

Biodiversität und Globaler Wandel

Aktuelle Herausforderungen in der interdisziplinären Biodiversitätsforschung

Niels Dreber*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Die CBD-Ziele	3
3	Biodiversität, Ökosystemprozesse und -dienstleistungen	4
3.1	Biodiversität und Ökosystemprozesse	5
3.2	Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen im sozio-ökonomischen Kontext	7
4	Biodiversität und Klimawandel	12
5	Biodiversität und technologischer Fortschritt	16
6	Biodiversität, Naturschutz und Schutzgebietsmanagement	17
7	Biodiversitätsindikatoren für Stuserfassung und Trend- Monitoring	21
8	Systemspezifische Biodiversität	24
8.1	Biodiversität terrestrischer Systeme	24
8.1.1	Agrobiodiversität	25
8.1.2	Waldbiodiversität	27
8.2	Biodiversität limnischer Systeme	29
8.3	Biodiversität mariner Systeme	30

* Nationales Komitee für Global Change Forschung
Wissenschaftliches Sekretariat
NGGCF am Institut für Weltwirtschaft, Hindenburgufer 66, 24105 Kiel
www.nkgcf.org

1 Einleitung

Auf der 50. und 51. Sitzung des NKGCF im Februar und Mai 2010 wurde das konkrete Ziel formuliert, eine fächerübergreifende Arbeitsgruppe zu gründen, welche sich mit dem Thema Biodiversität im Kontext des globalen Wandels befasst. Neben der Identifizierung und Priorisierung von Forschungsbedarf soll die Arbeitsgruppe langfristig strategisch wichtige Themenschwerpunkte im Bereich Biodiversität und Globaler Wandel finden und ausarbeiten. Entsprechend aktueller Herausforderungen in der Biodiversitätsforschung sollte die Themenauswahl den gesellschaftlichen Anforderungen gerecht werden. Interdisziplinäre Kooperationen aus Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften, Ökonomie, etc. sind dabei von großer Bedeutung insbesondere unter Berücksichtigung eines integrativen Forschungsansatzes.

Zur Vorbereitung eines ersten Treffens der AG Biodiversität am 5. November 2010 in Bremen wurde die vorliegende Übersicht von Defiziten und Herausforderungen in der aktuellen Biodiversitätsforschung zusammengestellt. Die relativ weit gefasste Übersicht hat nicht den Anspruch von Vollständigkeit, bildet aber die wesentlichen Fragestellungen und Bedarfe der nationalen und internationalen Biodiversitätsthematik ab, soweit sie in der aktuellen v.a. englischsprachigen Diskussion mit einem Fokus auf den Naturwissenschaften sichtbar (vgl. unten) sind. Die hier vorgenommene Unterteilung in Themenblöcke greift die logische Kategorisierung des Forschungsbedarfs der nationalen Verpflichtung zur Umsetzung der CBD-Ziele nach Stadler (1) auf - Situation und Entwicklungstendenzen biologischer Vielfalt, Auswirkungen der Veränderungen (ökologisch, sozio-ökonomisch), Grundlagen für die Entwicklung von Konzepten für Schutz und nachhaltige Nutzung von biologischer Vielfalt - setzt die Themen aber in einen spezifischeren Kontext. Als Themenblöcke von besonderem Interesse wurden diesbezüglich sozio-ökologische Systeme, Klimawandel, technologischer Fortschritt, Schutzgebietsmanagement, Monitoring und Lebensraumtypen definiert. Jeder Themenblock beginnt mit einer thematischen Einleitung, in der grundlegende Defizite angesprochen werden, bevor konkreter Forschungsbedarf aufgelistet wird.

Die vorliegende Zusammenstellung basiert auf (i) Datenbankabfragen des ISI Web of Knowledge unter Verwendung des Eintrages *biodiversity* challenges, research priorities, climate change, global change, human dimensions*, etc. und Berücksichtigung fast ausschließlich aktueller Publikationen (2006-2010), (ii) entsprechenden Treffern in google scholar (Seiten 1-3) sowie (iii) Durchsicht von Diskussionspapieren, Positionspapieren und reports auf Internetseiten von Universitäten, NGOs, GOs und Forschungsprojekten. Hierbei ist anzumerken, dass der Zusammenstellung keinerlei Gewichtung oder Bewertung zugrunde liegt; vielmehr hat das Papier den Status einer ersten Bestandsaufnahme über das in entsprechenden Quellen Formulierte.

Quellen:

- (1) Stadler (2008): *Die Biodiversitätskonvention und ihr ökosystemarer Ansatz – Neue Anforderungen an die Forschung*. In: Feit, U., Zander, U. (Eds.), *Vilmer Handlungsempfehlungen zur Förderung einer umsetzungsorientierten Biodiversitätsforschung in Deutschland*. BfN-Skripten 223, 21-28.

2 Die CBD-Ziele

Die aktuellen Trends in der Biodiversitätsforschung gehen klar in Richtung einer interdisziplinären und anwendungsorientierten Forschung. Darüber hinaus werden transdisziplinäre Ansätze angestrebt, bei denen Interessensgruppen und Entscheidungsträger z.B. aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft von Anfang an mit in den Forschungsprozess eingebunden werden. Nichtsdestotrotz bleibt zugleich die problemorientierte disziplinäre Grundlagenforschung in vielen Bereichen von grundlegender Bedeutung, um Lösungsansätze für umfassende Problemlagen formulieren zu können. Dies wird auch im Kontext der verfehlten 2010-Ziele des Übereinkommens zur Biologischen Vielfalt deutlich.

Bisher sind die Ziele der CBD zur Reduktion der Artenvielfalt bis 2010 nicht erreicht worden, wie die kürzliche Auswertung von 30 Indikatoren durch die Biodiversity Indicators Partnership (www.twentyten.net) ergeben hat (1). Ein ähnliches Bild zeichnet sich trotz Erfolge im Biotopschutz für Europa ab (2). Piechocki et al. (3) und Kruess et al. (4) ziehen das Fazit, dass auch Deutschland das CBD-Ziel verfehlt hat. Die Autoren verweisen darauf, dass es trotz einzelner Erfolge auf Art- und Ökosystemebene keine generelle Trendwende im Artenschwund und dem Verlust an Kultur- und naturnahen Landschaften gibt. Das Scheitern der Umsetzung liegt begründet in den ungenügenden Finanz- und Personalmitteln zur Durchführung konkreter Arten- und Biotopschutzmaßnahmen, der mangelnden institutionellen Verankerung der Biodiversitätsstrategie und deren Einbindung in politische Entscheidungsprozesse, den umweltschädlichen Subventionen (Konterkarierung), der zu kleinteiligen Schutzgebietsstruktur sowie einem mangelhaften Monitoring (5).

Entsprechend den Post-2010-Zielen der CBD legt die Europäische Strategie zur Biodiversitätsforschung für den Zeitraum 2010-2020 den Fokus daher auch auf (i) die Erfassung von Zuständen, Trends und funktionellen Zusammenhängen, (ii) Triebkräfte und Mechanismen von Wandel und (iii) der Entwicklung von Richtlinien für ein effektives Management und Schutz von Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen (6). Nach Vohland et al. (7) soll der Beitrag der deutschen Biodiversitätsforschung zu Post-2010-Zielen der CBD auch weiterhin die Zusammenhänge zwischen Biodiversität, Ökosystemfunktion und Lebensqualität erforschen, sowie die Veränderung von Biodiversität analysieren. Hierfür ist eine ausreichende Finanzierung grundlagenorientierter Forschung in Taxonomie, Inventarisierung sowie funktioneller Biodiversitätsforschung maßgeblich, aber auch eine verstärkte interdisziplinäre Forschung. Insgesamt sollte der Fokus stärker auf Ursachenidentifizierung des Biodiversitätsverlustes und Lösungsansätzen für dessen Verringerung ausgerichtet sein. Die gesellschaftliche Komponente spielt in der Ursachenforschung eine noch viel zu untergeordnete Rolle (7).

Quellen:

- (1) Butchart et al. (2010): *Global biodiversity: indicators of recent decline*. Science 328, 1164-1168.
- (2) EEA (2009): *Progress towards the European 2010 biodiversity target*. EEA report 4, 2009. European Environment Agency, Copenhagen, 2009.
- (3) Piechocki et al. (2010): *Das „2010-Ziel“ – auch in Deutschland verfehlt?* Natur und Landschaft 85, 274-281.

- (4) Kruess et al. (2010): *Ist der Rückgang der biologischen Vielfalt gestoppt? Eine Bilanz des Arten- und Biotopschutzes*. Natur und Landschaft 85, 282-287.
- (5) Doyle et al. (2010): *Biodiversitätspolitik in Deutschland – Defizite und Herausforderungen*. Natur und Landschaft 85, 308-313.
- (6) EPBRS (2010): *European biodiversity research strategy 2010-2020, version 1*. European Platform for Biodiversity Research Strategy, 14. April 2010, Palma de Mallorca.
- (7) Vohland et al. (2010): *Zum Beitrag der deutschen Biodiversitätsforschung zu Post-2010-Zielen des Übereinkommens zur biologischen Vielfalt (CBD)*. Natur und Landschaft 85, 304-307.

3 Biodiversität, Ökosystemprozesse und -dienstleistungen

Für die Biodiversitätsforschung ist es von grundlegender Bedeutung, die komplexen Interaktionen zwischen Mensch und Natur von verschiedenen Blickwinkeln aus und auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen zu verstehen. Vor diesem Hintergrund hat sich ein relativ neuer Forschungsansatz entwickelt, welcher die funktionelle Rolle von Biodiversität im Wirkungsgefüge sozialer und biophysikalischer Prozesse betrachtet. Schwerpunkt ist die Beziehung zwischen Biodiversität und der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen für das menschliche Wohlbefinden.

Das Millennium Ecosystem Assessment nutzte diesen konzeptionellen Rahmen für die Analyse und das Verständnis von Effekten des globalen Wandels auf Ökosysteme und deren Folgen für die Gesellschaft (1). Dieser Ansatz wird allgemein als zukunftsweisend in der Biodiversitätsforschung und dem Biodiversitätsmanagement angesehen, da er Wissenschaftlern, Praxisakteuren und Politikern eine gemeinsame Kommunikationsplattform zur Formulierung von Forschungs- und Handlungsbedarf bietet. Er ist mittlerweile innerhalb der Wissenschaftlergemeinschaft und unter Entscheidungsträgern etabliert und hat schon zu einer Reihe neuer Forschungsansätze, Naturschutz- und Entwicklungsmaßnahmen geführt (2).

Trotz allem bestehen noch große Kenntnislücken über die Multifunktionalität von Ökosystemen und den kausalen Zusammenhängen von Biodiversität, ökosystemaren Prozessen und dem menschlichen Wohlbefinden. Die Ökosystemdienstleistungen zu identifizieren, zu quantifizieren, zu bewerten und im jeweiligen ökosystemaren Kontext zu erhalten erfordert ein vertieftes Verständnis gegenseitiger Abhängigkeiten und Interaktionen von Ökosystemkomponenten sowie von Auswirkungen globaler biophysikalischer und sozialer Triebkräfte auf die Systemkomponenten. Es existieren wenige subglobale *assessments*, weshalb die regionalen, nationalen und lokalen Auswirkungen von Ökosystemwandel auf das menschliche Wohlbefinden nicht umfassend abgeschätzt werden können und generell das Konzept der Ökosystemdienstleistungen nur unzureichend in Entscheidungsprozesse aufgenommen wird (3, 4). Hieraus ergibt sich der dringende Bedarf, die Anstrengungen in der interdisziplinären, integrativen Forschung der Natur- und Sozialwissenschaften noch weiter zu verstärken sowie einen verbesserten Transfer von System-, Ziel- und Handlungswissen für Entscheidungsträger zu gewährleisten (2).

Im Folgenden ist der Forschungsbedarf im Bereich der sozio-ökologischen Systeme in zwei Themenblöcke unterteilt. Im ersten Block „*Biodiversität und Ökosystemprozesse*“ wird auf die Herausforderungen in der Grundlagenforschung zur Rolle der Biodiversität für das Funktionieren von

Ökosystemen eingegangen. Im zweiten Themenblock „*Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen im sozio-ökonomischen Kontext*“ werden integrative Aspekte für das Verständnis der Interaktionen zwischen Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen und Gesellschaft fokussiert.

3.1 Biodiversität und Ökosystemprozesse

Für ein umfassenderes Verständnis der Beziehung Biodiversität/Ökosystemdienstleistungen besteht vielseitiger Klärungsbedarf hinsichtlich der funktionellen und quantitativen Rolle von Biodiversität für die Aufrechterhaltung der an bestimmte Ökosystemprozesse gekoppelten Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen. Dieser reicht von der Identifizierung von Schlüsselkomponenten der Biodiversität über die funktionelle Redundanz von Arten, Interaktionseffekten auf verschiedenen trophischen Stufen bis hin zu den Auswirkungen des Verlustes an Artenvielfalt auf das ökosystemare Wirkungsgefüge.

Diesbezüglich sind experimentelle Studien auszuweiten auf eine Vielzahl an Ökosystemen, die repräsentativ für die wesentlichen Landschaften und Naturräume sind, sowie auf ein breiteres Spektrum von Artgemeinschaften (z.B. von Bakterien). Nach wie vor liegt der Fokus zu stark auf Modellsysteme wie Wiesen und Primärproduzenten (5, 6). Zudem betrachtet die Forschung zu Ökosystemprozessen in Relation zu Biodiversität meist nur einzelne Prozesse, obwohl Ökosysteme in der Regel aufgrund ihrer Vielzahl an Prozessen und Dienstleistungen bewertet, genutzt und geschützt werden (7, 8, 9).

Strukturelle Defizite bestehen in der generellen Konzeption von Forschungsprojekten. Hier sind terrestrische Systeme überrepräsentiert, wobei Effekte von Klimawandel, Landnutzungswandel und anthropogenen Störungen auf unterschiedlichen räumlichen Skalen und organisatorischen Ebenen von Lebensformen untersucht werden. Dies wirkt der Entwicklung eines generellen konzeptionellen Rahmens zur Untersuchung natürlicher und anthropogener Triebkräfte und Drücke von bzw. auf Biodiversität und der resultierenden Konsequenzen für Ökosystemfunktionen entgegen (10). Experimente sind meist nur kleinräumige Kurzzeitexperimente, die im Kontrast zur realen Welt und zur Skalenebene von Relevanz für Fragen des Managements stehen (5, 7, 11, 12). Die meisten Forschungsprojekte berücksichtigen nur Zeitskalen von unter 5 Jahren und untersuchen Prozesse auf Plotgrößen unter 100 m² (10).

Auf der Suche nach allgemeingültigen Regeln in der Ökologie von Lebensgemeinschaften rückt das Konzept der merkmalsbasierten Funktionstypen derzeit wieder stärker in den Fokus der Biodiversitätsforschung (13). Ökosystemdienstleistungen sind stark an die funktionellen Merkmale der Arten und Artgemeinschaften im System über verschiedene trophische Stufen hinweg gekoppelt. Hierbei werden Ökosystemprozesse durch bestimmte Merkmalskombinationen beeinflusst, wobei Schlüsselmerkmale sogar kontrollierend wirken können (14). Die Vielfalt an Merkmalen ist wahrscheinlich ein besserer Prädiktor für Artverteilungen oder Ökosystemfunktionen als Biodiversität an sich. Entsprechend ist der merkmalsbasierte Ansatz besonders geeignet, die Auswirkungen des globalen Wandels (Klima, Landnutzung) auf Biodiversität, Artgemeinschaften und Ökosystemdynamiken zu untersuchen (13, 15, 16). Die Quantifizierung der Art, Spanne und relativen

Abundanz funktioneller Merkmale in biotischen Gemeinschaften vereinfacht die Erfassung und das Management von Ökosystemdienstleistungen (14). Trotz vieler systemspezifischer Studien fehlt es jedoch an empirischen Studien basierend auf einer gemeinsamen konzeptionellen Grundlage und einem übergreifenden, schlüssigen Rahmenwerk.

Ein generelles Manko ist das Fehlen eines einheitlichen Klassifikationssystems für Ökosystemdienstleistungen mit klaren Definitionen und basierend auf standardisierten Messungen, was zu Problemen in der Deutung und Belastbarkeit wissenschaftlicher Ergebnisse führt (3, 17, 18, 19). Auf europäischer Ebene bestehen systemübergreifend Wissenslücken hinsichtlich Ökosystemdienstleistungen im Bereich Biochemikalien, natürliche Arzneimittel, genetische Ressourcen (insbesondere in limnischen Ökosystemen und der Pedosphäre), Samenausbreitung, Schädlings- und Krankheitsregulation sowie Widerstandsfähigkeit gegenüber invasiver Arten (20).

Um effektiv Ökosystemdienstleistungen in Naturschutzprogramme zu integrieren, ist eine globale Auswertung der räumlichen Übereinstimmung von Gebieten, die Ökosystemdienstleistungen erbringen, und solchen, welche Biodiversität unterstützen, erforderlich. Hierfür werden globale Daten der Verteilung von Ökosystemdienstleistungen und Biodiversität gebraucht, wobei solche nur, sofern überhaupt vorhanden, für letztere vorhanden sind. Bestehende Methoden um Gebiete höchster Priorität für den Biodiversitätsschutz zu identifizieren, müssen entsprechend für Ökosystemdienstleistungen adaptiert werden (21).

Konkreter Forschungsbedarf:

- Identifizierung der Schlüsselkomponenten von Biodiversität (z.B. prozesskontrollierende Arten) für die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen.^{22, 23}
- Quantifizierung der benötigten Arten zur Aufrechterhaltung von Ökosystemprozessen, Klassifizierung und Gewichtung von Ökosystemfunktionen und Analyse der Effekte von Artenschwund auf die Multifunktionalität von Ökosystemen.^{7, 8, 9}
- Quantifizierung der Bedeutung von Biodiversität für die Aufrechterhaltung von Ökosystemfunktionen und Bereitstellung von Dienstleistungen, insbesondere mit Hinblick auf uncharismatische Taxa wie Wirbellose, niedere Pflanzen und Pilze.³
- Überprüfung experimenteller Befunde der Biodiversität-Ökosystemfunktion Beziehung unter Bedingungen der realen Welt und über längere Zeiträume, z.B. basieren positive Beziehungen wirklich eher auf dem Interaktions-Effekt von Artgemeinschaften (*complementary effect*) als auf den eher schwachen Effekten einzelner, abundanter Schlüsselarten (*selection effects*)?⁷
- Untersuchung der funktionellen Bedeutung von Biodiversität im Kontext multitrophischer Interaktionen: Effekt von Art-Art-Interaktionen, z.B. Räuber-Beute-Beziehungen, auf die Ökosystemfunktionalität (Beziehung Biodiversität/Ökosystemfunktionalität = Netto-Effekt aus zusammen auftretenden positiven Mechanismen (*resource use differentiation, facilitation*) und negativen Mechanismen (*intraguild predation, interference*)?).⁷
- Analyse der Effekte von Artenschwund auf die Widerstandsfähigkeit/Belastbarkeit (*resilience*) von Ökosystemen sowie die Vielfalt und Aufrechterhaltung von Ökosystemprozessen und -dienstleistungen.^{3, 5, 7, 23, 24, 25}
- Quantifizierung des Effekts invasiver Arten auf Ökosystemstrukturen, -funktionen und -dienstleistungen.³

- Identifizierung von Ökosystemprozesse beeinflussende und kontrollierende Merkmalskombinationen von Arten und Artgemeinschaften, sowie von sich daraus ergebenden konsistenten Merkmals-Dienstleistungs-Clustern.¹⁴
- Im Rahmen einer neuen merkmalsbasierten Ökologie Ausweitung empirischer Studien zur Abschätzung (i) der „Fundamentalen Nische“ durch funktionelle Merkmale, (ii) der Merkmalsverteilungen entlang von Umweltgradienten und (iii) der „Realisierten Nische“ durch biotische Interaktionen.^{13, 15}
- Erstellung globaler Karten von Produktionsstätten von Ökosystemdienstleistungen und Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit von Landnutzungswandel in den Gebieten.²¹

Des Weiteren im Landnutzungskontext:

- Analyse der qualitativen und quantitativen Beziehungen zwischen Biodiversität, Ökosystemfunktionen und „Ertrag“ an Ökosystemdienstleistungen, sowie der Stärke der Beziehungen in Abhängigkeit der betrachteten ökosystemaren Ebene, geographischen Skalenebene und des landschaftlichen Kontexts (Habitatfragmentierung, Flächenmosaik). Implementierung des vertieften Systemverständnisses in Modelle der simplifizierten Beschreibung von Biodiversitätsveränderungen entlang von Landnutzungsgradienten.²⁵
- Vertiefte Analyse der Beziehung zwischen Landnutzung (Typen, Wandel, Intensivierung) und/oder Besiedlungsdichte, Primärproduktion und Artenvielfalt zur verbesserten Beurteilungsmöglichkeit der Effekte von qualitativen Veränderungen in der Landschaft auf Ökosystemfunktionen. Hierfür werden Modelle benötigt, die, basierend auf einer Verknüpfung von lokalem Prozessverständnis mit grobskalig vorhandenen Daten, eine weiter gefasste Folgenabschätzung von Landnutzungsmustern auf das Beziehungsgeflecht erlauben.^{25, 26}
- Untersuchung der Produktionsleistung unterschiedlicher Artgemeinschaften im Vergleich, z.B. der Effektivität der Artenvielfalt von Wiesen gegenüber Energiepflanzen-Monokulturen in der Gewinnung von Bioenergie, oder der Ökosystemdienstleistungen von artenreichen Mischwäldern gegenüber Monokulturen.^{12, 38, 39}
- Quantifizierung der Bedeutung von multifunktionaler Landbewirtschaftung und Landschaftsmuster auf die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen.³

3.2 Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen im sozio-ökonomischen Kontext

Ökosystemdienstleistungen sind ein anthropozentrisches Konstrukt und als solches zu verstehen. Die Veränderlichkeit von Ökosystemdienstleistungen durch einen Verlust an Artenvielfalt ist daher nicht allein durch die naturwissenschaftliche Analyse ökologischer Muster, Prozesse oder Funktionen zu erfassen, sondern erfordert die Einbeziehung multipler Triebkräfte und struktureller Faktoren des gesellschaftlichen Umfelds, kultureller und ökonomischer Einflussfaktoren, der variablen Werteauffassung von Dienstleistungen und Rückkopplungseffekte durch Managemententscheidungen. Für ein vertieftes Verständnis der (kausalen) Zusammenhänge innerhalb sozio-ökologischer Systeme,

welche Biodiversität direkt und indirekt beeinflussen, und deren Dynamik im Kontext des globalen Wandels muss mehr an den Schnittstellen aller Systemkomponenten gearbeitet werden.

In diesem Zusammenhang sollte ein künftiger Forschungsschwerpunkt auf der Verbindung zwischen sozio-ökonomischen Triebkräften und Drücken liegen, die zu unerwünschten Zuständen von Biodiversität führen (27). Insbesondere sind dynamische Wechselbeziehungen zwischen sozialen (z.B. demographischer Wandel) und ökonomischen (z.B. Wirtschaftswachstum, Wandel in der Ressourcennutzung) Triebkräften, die Rolle von Klimawandel und politischen Entwicklungen zu untersuchen (28). Die Entwicklung effektiver Richtlinien zur Verlangsamung des von Menschen verursachten Verlustes an Biodiversität durch Reduktion sozio-ökonomischer Triebkräfte erfordert eine bessere Grundlage von Daten, Indikatoren und Modellen, sowie eines Langzeit-Monitorings inklusive der Rekonstruktion vergangener Zustände sozio-ökologischer Systeme (2, 28).

Für derartige Vorhaben im komplexen Interaktionsfeld ökologischer und gesellschaftlicher Systeme sind Untersuchungsstätten erforderlich, deren Fokus weniger auf den traditionell betrachteten Schutzgebieten und ihren bedrohten Arten und Biotopen liegt, sondern vielmehr auf anthropogen geprägten Landschaften (9). In den USA wie auch auf europäischer Ebene entwickeln sich derzeit neue Forschungsansätze für eine integrative Wissenschaft, die sich den Herausforderungen stellt. Ein Beispiel hierfür ist *long-term socio-ecological research* (LTSER), ein Ansatz, der sozio-ökonomische und ökologische Wissenschaft in geeigneten geographisch determinierten Gegenden vereinigt (28, 29) und von Netzwerken wie ILTER (www.ilternet.edu), ALTER-net (www.alter-net.info) und LTER-europe (www.lter-europe.net) umgesetzt wird.

Ein großer Bedarf besteht an integrativen und quantitativen Modellen sozio-ökologischer Systeme, sogenannter „*hybrid models*“ oder „*coupled models*“. Durch Modellangleichungen müssen diese in der Lage sein, Modelle einzelner Ökosystemdienstleistungen z.B. aus den Bereichen Landwirtschaft, Fischerei oder Wasserverfügbarkeit mit (Vorhersage-)Modellen aus den Bereichen Klima, Demographie, Makroökonomie (Marktgeschehen) oder Soziologie zu verschneiden (2, 28, 30). Hier spielt als Problem die Skalendiskrepanz von Wirkungsgefügen mit ein. Ökosystemprozesse laufen häufig auf anderen räumlichen und zeitlichen Ebenen ab als auf denen institutionelle Prozesse oder Initiativen greifen. Auch in Bezug auf die Umsetzung lokaler Aktivitäten besteht häufig eine Skalendiskrepanz zwischen der Ebene, auf welcher Biodiversität gemonitort und analysiert wird, und auf welcher gemanagt wird oder Schutzmaßnahmen implementiert werden (2, 28, 31).

Wirtschaftsunternehmen haben großes Potential dem Verlust an Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen entgegenzuwirken (Produktionswege, Ressourcenbesitz, Konsumverhalten, regionale/lokale Entwicklung). Allerdings sind sie kaum in Wissenschaftsprojekten und neuen Anträgen der angewandten Ökologie in irgendeiner Form involviert (Ausnahmen bestehen traditionell im Bereich der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei). Der Ansatz, Unternehmen sollten einen verantwortungsbewussten Umgang mit Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen stärker in ihr „*corporate social responsibility planning and reporting*“ einbinden, bedarf zunächst eines intensiveren Austausches mit der ökologischen Forschung, um Einfluss auf beide Komponenten auch messen zu können (3, 32).

Auf den Bedarf an Indikatoren für die Identifizierung von Schwellenwerten oder Kippunkten abrupten und möglicherweise irreversiblen Wandels sozio-ökologischer Systeme wird in Kapitel 6 separat eingegangen.

Konkreter Forschungsbedarf:

a) Prozesse und Interaktionen

- Vertiefte Analyse der Prozesse und Interaktionen in der Kausalkette: multiple sozio-ökonomische Triebkräfte und Drücke > Effekt auf Biodiversität > Effekt auf Ökosystemprozesse und -dienstleistungen > Konsequenzen für das menschliche Wohlbefinden > Rückkoppelungseffekte angepassten gesellschaftlichen Handelns und Entscheidens.^{2, 3, 27}
- Entwicklung einer unmissverständlichen theoretischen Hypothese der Verbindung von Triebkräften und Drücken von Biodiversitätswandel, welche für multikriterielle Analysen geeignet ist.²⁷
- Identifizierung und Klassifizierung der wichtigsten sozio-ökonomischen Triebkräfte (und Drücke) von Biodiversitätswandel auf verschiedenen hierarchischen Ebenen in einem Prozess der Konsensfindung unter Experten.²⁷
- Identifizierung und Quantifizierung der Auswirkungen direkter und, insbesondere, indirekter sozio-ökonomischer, demographischer, kultureller und ökologischer Triebkräfte auf Ökosystemdienstleistungen.^{2, 3, 29,}
- Analyse der Auswirkungen politischer Entscheidungen auf Biodiversität und Entwicklung von Instrumenten, welche helfen, Biodiversitätsziele besser in politische Entscheidungsprozesse zu implementieren.³³
- Analyse der Biodiversitätseffekte sich verändernder Trends und Mustern in Bezug auf Demographie, ökonomischer Aktivität und Wachstum, Konsumverhalten, Essgewohnheiten, (Zugang zu) Ausbildung, staatlichen Subventionen, Krieg und Korruption, nationalen und internationalen Handelsabkommen, und Technologie.²²
- Untersuchung von *tradeoffs* zwischen Ökosystemdienstleistungen, z.B. Langzeitfolgen bevorzugter Nutzung einer Dienstleistung auf Kosten „regulierender“ (*regulating services*) und „unterstützender“ (*supporting services*) Dienstleistungen basierend auf Biodiversität.³⁴
- Untersuchung der Auswirkungen von Veränderungen von Ökosystemdienstleistungen auf Gesundheit, Armut und in welcher Form die Ärmsten in der Gesellschaft betroffen sein werden.²
- Analyse der Auswirkungen von Landschaftsfragmentierung auf Biodiversität und Gesellschaft bzw. dem menschlichen Wohlbefinden, insbesondere in Bezug auf den Verlust naturnaher Flächen und Grad an Heterogenität.³⁵
- Überprüfung der Kompatibilität von Ansprüchen der Gesellschaft und Biodiversität hinsichtlich der Ausstattung und Struktur naturnaher Flächen.³⁵
- Systematische Untersuchung der Auswirkungen der Nutzung von Ökosystemdienstleistungen auf andere Länder und Regionen (Externalisierung von Kosten).⁴
- Untersuchung der Skalenproblematik hinsichtlich der Verbindungen von Ökosystemprozessen und Institutionen über lokale, regionale und globale Skalenebenen, sowie des Zusammenspiels unterschiedlicher Handlungs- und Entscheidungsebenen.^{2, 4, 28, 31}
- Entwicklung von Hybrid-Modellen zur integrativen Modellierung sozio-ökologischer und – ökonomischer Systeme.^{2, 28, 30}

b) Wertung von Ökosystemdienstleistungen

- Entwicklung von Methoden zur Bewertung von „non-market“ Ökosystemdienstleistungen und Analyse von *tradeoffs* zwischen *market* und *non-market* Dienstleistungen. ^{2, 4, 36}
- Erfassung der *non-market values* von Biodiversität in anthropogenen Landschaften zur besseren Abwägung von Kosten-Nutzen-Relationen politischer Maßnahmen im sozio-ökologischen Kontext des Biodiversitätsschutzes. ²⁹
- Ökosysteme sind dynamische Systeme und unterliegen einem periodischen, zyklischen oder fortschreitenden Wandel. Entsprechend schwer ist es, den Wert von Ökosystemen mit statischen Bewertungsmethoden zu taxieren und Ökosystemveränderungen mit dem menschlichen Wohlbefinden in einem ökonomisch-ökologischen Kontext zu verlinken. Es stellen sich Fragen nach der Veränderlichkeit von menschlichen (*demand driven*) Präferenzen für und ökonomischer Wertschätzung von Ökosystemdienstleistungen in der Zeit, und wie dies erfasst werden kann. ³⁷
- Entwicklung eines verbesserten Klassifikationssystems für Ökosystemdienstleistungen und –werte inklusive nutzeneffektiver Wert-, Preis- und Kostenabschätzungen. ³
- Aufbauend auf der TEEB-Studie muss die Entwicklung ökonomischer Bewertungsverfahren und Instrumente voranschreiten, und deren Grenzen für den Biodiversitätsschutz identifiziert werden. ³³
- Entwicklung von Methoden zur Bewertung von Ökosystemveränderungen und assoziierten Dienstleistungen. ²
- Entwicklung von Maßnahmen und Werkzeugen zur gerechten Verteilung von Gewinnen und Verlusten aus Veränderungen von Ökosystemdienstleistungen. ⁴

Quellen:

- (1) MEA (2005): *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment, World Resources Institute, Washington, DC.
- (2) Carpenter et al. (2009): *Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment*. PNAS 106, 1305-1312.
- (3) Anton et al. (2010): *Research needs for incorporating the ecosystem service approach into EU biodiversity conservation policy*. Biodiversity and Conservation 19, 2979-2994.
- (4) Neßhöver und Görg (2008): *Ableitung von Forschungsempfehlungen aus dem Millennium Ecosystem Assessment*. In: Feit, U., Zander, U. (Eds.), *Vilmer Handlungsempfehlungen zur Förderung einer umsetzungsorientierten Biodiversitätsforschung in Deutschland*. BfN-Skripten 223, 41-46.
- (5) Balvanera et al. (2006): *Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services*. Ecology Letters 9, 1146-1156.
- (6) Bell et al. (2005): *The contribution of species richness and composition to bacterial services*. Nature 436, 1157-1160.
- (7) Hector und Wilby (2009): *Biodiversity and Ecosystem Functioning*. In: Levin (ed.), *The Princeton Guide to Ecology*, Princeton University Press.
- (8) Hector und Bagchi (2007): *Biodiversity and Ecosystem Multifunctionality*. Nature 448, 188-190.
- (9) Gamfeldt et al. (2008): *Multiple functions increase the importance of biodiversity for overall biodiversity functioning*. Ecology 89, 1223-1231.

- (10) Stadler und Klotz (2005): *Impacts of the main drivers and pressures on biodiversity. Literature review and questionnaire evaluation*. ALTER-Net research reports, WPR3-2005-01.
- (11) Duffy (2009): *Why biodiversity is important to the functioning of real-world ecosystems*. *Front Ecol Environ* 7, 437-444.
- (12) Naeem (2009): *Biodiversity, Ecosystem Functioning, and Ecosystem Services*. In: Levin (ed.), *The Princeton Guide to Ecology*, Princeton University Press.
- (13) McGill et al. (2006): *Rebuilding community ecology from functional traits*. *TRENDS in Ecology and Evolution* 21, 178-185.
- (14) de Bello et al. (2010): *Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits*. *Biodiversity and Conservation* 19, 2873-2893.
- (15) Webb et al. (2010): *A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology*. *Ecology Letters* 13, 267-283.
- (16) Savage et al. (2007): *A general multi-trait-based framework for studying the effects of biodiversity on ecosystem functioning*. *Journal of Theoretical Biology* 247, 213-229.
- (17) Fisher et al. (2009): *Defining and classifying ecosystem services for decision making*. *Ecological Economics* 68, 643-653.
- (18) Boyd und Banzhaf (2007): *What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units*. *Ecological Economics* 63, 616-626.
- (19) Wallace (2007): *Classification of ecosystem services: Problems and solutions*. *Biological Conservation* 139, 235-246.
- (20) Harrison et al. (2010): *Identifying and prioritising services in European terrestrial and freshwater ecosystems*. *Biodiversity and Conservation* 19, 2791-2821.
- (21) Naidoo et al. (2008): *Global mapping of ecosystem services and conservation priorities*. *PNAS* 105, 9495-9500.
- (22) Sutherland et al. (2009): *One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity*. *Conservation Biology* 23, 557-567.
- (23) Cardinale et al. (2006): *Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems*. *Nature* 443, 989-992.
- (24) Ives und Carpenter (2007): *Stability and diversity of ecosystems*. *Science* 317, 58-62.
- (25) Haines-Young (2009): *Land use and biodiversity relationships*. *Land Use Policy* 26, 178-186.
- (26) Luck (2007): *The relationships between net primary productivity, human population density and species conservation*. *Journal of Biogeography* 34, 201-212.
- (27) Grünbühel (2005): *Identification of gaps and issues in the research on socio-economic drivers of biodiversity*. ALTER-Net report 1.R1.D3/WPR1-2005-03.
- (28) Haberl et al. (2009): *Towards an integrated model of socioeconomic biodiversity drivers, pressures and impacts. A feasibility study based on three European long-term socio-ecological research platforms*. *Ecological Economics* 68, 1797-1812.
- (29) Ohi et al. (2010): *Long-term socio-ecological research (LTSER) for biodiversity protection – a complex systems approach for the study of dynamic human-nature interactions*. *Ecological Complexity* 7, 170-178.
- (30) Spangenberg (2007): *Integrated scenarios for assessing biodiversity risks*. *Sustainable Development* 15, 343-356.
- (31) Scholes (2009): *Ecosystem services: Issues of Scale and Trade-Offs*. In: Levin (ed.), *The Princeton Guide to Ecology*, Princeton University Press.
- (32) Armsworth et al. (2010): *The ecological research needs of business*. *Journal of Applied Ecology* 47, 235-243.
- (33) Vohland et al. (2010): *Zum Beitrag der deutschen Biodiversitätsforschung zu Post-2010-Zielen des Übereinkommens zur biologischen Vielfalt (CBD)*. *Natur und Landschaft* 85, 304-307.
- (34) Rodriguez et al. (2006): *Trade-offs across space, time and ecosystem services*. *Ecology and Society* 11, 28.

- (35) di Giulio et al. (2009): *Effects of habitat and landscape fragmentation on humans and biodiversity in densely populated landscapes*. Journal of Environmental Management 90, 2959-2968.
- (36) Barbier (2007): *Valuing ecosystem services as productive inputs*. Economic Policy 22: 177-229.
- (37) Skourtos et al. (2010): *Reviewing the dynamics of economic values and preferences for ecosystem goods and services*. Biodiversity and Conservation 19, 2855-2872.
- (38) Kanowski et al. (2005): *Consequences of broadscale timber plantations for biodiversity in cleared rainforest landscapes of tropical and subtropical Australia*. Forest Ecology and Management 208, 359-372.
- (39) Erskine et al. (2006): *Tree species diversity and ecosystem function: can tropical multi-species plantations generate greater productivity?* Forest Ecology and Management 233, 205-210.

4 Biodiversität und Klimawandel

(Im Folgenden liegt der Fokus auf den generellen, systemübergreifenden Herausforderungen im Verständnis der Klimaeffekte auf Arten, Artgemeinschaften und Ökosysteme, Wechselwirkungen und Rückkopplungseffekte sowie dem Instrument der Modellierung von Biodiversitätsveränderungen. Aspekte, welche die Konzeption und das Management von Schutzgebieten in Anpassung an die Herausforderungen durch den Klimawandel betreffen, sind in Kapitel 5 gesondert aufgeführt. Spezifische Klimaeffekte in Ökosystemen und Lebensraumtypen finden in Kapitel 7 Erwähnung.)

Der Klimawandel hat weitreichende Folgen für die Biodiversität und Aufrechterhaltung von Ökosystemprozessen, die Grundlage für die Bereitstellung diverser Ökosystemdienstleistungen für die Gesellschaft sind. Er zählt zu den stärksten Treibern des Rückgangs von Biodiversität in marinen, limnischen und terrestrischen Ökosystemen und mag zum Ende des Jahrhunderts sogar die dominante direkte Triebkraft sein (1, 2). Es steht außer Frage, dass die Auswirkungen steigender globaler Durchschnittstemperaturen, der Versauerung der Meere und dem Anstieg des Meeresspiegels in Interaktion mit vorhandenen Stressfaktoren katastrophal für den globalen Zustand von Biodiversität sein wird (2). Schon heute sind Klimaeffekte auf biologische Prozesse in der Phänologie, dem Migrationsverhalten und den Ausbreitungstendenzen von Arten erkennbar (3, 4, 5). Die Wirkungszusammenhänge hierbei sind komplex und der Forschungsbedarf betrifft entsprechend alle Komponenten der Biodiversität im ökologischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Kontext auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Ebenen.

Große Wissenslücken bestehen hinsichtlich der Interaktionen zwischen Klima, Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen und menschlichen Aktivitäten, sowie synergetischen Effekten und Rückkopplungseffekten (z.B. Freisetzung von gebundenen CO₂ durch Moordegradation) (6). Zudem ist in Studien der Effekt der Interaktion zwischen Klimawandel und Landnutzungswandel auf Biodiversität unterrepräsentiert, wobei die isolierten Betrachtungsweisen die potentiellen Effekte entweder über- oder unterschätzen (7). Als defizitär kann auch gesehen werden, dass zumeist nur artspezifische Reaktionen auf Klimaeffekte betrachtet werden, wobei über die indirekten Effekte durch Artinteraktionen und Reaktionen herbeigeführt durch Wechselwirkungen innerhalb von Artgemeinschaften und trophischen Stufen wenig bekannt ist (8). Auch im Bereich Naturschutz liegt der Fokus nach wie vor zu sehr auf einzelnen (charismatischen) Arten, sollte aber ebenso im Hinblick auf den Klimawandel ökologische Artgemeinschaft stärker mit einbeziehen (9). Defizite finden sich

auch in der Untersuchung von Anpassungsmöglichkeiten von Arten an den Klimawandel wie zum Beispiel durch Mikroevolution, insbesondere auf genetischer Ebene (10).

Ein integraler Bestandteil der Klimafolgenabschätzung sind Modelle zur Vorhersage zum Beispiel künftiger Verbreitungsareale von Arten und Aussterbewahrscheinlichkeiten. *Species Distribution Models* sind hier Standard und schon stark im policy und Management-Bereich implementiert. Aufgrund des ungenügenden Verständnisses biologischer Systeme, der Fehlinterpretation biologischer Prozesse oder dem Ignorieren komplexer Interaktionen sind die Modelle aber noch mit großen Unsicherheiten behaftet und nur wenig belastbar (11). An anderer Stelle wie der schon erwähnten Analyse der Interaktion Klima-/Landnutzungswandel wird deutlich, dass häufig eine Diskrepanz zwischen der räumlichen Auflösung vorhandener Daten und Modellen besteht, Modelle nicht kompatibel sind oder die Implementierung der Rolle von Managemententscheidungen in Modellen wegen ihrer hohen Variabilität problematisch ist (7). Benötigt wird eine bessere Grundlage räumlich und zeitlich hoch auflösender Daten für integrative Hybrid-Modelle insbesondere auf regionaler Ebene.

Die komplexen Wirkungsgefüge zwischen Klima und Biodiversität stellen auch eine große Herausforderung für die nationale und internationale Steuerung von Anpassungsmaßnahmen und den Umgang mit globalen Gemeingütern dar, um nicht zuletzt die häufig auftretende Verzögerung zwischen Aktion und Effekt zu minimieren (12). Derzeit wird der Notwendigkeit, Maßnahmen im Klima- und Biodiversitätsschutz zu vereinen und das Potential von Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen zu nutzen, Klimateffekte abzumildern und der Gesellschaft zu helfen sich den Auswirkungen anzupassen, zu wenig Beachtung geschenkt (6). In der Umsetzung bleibt zudem offen, welches die wirkungsvollsten kollektiven Steuerungsoptionen sind, ob eher zentral mit konzentrierter Gewalt organisiert oder über ein dezentrales System im Zusammenwirken einer Vielzahl lokaler Initiativen (12). Wie sich am Beispiel Deutschland gezeigt hat, ist es selbst auf nationaler Ebene nicht immer leicht, Zielsetzungen im Bereich Biodiversitätsschutz und Klimaschutz konfliktfrei zu verknüpfen, da nicht alle Klimaschutzmaßnahmen Biodiversität fördern, umgekehrt aber Maßnahmen im Naturschutz nicht selten mit Klimaschutzzielen legitimiert werden (13). Die Umsetzung der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt wird zudem durch eine nicht klare Verteilung von inhaltlichen und finanziellen Verantwortungen zwischen den Akteursgruppen aus Politik, Wirtschaft und Verbänden erschwert. Eine bessere Abstimmung und Vernetzung von Klimapolitik, Natur-/Artenschutz und den Akteuren wird daher Grundlage der Zielsetzungen im Biodiversitätsschutz sein (13).

Konkreter Forschungsbedarf:

a) Lokale und regionale Effekte und Prozesse

- Identifizierung der am stärksten gefährdeten Biodiversitätskomponenten auf lokaler Ebene und Untersuchung der anthropogenen Effekte auf die Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen gegenüber Klimawandel.¹⁴
- Quantifizierung der Bedeutung von Habitatheterogenität für die Abmilderung von Klimateffekten auf Ökosystemdienstleistungen.¹⁵
- Untersuchung des Effektes der Interaktionen zwischen Klimawandel und Landnutzungswandel auf Biodiversität.⁷

- Untersuchung der synergetischen Effekte von Klimawandel und anderen Stressfaktoren wie invasive Arten oder Umweltverschmutzung auf Biodiversität. ⁶
- Analyse des Effekts von steigendem CO₂- und N-Gehalt auf Biodiversität, sowie des Interaktionseffekts von CO₂ und N auf die Struktur von Pflanzengemeinschaften, z.B. durch Multifaktor-Experimente mit verschiedenen Gemeinschaften. ¹⁶
- Untersuchung der Mechanismen, mittels derer sich Arten an den Klimawandel anpassen können und Identifizierung von Schwellenwerten bis zu deren Erreichen ein Überleben gewährleistet ist. ⁶
- Untersuchung der Effektivität von Anpassungsmechanismen an den Klimawandel wie Mikroevolution unter Differenzierung zwischen genetischen und phänotypischen (plastischen) Anpassungen. Wie verhält es sich diesbezüglich im Vergleich zu *range-shifts* oder phänotypischer Plastizität als Reaktion auf klimainduzierten Umweltwandel? ¹⁰
- Untersuchung der relativen Wichtigkeit direkter Reaktionen einzelner Arten auf den Klimawandel gegenüber Reaktionen herbeigeführt durch Wechselwirkungen innerhalb von Artengemeinschaften und trophischen Stufen. Dies ist wichtig, um ökologische Veränderungen (z.B. *range shifts*, *extinction probabilities*) im Zuge des Klimawandels genauer vorhersagen zu können, wo bisher genutzte *species-climate envelope* Modelle an ihre Grenzen stoßen. ⁸
- Analyse der Auswirkungen des Abschmelzens polaren Eises und der Reduktion von Permafrost auf die anthropogene Nutzung der Ökosysteme hoher Breiten, und der Folgen für die Biodiversität. ¹⁴

b) Klimainduzierte Ausbreitungstendenzen

- Analyse der natürlichen Ausbreitungsfähigkeit von Arten, insbesondere der Frage, ob die natürliche Ausbreitungsfähigkeit von Arten ausreicht, der geographischen Verschiebung ihrer bevorzugten klimatischen Nische zu folgen. Systematischer Vergleich der Gefährdung verschiedener Taxa mit unterschiedlicher Ausbreitungsfähigkeit (z.B. Vögel, fliegende Insekten versus Pflanzen, nicht-fliegende Insekten; terrestrische versus limnische versus marine Organismen). ^{18, 23}
- Erfassung neuer Ausbreitungstendenzen von Arten und Untersuchung der Bedeutung für Ökosystemprozesse und -funktionen, Ökosystemdienstleistungen und Art-Art-Interaktionen in verlassenen und neu besiedelten Systemen. ^{17, 18}
- Analyse der Ausbreitungsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit von Arten, insbesondere Neobiota und Organismen, die Krankheiten übertragen, verursachen oder Erreger beherbergen. ^{9, 18}
- Untersuchung der Veränderung der Verbreitung und Häufigkeit (Prävalenz) von Krankheiten wilder Arten durch den Klimawandel. ¹⁴
- Untersuchung der Veränderung der Verbreitung und des Effekts klimaabhängiger Störungsregime (z.B. Feuer) durch den Klimawandel. ¹⁴

c) Modelle

- Entwicklung neuartiger merkmalsbasierter Modelle zur Hypothesenprüfung und Vorhersage von Effekten des Klimawandels auf Artenzusammensetzungen (-gemeinschaften),

Biodiversität und Ökosystemfunktionen, sowie von sich verändernder Biodiversität auf Ökosystemprozesse. Überprüfung der neuen Modelle an echten biologischen Systemen.^{19, 20, 21}

- Entwicklung neuer Modellierungsalgorithmen für *Species Distribution Models* unter Berücksichtigung komplexer Wirkungsgefügen. Validierung der Modelle über verbesserte Monitoringdatensätze.¹¹
- Entwicklung neuartiger integrativer Modelle zur Untersuchung lokaler Klimaeffekte auf Arten, welche kleinräumige Umweltgradienten, Verbreitungsmuster und -grenzen abbilden können.²²

d) Governance

- Analyse der Effektivität von Maßnahmen und/oder Strategien (z.B. Anpassungs- vs. Verringerungsmaßnahmen oder zentralisiertes kollektives Handeln vs. dezentralisiertes gesellschaftliches Handeln vs. Hybridformen daraus) in Abhängigkeit der jeweiligen Herausforderung durch Klimawandel anhand von stärker differenzierten Problemkategorien.¹²

Quellen:

- (1) Leadley et al. (2010): *Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series 50, 132 pp.
- (2) Richardson et al. (2009): *Climate change: global risks, challenges and decisions*. Congress synthesis report, Copenhagen 2009, 10-12 March.
- (3) Hagerman et al. (2010): *Expert views on biodiversity conservation in an era of climate change*. Global Environmental Change 20, 192-207.
- (4) Gregory et al. (2009): *An indicator of climatic change on European bird populations*. PLoS ONE 4, e4678.
- (5) Amano et al. (2010): *A 250-year index of first flowering dates and its response to temperature changes*. Proceedings of the Royal Society B, doi: 10.1098/rspb.2010.0291.
- (6) EU (2009): *Working with nature – Towards a strategy on climate change, ecosystem services and biodiversity*. Discussion paper prepared by the EU Ad Hoc Expert Working Group on Biodiversity and Climate Change, http://ec.europa.eu/environment/nature/climatechange/index_en.htm.
- (7) de Chazal und Rounsevell (2009): *Land-use and climate change within assessments of biodiversity change: a review*. Global Environmental Change 19, 306-315.
- (8) Suttle et al. (2007): *Species interactions reverse grassland responses to changing climate*. Science 315, 640-642.
- (9) Debinski und Cross (2009): *Conservation and Global Climate Change*. In: Levin (ed.), *The Princeton Guide to Ecology*, Princeton University Press.
- (10) Gienapp et al. (2008): *Climate change and evolution: disentangling environmental and genetic responses*. Molecular Ecology 17, 167-178.
- (11) Sinclair et al. (2010): *How useful are species distribution models for managing biodiversity under future climates?* Ecology and Society 15, 8.
- (12) Underdal (2010): *Complexity and challenges of long-term environmental governance*. Global Environmental Change 20, 386-393.
- (13) Lux und Jahn (2009): *Klimabedingte Veränderungen der Biodiversität. Eine Diskursfeldanalyse für BiK-F*. Knowledge Flow Paper 3, pp. 14.
- (14) Sutherland et al. (2009): *One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity*. Conservation Biology 23, 557-567.
- (15) Anton et al. (2010): *Research needs for incorporating the ecosystem service approach into EU biodiversity conservation policy*. Biodiversity and Conservation 19, 2979-2994.
- (16) Collins (2009): *Biodiversity under global change*. Science 326, 1353-1354.

- (17) Delbaere (2005): *European Policy Review: Biodiversity and climate change*. Journal for Nature Conservation 13, 275-276.
- (18) BiK-F (2010), website des Forschungszentrums „Biodiversität und Klima“, Projektbereich „Biodiversitätsdynamik und Klima“. Zugriff September 2010.
- (19) Savage et al. (2007): *A general multi-trait-based framework for studying the effects of biodiversity on ecosystem functioning*. Journal of Theoretical Biology 247, 213-229.
- (20) McGill et al. (2006): *Rebuilding community ecology from functional traits*. TRENDS in Ecology and Evolution 21, 178-185.
- (21) Webb et al. (2010): *A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology*. Ecology Letters 13, 267-283.
- (22) del Barrio et al. (2006): *Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: comparison and implications for policy*. Environmental Science and Policy 9, 129-147.
- (23) Araújo und Pearson (2005): *Equilibrium of species' distributions with climate*. Ecography 28, 693-695.

5 Biodiversität und technologischer Fortschritt

Die Entwicklung neuer Technologien mit Zielen wie der Produktionssteigerung in der Landwirtschaft, Gewinnung erneuerbarer Energien, Ökosystemrestaurierung oder Bekämpfung invasiver Arten schreitet schneller voran als die damit verbundenen Folgen für die Biodiversität in ihrer Komplexität erfasst werden können. Die an den Fortschritt gekoppelten ökonomischen und ökologischen Vorteile für Mensch und Umwelt durch Ressourcen- und Umweltschutz, Energieeffizienz, reduzierte Treibhausgasemissionen oder Eindämmung von Pathogenen bergen eine Reihe unvorhersehbarer Risiken. Schon jetzt haben sich in Bezug auf manche Entwicklungen Bedenken hinsichtlich ihrer kurz- und langfristigen Umweltverträglichkeit bestätigt. In anderen Fällen, wie der Schaffung künstlicher Lebensformen, sind Risikofolgenabschätzungen noch kaum möglich, da ihre Entwicklung gerade erst begonnen hat. Dennoch ist es generell von Bedeutung, die (potentiellen) Umweltrisiken technologischen Fortschritts frühzeitig zu erkennen, zu bewerten und Beobachtungs- und Kontrollmechanismen zu etablieren.

Konkreter Forschungsbedarf:

- Untersuchung der Auswirkungen von Technologien im Bereich erneuerbare Energie auf Biodiversität, z.B. Effekte von Windparks (Land und See) und dazugehörige Infrastruktur (z.B. Hochspannungsleitungen) auf marine und Küstenbiodiversität, das Zugverhalten von Vögeln, der Verfügbarkeit von Plätzen zur Nahrungsaufnahme und von Migrationskorridoren (Habitatfragmentierung).^{1, 2, 3, 4}
- Untersuchung der multiplen direkten und indirekten Effekte genetisch modifizierter Organismen auf Biodiversität, z.B. der Interaktionen transgener Kulturpflanzen mit ihren Wildformen.^{1, 5}
- Auswirkungen von Biotreibstoffproduktion auf Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen und Variabilität der Auswirkung je nach Rohstoff, Standort und angewandter Technologie.^{1, 4, 6, 7}
- Abschätzung ökologischer Risiken wie Invasionen ausgehend von der Einführung gebietsfremder Arten für die Produktion von Biokraftstoff.⁸

- Untersuchung der Auswirkungen der neu aufkommenden „bioökonomischen Märkte“ auf Biodiversität, z.B. Effekte der Palmölproduktion auf tropische Primär- und Sekundärwälder. ^{1, 9}
- Vertiefte Analysen der ökosystemaren Auswirkungen im Bereich des Geo-engineerings. ⁴
- Analyse der Auswirkungen der Verwendung von Nanopartikeln zur Bindung von Schadstoffen auf Biodiversität und Ökosystemfunktionen. ⁴
- Abschätzung des Ausbreitungs- und Invasionspotentials künstlicher Lebensformen (z.B. gentechnisch veränderte Bakterien für die Biokraftstoffproduktion oder Schadstoffeliminierung), neuer Pathogene (z.B. Pilze) und konstruierter Pathogene (Viren) und der Folgen für Arten bzw. Ökosysteme. Dergleichen gilt auch für Krankheitserreger für Mensch und Tier, die z.B. Insekten als Vektoren nutzen, deren Überleben in anderen geographischen Breiten durch Klimaveränderungen möglich wird. Problematisch wird hier die Verwendung von Insektiziden und Biotopmodifizierungen als Anpassungsmaßnahmen. ⁴

Quellen:

- (1) Sutherland et al. (2009): *One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity*. Conservation Biology 23, 557-567.
- (2) Larsen und Guillemette (2007): *Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk*. Journal of Applied Ecology 44, 516-522.
- (3) Kuvlesky et al. (2007): *Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities*. Journal of Wildlife Management 71, 2487-2498.
- (4) Sutherland et al. (2008): *Future novel threats and opportunities facing UK biodiversity identified by horizon scanning*. Journal of Applied Ecology 45, 821-833.
- (5) Garcia und Altieri (2005): *Transgenic crops: implications for biodiversity and sustainable agriculture*. Bulletin of Science, Technology and Society 25, 335-353.
- (6) Phalan (2009): *The social and environmental impacts of biofuels in Asia: an overview*. Applied Energy 86, 21-29.
- (7) Scharlemann und Laurance (2008): *How green are biofuels?* Science 319, 43-44.
- (8) Raghu et al. (2006): *Adding biofuels to the invasive species fire?* Science 313, 1742.
- (9) Koh und Wilcove (2008): *Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity?* Conservation Letters 1, 60-64.

6 Biodiversität, Naturschutz und Schutzgebietsmanagement

Schutzgebiete spielen eine wichtige Rolle für die Bewahrung von Biodiversität und der Umsetzung diesbezüglicher Abkommen in nationale Strategien. Künftig wird der Klimawandel eine der stärksten Triebkräfte von Artenschwund sein, aber auch der zunehmende Druck auf Landressourcen durch die wachsenden Bedürfnisse der Weltbevölkerung. Zwangsläufig stellt sich die Frage nach der Effektivität und Effizienz existierender Schutzstrategien zur Erhaltung von Biodiversität und der ausreichenden Berücksichtigung der menschlichen Dimension.

Experten aus dem Naturschutz und der Biodiversitätsforschung haben eine Vielzahl an Herausforderungen und Forschungsbedarf identifiziert, wobei wissenschaftliche Erkenntnisse häufig im praktischen Naturschutz gar nicht umgesetzt werden bzw. nicht umsetzbar sind; entweder aufgrund ungenügender Kommunikation zwischen Praktikern und Wissenschaftlern, oder aber unzureichender Validierung von experimentellen Ergebnissen in der realen Welt (1). Die kritische

(Selbst-)Reflexion der Defizite ist im Bereich Naturschutzforschung vergleichsweise sehr viel sichtbarer als in anderen Bereichen, wo eher neuer Forschungsbedarf formuliert, nicht aber die bisherigen Ansätze in Frage gestellt werden.

Zurzeit wird Schutzerfolg primär gemessen an der Größe von Schutzgebieten, der darin repräsentierten Ökosysteme und der Erhaltung der darin vorkommenden charismatischen bzw. rechtlich in ihrem Schutzstatus hervorgehobenen Arten. Die Funktionalität auf Management-, Ökosystem- und Artebene in Interaktion mit der Gesellschaft und hinsichtlich ihrer Gewährleistung auch unter sich wandelnden, dynamischen Umweltbedingungen findet hingegen zu wenig Berücksichtigung. Klimawandeleffekte werden derzeit zum Anlass genommen, konventionelle Naturschutzmaßnahmen auszuweiten (weitere Ausweisung von Schutzgebieten, Bereitstellen von Migrationskorridoren, Schutz von vornherein identifizierten Schlüsselarten oder Artgemeinschaften); viel weniger jedoch wird ein als nötig erachteter Maßnahmenwandel eingeleitet (2).

Naturschutz basiert zu einem großen Teil auf einem aus politisch-rechtlichen, insbesondere grundeigentumsbezogenen Gründen starren System von Schutzgebieten mit Fokus auf bestimmte Artgemeinschaften und Ökosysteme, wobei deren Repräsentativität innerhalb des Gesamtsystems zunehmend schwindet (3). Ökosysteme und ihre biotischen Komponenten sind als nicht statisch zu begreifen. Die statischen Eigenschaften von Schutzgebieten werden der Verschiebung von Verbreitungsgrenzen von Arten nicht gerecht, wobei die die Schutzgebiete umgebende Matrix nur bedingt als räumlicher Puffer fungieren kann. Die Habitatfragmentierung in der anthropogen überprägten Nutz- und Kulturlandschaft bietet kaum Migrations- und/oder Funktionskorridore und unterbindet den Genfluss. Bereits ohne den Klimawandel erschwert dies den Arten oder Population, sich schnell genug genetisch anzupassen oder geographisch auszuweichen. Daher ist es unabdingbar, dass Naturschutz, Naturschutzpolitik und Umweltmanagement neue angepasste Konzepte und Strukturen entwickeln, welche inter- und transdisziplinär gesellschaftliche, kulturelle und ökonomische Komponenten integrieren, um Klimaeffekte auf Biodiversität in geschützten und nicht-geschützten Gebieten zu mindern und Schutzgebiete effektiv zu managen (3, 4). Hierzu bedarf es eines vertieften Prozessverständnisses von ökosystemaren Zusammenhängen, Mensch-Umwelt-Interaktionen und raum-zeitlichen Wirkungsmustern (5).

Es wird nötig sein, das globale Netzwerk von Schutzgebieten mit verbesserter Einbeziehung weniger stark repräsentierter Klimaregionen im jetzigen Verbundsystem auszuweiten, um die schwindende Repräsentation von Arten in den vorhandenen Schutzgebieten zu kompensieren und möglichst viele Arten in sich repräsentiert zu haben (4, 6). Auf nationaler Ebene, hier am Beispiel Deutschlands, wird es essentiell für den Arten- und Biotopschutz sein, künftig eine qualitative Aufwertung der Gesamtlandschaft zu erreichen, welche eine Verbesserung der Durchdringbarkeit von Arten gewährleistet. Dies bedeutet eine Ausweitung naturschonender Nutzungen und einen Mindestanteil von naturnahen Landschaftselementen (7).

Ein weiterer wichtiger Aspekt betrifft ethische und naturschutztheoretische Grundsatzfragen, welche die menschlichen Werte und Normen mit Bezug auf Existenzgrundlagen im Adaptierungsprozess von Umweltschutzprojekten an den globalen Wandel sowie die zu entwickelnde nachhaltige Co-Existenz zwischen Mensch und Natur angehen (2, 8). Ein Beispiel sind Flächennutzungskonflikte im Schutzgebietsmanagement, wie sie insbesondere in Entwicklungsländern durch die teils schwer zu vereinbarenden Schutzinteressen mit Rechten indigener und lokaler Gemeinschaften entstehen (9). Zum effektiven und sozial-kompatiblen Naturschutz in diesem Bereich bedarf es einer

differenzierteren Betrachtung von Kultur, Gemeinschaft, Individuum und den jeweiligen auch in sich heterogenen Naturverständnissen (8, 10).

Konkreter Forschungsbedarf:

a) Allgemein

- Untersuchung der Effektivität von unterschiedlichsten Schutzgebietstypen (Naturreservate, Jagdreservate, Nationalparke) hinsichtlich der Erhaltung von Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen.¹¹
- Vergleichende Untersuchung der Ökosystemauswirkungen von Maßnahmen, die nur auf den Schutz charismatischer, *flagship* oder *umbrella* Arten ausgelegt sind, mit Ökosystemauswirkungen von Schutzmaßnahmen ausgelegt auf Arten mit großer funktioneller Bedeutung.^{2,11}
- Analyse des Ausmaßes, der Effektivität und Risiken von aktiven Interventionen im Naturschutz wie *assisted migration*.^{2,12,13}
- Vertiefte Analyse des Ausmaßes aktiver Störung (Feuer, Beweidung, Überschwemmung) als gezielte Intervention zur Unterstützung von *range shifts* und Biodiversitätsmustern.²
- Wissenschaftliche Überprüfung der Wirksamkeit von Instrumenten der Raumplanung hinsichtlich der Erhaltung von Biodiversität.¹⁴
- Analyse des Umgangs mit und der Auswirkungen von Prioritätensetzungen in der Formulierung von Schutzzielen und Budgetzuordnung (*triage for conservation*).^{2,15}
- Überprüfung der Funktionalität von *Ökologischen Netzwerken** hinsichtlich ihrer Effektivität für den Erhalt von struktureller und funktioneller Biodiversität sowie Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen in fragmentierten Landschaften (*Netzwerke aus Korridoren und Knotenpunkten von Korridoren zur verbesserten Konnektivität von Arten, Landschaftseinheiten und/oder Lebensraumtypen). Welche Arten/Organismengruppen oder Ökosystemfunktionen profitieren jeweils? Wie breit müssen Korridore angelegt sein?¹⁶
- Entwicklung präziser und belastbarer Modelle zur Identifizierung und Lokalisierung neuer Schutzgebiete für ein globales Netzwerk basierend auf *Species Distribution Models* und *Bioclimate Envelop Models*, welche noch mit vielen parameterbedingten Unsicherheiten hinsichtlich dem Verständnis ökologischer Prozesse und Interaktionen auf gesellschaftlicher und politischer Ebene behaftet sind.^{4,6}

b) Herausforderung Klimawandel

- Analyse der Effizienz bestehender (räumlich fixierter) Schutzgebiete (und deren Vernetzung) für die Erhaltung von Biodiversität hinsichtlich Klimawandel und Mobilität von Arten (*range shifts*).^{17,18,19}
- Entwicklung von effektiven Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Biodiversitätsmanagement im interdisziplinären Austausch von Natur- und Sozialwissenschaft, Naturschutz, Gesellschaft und Politik.³
- Identifizierung und Überprüfung der Effektivität von Managementmaßnahmen, mit denen klimainduzierte Populationsrückgänge von Arten und/oder Habitattransformationen aufgehalten bzw. begegnet werden können.^{23,24,25}

- Ausweitung von Fallstudien mit konkreten, abgestimmten Anpassungsstrategien an den Klimawandel, um der immensen Vielfalt an Optionen und konträren Meinungen bei gleichzeitig mangelnder Spezifität bzw. ausführlichen Darstellung einer Operationalisierung entgegenzuwirken.³

c) Menschliche Dimension

- Untersuchung der ökologischen und gesellschaftlichen Effekte von Co-Existenz Mensch/Natur in Schutzgebieten heute und in Zukunft.⁸
- Ethische und politikwissenschaftliche Analyse der Auswirkungen von Lebensstilfragen in allen Ländern der Welt auf Gefährdung und Schutz von Biodiversität.^{9,14}
- Analyse gesellschaftlicher Naturverhältnisse zur Effektivitätssteigerung des Naturschutzes.¹⁰
- Erfassung der Dimensionen von Umsiedlung und Vertreibung von indigenen und ebenso nicht-indigenen Bevölkerungsgruppen im Rahmen von Schutzgebietsausweisungen und ihrer tatsächlichen Effekte in Schutzgebieten auf die Umwelt als Basis für transdisziplinäre Schutzkonzepte unter Beachtung von Menschenrechten.^{8,20,21}
- Erarbeitung globaler Richtlinien hinsichtlich der Belange indigener Gemeinschaften im Konflikt sowohl mit Landnutzungsinteressen als auch mit Schutzgebieten bzw. deren Ausweisung.²⁰
- Konflikt Verstädterung und Biodiversität: Abschätzung der zukünftigen Auswirkungen von Bevölkerungszuwachs und Urbanisierung auf den Schutz von Biodiversität und Druck auf Schutzgebiete durch die zunehmende räumliche Nähe urbanen Raumes.²²

Quellen:

- (1) Knight et al. (2008): *Knowing but not doing: Selecting priority conservation areas and the research-implementation gap*. Conservation Biology 22, 610-617.
- (2) Hagerman et al. (2010): *Expert views on biodiversity conservation in an era of climate change*. Global Environmental Change 20, 192-207.
- (3) Heller und Zavaleta (2009): *Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations*. Biological Conservation 142, 14-32.
- (4) Hannah (2008): *Protected areas and climate change*. Annals of the New York Academy of Sciences 1134, 201-212.
- (5) Klipstein (2009): *Das Millennium Ecosystem Assessment als Diskursarena im Diskursfeld „Klimabedingte Biodiversitätsveränderungen“*. IOE-Materialien Soziale Ökologie 29, Frankfurt am Main.
- (6) Hagerman und Chan (2009): *Climate change and biodiversity conservation: impacts, adaptation strategies and future research directions*. F1000 Biology Reports 1, 16.
- (7) Kruess et al. (2010): *Ist der Rückgang der biologischen Vielfalt gestoppt? Eine Bilanz des Arten- und Biotopschutzes*. Natur und Landschaft 85, 282-287.
- (8) Brockington et al. (2006): *Conservation, human rights, and poverty reduction*. Conservation Biology 20, 250-252.
- (9) Lux und Jahn (2009): *Klimabedingte Veränderungen der Biodiversität. Eine Diskursfeldanalyse für BiK-F*. Knowledge Flow Paper 3, pp. 14.
- (10) Berghöfer et al. (2010): *Many eyes on nature: Diverse perspectives in the Cape Horn Biosphere Reserve and their relevance for conservation*. Ecology and Society 15, 18.
- (11) Sutherland et al. (2009): *One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity*. Conservation Biology 23, 557-567.
- (12) Richardson et al. (2009): *Multidimensional evaluation of managed relocation*. PNAS 106, 9721-9724.
- (13) Hoegh-Guldberg et al. (2008): *Assisted colonization and rapid climate change*. Science 321, 345-346.
- (14) Vohland et al. (2010): *Zum Beitrag der deutschen Biodiversitätsforschung zu Post-2010-Zielen des Übereinkommens zur biologischen Vielfalt (CBD)*. Natur und Landschaft 85, 304-307.

- (15) Bottrill et al. (2008): *Is conservation triage just smart decision making?* Trends in Ecology and Evolution 23, 649-654.
- (16) Samways et al. (2010): *Provision of ecosystem services by large scale corridors and ecological networks.* Biodiversity and Conservation 19, 2949-2962.
- (17) Debinski und Cross (2009): *Conservation and Global Climate Change.* In: Levin (ed.), The Princeton Guide to Ecology, Princeton University Press.
- (18) Hannah et al. (2007): *Protected area needs in changing climate.* Frontiers in Ecology and the Environment 5, 131-138.
- (19) Gaines et al. (2010): *Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management.* PNAS, doi 10.1073/pnas.0906473107.
- (20) Agrawal und Redford (2009): *Conservation and Displacement: An Overview.* Conservation and Society 7: 1-10.
- (21) West et al. (2006): *Parks and peoples: the social impacts of protected areas.* Annu. Rev. Anthropol. 35, 251-277.
- (22) Mcdonald et al. (2008): *The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation.* Biological Conservation 141, 1695-1703.
- (23) Harley et al. (2006): *The impacts of climate change in coastal marine systems.* Ecology Letters 9, 228-241.
- (24) Keith et al. (2008): *Predicting extinction risks under climate change: coupling stochastic population models with dynamic bioclimatic habitat models.* Biology Letters 4, 560-563.
- (25) Hulme (2005): *Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat?* Journal of Applied Ecology 42, 784-794.

7 Biodiversitätsindikatoren für Statuserfassung und Trend-Monitoring

Zuverlässige Vorhersagemodelle, skalenübergreifende Observationssysteme und die Bestimmung kritischer Schwellenwerte gehören zu den großen, allgemein akzeptierten Herausforderungen einer künftigen Nachhaltigkeitsforschung im Kontext des globalen Wandels (1). Für eine vorausschauende Umweltpolitik ist es maßgeblich, den Status von Biodiversität auf globaler, regionaler und nationaler Ebene erfassen, beziffern und im Zeitverlauf verfolgen zu können. Hierfür ist einerseits die Weiterentwicklung von dauerhaften Monitoring-Programmen erforderlich, andererseits müssen Referenzzustände identifiziert und Indikatoren entwickelt werden, welche verlässlich und zeitnah Trendauskünfte geben sowie Entscheidungs- und Managementeffekte aufzeigen und Handlungsprioritäten identifizieren können. Dies ist zur Überprüfung der Ziele der CBD und der Millennium Development Goals hinsichtlich der Reduktion des Verlusts von Artenvielfalt und dem assoziierten Erhalt menschlichen Wohlergehens von zentraler Bedeutung.

Indikatoren, wie sie heute weltweit von Entscheidungsträgern genutzt werden, sind meist unterentwickelt und nicht ausreichend untersucht (2, 3). Die taxonomische, geographische und zeitliche Abdeckung weist erhebliche Lücken auf. So fehlt es generell an Langzeitdaten über den Zustand der meisten Arten in den meisten Regionen, an Indikatoren für den Wandel auf genetischer und ökosystemarer Ebene, für Wirbellose und Entwicklungsländer, die Nutzung und Inwertsetzung von Ökosystemdienstleistungen sowie sozialem Wohlstand (2, 4, 5). Noch weniger ist hinsichtlich kritischer Schwellenwerte bekannt, wann, wo und wie schnell sie erreicht werden, und ob, wenn einmal überschritten, die Veränderung reversibel ist.

Auf europäischer Ebene hat sich gezeigt, dass die im SEBI-Verbund (Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators) definierten Biodiversitätsindikatoren basierend auf dem DPSIR-Modell ihren Schwerpunkt in den Komponenten Druck (**P**ressure) und Antwort (**R**esponse) haben. Nur wenige Indikatoren stehen in direkter Beziehung zu Zustand (**S**tate) von und Auswirkung (**I**mpact) auf

Biodiversität. Zudem fehlt es an Bezugsmarken bzw. Referenzwerten, an denen Zustände gemessen werden können (6).

Vor diesem Hintergrund wird auch das 2007 von der Bundesregierung im Rahmen der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt definierte Indikatorenset überarbeitet und ergänzt, und zur COP 2010 vollständig bilanziert und interpretiert sein. Änderungen werden vor allem den Bereich Biodiversität und Klimawandel betreffen (7). Für die langfristige Analyse von Biodiversitätswandel auf Bundesebene ist ein professionelles, standardisiertes und länderübergreifendes Monitoringprogramm nötig (3).

Konkreter Forschungsbedarf:

a) Indikatoren

- **Allgemein:** Definition allgemein akzeptierter, eingängiger und anwendbarer Indikatoren mit Bezugsmarken für multiple Komponenten von Biodiversität, Ökosystemfunktionen und – dienstleistungen, welche die Grundlage eines effektiven Monitorings von Artenschwund und die damit einhergehenden Dienstleistungsänderungen bilden. Dieses Indikatorenset muss in der Lage sein, (a) Zustände und Trends von Biodiversität abzubilden und zu messen und (b) gleichzeitig die Gründe (Triebkräfte, Drücke) für Veränderungen und ihre Auswirkungen auf die Bereitstellung von ökosystemaren Dienstleistungen zu erfassen.
Eine standardisiertes Aufnahmeverfahren und Datengenerierung mit biotop- oder ökosystemübergreifender Anwendbarkeit muss für Vergleichszwecke gewährleistet sein. ^{6, 8}
- **Artgemeinschaften:** Entwicklung von Langzeit-Indices für Veränderungen/Trends über verschiedene räumliche Skalen hinweg, z.B. für Verschiebungen pflanzlicher Phänophasen oder Populationsentwicklungen von Vögeln in Abhängigkeit von Klimaveränderungen. ^{9, 10}
- **Bodenbiodiversität:** Erfassung der Komplexität sowie ihrer räumlichen und zeitlichen Variabilität als Grundlage für die Entwicklung umfassender Indikatoren für den Verlust an Artenvielfalt und den assoziierten Verfall von Ökosystemprozessen. Dies beinhaltet die Kombination biogeographischer Trends und taxonomischen Mustern mit ökophysiologischen Antworten von Bodenmikroben Gemeinschaften auf Umweltstress. Schwierigkeiten in der taxonomischen Klassifikation erfordern Indices basierend auf höheren taxonomischen Stufen oder Schlüsselarten. ¹¹
- **Invasive Arten:** Entwicklung eines feiner abgestimmten Indikatorensets für die Gefahr ausgehend von Invasoren (*pressure*), ihren Effekt auf die Biodiversität (*state*) und den Fortschritt in der Entwicklung von Reduktionsmaßnahmen (*response*), art- und ökosystemübergreifend, überregional und global repräsentativ. ^{5, 12}
- **Funktionelle Gruppen:** Ergänzung taxonomischer Biodiversitätsindikatoren durch einfach messbare Indikatoren basierend auf funktionellen Merkmalen, wodurch Vergleichbarkeit von Biodiversität über biogeographische Grenzen hinweg gegeben ist (Möglichkeit der Extrapolation und Generalisierung) und einer nötigen, bisher nicht erreichten, Standardisierung von Monitoringsystemen verschiedener Organismengruppen und Disziplinen entgegen kommt. ¹³
Entwicklung merkmalsbasierter Indikatoren für die Erfassung und Bewertung von Ökosystemdienstleistungen basierend auf einem verbesserten Verständnis multi-trophischer Verknüpfungen innerhalb von Ökosystemen auf Merkmalsebene. ¹⁴

- **HANPP:** Die immense Beschlagnehmung von Primärproduktion durch den Menschen beeinträchtigt maßgebend globale biogeochemische Kreisläufe und Netto-Dienstleistungen von Ökosystemen für das menschliche Wohlbefinden. HANPP (*human appropriation of net primary production*) gilt als „top-level“ Indikator für Drücke durch landwirtschaftliche Aktivitäten auf Biodiversität. Ein einheitliches und skalenübergreifendes Verfahren zur Ermittlung des Indikators ist zu entwickeln, abgestimmt auf verschiedene Komponenten von Biodiversität. Dies erfordert die Identifizierung von und Kopplung an lokal relevanter Indikatoren landwirtschaftlicher Intensität basierend auf den unterschiedlichen Reaktionen von Artengruppen.^{15, 16, 17}
- **Sozio-ökologisch:** Identifizierung von Indikatoren schnellen, abrupten und/oder irreversiblen Wandels in sozio-ökologischen Systemen und Verbesserung der Vorhersage. Entwicklung entsprechender Strategien/Maßnahmen zur Förderung der Widerstandsfähigkeit von Systemen gegenüber erheblicher bzw. andauernder Veränderung.^{4, 17}

b) Schwellenwerte

- Als effektives Frühwarnsystem drohender Regimeverschiebungen in marinen und terrestrischen Ökosystemen ist das reine Verfolgen von Veränderungen innerhalb ökologischer Zeitreihen weniger geeignet, um noch Handlungsspielraum für gegensteuernde Maßnahmen zu lassen. Um besser reagieren und abwenden zu können, sollte Forschung verstärkt in Richtung der Definition von kritischen Indikator-Levels und Grenzwerten in Beziehung zu Sprüngen von ökologischen Attraktoren (Verzweigungspunkte, tipping points) gehen, welche ökosystemübergreifend anwendbar sind.¹⁸
- Identifizierung von kritischen Schwellenwerten, jenseits derer Artenschwund und/oder der Verlust funktioneller Gruppen Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen drohen.^{14, 19}
- Identifizierung von Schwellenwerten schnellen, abrupten und/oder irreversiblen Wandels in sozio-ökologischen Systemen.^{4, 17}
- Identifizierung von Schwellenwerten, bei welchen Rückkoppelungseffekte zwischen verschiedenen Waldökosystemen und Klima nicht-lineare, abrupte Veränderungen bewirken, die Biome und Weltklima negativ beeinflussen.²⁰

Quellen:

- (1) ICSU (2010): *Grand challenges in global sustainability research: a systems approach to research priorities for the decade*. International Council for Science, Paris.
- (2) Walpole et al. (2009): *Tracking progress toward the 2010 biodiversity target and beyond*. Science 325, 1503-1504.
- (3) Vohland et al. (2010): *Zum Beitrag der deutschen Biodiversitätsforschung zu Post-2010-Zielen des Übereinkommens zur biologischen Vielfalt (CBD)*. Natur und Landschaft 85, 304-307.
- (4) Carpenter et al. (2009): *Science for managing ecosystem services: Beyond the Millenium Ecosystem Assessment*. PNAS 106, 1305-1312.
- (5) Butchart et al. (2010): *Global biodiversity: indicators of recent decline*. Science 328, 1164-1168.
- (6) Feld et al. (2010): *Indicators for biodiversity and ecosystem services: towards an improved framework for ecosystems assessment*. Biodiversity and Conservation 19, 2895-2919.
- (7) Sukopp et al. (2010): *Bilanzierung der Indikatoren der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt: Wo steht Deutschland beim 2010-Ziel?* Natur und Landschaft 85, 288-300.
- (8) Feld et al. (2009): *Indicators of biodiversity and ecosystem services: a synthesis across ecosystems and spatial scales*. Oikos 118, 1862-1871.

- (9) Amano et al. (2010): *A 250-year index of first flowering dates and its response to temperature changes*. Proceedings of the Royal Society B, doi: 10.1098/rspb.2010.0291.
- (10) Gregory et al. (2009): *An indicator of climatic change on European bird populations*. PLoS ONE 4, e4678.
- (11) Gardi et al. (2009): *Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges*. European Journal of Soil Science 60, 807-819.
- (12) McGeoch et al. (2010): *Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses*. Diversity and Distributions 16, 95-108.
- (13) Vandewalle et al. (2010): *Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms*. Biodiversity and Conservation 19, 2921-2947.
- (14) Anton et al. (2010): *Research needs for incorporating the ecosystem service approach into EU biodiversity conservation policy*. Biodiversity and Conservation 19, 2979-2994.
- (15) Haines-Young (2009): *Land use and biodiversity relationships*. Land Use Policy 26, 178-186.
- (16) Firbank et al. (2008): *Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective*. Philosophical Transactions of the Royal Society 363, 777-787.
- (17) Luck (2007): *The relationships between net primary productivity, human population density and species conservation*. Journal of Biogeography 34, 201-212.
- (18) Biggs et al. (2008): *Turning back from the brink: detecting an impending regime shift in time to avert it*. PNAS 106, 826-831.
- (19) Sutherland et al. (2009): *One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity*. Conservation Biology 23, 557-567.
- (20) Solórzano und Páez-Acosta (2009): *Forests*. In: Levin (ed.), The Princeton Guide to Ecology, Princeton University Press.

8 Systemspezifische Biodiversität

8.1 Biodiversität terrestrischer Systeme

Globale Biodiversitätsmodelle prognostizieren einen weiteren Rückgang und Wandel von Biodiversität auf allen organisatorischen Stufen in terrestrischen Systemen, wobei kurzfristig Landnutzungswandel und langfristig Klimawandel die größten Gefahren darstellen (1). Während die generellen und systemübergreifenden Herausforderungen für die aktuelle Biodiversitätsforschung in Bezug auf Klimaeffekte in Kapitel 3 gesondert betrachtet werden, liegt der Fokus hier auf zwei Lebensraumtypen von hoher ökonomischer und ökologischer Relevanz: den landwirtschaftlich genutzten Systemen und den Wäldern. Die Themenkomplexe Agro- und Waldbiodiversität sind sowohl im öffentlichen, zivilgesellschaftlichen Diskurs aktuell fest verankert, wurden aber auch als prioritäre Schwerpunktthemen in der CBD/COP9-Agenda der UN-Konvention und der Nationalen Strategie für Biologische Vielfalt der Bundesregierung fokussiert (2). Sowohl die Agro- wie auch die Waldbiodiversität ist aufgrund vorherrschender Nutzungs- und Managementstrukturen, ihrer zentralen Rolle in der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen für das menschliche Wohlbefinden und den Auswirkungen des Klimawandels auf Natur, Gesellschaft und Ökonomie in besonderem Maße gefährdet.

8.1.1 Agrobiodiversität

Aspekte des globalen Wandels wie Lebensstilwandel, Bevölkerungszuwachs, erhöhte Nachfrage nach Lebensmitteln, Klimaeffekte und globalisierte Märkte werden zu einer tief- und weitreichenden Umwandlung landwirtschaftlicher Systeme führen, die erhebliche ökologische und ökonomische Risiken birgt (3). Schon jetzt zählt Landnutzungswandel zu den Hauptverursachern des Verlusts an Biodiversität in Europa (4).

Die Effekte durch Landnutzungswandel und Veränderung der Landbedeckung sind abhängig von den gesellschaftlichen, ökonomischen und institutionellen Rahmenbedingungen, welche ökonomische Entscheidungen bestimmen und das Verhalten von Landnutzern steuern (5). Agroökosysteme sind daher zu reorganisieren, die genannten Rahmenbedingungen auf eine effektivere und nachhaltigere Nutzung landwirtschaftlicher Ressourcen bei gleichzeitigem Erhalt von Biodiversität und Ernährungssicherung auszulegen (3, 6). Insgesamt ist daher ein auf Biodiversitätsschutz basiertes Paradigma für eine nachhaltige Landwirtschaft gefragt, um den ökologischen Herausforderungen in landwirtschaftlich genutzten Systemen zu begegnen und deren Widerstandsfähigkeit gegenüber künftiger Umwelt- und sozioökonomischen Risiken zu stärken (3). Eine naturverträgliche Form der Landnutzung hat zudem großes Potential kostengünstiger und effizienter Lösungsansätze für Verminderungs- und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (7).

Um den künftigen ökologischen Herausforderungen in der Landwirtschaft gerecht zu werden, bedarf es weitreichender integrativer Anstrengungen aus den Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Für ein besseres System- und Prozessverständnis sind die bisher gängigen, lokal eher begrenzten Experimente durch die Einbettung in den jeweiligen landschaftlichen Kontext auszuweiten. Die funktionelle Betrachtung von Agrobiodiversität liegt derzeit zu stark auf den „bereitstellenden“ (*provisioning*) Ökosystemdienstleistungen (z.B. Lebensmittel, Textilien, Kraftstoffe), wobei die „unterstützenden“ (*supporting*) und „regulierenden“ (*regulating*) Ökosystemdienstleistungen wie Nährstoffkreisläufe und Wasseraufbereitung vergleichsweise wenig untersucht und verstanden sind (3).

Konkreter Forschungsbedarf:

a) Agrobiodiversität und Systemverständnis

- Untersuchung der Funktion von Agrobiodiversität für die Widerstandsfähigkeit und das Regenerationspotential von landwirtschaftlich genutzten Systemen (z.B. im Rahmen der *insurance hypothesis*), und der Bedeutung einer heterogenen Zusammensetzung von Ökosystemen auf Landschaftsebene.³
- Entwicklung von Methoden zum Testen der Beziehung zwischen genetischer Diversität und/oder Artenvielfalt und Produktivität, Schadenanfälligkeit und Effizienz/Wirtschaftlichkeit von Nutzsyste-men.³
- Bestimmung von Biotopansprüchen wilder Arten innerhalb verschiedener Ökosysteme in landwirtschaftlich geprägten Landschaften, insbesondere in Reaktion auf Intensivlandwirtschaft.³

- Analyse von Genfluss und Übertragung von Krankheiten zwischen wilden und domestizierten Arten.³
- Entwicklung von Methoden Biodiversität innerhalb dynamischer, stark fragmentierter Landschaften zu messen, um Biodiversitätsschutz in landwirtschaftlich geprägten Regionen stärker einbinden und auf Schlüsseltaxa (z.B. solche kritisch für die Produktivität wie Mikroorganismen und Bestäuber) abstimmen zu können.³
- Bestimmung der Größe, des Typs und der Beschaffenheit natürlicher Flächen, die benötigt werden, um Arten und Artgemeinschaften zu schützen.³
- Bestimmung der Stärke von ökologischer Störung und des Chemieeinsatzes, welche(r) von Arten und Artgemeinschaften toleriert werden können.³
- Analyse der spezifischen Reaktion wilder Arten auf Managementpraktiken (z.B. Terminierung oder Art und Weise der Bodenbearbeitung).³

b) Agrobiodiversität im sozio-ökonomischen Umfeld

- Verbessertes Verständnis der kombinierten ökologischen und sozialen/gesellschaftlichen Funktionen von Agrobiodiversität, sowie die Bestimmung ihrer Bedeutung für Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen (z.B. Produktivität) und ihrer Inwertsetzung durch verschiedene soziale Gruppen.^{3, 5, 6, 8}
- Entwicklung von ökonomischen Rahmenbedingungen und Anreizen für den Erhalt von Agrobiodiversität und assoziierte *market* und *non-market* Ökosystemdienstleistungen.^{5, 8}
- Untersuchung des Effekts einer Intensivierung der Landwirtschaft auf den Erhalt natürlicher Systeme durch die Reduktion des Transformationsdrucks.⁹
- Analyse von *tradeoffs* und Synergien, die beteiligt sind im Management für landwirtschaftliche Produktivität vs. für Biodiversitätsschutz. Kurz- und langfristige Wertbestimmung von Biodiversität in landwirtschaftlich genutzten Systemen aus biophysikalischer und sozioökonomischer Perspektive.³
- Analyse (a) der *tradeoffs* zwischen der Maximierung von ‚liefernden‘ (*provisioning*) und anderen Ökosystemdienstleistungen unter Berücksichtigung räumlicher und zeitlicher Skalen, und (b) des Potentials der Minimierung von *tradeoffs* bei Maximierung von Synergien.¹⁰
- Evaluierung der Bedeutung von Agrobiodiversität im Kontext von Klimawandel und Ernährungssicherung z.B. durch die Konservierung genetischer Ressourcen und das artspezifische Anpassungsvermögen.^{9, 11}

c) Bodenbiodiversität und Landnutzungssysteme

Aufgrund der hohen Organismenvielfalt und komplexen Lebensgemeinschaften in Böden, die den oberirdischen um ein Vielfaches übersteigt, spielt die Biodiversität der Pedosphäre eine zentrale Rolle für die Bereitstellung vielfältiger Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen vom Nährstoffkreislauf über Zersetzertätigkeit, Bodenformation bis indirekt zur Pflanzenbestäubung aufgrund edaphischer Lebensstadien mancher Bestäubergruppen. Trotz dieser Bedeutung ist die Vielfalt im Boden kaum erfasst und wird häufig in Studien vernachlässigt (12). Entsprechend dem aktuellen Trend in der Biodiversitätsforschung ökosystemare Dienstleistungen zu quantifizieren, ist die Biodiversität von Böden im Zusammenhang mit der Produktivität landwirtschaftlich genutzter Systemen von besonderem Interesse und findet daher an dieser Stelle Erwähnung.

- Erfassung der Vielfalt an Bodenorganismen und Bestimmung der komplexen Interaktionen (z.B. im Bereich biogeochemischer Umwandlungsprozesse), welche wesentlich für die Aufrechterhaltung von Ökosystemfunktionen, -prozessen und -produktivität sind. Weder die ökologischen noch ökonomischen Werte der betroffenen Dienstleistungen sind in ausreichendem Maße erfasst.^{4, 8, 9, 13}
- Quantifizierung des ökonomischen Wertes der Verlinkungen von Dienstleistungen des Bodens mit der enthaltenen Biodiversität.¹³
- Erweiterung des Wissens um ökologische Bedeutung verschiedener Gruppen von Bodenorganismen (z.B. *Archaea*) und deren Umweltreaktion (z.B. Effekt von pH auf Nematoden).¹³
- Analyse der Beziehung von unter- und oberirdischer Biodiversität unter verschiedenen Landnutzungsszenarien.¹²

8.1.2 Waldbiodiversität

Unter dem Hinweis auf das Übereinkommen über die biologische Vielfalt wurde das Jahr 2011 von den Vereinten Nationen zum Internationalen Jahr der Wälder erklärt. Wälder sind von immenser Bedeutung als Reservoir von Biodiversität und eines breiten Spektrums assoziierter Ökosystemfunktionen, -prozessen und -dienstleistungen, die zunehmend durch nicht-nachhaltige Forstwirtschaft, Fragmentierung, Luftverschmutzung und Klimawandel auf globaler bis lokaler Ebene bedroht sind.

Derzeit sind mehr als 46% der ursprünglich vorhandenen Wälder weltweit verschwunden und bis 2030 werden wahrscheinlich nur noch weniger als 10% intakter Wälder vorhanden sein (14). Die höchsten jährlichen Nettoverluste an Wäldern werden noch immer in Süd-Amerika und Afrika verzeichnet (15). Daher ist es dringend erforderlich, einen angepassten und nachhaltigen Umgang mit sich wandelnden Waldressourcen auf globaler Ebene zu entwickeln. Dies sollte entsprechend den Herausforderungen für weltweites sozioökonomisches Wohlergehen sowie eines internationalen Managementsystems unter gleichberechtigter Einbeziehung von entwickelten und Entwicklungsländern geschehen. Grundlage hierfür ist die Förderung interdisziplinär-integrativer Waldforschung im globalen Kontext (16).

Auf europäischer Ebene sind von den 73 in der FFH-Richtlinie gelisteten Waldlebensraumtypen mehr als die Hälfte in einem ungünstigen Zustand und 27% der Säugetiere, 10% der Reptilien und 8% der Amphibien mit Waldbezug sind vom Aussterben bedroht (17). So ist es auch erklärtes Ziel der Europäischen Kommission, dass die Waldschutzmaßnahmen innerhalb der EU derart ausgelegt sein müssen, „dass gewährleistet ist, dass die Wälder ihre Nutz-, sozioökonomischen und ökologischen Funktionen auch in Zukunft erfüllen“ (18).

Konkreter Forschungsbedarf:

- Monitoring von globalem Waldwandel in hoher zeitlicher Auflösung (Abholzungs- und Aufforstungsraten, Degradation).¹⁶

- Modellierung von nationalen und globalen Trends in der Waldbedeckung unter Einbeziehung der Effekte sozialer und ökonomischer Trends, z.B. zur Identifizierung von *forest transitions*.¹⁶
- Identifizierung der Umstände, unter welchen Maßnahmen wie Aufforstung, Wiederbewaldung und REDD den Biodiversitätsschutz begünstigen und eine nachhaltige Entwicklung einschließlich Existenzgrundlage bzw. Auskommen sichern.⁹
- Verbessertes Verständnis der Reaktion von Wäldern (insbesondere Tropenwäldern) auf Dürren, Feuer und zunehmende CO₂-Konzentrationen als wesentliche Bestimmungsgrößen in projizierten Absterberaten.¹
- Genetische Anpassungsfähigkeit (Geschwindigkeit evolutionärer Prozesse) an Klimawandel und Schadenanfälligkeit von Baumarten und Populationen in Wäldern im regionalen Bewirtschaftungskontext.¹⁹
- Evaluierung positiver und negativer Effekte von Klimawandel wie Nischenverschiebungen, insbesondere in den kaum untersuchten Waldgebieten Südosteuropas oder den Bergregionen Karpaten und Pyrenäen.¹⁹
- Praktische Überprüfung der bisher eher theoretisch hergeleiteten Klimaeffekte auf Waldökosysteme und Rückkopplungseffekte.^{14, 19}

Quellen:

- (1) Leadley et al. (2010): *Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series 50, 132 pp.
- (2) Lux und Jahn (2009): *Klimabedingte Veränderungen der Biodiversität. Eine Diskursfeldanalyse für BiK-F*. Biodiversität und Klima Forschungszentrum, Knowledge Flow Paper 3, pp. 14.
- (3) Jackson et al. (2007): *Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes*. Agriculture, Ecosystems and Environment 121, 196-210.
- (4) EEA (2010): *10 messages for 2010 – agricultural ecosystems*. European Environment Agency, www.eea.europa.eu/publications/10-messages-for-2010.
- (5) Pascual und Perrings (2007): *Developing incentives and economic mechanisms for in situ biodiversity conservation in agricultural landscapes*. Agriculture, Ecosystems and Environment 121, 256-268.
- (6) Brussaard (2010): *Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture*. Current Opinion in Environmental Sustainability 2, 34-42.
- (7) BfN (2009): *Klimawandel, Landnutzung und Biodiversität – Chancen erkennen, Synergien nutzen*. Empfehlungen des BfN für die nächste Legislaturperiode, Bonn, 14. Oktober 2009.
- (8) Swinton et al. (2007): *Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits*. Ecological Economics 64, 245-252.
- (9) Sutherland et al. (2009): *One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity*. Conservation Biology 23, 557-567.
- (10) Power (2010): *Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies*. Philosophical Transactions of the Royal Society B 365, 2959-2971.
- (11) Kotschi (2007): *Agricultural biodiversity is essential for adapting to climate change*. GAIA 16, 98-101.
- (12) Gardi et al. (2009): *Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges*. European Journal of Soil Science 60, 807-819.
- (13) Turbé et al. (2010): *Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers*. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission, DG Environment.
- (14) Solórzano und Páez-Acosta (2009): *Forests*. In: Levin (ed.), *The Princeton Guide to Ecology*, Princeton University Press.
- (15) UN (2010): *The millennium development goals report 2010*. United Nations, New York, 2010.
- (16) Grainger (2009): *Towards a new global forest science*. International Forestry Review 11, 126-133.
- (17) EEA (2010): *10 messages for 2010 – forest ecosystems*. European Environment Agency, www.eea.europa.eu/publications/10-messages-for-2010.

(18) EK (2010): *Grünbuch Waldschutz und Waldinformation: Vorbereitung der Wälder auf den Klimawandel*. SEC(2010)163 final.

(19) Lindner (2010): *Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems*. *Forest Ecology and Management* 259, 698-709.

8.2 Biodiversität limnischer Systeme

Süßwasserökosysteme gehören zu den am meisten beeinträchtigten Ökosystemen weltweit und ihr Zustand wird sich auch weiterhin verschlechtern (1). Schätzungen gehen davon aus, dass die Aussterberate der Süßwasserfauna um mindestens einen Faktor 5 größer ist, als die terrestrischer Arten (2). Zu den stärksten Gefahrenquellen limnischer Biodiversität zählen (i) der Biotopverlust oder die Degradation dergleichen, (ii) invasive Arten, (iii) Übernutzung und Ausbeutung der ökologischen Ressourcen, (iv) Verschmutzung und (v) die Wasserentnahme und Modifizierung (Dammbau, Begradigung, etc.) von Fließgewässern (1, 2, 3). Hinzu kommt die klimabedingte Problematik steigender Wassertemperaturen, veränderter Niederschlagsmuster und –mengen sowie die lokale Absenkung der Grundwasserspiegel durch länger anhaltende Dürreperioden und dem daran gekoppelten erhöhten Wasserbedarf in ariden Regionen (2).

Konkreter Forschungsbedarf:

- Verbesserte Datengrundlage der Vielfalt und Verteilungsmuster von Süßwassertaxa generell und des Verlustes von Artenvielfalt und der Bestandsdichten im Zuge der globalen Inland-Fischerei. ^{4,5}
- Stuserfassung gefährdeter Süßwasserökosysteme und –habitate, insbesondere in Entwicklungsländern. ^{2,4}
- Verbessertes Verständnis der Ökologie, des Schutzbedarfs und der nachhaltigen Nutzung von Taxa mit Lebenszyklen im Süßwasser und an Land oder im Meer. ⁴
- Verständnis der Rolle der Süßwasserbiodiversität hinsichtlich der Beeinflussung von ökosystemaren Prozessen und deren Variabilität, sowie für die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen inklusive Indikatordefinitionen. ^{2,4,6}
- Untersuchung der kombinierten Auswirkungen natürlicher und menschlicher Einflüsse auf die Biodiversität, Ökosystemfunktionen, -dienstleistungen und Widerstandsfähigkeit von Süßwassersystemen inklusive dem Verständnis und der Quantifizierung der Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (Hydropower, Bio-Kraftstoff, Flutschutz) auf genannte Komponenten. ^{2,4}
- Entwicklung von Beurteilungsverfahren der ökologischen, sozialen und ökonomischen Effektivität von Sanierungsmaßnahmen. ⁴
- Verbessertes Verständnis der Reversibilität von eutrophierten Gewässern zu oligotrophen Gewässern. ¹
- Untersuchung der Auswirkung invasiver Arten auf die Süßwasserbiodiversität, z.B. hinsichtlich der „Besetzung“ und Transformation ökologischer Nischen. ³
- Untersuchung der Klimaeffekte wie erhöhte Wassertemperaturen und Algenblüten auf Artenzusammensetzung und das Nahrungsnetz. ³

Quellen:

- (1) Leadley et al. (2010): *Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series 50, 132 pp.
- (2) Palmer und Richardson (2009): *Provisioning services: a focus on fresh water*. In: Levin (ed.), *The Princeton Guide to Ecology*, Princeton University Press.
- (3) EEA (2010): *10 messages for 2010 – freshwater ecosystems*. European Environment Agency, www.eea.europa.eu/publications/10-messages-for-2010.
- (4) EPBRS (2008): *Water for life: research priorities for sustaining freshwater biodiversity*. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy, Brdo, Slovenia.
- (5) Welcomme et al. (2010): *Inland capture fisheries*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365, 2881-2896.
- (6) Sutherland et al. (2009): *One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity*. *Conservation Biology* 23, 557-567.

8.3 Biodiversität mariner Systeme

Die synergetischen Auswirkungen menschlicher Aktivitäten, von Umweltverschmutzung, Klimawandel und invasiver Arten haben zu einer schnellen Abnahme der globalen marinen Biodiversität und vieler mariner Ökosystemdienstleistungen geführt (1, 2). Mit einiger Sicherheit wird der Artenschwund in den Weltmeeren durch Bevölkerungszuwachs, Einkommenssteigerung und dem zunehmenden Verlangen nach Fischprodukten auch weitergehen (3). All diese Störfaktoren interagieren auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen und bewirken positive Rückkopplungen, welche die Verlustrate von Biodiversität weiter erhöhen, die Widerstands- und Regenerationsfähigkeit von Ökosystemen weiter schwächen und zu einer Homogenisierung mariner Artgemeinschaften führen (2).

Die derzeitige Datengrundlage macht es schwer, Trends bei anderen Organismen(-gruppen) als die von ökonomischer Relevanz oder von Flaggship-Status bzw. hohem Bekanntheitsgrad zu erfassen. Im Gegensatz zur terrestrischen Artenvielfalt ist die der Meere kaum bekannt und es besteht eine ernsthafte Verzögerung in der Identifizierung von schutzbedürftigen Gebieten und der Entwicklung eines abgestimmten Managementkonzepts (4). Es besteht zudem Uneinigkeit hinsichtlich des Levels von Fischerei, welcher beibehalten werden kann, ohne signifikant Populationen und Nahrungsnetze zu gefährden (3).

Auch die Effekte des Klimawandels auf die marine Biodiversität und assoziierte Dienstleistungen sind weniger gut bekannt als für terrestrische Systeme. Dies liegt mitunter daran, dass Studien meist nur regional angelegt sind (z.B. Nordsee), kaum Untersuchungen auf *ocean basin scale* (z.B. Nord-Atlantik) oder global stattfinden und häufig nur wenige Taxa betrachtet werden (4, 5, 6).

Grundlegend für eine globale Perspektive für die marine Biodiversität ist daher ein umfassenderes Wissen um den lokalen Gefährdungsstatus von Arten und der potentiellen Verschiebung ihrer Verbreitungsgrenzen, die Identifizierung von *hotspots* des Wandels sowie die Analyse der effektverstärkenden Wirkung von Umweltverschmutzung und Überfischung (4). Es ist erforderlich neue Schutzgebietsnetzwerke für eine nachhaltige Nutzung und gleichzeitigen Erhalt mariner Biodiversität zu entwickeln und diese hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf sozio-ökonomische Prozesse und Effektivität im globalen Wandel zu überprüfen (4, 7). Die Fangfischerei und die

nationalen und internationalen Richtlinien sowie juristischen Rahmenwerke sind entsprechend anzupassen (8).

Konkreter Forschungsbedarf:

- Fortschreitende Erfassung der Artenvielfalt und Diversität der seltener betrachteten Artgemeinschaften (z.B. Zonierung benthischer Gemeinschaften) auf lokaler, regionaler und insbesondere globaler Ebene.²
- Feststellung der aktuellen Trends mariner Biodiversität im Vergleich zu historischen, d.h. Veränderungen über ökologische vs. evolutionäre Zeiträume.²
- Analyse der Konsequenzen von Artenschwund (und deren Ursachen wie Klimawandel oder Fangfischerei) auf Dienstleistungen mariner Ökosysteme, deren Stabilität und Regenerationspotentiale.^{2,9}
- Analyse der kumulativen/synergetischen Effekte multipler anthropogener Aktivitäten (Überfischung, Vermüllung, Küstenzonendegradation, Eutrophierung, Versauerung) auf marine Ökosysteme (Habitats), Biodiversität (inklusive ungenutzter Arten) Ökosystemdienstleistungen.²
- Empirische Überprüfung der Theorie, dass mit der Intaktheit von Nahrungsnetzen (Produktivität, funktionelle Vielfalt) eine ökosystemare Erholung von Störung (und zugleich Steigerung der Biodiversität) wahrscheinlicher ist.²
- Untersuchung der Auswirkungen von Klimawandel und Übersauerung der Meere auf Phytoplankton und damit auf das Nahrungsnetz, biogeochemische Kreisläufe und Klimaregulierung (Rückkoppelungseffekte) durch ein globales Langzeitmonitoring.^{3,10}
- Untersuchung der Kapazität von Korallengemeinschaften, sich an Temperaturerwärmungen und Ozeanversauerung anzupassen.^{2,3}
- Entwicklung theoretischer Modelle, die andere Dienstleistungen als Fischerei beschreiben und/oder vorhersagen (z.B. Nährstoffkreisläufe, Primärproduktion, Klimasteuerung) und Unterfütterung der Modelle mit empirischen Studien, welche die Ökologie der Dienstleistungen auf verschiedenen räumlichen, zeitlichen und organisatorischen Ebenen verstehen helfen und ihr gesamtes Wertespektrum quantifizieren.¹
- Synthese von den multiplen Komponenten eines *Ecosystem-Based-Management* in einen quantitativen Rahmen interdisziplinärer Ansätze, welche gekoppelte sozio-ökologische und –ökonomische Systeme modellieren.¹
- Untersuchung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen von Aquakulturen.¹⁰
- Für ein verbessertes Ressourcenmanagement empirische Überprüfung der tradeoffs von multiplen Ökosystemdienstleistungen untereinander, welche unter verschiedenen Managemententscheidungen auftreten können.¹
- Entwicklung von Monitoringkonzepten und Frühwarnsystemen für den Effekt von Fangfischerei auf die marine Biodiversität und Ökosysteme, sowie eine interdisziplinäre und partizipative Wissenschaft zur Risikobewertung, Szenarienentwicklung und Leistungsbewertung.⁸

Quellen:

- (1) Baskett und Halpern (2009): *Marine Ecosystem Services*. In: Levin (ed.), *The Princeton Guide to Ecology*, Princeton University Press.
- (2) Sala und Knowlton (2006): *Global marine biodiversity trends*. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 31, 93-122.
- (3) Leadley et al. (2010): *Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series 50, 132 pp.
- (4) EEA (2010): *10 messages for 2010 – marine ecosystems*. European Environment Agency, www.eea.europa.eu/publications/10-messages-for-2010.
- (5) Cheung et al. (2009): *Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios*. *Fish and Fisheries* 10, 235-357.
- (6) Hoegh-Guldberg (2010): *The impact of climate change on the world's marine ecosystems*. *Science* 328, 1523-1528.
- (7) Gaines et al. (2010): *Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management*. *PNAS*, doi 10.1073/pnas.0906473107.
- (8) Garcia und Rosenberg (2010): *Food security and marine capture fisheries: characteristics, trends, drivers and future perspectives*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365, 2869-2880.
- (9) Worm et al. (2006): *Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services*. *Science* 314, 787-790.
- (10) Sutherland et al. (2009): *One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity*. *Conservation Biology* 23, 557-567.