Biodiversität

Bruno Baur

Profile

Haupt UTB

UTB **3325**

Eine Arbeitsgemeinschaft der Verlage

Böhlau Verlag · Köln · Weimar · Wien
Verlag Barbara Budrich · Opladen · Farmington Hills
facultas.wuv · Wien
Wilhelm Fink · München
A. Francke Verlag · Tübingen und Basel
Haupt Verlag · Bern · Stuttgart · Wien
Julius Klinkhardt Verlagsbuchhandlung · Bad Heilbrunn
Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft · Stuttgart
Mohr Siebeck · Tübingen
Orell Füssli Verlag · Zürich
Ernst Reinhardt Verlag · München · Basel
Ferdinand Schöningh · Paderborn · München · Wien · Zürich
Eugen Ulmer Verlag · Stuttgart
UVK Verlagsgesellschaft · Konstanz
Vandenhoeck & Ruprecht · Göttingen
vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Bruno Baur

Biodiversität

Haupt Verlag
Bern · Stuttgart · Wien

Prof. Dr. Bruno Baur ist Professor für Naturschutzbiologie und Leiter des Instituts für Natur-, Landschafts- und Umweltschutz an der Universität Basel. Er ist Mitgründer und Mitglied des Beirats des Forums Biodiversität der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften. Seine Forschungsschwerpunkte sind anthropogene Veränderungen der Biodiversität, invasive Arten und die Biologie von seltenen und gefährdeten Arten.

1. Auflage 2010

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISBN 978-3-8252-3325-9

Alle Rechte vorbehalten.
Copyright © 2010 by Haupt Berne
Jede Art der Vervielfältigung ohne Genehmigung des Verlages ist unzulässig.
Umschlag: Atelier Reichert, Stuttgart
Satz/Gestaltung: Verlag die Werkstatt, Göttingen

Printed in Germany

www.haupt.ch

UTB Bestellnummer: 978-3-8252-**3325**-9

Inhalt

Einführung: Was ist Biodiversität? 7

Hauptteil

1 **Wie entsteht biologische Vielfalt?** 10
Genetische Vielfalt 10
Verschiedene Stufen der genetischen Vielfalt 12
Fortpflanzungssystem und genetische Vielfalt 14
Evolutionsprozesse 14
Was ist eine Art? 16
Wie entstehen neue Arten? 19

2 **Biodiversität verändert sich** 25
Artenvielfalt im Laufe der Erdgeschichte 25
Veränderung der Biodiversität in neuester Zeit 31
Wie viele Arten gibt es? 33

3 **Biodiversität erfassen** 36
Arten sind nicht gleich häufig 36
Seltenheit 38
Artensummenkurve 39
Biodiversität auf verschiedenen geografischen Skalen 42
Qualitative Biodiversitätsindikatoren 42
Biodiversitätsindikatoren in der Praxis 44

4 **Biodiversität ist nicht gleichmäßig verteilt** 47
Muster des Artenreichtums 47
Gradienten über die Breitengrade 50
Gradienten über Höhen und Tiefen 51
Hotspots 51
Andere Formen von Hotspots 54
Räumliche Muster und ihre zeitliche Organisation 56

5 **Biodiversität leistet große Dienste** 58
Von der Funktion zur Dienstleistung 58
Vielfältige Ökosystem-Dienstleistungen 59
Artenvielfalt, Ökosystemfunktion und Stabilität 65
Erhöhte Artenvielfalt steigert die Ökosystemleistung 67
Beeinträchtigte Ökosysteme leisten weniger 68
Vorlage für moderne Technologien 69

6 Biodiversität ist ökonomisch bedeutsam ... 70
Ökonomischer Wert der Ökosystemleistungen ... 70
Ökonomischer Wert von Arten ... 72
Unterschiedliche Ansätze ... 74
Grundlagen für politische Entscheide ... 75

7 Biodiversität hat einen ethischen Wert ... 77
Eigenwert einer Art ... 77
Entwicklung verschiedener Ethiken ... 78

8 Biodiversität ist bedroht ... 81
Die Weltbevölkerung und der Ressourcenverbrauch nehmen zu ... 82
Habitatzerstörung und veränderte Landnutzung ... 83
Zerstückelung der Lebensräume ... 86
Ausdehnung der Siedlungsfläche ... 87
Verschmutzung ... 87
Übernutzung natürlicher Ressourcen ... 89
Tourismus und Freizeitaktivitäten ... 90
Neobiota und invasive Arten ... 91
Klimaerwärmung ... 93
Verlust an genetischer Vielfalt ... 96
Rote Listen ... 97
Erhöhte Aussterberate ... 98

9 Biodiversität erhalten und nachhaltig nutzen ... 99
Politische Aufgabe ... 99
Nicht-staatliche Schutzorganisationen ... 103
Einrichtung von Schutzgebieten ... 103
Biosphärenreservat ... 104
Segregation oder Integration? ... 106
In situ- und *ex situ*-Erhaltungsstrategien ... 107
Renaturierungsmaßnahmen ... 108
Umgang mit invasiven Arten ... 109
Wissen zur Verfügung stellen und Forschung vorantreiben ... 110
Biodiversität erfolgreich erhalten und fördern ... 111

Anhang ... 112
Glossar ... 112
Internetadressen ... 118
Literatur ... 120
Sachregister ... 125

Einführung: Was ist Biodiversität?

Spätestens seit der UNO-Konferenz über Umwelt und Entwicklung, die 1992 in Rio de Janeiro stattgefunden hat, bekennen sich die meisten Staaten zum Schutz der Biodiversität. Als wesentliches Ergebnis dieser Konferenz ist das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (*Convention on Biological Diversity*, CBD, Biodiversitäts-Konvention) entstanden. In der Öffentlichkeit und im angewandten Naturschutz wird der Begriff «Biodiversität» aber vielfach als Synonym zur Artenvielfalt gebraucht und der Erhalt der biologischen Vielfalt mit dem klassischen Artenschutz gleichgesetzt. Ein Blick auf die Definition der Konvention zeigt hingegen, dass Biodiversität viel mehr umfasst: «*Biologische Vielfalt bedeutet die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören: dies umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten und die Vielfalt der Ökosysteme*» (CBD; Artikel 2; www.cbd.int).

Wissenschaftlich gesehen finden sich in dieser Definition also drei Organisationsebenen wieder, die alles Leben auf der Erde beinhalten. Auf der **genetischen Ebene** wird die genetische Variabilität innerhalb von Individuen, zwischen den Individuen einer Population sowie zwischen Populationen betrachtet. Die **organismische Ebene** umfasst die Vielfalt an Taxa (Unterarten, Arten, Gattungen oder Familien), während sich die **ökosystemare Ebene** auf die Vielfalt an Lebensgemeinschaften von Arten und ihre Wechselbeziehungen bezieht. Somit ist Biodiversität als Objekt schwer erfassbar, da sie quasi alles umfasst, nicht nur die Arten, sondern auch die Vielfalt innerhalb der Arten.

Entstehung des Begriffes «Biodiversität»

Obwohl der Begriff «Diversität» in der Biologie und Ökologie seit langer Zeit gebräuchlich war, sprach Thomas Lovejoy als Erster 1980 von *biological diversity*, daraus wurde schnell *biodiversity* (Lovejoy 1980). Als einer von mehreren namhaften Wissenschaftlern machte er schon damals auf den rapiden Artenschwund in tropischen Ökosystemen aufmerksam. Im Jahre 1986 richtete der *American Natural Research Council* das *US National Forum on BioDiversity* ein. Dieses Fachgremium veröffentlichte auch bald eine erste Synthese über das Ausmaß des Artenschwundes und

mögliche Konsequenzen in Form eines Buches mit dem Titel «*Biodiversity*» (Wilson 1988). Der neu entstandene Begriff umschrieb die Lehre von der Erforschung biologischer Vielfalt und ihrer Bedrohung auf der Erde unter gleichzeitiger Berücksichtigung geeigneter Schutzmaßnahmen. Die ursprünglich relativ restriktive wissenschaftliche Bedeutung von Biodiversität wurde aber innerhalb kurzer Zeit erweitert. In dem in Rio de Janeiro 1992 verabschiedeten Übereinkommen sollte mit Biodiversität ein zusätzliches Zielpublikum angesprochen werden, nämlich politische Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit. Biodiversität wurde so zu einem Konzept weiterentwickelt, dessen drei Hauptziele der Schutz der biologischen Vielfalt, deren nachhaltige Nutzung und die gerechte Verteilung der sich aus der Nutzung ergebenden wirtschaftlichen Vorteile sind. Die Biodiversitäts-Konvention ist eng mit dem Konzept der **nachhaltigen Entwicklung** (im Sinne der Brundtland-Kommission) verknüpft, stellt aber eine ökonomische Argumentation in den Vordergrund, mit der Annahme, dass derartige Argumente überzeugender sind als rein ökologische oder ethische. Der ursprünglich wissenschaftliche Begriff hat schnell in verschiedenen Bereichen des Naturschutzes sowie in Verordnungen und Gesetzen einen konzeptionellen Platz gefunden. Biodiversität ist also weit mehr als ein neues Fachgebiet der Biologie. Biodiversität umfasst die ökonomische Nutzbarkeit der Natur, beinhaltet aber auch Aspekte der sozialen Gerechtigkeit sowie Schutzbestimmungen.

Biodiversität ist somit in der Wissenschaft, wie auch in der Politik eine feste Größe geworden. Bei genauer Betrachtung stellt man aber fest, dass unterschiedliche Auffassungen von Biodiversität existieren (Beierkuhnlein 2003). Die Komplexität von Biodiversität wird von vielen mangelhaft wahrgenommen oder missverstanden. Durch verschiedene Interessen gesteuerte Interpretationen verwässern den Begriff und lassen ihn zum umweltpolitischen Schlagwort verkommen. Die sich dahinter implizit verbergende Botschaft von der «bedrohten Natur» wird als soziales und politisches Konstrukt angesehen (Gaston 1996). Es gilt also zu unterscheiden, von welcher «Biodiversität» die Rede ist: Biodiversität als wissenschaftliche Messgröße, als strategisches Konzept zur Erhaltung, Entwicklung und nachhaltigen Nutzung der verschiedenen Bestandteile von belebter Natur oder einfach als Schlagwort.

Ziele des Buches

Dieses Buch stellt Biodiversität aus naturwissenschaftlicher Sicht dar und skizziert die ursprünglichen Ideen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt. Dies bedingt, dass neben Theorie und Fakten auch Wertungen und Forderungen vorgestellt werden. Es wird gezeigt, wie Biodiversität entsteht und sich weiterentwickelt und wie sie räumlich auf der Erde verteilt ist. Es werden Methoden zur Erfassung der Biodiversität auf verschiedenen Organisationsebenen vorgestellt. Ökosysteme vollbringen Leistungen, ohne die menschliches Leben auf der Erde nicht denkbar wäre. In einem anthropozentrischen Ansatz wird die Nutzbarbeit der Biodiversität ins Zentrum gesetzt und ihre «Dienstleistungen» erfasst, die sie den Menschen bereitstellt. Ökonomisch betrachtet sind die Ökosystemleistungen von großem finanziellen Wert. Aus ethischer Sicht hat jedes Lebewesen, egal ob Pilz, Pflanze oder Tier, einen Eigenwert und der Mensch hat kein Recht, eine Art auszurotten. Unsere Zeit wird aber geprägt durch einen Artenschwund von gewaltigem Ausmaß. Die Hauptursachen für dieses Massenaussterben werden vorgestellt. Maßnahmen zur Reduktion oder gar Vermeidung weiteren Aussterbens von Arten sind durchaus bekannt, und werden auch lokal und regional an zahlreichen Stellen angewendet. Die Umsetzung der Biodiversitäts-Konvention verläuft aber nur schleppend, vor allem weil (kurzfristige) wirtschaftliche Interessen der grundlegenden Idee einer nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft und ihrer Umwelt entgegenwirken.

Dieses Buch richtet sich an Studierende verschiedener Fachrichtungen mit Interesse an der biologischen Vielfalt. Es soll Einblick in die verschiedenen Ansätze und Betrachtungsweisen der Biodiversität geben und Wissen über bestehende Methoden und Modelle sowie über deren Grenzen vermitteln. Für ökologische Grundlagen wird auf die Lehrbücher von Townsend et al. (2008), Nentwig et al. (2009), oder Smith & Smith (2009) verwiesen. Grundlagen für das Fachgebiet Naturschutzbiologie sind in Primack (1995) oder Groom et al. (2006) sowie über die geografische Verbreitung der Arten (Biogeografie) in Beierkuhnlein (2007) zu finden.

Weiterführende Literatur

Gaston K.J. (Hrsg.) (1996) Biodiversity – a biology of numbers and difference. Blackwell Science, Oxford.

Wilson E.O. (Hrsg.) (1988) Biodiversity. National Academy Press, Washington D.C.

1

Wie entsteht biologische Vielfalt?

Zusammenfassung
Genetische Vielfalt ist die Grundlage der Evolution. Sie ist Voraussetzung für die Bildung neuer Arten. In diesem Kapitel werden verschiedene Aspekte der genetischen Vielfalt vorgestellt und die Faktoren und Prozesse erläutert, die Veränderungen in der genetischen Vielfalt bewirken. Es wird gezeigt, wie Mutationen, natürliche Selektion und genetische Drift zu Veränderungen in den Genfrequenzen der Populationen beitragen. Der Begriff «Art» wird erklärt und die speziellen Bedingungen werden dargestellt, bei denen eine Artbildung möglich ist.

Genetische Vielfalt

Zwischen den Individuen einer Population bestehen meistens genetische Unterschiede (Primack 1995). **Gene** sind aus Nukleotiden aufgebaut. Miteinander verbunden bilden Nukleotide lange Ketten, die sogenannten DNA-Stränge, die viele Gene enthalten und aufgeknäuelt als Chromosomen sichtbar sind. Ein Gen kann mehrere Proteine kodieren. Die genetische Variabilität ist darauf zurückzuführen, dass einzelne Gene der Individuen sich geringfügig voneinander unterscheiden. Die unterschiedlichen Ausprägungen eines Gens werden als **Allele** bezeichnet. Verschiedene Allele können in Struktur und Funktion unterschiedliche Formen von Proteinen produzieren, welche die Entwicklung und Physiologie des Organismus unterschiedlich beeinflussen. So können verschiedene Allele am Gen «Gehäusefarbe» bei der Hain-Bänderschnecke *(Cepaea nemoralis)* gelbe, rosa oder braune Gehäuse bewirken.

Die genetische Variabilität ist bei Arten mit sexueller Fortpflanzung besonders hoch, weil jedes Individuum durch die **Rekombination** der Gene seiner Eltern eine einzigartige Gen- und Chromosomenkombination erhält. Bei der meiotischen Zellteilung werden während des *Crossing-over* Gene zwischen Chromosomen ausgetauscht, das Erbgut wird umgeordnet und es entstehen neue Genkombinationen, wenn die

Keimzellen der Eltern sich zu einem genetisch einzigartigen Nachkommen vereinigen. Zwar liefern Mutationen das Ausgangsmaterial für die genetische Variabilität, aber die Fähigkeit von Arten mit sexueller Fortpflanzung, Allele nach dem Zufallsprinzip neu zu kombinieren, erhöht das Potenzial für genetische Variabilität enorm.

Die Gesamtheit der Allele einer Population wird als deren **Genpool** bezeichnet, die konkrete Allelkombination eines Individuums als dessen **Genotyp**. Als **Phänotyp** des Individuums werden seine morphologischen, anatomischen, physiologischen und biochemischen Eigenschaften bezeichnet, die sich aus der Ausprägung seines Genotyps unter bestimmten Umweltbedingungen ergeben.

Genetische Vielfalt ist sichtbar, wenn morphologische Eigenschaften genetisch festgelegt sind und Individuen in diesen Eigenschaften variieren, beispielsweise die Gefiederfarbe bei Wellensittichen. Viele morphologische Eigenschaften sind aber nicht vollständig durch Gene determiniert, sondern sind das Ergebnis der Wechselwirkung von Genen und Umwelt. Ähnlich wie bei der sichtbaren morphologischen Variation gibt es auch genetisch festgelegte Variation in Verhaltensweisen. Einige Schmetterlingsarten weisen populationsspezifische Präferenzen für bestimmte Pflanzenarten auf, auf denen sie ihre Eier ablegen (Kuussaari et al. 2000). Genetisch determiniert ist auch die Futterpräferenz bei der Strumpfbandnatter *(Thamnophis elegans)* in Nordamerika: Jungtiere aus küstennahen Populationen in Kalifornien, in deren Lebensräumen viele Nacktschnecken vorkommen, verzehrten in Wahlversuchen ausschließlich Nacktschnecken, während Jungtiere aus Inlandpopulationen Frösche und Fische bevorzugten (Arnold 1981). Schlüpfende Jungtiere der Gefleckten Schnirkelschnecke *(Arianta arbustorum)* zeigen je nach Population eine verschieden stark ausgeprägte Neigung zu Eikannibalismus (Baur 1994). Bei Eidechsen wurden genetisch festgelegte Unterschiede in physiologischen Eigenschaften, wie die Schnelligkeit des Wegrennens *(sprint speed)*, nachgewiesen, und Taufliegen *(Drosophila)* zeigen genetisch determinierte Unterschiede in biochemischen Eigenschaften (z.B. bei Verdauungsenzymen).

In den meisten Fällen wird die genetische Vielfalt aber mithilfe von molekularbiologischen Methoden untersucht, die direkten Einblick in die Variabilität der Gene geben.

Verschiedene Stufen der genetischen Vielfalt

In jeder Pflanzen- und Tierart können drei verschiedene Stufen von genetischer Vielfalt unterschieden werden:

- genetische Variation innerhalb von Individuen (Heterozygosität);
- genetische Unterschiede zwischen Individuen innerhalb einer Population;
- genetische Unterschiede zwischen Populationen.

Zur Schätzung der genetischen Vielfalt innerhalb eines Individuums werden die Allele an ausgewählten Genloci betrachtet. Befinden sich an einem Locus zwei identische Allele (ein Allel von der Eizelle der Mutter, das andere vom befruchtenden Spermium des Vaters), ist das Individuum an diesem Locus **homozygot**. Kommen aber zwei verschiedene Allele vor, dann ist das Individuum an diesem Locus **heterozygot**. Werden bei einem Individuum mehrere Loci beurteilt, so können die Häufigkeiten der homozygoten und heterozygoten Loci ermittelt werden. So ist beispielsweise ein Individuum an neun von zehn untersuchten Loci heterozygot (d.h. 90 % seiner Loci sind heterozygot), während ein anderes Individuum nur an zwei der zehn Loci heterozygot ist (20 % heterozygote Loci). Das erste Individuum weist eine deutlich höhere genetische Variabilität auf als das zweite. Im Extremfall sind alle Loci eines Individuums homozygot. Dies kommt bei Organismen mit klonaler Fortpflanzung oder Parthenogenese vor sowie bei der Vermehrung durch regelmäßige Selbstbefruchtung.

Innerhalb einer Population werden die verschiedenen Kombinationen von Allelen (Genotypen) betrachtet, die bei den Individuen vorkommen (Tabelle 1). Wenn alle Individuen am untersuchten Locus zwei gleiche Allele aufweisen, dann ist die Population an diesem Locus **monomorph**. Dies bedeutet, dass in der Population keine genetische Variation am betrachteten Locus vorhanden ist. Haben aber einige Individuen verschiedene Allele am untersuchten Locus, dann ist die Population **polymorph**. Mithilfe von Stichproben kann die genetische Vielfalt einer Population geschätzt werden. Dazu werden beispielsweise bei 20 Individuen je fünf Loci (variable Mikrosatelliten-Marker) untersucht. Zur Bewertung der genetischen Vielfalt werden die Anzahl der verschiedenen Allele, ihre Häufigkeiten, das Verhältnis «Anzahl Allele pro Locus» sowie die Anzahl (oder der Prozentanteil) polymorpher Loci beigezogen.