negative

Beziehung umwandeln kann, ohne dass die Wissenschaft dafür eine genaue Erklärung hat (Rosenzweig und Abramsky 1993). Ungeschickterweise wurden aber bei diesen Stichprobenuntersuchungen die Flächen rein zufällig ausgewählt und nicht nach unterschiedlicher Produktivität oder Biodiversität gruppiert, wie dies bei einer vergleichenden Untersuchung gemacht werden müsste (Snedecor und Cochran 1980). In der ersten mir bekannten vergleichenden Untersuchung konnte denn auch in der Tat für mediterrane Strauchvegetation kleinflächig eine positive Beziehung zwischen Biodiversität und Produktivität gefunden werden (Trombini und Memtsas 2000). Der positive Einfluss einer langen ungestörten evolutiven Entwicklung auf die Biodiversität wird als Erklärung für die grosse Artenvielfalt in gewissen Gebieten der Tropen genannt, könnte aber experimentell wohl höchstens mit Modellsystemen von Mikroorganismengemeinschaften, die eine kurze Generationszeit aufweisen, untersucht werden.

Neben der Qualität von Lebensräumen stellt auch deren Flächengrösse eine wichtige Steuergrösse der Biodiversität dar (Wilson und Willis 1975). So findet man auf kleiner Fläche eine geringere Artenvielfalt der Lebensgemeinschaften und eine geringere genetische Diversität der Populationen einzelner Arten vor als auf grösseren Flächen. Für die Artenzahl hat diese Beziehung einen charakteristischen Verlauf, der in doppelt-logarithmischer Darstellung eine Gerade mit einer Steigung von etwa 0,25 ergibt. Mit anderen Worten: Jede Halbierung der Fläche führt zu einer zirka 15-prozentigen Reduktion der Artenzahl. Findet die Flächenverkleinerung durch die Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen tatsächlich statt, so wie es seit 1850 in der Schweiz

mit zahlreichen Feuchtstandorten geschah, so nimmt auch die Artenzahl dieser Lebensräume tatsächlich ab, und zwar dann besonders stark, wenn die Restflächen sehr isoliert sind (Abb. 1). Die Gründe für diese Effekte sind noch kaum untersucht. In einem Experiment mit kleinen Halbtrockenrasenstücken als Modellökosystemen ist Bruno Baur und sein Team von der Universität Basel diesen Gründen auf der Spur (Baur und Ehrhardt 1995). Neben zufälligen Aussterbeprozessen scheinen vor allem gestörte Beziehungen zum Beispiel zwischen Pflanzen und bestäubenden Insekten oder auf Pflanzen lebenden Pilzen sowie ungünstige Randeffekte die Artenzahl in diesen Raseninseln negativ zu beeinflussen. Zufallsprozesse und gestörte Interaktionen werden auch für den Verlust genetischer Variabilität in Populationen verantwortlich gemacht.

Was wir beim Aufzählen von Steuergrössen der Biodiversität nie vergessen sollten, aber dennoch oft vergessen wird, ist, dass die wichtigste «Steuergrösse» die bereits vorhandene Biodiversität selbst ist. Dies hängt mit ihren fundamentalen Eigenschaften der Eigendynamik und Evolutionsfähigkeit zusammen. Je mehr Biodiversität schon vorhanden ist, desto mehr «Interaktionsnischen» ergeben sich für neue Formen, so dass Biodiversität unter günstigen Umständen noch schneller wachsen kann, als anderes Kapital mit Zins und Zinseszinsen wächst.

### **Auswirkungen der Biodiversität**

Beziehungen zwischen Steuergrössen wie Lebensraumqualität und Biodiversität können ursprünglich auch umgekehrt gerichtet sein, das heisst Steuergrössen können selbst auch wieder Auswirkungen der Biodiversität sein (Chapin *et al.* 1998). Dies trifft besonders für die Produktivität

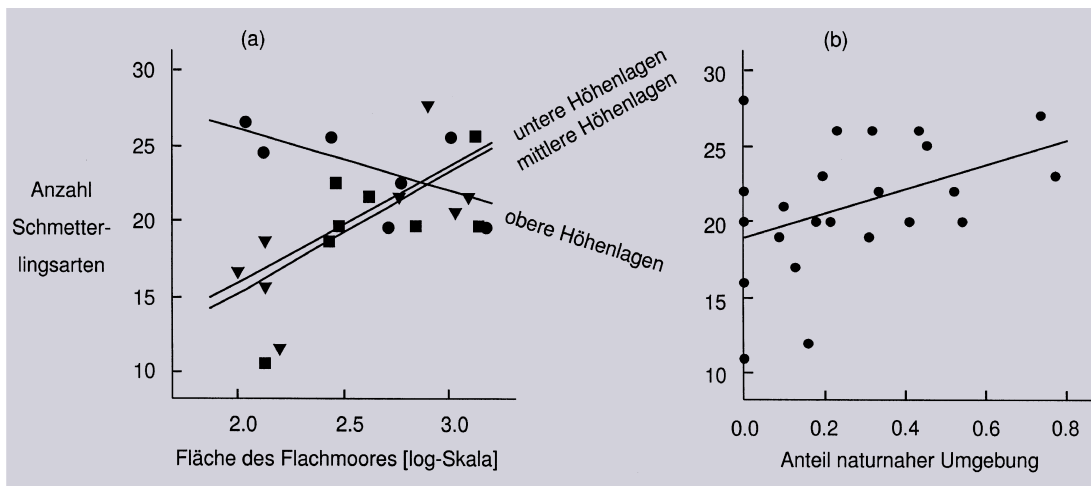


Abb. 1. Beziehung zwischen der Flächengröße mehr oder weniger isolierter voralpiner Flachmoore und der Anzahl Schmetterlingsarten, die in einem Moor gefunden werden können (a). Auf unteren und mittleren Höhenstufen (800-1200 m) nimmt die Artenzahl mit zunehmender Verkleinerung der Flächen ab, auf oberen Höhenstufen (1200-1400 m) dagegen sogar leicht zu. Dies hängt damit zusammen, dass auf dieser Höhenstufe die Flachmoore weniger isoliert sind, d.h. der Anteil naturnaher Umgebung, in der auch Schmetterlingsarten vorkommen, grösser ist. Die Beziehung zwischen dem Anteil naturnaher Umgebung und der Artenzahl von Schmetterlingen, ohne Berücksichtigung der Höhenstufe, ist in (b) dargestellt. (Nach Wettstein und Schmid 1999, verändert)

zu, welche einerseits eine Funktion von Standortsbedingungen, andererseits aber auch eine Funktion der Biodiversität ist. Im Gegensatz zu den erwähnten Stichprobenuntersuchungen ohne Auswahl der Flächen nach vergleichenden Kriterien, wurde in den meisten experimentellen Untersuchungen (Abb. 2) ein positiver Zusammenhang zwischen Biodiversität und Produktivität nachgewiesen, und zwar für eine grosse Zahl von Ökosystemen (Schläpfer und Schmid 1999) sowie für einen europaweiten Vergleich mit Wiesenflächen abnehmender Pflanzenartenzahl, in denen zufällige Aussterbeprozesse von Arten simuliert worden waren (Hector *et al.* 1999). Diese neuen Biodiversitätsversuche zeigen auch positive Auswirkungen der Biodiversität auf verschiedene der anderen bereits erwähnten Ökosystemdienstleistungen. So werden zum Beispiel Bodenprozesse wie Nitratrückhaltevermögen (Scherer-Lorenzen 1999) oder biologische Aktivität durch zunehmende Diversität an Pflanzenarten gefördert (Spehn *et al.* 2000; Stephan *et al.* 2000).

In ganz ähnlicher Weise kann nach zahlreichen in Mitteleuropa im Verlauf der letzten fünf Jahre durchgeführten Untersuchungen nun bestätigt werden, dass der Verlust genetischer Variabilität

in Populationen deren Vitalität drastisch schwächt und eines der wichtigsten Aussterberisiken für gefährdete Arten darstellt (Zusammenfassung der Juni-2000-Tagung des Arbeitskreises Populationsbiologie der Pflanzen der Gesellschaft für Ökologie, Heinz *et al.* 2000). Aber selbst bei häufigen Arten kann geringe lokale genetische Variabilität Auswirkungen zum Beispiel auf Krankheitsbefall (Abb. 3) und Vitalität von Beständen haben (Müller-Starck 1995).

### Biodiversität in der Schweiz

Die Schweiz ist innerhalb Europas eines derjenigen Länder mit der höchsten Biodiversität auf lokaler Ebene. Dies hat vor allem damit zu tun, dass durch die grossen Höhenunterschiede und das komplexe Relief bereits auf klei-

nem Raum unterschiedliche Standortsbedingungen nebeneinander zu finden sind. Mit der Wiederbesiedlung der während der letzten Eiszeit von Gletschern bedeckten Flächen und mit dem Beginn der vielfältigen traditionellen Nutzung durch die Menschen nahm die Biodiversität zumindest der Blütenpflanzen und der damit assoziierten Arten bis ins 19. Jahrhundert kontinuierlich zu (Landolt 1991). Gleichzeitig entwickelte sich dank der grossen räumlichen Variabilität in der Schweiz auch eine besonders grosse genetische Diversität von Nutzpflanzen, die in viele lokale Sorten und Rassen aufgliedert sind.

Wohl erst im Verlaufe des 20. Jahrhunderts kehrten sich diese Entwicklungstrends um, und es kam zu einer massiven Abnah-

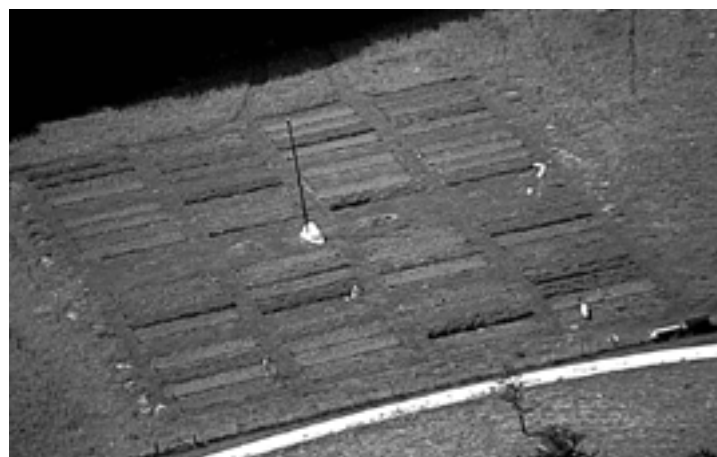
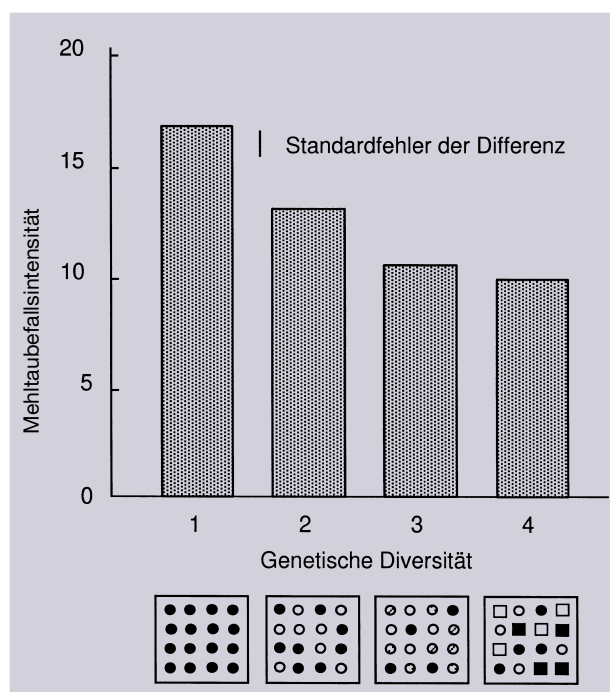


Abb. 2. Versuchsfeld des europäischen BIODEPTH-Projektes (Hector *et al.* 1999) in Lupsingen BL im Jahre 1996. Die unterschiedlichen Flächen enthalten Wiesenstücke von 2 x 8 m, die aus 1, 2, 4, 8, oder 32 Arten bestehen. Die Flächen mussten kontinuierlich gejädet werden, um die als ausgestorben simulierten Arten auch tatsächlich fernzuhalten. (Foto: Jasmin Joshi)

**Abb. 3. Beziehung zwischen der genetischen Diversität von Sprossgruppen der Goldrute *Solidago altissima* und der Befallsintensität der Pflanzen durch Mehltau (nach Schmid 1994). Der Mehltaubefall ist in einer relativen Skala ausgedrückt, die den Anteil befallener Blätter und die Dichte des Befalls auf einem durchschnittlichen Blatt berücksichtigt.** Erklärung der Stufen genetischer Diversität: 1=16 Stecklinge von einer Pflanze, 2=16 Stecklinge von 16 Samen einer Pflanze, 3=16 Stecklinge von 16 Samen vier schwach verschiedener Pflanzen, 4=16 Stecklinge von 16 Samen vier stark verschiedener Pflanzen (schwach und stark verschieden bezieht sich auf die Mehltauanfälligkeit der Mutterpflanzen).



me der Biodiversität vor allem im schweizerischen Mittelland (Landolt 1991), die heute aber durch zunehmende Erschliessung auch auf die Alpenregionen übergreift. Paradoxerweise sind es vor allem die starke Nutzungsintensivierung oder die Aufgabe der traditionellen Nutzung, die neben der Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen für diese Trendumkehr verantwortlich gemacht werden müssen. Nachdem ursprünglich die Landwirtschaft eine positive Steuergrösse der Biodiversität (und der Landschaftsdiversität) gewesen war, wurde sie mehr und mehr zu einer negativen Steuergrösse. Die Biodiversität im Wald war bis vor kurzem kaum Thema in der Schweiz, da sie weniger gefährdet erscheint. Dabei zeigt es sich gerade hier, wie durch eine einzige Regel, nämlich der Unveränderbarkeit der Gesamtfläche eines Lebensraumes, eine grosse positive Wirkung erzielt werden kann.

### Aufgaben der Schweiz

Der vorsichtige Umgang mit der Waldfläche in der Schweiz kann auch als Beispiel dafür genannt

werden, dass sich die Bewohnerinnen und Bewohner unseres Landes schon frühzeitig der Dienstleistungsfunktionen dieses Ökosystems, zum Beispiel im Fall von Bannwäldern in den Alpen, bewusst waren. Gerade mit dem grossen Anteil der Schweiz an den Alpen, diesem einmaligen naturräumlichen «Markenzeichen» Europas, kommt ihr international eine grosse Schutzverantwortung zu. Dabei sind die Alpen nicht nur einer der wenigen noch intakten Grosslebensräume vieler Wildtiere und -pflanzen, sondern bergen auch eine besonders grosses genetisches Reservoir von Zuchtformen, die an Bedingungen angepasst sind, wie sie in verschiedenen anderen landwirtschaftlich «ungünstigen» Regionen der Welt vorkommen.

Die Schweiz könnte international eine Vorreiterrolle im Bereich der «Biodiversitätspolitik» spielen, da sie weltweit einen Sonderfall darstellt: Sie ist vielleicht das einzige Land, das gleichzeitig durch eine hohe Bevölkerungsdichte, grosse wirtschaftliche Aktivität und Reichtum an Biodiversität charakterisiert werden kann. Gerade aufgrund dieser ungewöhnlichen Kombination wird die Schweiz aber auch als einziges Land innerhalb Europas mit einem möglichen Biodiversitätsproblem bezeichnet (Sisk *et al.* 1994), da der grosse Erschliessungsdruck auf Natur und Landschaft sich negativ auf die immer noch hohe Biodiversität auswirkt. Alle Teile der Bevölkerung, aber besonders die Politik und Verwaltung sind daher aufgefordert, eine Biodiversitätsstrategie zu entwickeln (Suter *et al.* 1999). Eine solche Strategie kann nicht allein aus der Sicht der Land- und Forstwirtschaft, des Naturschutzes, der Verkehrs- und Siedlungsplanung usw. erstellt werden, sondern muss eine umfassende, sektor übergreifende Strategie sein. Dabei erscheint es

durchaus sinnvoll, ein pluralistisches, selbst auf Diversität beruhendes, Vorgehen zuzulassen. Als vorbildlich in der Schweiz kann die Situation im Wald und die Massnahmen zu einer neuen (alten) Landwirtschaft im Einklang mit der Natur bezeichnet werden. Wichtig ist aber, wie bei der Biodiversität selbst, dass die verschiedenen Ansätze zum Umgang mit Biodiversität miteinander verknüpft werden können und so aus der Diversität ein starke, integrierte Gesamtpolitik geformt werden kann.

### Dank

Ich danke Jasmin Joshi für wertvolle Kommentare zum Manuskript dieses Artikels.

### Literatur

- Baur B. and Erhardt A., 1995. Habitat fragmentation and habitat alterations: principal threats to most animal and plant species. *GAIA* 4, 221-226.
- Chapin F.S. III, Sala O.E., Burke I.C., Grime J.P., Hooper D.U., Lauenroth W.K., Lombard A., Mooney H.A., Mosier A.R., Naeem S., Pacala S.W., Roy J., Steffen W.L. and Tilman D., 1998. Ecosystem consequences of changing biodiversity. *BioScience* 48, 45-52.
- Fischer M. und Schmid B., 1998. Die Bedeutung der genetischen Vielfalt für das Überleben von Populationen. *Laufener Seminarbeiträge* 2/98 23-30
- Gaston K. J., 1996. *Biodiversity: biology of numbers and difference* Blackwell Sci. Publ., Oxford
- Hector A., Schmid B., Beierkuhnlein C., Caldeira M.C., Diemer M., Dimitrakopoulos P.G., Finn J., Freitas H., Giller P.S., Good J., Harris R., Höglberg P., Huss-Danell K., Joshi J., Jumpponen A., Körner C., Leadle P.W., Loreau M., Minns A., Mulde C.P.H., O'Donovan G., Otway S.J., Pereira J.S., Prinz A., Read D.J., Scherer-Lorenzen M., Schulze E.-D., Siamantziouras A.-S. D., Spehn E., Terry A.C., Troumbis A.Y., Woodward F.I., Yachi S. and Lawton J. H. 1999. Plant diversity and productivi-

ty experiments in European grasslands. *Science* **286**, 1123-1127.

■ Heinz S., Kiehl K., Abs C. and Mayer P., 2000. Symposium plant population viability analysis. TU München, Freising-Weihenstephan.

■ Joshi J., 2000. On the importance of biodiversity in European grassland ecosystems. Dissertation, Universität Zürich.

■ Landolt E., 1991. Rote Liste - Gefährdung der Farn- und Blütenpflanzen in der Schweiz. Eidg. Drucksaachen und Materialzentrale, Bern.

■ Mervis J., 1998. The biocomplex world of Rita Colwell. *Science* **281**, 1944-1947.

■ Myers N., Mittermeier R., A. Mittermeier, C.G. da Fonseca, G.A.B. and Kent J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853-858.

■ Müller-Starck G., 1995. Genetic variation in high elevated populations of Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst) in Switzerland. *Silvae Genetica* **44**, 356-362.

■ Rosenzweig M.L. and Abramsky Z., 1993. How are diversity and productivity related? In: Ricklefs, R.E. & Schluter, D. (Hrsg.), Species diversity in ecological communities. Univ. of Chicago Press, Chicago, 52-65.

■ Scherer-Lorenzen M., 1999. Effects of plant diversity on ecosystem processes in experimental grassland communities. *Bayreuther Forum Ökologie* **75**, 1-245.

■ Schläpfer F. and Schmid B., 1999. Ecosystem effects of biodiversity - a classification of hypotheses and cross-system exploration of empirical results. *Ecological Applications* **9**, 893-912.

■ Schmid B., 1994. Effects of genetic diversity in experimental stands of *Solidago altissima*: Evidence for the potential role of pathogens as selective agents in plant populations. *Journal of Ecology* **82**, 165-175.

■ Schmid B., 1996. Wieviel Natur brauchen wir? *GAI A* **5**, 225-235.

■ Seidl I. und Gowdy J., 1999. Monetäre Bewertung von Biodiversität: Grundannahmen, Schritte, Probleme und Folgerungen. *GAI A* **8**, 102-112.

■ Sisk T., Launer A.E., Switky K.R. and Ehrlich P.R., 1994. Identifying extinction threats. *BioScience* **44**, 592-592-604.

■ Spehn E., Joshi J., Schmid B., Alphei J. and Körner, C., 2000. Plant diversity effects on soil heterotrophic activity in experimental grassland ecosystems. *Plant & Soil*. Im Druck.

■ Snedecor G.W. and Cochran W.G., 1980. Statistical methods. 7. Aufl. Iowa State Univ. Press, Ames (Iowa).

■ Stephan A., Meyer A.H. and Schmid B., 2000. Plant diversity positively affects soil bacterial diversity in experimental grassland ecosystems. *Journal of Ecology*. Im Druck.

■ Suter W., Bürgi M., Ewald K.C., Baur B., Duelli P., Edwards P.J., Lachavanne J.-B., Nievergelt B., Schmid B. und Wildi O., 1999. Ein Planungsauftrag des Übereinkommens von Rio'92: Die Biodiversitätsstrategie als Naturschutzkonzept auf nationaler Ebene. *GAI A* **7**, 174-183.

■ Troumbis A.Y. und Memtsas D., 2000. Observational evidence that diversity may increase productivity in Mediterranean shrublands. *Oecologia*. Im Druck.

■ Wettstein W. und Schmid B., 1999. Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. *Journal of Applied Ecology* **36**, 363-373.

■ Wilson und Willis, 1975. Applied biogeography. In: Cody, M.L. Diamond, J.M. (Hrsg.), Ecology and evolution of communities. Belknap Press of Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 522-534.

## RÉSUMÉ

### La biodiversité: dynamique, précieuse et digne de protection

La biodiversité, large éventail des plantes et des êtres vivants, est une caractéristique de la terre et une condition de la vie humaine. A ce sujet, on s'étonnera qu'elle soit devenue un sujet scientifique majeur au cours des deux dernières décennies seulement. La recherche actuelle essaie avant tout de cerner la biodiversité, ses paramètres et ses effets. La Suisse ayant un relief complexe, les conditions varient d'un endroit à l'autre, d'où une biodiversité très élevée sur le plan local. Comme elle a une population dense et une économie florissante, il est capital que sa politique en matière de biodiversité englobe tous les secteurs et qu'elle développe une stratégie nationale de préservation et d'utilisation durable de la biodiversité. Cette situation est une chance devant nous permettre de jouer un rôle de pionnier dans l'application de la Convention sur la biodiversité.

## SUMMARY

### Biodiversity: dynamic, precious, and worthy of conservation

Biodiversity, the diversity of life at all scales, is a characteristic feature of our planet and a precondition for human life. However, only during the last two decades biodiversity has become an important research topic. Scientific projects deal with the measurement of biodiversity, the factors that affect biodiversity and with effects biodiversity itself has on ecosystems and other variables. The topography of Switzerland is very complex and the ecological conditions vary over small scales. This probably explains the large local biodiversity. Since human population pressure and economic activity are also particularly high in Switzerland, our country has a special responsibility to develop a comprehensive strategy for the conservation and sustainable use of biodiversity. At the same time, it could play a major role in global biodiversity policy.

**Key words:** agriculture, biodiversity, evolutionary dynamics, natural variation, conservation, biodiversity strategy, sustainability, Switzerland