

Zusammenfassung

V. Mosbrugger, G. Brasseur, P. Becker, M. Schaller, B. Stribrny

Die Erde ist ein dynamisches System. Komplexe Prozesse und Wechselwirkungen steuern den Stoffaustausch zwischen der festen Kruste, den Böden, den Gewässern, der Biosphäre und der Atmosphäre. Leben wird auf diesem Planeten erst durch diese Stoffkreisläufe möglich. Insbesondere seit dem Beginn der Industrialisierung greift der Mensch zunehmend in diese Stoffkreisläufe ein. Eingriffe in die Natur ergeben sich im Wesentlichen beim Bau von Städten und Infrastruktur, durch Industrie und Verkehr, durch Fischerei, Land- und Forstwirtschaft sowie den Abbau von Rohstoffen. Nicht selten wirken sich die menschlichen Eingriffe nachteilig auf die Natur, die naturnahen Lebensräume und die Vielfalt des Lebens aus. Das starke Wachstum der Erdbevölkerung führt zu einem stetig steigenden Verbrauch natürlicher Ressourcen wie Trinkwasser, landwirtschaftlich nutzbare Böden und Rohstoffe. Durch die Verbrennung fossiler Energierohstoffe und Landnutzungsänderungen werden, neben anderen Quellen, sogenannte Treibhausgase in die Atmosphäre freigesetzt. Dadurch stieg die globale Durchschnittstemperatur während der letzten 60 Jahre im Durchschnitt um 0,13 °C pro Jahrzehnt. Der überwiegende Teil dieser seit 1950 beobachteten Erwärmung geht nach Aussagen des „Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen“ (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) mit „sehr hoher Wahrscheinlichkeit“ (d. h. mit einer Wahrscheinlichkeit von über 90 %) auf menschliche Aktivitäten zurück. Im Jahre 2010 standen ca. 34 Milliarden t anthropogener CO₂-Emissionen einem geogenen und biogenen Gesamtgleichgewicht von 550 Milliarden t CO₂ als Teil des globalen Kohlenstoffkreislaufs gegenüber. Während die geogenen und biogenen Quellen meist mit entsprechenden Senken verbunden sind, gilt dies für die vom Menschen freigesetzten

Treibhausgase in der Regel nicht. Klimamodelle zeigen für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland einen Anstieg der durchschnittlichen Jahrestemperatur für den Zeitraum „2021–2050“ um 1,0 bis 2,0 °C und für den Zeitraum „2071–2100“ um 2,2 bis 4,0 °C gegenüber dem Wert der internationalen Klimareferenzperiode „1961–1990“. Besonders spürbar wird der Klimawandel bei uns voraussichtlich in der Verteilung der Niederschläge. Die Niederschlagsmengen bleiben zwar auf das Jahr gerechnet annähernd konstant, doch es muss damit gerechnet werden, dass die Niederschläge im Sommer bundesweit um bis zu 40 % ab-, im Winter dagegen um bis zu 40 % zunehmen können. Aussagen über Veränderungen von Extremwetterereignissen, insbesondere extremen Winden, sind bislang sehr unsicher.

In dem vorliegenden Synthesebericht wurden die Auswirkungen des Klima- und Biodiversitätswandels auf unterschiedliche **Lebensräume und die Gesellschaft in Deutschland** untersucht:

So könnte durch den Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur und die Veränderung im Niederschlagsregime – in Abhängigkeit des Zusammenspiels von sommerlichen Trocken- und winterlichen Nässeperioden – in weiten Teilen Deutschlands der Grundwasserspiegel aufgrund einer geringeren Grundwasserneubildung absinken. Das hätte weitreichende Konsequenzen für **grundwasserabhängige Ökosysteme**, wovon kurz- und mittelfristig besonders Feuchtgebiete, langfristig aber auch Landökosysteme betroffen sind. Außerdem steht zu befürchten, dass sich die Wasserqualität verschlechtert, z. B. durch Nährstoffeintrag, Erhöhung der Salzkonzentration und geringere Verdünnung von Schadstoffen. Da einzelne Arten innerhalb eines Biotops in Konkurrenz zueinander stehen, können sich schon durch geringfügige

Zu- oder Abnahmen von Grundwasserinhaltsstoffen oder Grundwasserständen Veränderungen der Ökosysteme und deren Ökosystemdienstleistungen ergeben.

Der projizierte Klimawandel führt in **limnischen Biotopen** vermutlich zu tiefgreifenden Veränderungen der Lebensgemeinschaften. Die Quantifizierung dieser Veränderungen, insbesondere von Wassertemperaturänderungen, Schad- und Nährstoffmobilisierungen und den äußerst komplexen biotischen Interaktionen, ist jedoch schwierig. Nicht zuletzt ist zu beachten, dass der Klimawandel nicht der einzige Stressor ist, der unsere Gewässer belastet. Viele Gewässersysteme sind bereits durch Verschmutzung, Verbau und Wasserstandsregulierung beeinflusst. Der Klimawandel wird in diesem „Multistressoren-Cocktail“ vermutlich deutlich intensiver wirken als in unbelasteten Systemen. Ein weiterer Verlust von Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen (Trinkwasser, Fischfang, etc.) ist daher wahrscheinlich.

In der **Nordsee** stiegen von 1980 bis 2005 die winterlichen Temperaturen am Meeresboden deutlich an, in Teilgebieten der Deutschen Bucht und entlang der holländischen Küste im Mittel um 2–3 °C, in der nördlichen Nordsee um 1 °C. Hydrographisch ist die Nordsee auch jenseits der flacheren Küstenzonen kein einheitliches Gewässer. Die Grenzen zwischen den Wasserkörpern sind variabel und verschieben sich sowohl jahreszeitlich als auch bedingt durch atmosphärische Großereignisse wie z. B. durch die Nordatlantische Oszillation (NAO). So führten in den späten 1980er Jahren atmosphärische Bedingungen mit starken westlichen Winden zu einem starken Einstrom von Atlantikwasser und bewirkten grundlegende ökologische Änderungen auf allen trophischen Ebenen, vom Phytoplankton bis zu den Fischen. Es wird beobachtet, dass südliche Arten in die Nordsee vordringen und in diesem Zusammenhang Artenzahlen und Biodiversität häufig ansteigen. Deutschland hat eine besondere Verantwortung gegenüber der Weltgemeinschaft für das Wattenmeer der Nordsee, ein UNESCO-Weltnaturerbe. Es ist das weltweit größte zusammenhängende Wattsystem mit vorgelagerten Barriere-Inseln und einer Vielzahl von Übergängen zwischen Land und Meer sowie einer hohen Vielfalt von Arten, die sich an diesen extremen Lebensraum angepasst haben.

Für die **Ostsee** zeigen Klimaprojektionen, dass die Wintertemperaturen steigen und Niederschläge im Winter zunehmen, während die Sommer trockener werden. Durch mehr Niederschläge im Winter erhöht sich Frischwassereintrag, was zur Abnahme des Salzgehaltes führt. Eine Abnahme des Salzgehaltes beeinflusst die Verteilung, das Wachstum und die Reproduktion der Fauna in der Ostsee. Ein niedriger Salzgehalt verursacht beim Zooplankton osmotischen Stress und resultiert in einer Verschiebung der Artenzusammensetzung von marinen Arten zu Süßwasserarten. Eine derartige Änderung der Artenzusammensetzung hat deshalb Einfluss auf die Nahrungsqualität, die Wachstumsrate und den Fettgehalt von Fischen. Eine Abnahme des Salzgehaltes in Kombination mit anoxischen oder sauerstoffarmen Bedingungen reduziert z. B. die Überlebenswahrscheinlichkeit von Kabeljauiern.

Auch die Auswirkungen der Klimaveränderung auf **Böden** sind komplexer Natur. Einerseits führt eine erhöhte Bodentemperatur bei ausreichender Bodenfeuchte zu einem Abbau der organischen Substanz. Andererseits wirken die Verlängerung der Vegetationsperiode sowie die durch erhöhte CO₂-Konzentrationen gesteigerte Pflanzenproduktivität diesem Prozess entgegen. Welcher Prozess dominiert, hängt von den jeweiligen regionalen Bedingungen ab. Die Abnahme von Bodenfrost im Winter beeinträchtigt die Bodenfruchtbarkeit und erhöht die Erosions- und damit auch die Auswaschungsgefahr. Wahrscheinlich vermehrt auftretende Wärme- und Dürreperioden im Sommer trocknen die Böden häufiger aus, was sich auf die Aktivität der Bodenfauna und -flora und auf die Bodenstruktur negativ auswirkt. Kommt es im Anschluss zu einem Starkregenereignis, ist sowohl mit Erosionsschäden als auch mit einer erhöhten Belastung für Grund- und Oberflächengewässer durch Schadstoffe zu rechnen. Diesen Veränderungen sollte durch eine angepasste, zum Beispiel weitgehend pfluglose, Bodenbearbeitung Rechnung getragen werden.

Sowohl die Land- als auch die **Forstwirtschaft** stehen vor großen Herausforderungen. Im Sommer nehmen Dürreperioden, Stürme und die Waldbrandgefahr wahrscheinlich zu. Eine Verlagerung der Niederschläge in den Winter führt wiederum zu erhöhtem Schneebruch. Klimabedingt treten neue Schädlinge und Krankheiten auf. Alle genannt

ten Faktoren zusammen erschweren es, die wachsende Nachfrage nach Holzprodukten und Energieholz zu decken. Selbst wenn Vegetationsmodelle zeigen, dass der Buchenwald auch unter den Bedingungen des Klimawandels weiterhin die dominierende natürliche Vegetationsform darstellen wird, können die Auswirkungen des Klimawandels lokal dramatisch sein und die Klimaschutzfunktion des Waldes ggf. gefährden. Wälder und Waldböden speichern große Mengen des Treibhausgases CO₂ in Form von organischem Kohlenstoff. Wälder und Waldböden fungieren in den letzten Jahren sogar als CO₂-Senken, die Treibhausgase aus der Atmosphäre aufnehmen. Zudem dämpfen Wälder regionale Klimaextreme.

In Deutschland nehmen **landwirtschaftlich genutzte Flächen** mit ca. 17 Millionen Hektar oder 170 000 km² knapp die Hälfte der Gesamtfläche ein. Ackerland, Weiden und Wiesen prägen hier das Landschaftsbild. Landwirtschaftliches Offenland ist von substanzieller Bedeutung für den Erhalt der Artenvielfalt in Deutschland. Es bietet Raum für Biosphärenreservate und Schutzgebiete der EU-Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-Gebiete). Die Agrobiodiversität der landwirtschaftlich genutzten Flächen integriert ein breites Spektrum von Artengruppen von Bakterien, Archaeobakterien, Pilzen, Kultur- und Wildpflanzen, Insekten, Spinnen, Vögeln, Reptilien, Amphibien bis hin zu Säugetieren. Außer Bestäubungsleistungen werden eine Reihe weiterer Ökosystemdienstleistungen von der Agrobiodiversität erbracht, wie z. B. die Gewährleistung des Nährstoffkreislaufs, die Regulierung von Kulturschädlingen und Pflanzenkrankheiten, der Erhalt der örtlichen Wildtiere und -pflanzen, der Wasser- und Erosionsschutz. Wie diese vielfältigen Interaktionen im Einzelnen vom Klimawandel betroffen sein werden, ist bisher nur in Ansätzen bekannt. Sicher ist, dass die Artenvielfalt durch die Veränderung der Agrarlandschaft im Zuge des Klimawandels – wie z. B. durch den Anbau von neuen Kulturen und der Veränderung von Betriebssystemen – betroffen sein wird. Hier spielt auch die Ausweitung des Biomasseanbaus in Folge von Klimaschutzmaßnahmen eine große Rolle: So hat die hierbei zu beobachtende Tendenz zur Ausweitung von Monokulturen in der Regel negative Konsequenzen für die biologische Vielfalt. Gefragt ist hier eine Bioenergieproduktion unter Nachhaltig-

keitskriterien, die auf regionalen Wertschöpfungsketten aufbaut und die globale Nahrungsmittelversorgung nicht gefährdet.

Der Klimawandel wirkt sich auf verschiedene Organismen in unterschiedlicher Weise aus, abhängig von der Biologie, Ökologie und Physiologie der betroffenen Arten. **Geschützte und schutzwürdige Arten** sind in diesem Zusammenhang von besonderem Interesse, weil Deutschland eine besondere Verantwortung für ihren Erhalt trägt. Bei geschützten und schutzwürdigen Arten sind heute schon Auswirkungen des Klimawandels erkennbar. So zeigen mobilere Artengruppen (Vögel, Libellen, einige Heuschrecken) in Deutschland eine nordwärts gerichtete Ausbreitung. Bei den weniger mobilen Amphibien und Reptilien hingegen ist diese Entwicklung noch nicht zu beobachten. Je nach Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel könnten also in Zukunft mobile Artengruppen sogar stärker vom Klimawandel betroffen sein als weniger mobile. Letztere tragen bei eingeschränkter Anpassung an den Klimawandel jedoch ein höheres Aussterberisiko. Ein abgestimmtes Klimawandel- und Biodiversitätsmonitoring wäre ein wichtiger Schritt, um Auswirkungen auf ganze Artengemeinschaften und damit auch die Veränderungen von Ökosystemen und Ökosystemdienstleistungen abschätzen zu können.

Städtische Gebiete werden sich im Rahmen des ablaufenden und projizierten Klimawandels stärker erwärmen als das Umland. Die städtischen Wärmeinseln werden also noch deutlicher hervortreten als bisher. Entsprechend ist mit starken Auswirkungen auf die Biodiversität in den städtischen Regionen zu rechnen. Bezüglich der städtischen Flora und Fauna wird von einer weltweiten Homogenisierung gesprochen. Bei der Mehrzahl der in Städten vorkommenden Organismen handelt es sich um weltweit verbreitete Arten, für die aus Sicht der Konvention von Rio weder für Deutschland noch für eines seiner Bundesländer eine besondere Verantwortung im Hinblick auf den Schutz der urban-industriellen Biodiversität besteht. Eine Besonderheit stellen seltene, wärmeliebende Arten der Roten Listen Deutschlands dar, die als Pionierarten auf offenem urbanem Gelände, insbesondere auf Bahn- und Industriebrachen, vorkommen. Darüber hinaus besitzt die städtische Biodiversität große Bedeutung für Freizeit, Hobby, Erholung, Wohlbefin-

den und damit auch für die Gesundheit. Diese wird im Zuge des Klimawandels unter stadtklimatischen Gesichtspunkten weiter zunehmen, so dass bei der Auswahl von Stadtgrün und Parkanlagen darauf geachtet werden sollte, möglichst Arten zu pflanzen, die an das künftige Stadtklima angepasst sind und gleichzeitig einen möglichst günstigen Kühleffekt ausüben.

Die Folgen des projizierten Klimawandels bergen für die deutsche Bevölkerung erhebliche **Gesundheitsrisiken**. Insbesondere sind hier Extremwetterereignisse zu nennen. So starben im Sommer 2003 in Frankreich hitzebedingt 14 800 und in Deutschland ca. 3 500 Personen. Auch die Zahl der allergischen Erkrankungen wird zunehmen. Bereits im Jahr 2015 könnte jeder zweite Europäer an einer Allergie leiden. Gleichzeitig steigt die Anzahl an Krankheiten, die durch Zwischenwirte übertragen werden. Aussagen über die Wirkungen der Klimaänderung blieben bis jetzt jedoch überwiegend qualitativ. Klare quantitative Aussagen für den Gesundheitsbereich fehlen. Anpassungsstrategien werden gleichwohl häufig gefordert und deren Umsetzung, zum Beispiel durch die Einrichtung von Überwachungs- und Frühwarnsystemen, angemahnt. Die Umsetzung der geforderten Anpassungsstrategien ist wichtig, da mit einfachen Maßnahmen negative Folgen für die Gesundheit minimiert werden können.

Die aktuellen und projizierten Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels, aber auch die teilweise negativen Auswirkungen von Klimapolitik – von **Mitigation und Anpassung** – auf die Biodiversität sowie mögliche Synergieeffekte geraten zunehmend ins Blickfeld. Besonders deutlich wird dies in Deutschland und auch in globaler Perspektive bei der forcierten Nutzung nachwachsender Rohstoffe als erneuerbare Energiequelle. Aber auch Anpassungen an klimatische Veränderungen, wie z. B. verstärkte Hochwasserschutzmaßnahmen, die Migration aus Küstengebieten oder die Zunahme von sozialen Konflikten, können negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben. Durch die monetäre In-Wert-Setzung von Ökosystemleistungen und Biodiversität ist es möglich, die Kosten für einen effektiven Biodiversitäts- bzw. Naturschutz denen des Biodiversitätsverlustes aufgrund unterlassener Schutzmaßnahmen gegenüber zu stellen und kommunizierbar zu machen. Das Übereinkommen

über die biologische Vielfalt (CBD) nennt jedoch den Schutz der „Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen“ (*biodiversity and ecosystem services*) immer im Zusammenhang. Die Erhaltung von Ökosystemdienstleistungen (als einzelner Begriff) ist also ein anderes Schutzziel als der Schutz von Biodiversität und kann unter bestimmten Umständen zu Zielkonflikten führen. Die Erhaltung von Ökosystemdienstleistungen als Teil des Natur- und Umweltschutzes ist eine wichtige Strategie, um beide Teilziele zu erreichen.

Der **Naturschutz** ist das zentrale Steuerungselement zum Schutz und Erhalt der Biodiversität in Deutschland. Nach § 1 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG 2009) ist es Aufgabe des Naturschutzes, die biologische Vielfalt, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit sowie die Vielfalt, Eigenart, Schönheit und den Erholungswert von Natur und Landschaft dauerhaft zu sichern. Nahezu alle anthropogenen Aktivitäten können eines der genannten Schutzziele tangieren, so dass die Belange des Naturschutzes gegen andere gesellschaftliche Interessen abgewogen werden müssen. Naturschutz ist daher als gesellschaftliche Querschnittsaufgabe zu verstehen. Ein bewahrend-dynamisches Naturschutzkonzept, das den Erhalt tradierter Landschaftselemente weiterhin ermöglicht, und zugleich Neuentwicklungen und Transformationen zulässt, könnte den künftigen vielfältigen Anforderungen an den Naturschutz gerecht werden.

Biodiversitätspolitik steht häufig vor der Herausforderung, lokale Bedingungen mit internationalen Prozessen zu verbinden: Auf der einen Seite stehen internationale Maßnahmen, um Erhaltungsstrategien zu verknüpfen und zu koordinieren, lokal liegen jedoch konkrete naturräumliche und sozio-ökonomische bzw. sozio-kulturelle Anforderungen vor. Ähnlich wie beim Klimaschutz ist eine Vielzahl von Akteuren in die Nutzung und Erhaltung der Biodiversität involviert: Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft. Verbindliche Entscheidungen im Bereich der Biodiversitätspolitik werden damit faktisch auf vielfältigen Entscheidungsebenen getroffen, die es zielführend miteinander zu verknüpfen gilt. Das Wissen über ökologische Prozesse, funktionale Zusammenhänge und ökosystemare Wechselwirkungen ist dabei eine wichtige Voraussetzung für das Management von Ökosystemen, den Naturschutz und die nach-

haltige Nutzung von Ökosystemleistungen. Dieses Wissen ist die Basis für gesellschaftliches Gestalten und Entscheiden – allerdings können verfügbare Informationen und vorhandenes Wissen von den Akteuren unterschiedlich interpretiert und bewertet werden.

15.1 Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Es besteht ein beachtlicher Forschungsbedarf zum Themenkomplex Biodiversität und Klimawandel, der sich folgenden Fragestellungen zuordnen lässt:

1. Erweiterung des Verständnisses der verschiedenen Ökosysteme und –prozesse.
2. der jeweiligen Interaktionen mit dem Klimawandel (weitere Driver: Landnutzungswandel, Habitatfragmentierung, etc.).
3. der Weiterentwicklung von Modellen, Indikatoren und Monitoringprogrammen sowie
4. der Evaluierung und Weiterentwicklung von Politikmaßnahmen; letzteres v. a. unter dem Aspekt der Integration von sozialwissenschaftlichen Fragen.

Im Einzelnen beinhaltet dies Forschungsbedarfe zur:

- ▶ Erweiterung der Kenntnisse zur Entwicklung von Interaktionen in ökologischen Netzwerken und der (Re-) Organisation von Artengemeinschaften unter Einfluss des Klimawandels sowie der daraus resultierenden Effekte auf Ökosystemfunktionen, u. a. durch Langzeitstudien.
- ▶ Erweiterung der Kenntnisse zur (reaktiven und genetischen) Anpassungsfähigkeit verschiedener Arten an sich rasch verändernde klimatische Rahmenbedingungen.
- ▶ Weiterentwicklung von Verbreitungsmodellen durch die Einbeziehung von biotischen Interaktionen und der artspezifischen Ausbreitungsfähigkeit sowie die Kombination von Verbreitungsmodellen mit Individuen-basierten Modellen.
- ▶ Entwicklung und Weiterentwicklung von Modellen der Auswirkungen von Klima- und Biodiversitätswandel auf die Regionen Deutschlands.
- ▶ Unterstützung besonders betroffener Arten und Biotope durch Monitoring, Modellierung und Forschungsprogramme.

- ▶ Erfassung des Risiko- und Invasionspotenzials von einwandernden Tier- und Pflanzenarten.
- ▶ Intensivierung der national wie international existierenden Forschungsvorhaben im Bereich Boden und Klima sowie eine Vernetzung der relevanten Akteure zum zielgerichteten Austausch der wissenschaftlichen Befunde und zum Aufbau einer Wissensplattform zu den Themen Humusversorgung, Speicher- beziehungsweise Quellenfunktion von Böden für Kohlenstoffverbindungen, Bodenschutz und Klimawandel.
- ▶ Verbesserung des Kenntnisstandes über die Auswirkung des Klimawandels auf Grundwasser, deren Verfügbarkeit und Qualität, sowie auf Böden, hinsichtlich Fruchtbarkeit, Erosion, Auswaschung und Senken oder Quellenfunktion für Kohlenstoff beziehungsweise CO₂.
- ▶ Entwicklung standardisierter Methoden und Verfahren zur qualitativen und quantitativen Erfassung von Biodiversitätsveränderungen. Die Erarbeitung von VDI-Richtlinien zur Biodiversität durch den Verein Deutscher Ingenieure (VDI) könnte die Erfassung von Biodiversitätsänderungen und die Umsetzung entsprechender rechtlicher Vorgaben erleichtern sowie staatliches Handeln unterstützen.

15.2 Handlungsempfehlungen

Für einen gleichzeitigen Klimaschutz und Biodiversitätserhalt sowie den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen als Basis für die Anpassung an den fortschreitenden Klimawandel lassen sich zusammenfassend folgende Handlungsstrategien formulieren:

Im Bereich der Wissenschaftspolitik gilt es, Forschungsaktivitäten weiter zu bündeln, um der Komplexität der Forschungsaufgaben gerecht zu werden. Ähnliches gilt für die Politik: um Synergieeffekte nutzen zu können bzw. Konfliktpotential ausräumen zu können, ist eine Integration von Klimapolitik, Naturschutzpolitik und weiteren sektoralen Politiken im Sinne einer nachhaltigen Landnutzung im weiteren Sinne nötig. Wichtige Instrumente der Umsetzung liegen im Bereich der Landschafts- und Raumordnungsplanung, der Integration von Klimaschutzsensibilität in existierende Prüfverfahren (Umweltverträglichkeitsprüfung) und der konsequenten

In-Wert-Setzung von ökosystemaren Dienstleistungen. Für die betrachteten Lebensräume lassen sich im Einzelnen folgende Maßnahmen identifizieren.

15.2.1 **Terrestrisch:**

- ▶ Verbesserung der „grünen Infrastruktur“ in Deutschland und Europa über die Weiterentwicklung des Naturschutzgebietssystems und die Etablierung von effektiven Biotopverbundsystemen (s. auch Natura 2000) hinaus. Die Handlungsoptionen reichen von der Vernetzung von Naturschutzgebieten und Biotopen durch grüne Korridore, über Grünbrücken für den Wildwechsel, grünen Stadtinseln, grünen Frischluftschneisen und begrünten Dächern bis hin zu grünen Technologien für Energiegewinnung, Verkehr sowie den Bau und Betrieb von Gebäuden und Industrieanlagen. Bei der Anlage städtischen Grüns ist darauf zu achten, die Zahl der allergenen Pflanzen nicht zu erhöhen.
- ▶ Flächenhafte Kartierung aller grundwasserabhängigen Ökosysteme und Verbreiterung von Auen und Überschwemmungsflächen von Flüssen im küstenfernen Bereich zum Hochwasserschutz, zur Erhöhung der Grundwasserneubildung und zum Abfangen von Sediment- und Nährstofffrachten.
- ▶ Verbesserung der Wasserrückhaltung in der Landschaft, Renaturierung von Feuchtgebieten, insbesondere von Mooren bzw. Moorböden.
- ▶ Erhalt von Mischwald mit verschiedenen Altersklassen, dabei sollten heimische Laubbäume im Flachland die Hauptrolle spielen.
- ▶ Schutz der Böden mit ihren wichtigen Funktionen für Bodenfruchtbarkeit, Bodenbiodiversität, Wasserhaushalt und als Kohlenstoffspeicher. Das gilt insbesondere für hydromorphe Grundwasserböden (Gleye, Salzböden, Auenböden) und Stauwasserböden (Pseudogleye).
- ▶ Erhöhung der Arten- und Biotopvielfalt der Wälder und damit Unterstützung ihrer Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel.
- ▶ Förderung des Erhalts der Artenvielfalt (Genbanken), der Diversifizierung und Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion, ggf. auch des ökologischen Landbaus als Voraussetzung für eine hohe Agrobiodiversität und Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel.

- ▶ Vermehrung und Anpassung des Stadtgrüns durch die Wahl geeigneter Arten und Vegetationstypen sowie durch eine stärkere Berücksichtigung der Spontanvegetation.

15.2.2 **Marin und limnisch:**

- ▶ Vorausschauende Raumplanung in Ost- und Nordsee inklusive Wattenmeer für eine nachhaltige Nutzung und einen zielgerichteten Schutz der marinen Ressourcen und Ökosysteme.
- ▶ Intensivierung von Langzeitstudien zur Entwicklung von limnischen Lebensgemeinschaften und ökologischen Prozessen in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren und anderen Umweltvariablen.

15.2.3 **Politik und Raumplanung:**

- ▶ Integration der Biodiversitäts- und Klimaschutzziele in alle Politikbereiche.
- ▶ Abgestimmte politische Vorgehensweise zur Erreichung der Sektorziele: Erneuerbare Energien, Agrarpolitik, Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt und Nationales Klimaschutzprogramm.
- ▶ Minimierung der Flächenkonkurrenz durch Erhöhung der Synergien zwischen Mitigation- und Anpassungsmaßnahmen sowie Naturschutzkriterien.
- ▶ Eine umfassende Abschätzung der transregionalen Effekte umweltpolitischer Maßnahmen im Hinblick auf ihren möglichen Beitrag zur Verschärfung globaler Problemlagen wie dem Klimawandel und dem Verlust der Biodiversität.

15.2.4 **Gesellschaft:**

- ▶ Veränderung des Konsumverhaltens, wie z. B. der Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung. Der Kauf regionaler Produkte, insbesondere aus dem Ökolandbau, fördert tendenziell die Biodiversität, während veredelte Produkte wie Fleisch zu erhöhter Flächenkonkurrenz und einer Intensivierung der Landnutzung führen. Dies hat nicht nur unmittelbare Auswirkungen auf die regionale und nationale Biodiversität, sondern durch die weltweiten Marktverflechtungen auch Effekte auf andere Regionen der Erde.

- ▶ Monetarisierung des Wertes von Ökosystemen und ökosystemaren Leistungen zur verbesserten Berücksichtigung und Wertschätzung des Naturschutzes in materiell orientierten Gesellschaften.

15.3 Fazit

Klimawandel und Biodiversitätsveränderungen zählen derzeit zu den größten Herausforderungen für die Menschheit. Internationale Abkommen wie die Klimarahmenkonvention (UNFCCC) und die Konvention zum Schutz der biologischen Vielfalt (CBD) sind für die Lösung dieser globalen Probleme unumgänglich, selbst wenn bei den Verhandlungen und bei der Umsetzung viele Kompromisse eingegangen werden müssen. Umso wichtiger ist es, nachhaltige Treibhausgasreduktionsziele zu implementieren, Synergien zwischen den Abkommen zu nutzen und Konflikte zu vermeiden.

Für Deutschland haben die vorangegangenen Kapitel dieses Buches z. T. deutliche Auswirkungen für die verschiedenen Lebensbereiche durch diese Umweltveränderungen aufgezeigt. Wenn auch in vielen Bereichen das Verständnis der komplexen Ökosysteminteraktionen weiter verbessert werden muss, um Biodiversität wirksam schützen zu können, können bereits eine Reihe von notwendigen Handlungsempfehlungen an Politik und Gesellschaft formuliert werden.

So gilt es auf nationaler Ebene insbesondere Akteure und Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft noch besser zu vernetzen, um koordinierte und zielführende Strategien, Programme und Aktionen durchführen zu können. Deutschland ist hierfür – auch im internationalen Vergleich – strategisch, verwaltungstechnisch, wirtschaftlich und institutionell grundsätzlich gut aufgestellt. Das Nationale Klimaschutzprogramm, die nationale Anpassungsstrategie an den Klimawandel und die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung bilden

einen konzeptionellen Rahmen und enthalten entsprechende Ziele und Maßnahmen. Als problematisch für die Umsetzung dieser beiden Strategien erweisen sich immer wieder Interessenkonflikte zwischen Klima- und Naturschutz: Dabei spielen konkurrierende Flächeninanspruchnahmen für die Erreichung der betreffenden Schutzziele oft eine entscheidende Rolle. Die Energiewende, verbunden mit erheblichen Infrastrukturmaßnahmen wie dem Neubau von konventionellen Kraftwerken, Pumpspeicherkraftwerken, Fernleitungsnetzen, Photovoltaik-, Windkraft- und Biogasanlagen sowie die Nutzung von Biokraftstoffen sind aktuelle Beispiele dafür. Gleiches gilt für Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen und deren Folgen für die Biodiversität. Es ist deshalb notwendig, das Klimaschutzprogramm und die Biodiversitätsstrategie der Bundesregierung sowie nationale und regionale Anpassungsstrategien im Sinne einer synergetischen Zielerreichung zusammenzuführen. Wirtschaft und Gesellschaft sind aufgefordert, den Staat bei der Zielerreichung zu unterstützen.

Hans Carl von Carlowitz (1645–1714), Oberberghauptmann am kursächsischen Hof in Freiberg, wies als Begründer des Prinzips der Nachhaltigkeit darauf hin, dass immer nur so viel Holz geschlagen werden sollte, wie durch Aufforstung, Säen und Pflanzen nachwachsen kann. Aufgabe einer nachhaltigen Industriegesellschaft ist es, dieses Prinzip auf möglichst viele Bereiche des täglichen Lebens zu übertragen.

Die nachhaltige Nutzung und der Schutz von Natur und Umwelt, die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Rohstoffverbrauch, Boden- und Grundwasserschutz, sowie die Reduktion der Treibhausgasemissionen bis hin zur Klimaneutralität von Wirtschaft und Gesellschaft sowie eine Reflexion der gängigen Wachstums- und Konsummuster sind Voraussetzungen für einen Erhalt der Ökosysteme und der menschlichen Lebensgrundlagen – auch für zukünftige Generationen.

Glossar

AO: Die Arktische Oszillation (AO) beschreibt die Klimavariabilität auf der Nordhalbkugel. Sie ist definiert als die erste Hauptkomponente der Anomalien der geopotentiellen Höhe relativ zur 1000 hPa Fläche (Thomson & Wallace 1998). Wenn die Klimavariabilität durch den Nordatlantik bestimmt wird, sind AO und NAO identisch; wenn der Pazifik dominiert, sind sie unterschiedlich.

Apophyten: Einheimische Pflanzen, die in der Lage sind, vom Menschen gestörte Standorte zu besiedeln, z. B. viele einheimische Unkräuter.

Archäophyten: Alleinwanderer-Pflanzenarten, die seit dem Neolithikum bis zum Jahr 1500 (zum Teil wird das Jahr 1492 – Entdeckung Amerikas – zur Abgrenzung genutzt) in eine geographisch definierte Region eingewandert sind.

Archaeen: Archaeen, früher auch Archaeobakterien oder Urbakterien genannt, bilden neben den Bakterien (Bacteria) und den Eukaryoten (Eukaryota) eine der drei Domänen, in die alle zellulären Lebewesen eingeteilt werden. Archaeen sind einzellige Organismen mit einem meist in sich geschlossenen DNA-Molekül.

Arealerweiterung/-verschiebung: Arealverschiebungen bzw. -erweiterungen von Arten bezeichnen ganz allgemein die räumliche Veränderung in der Verbreitung von Arten über Ihre bisherige Verbreitungsgrenze hinaus. Die Verbreitung einer Art wird u. a. von abiotischen Verhältnissen wie beispielsweise der Temperatur bestimmt. Erhöht sich so z. B. die Temperatur in der Nordsee, so kann sie für Arten „bewohnbar“ werden, deren Verbreitung bisher auf den wärmeren Nordatlantik begrenzt war.

Benthos: Die Lebensgemeinschaften im und auf dem Meeresboden, zu denen hauptsächlich wirbellose Tiere und Bodenfische gehören.

Biostratigrafie: Wissenschaftsdisziplin, die sich mit der chronologischen Bestimmung von Gesteinsschichten mit Hilfe von Fossilien beschäftigt.

Boddenlandschaften: Ein Bodden ist ein vom offenen Meer durch Landzungen abgetrenntes Küstengewässer an der Ostsee. Boddengewässer (-landschaften) sind bedeutende Lebensräume für viele Vogelarten und insbesondere wichtige Rastplätze für Zugvögel wie Kraniche und viele Gänsearten.

Boden-pH: Der Boden-pH ist ein Merkmal des Säure- und Basengehaltes des Bodens. Er basiert auf dem Maß des pH-Wertes und wird durch natürliche Puffersysteme beeinflusst. Der pH-Wert ist

eine dimensionslose Zahl. Er ist der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität.

C₃-Pflanzen: C₃-Pflanzen arbeiten mit dem Grundtypus der Photosynthese. Da sich die Spaltöffnungen bei heißem und trockenem Wetter schließen, um einer zu hohen Verdunstung von Wasser vorzubeugen, zeigen sie im Vergleich zu C₄-Pflanzen unter diesen Bedingungen eine verringerte Photosyntheseleistung. Sie sind jedoch unter normalen Temperatur- und Lichtverhältnissen effizienter.

C₄-Pflanzen: C₄-Pflanzen nutzen einen Stoffwechselweg, um Kohlenstoffdioxid für die Photosynthese zunächst räumlich vorzufixieren und erst dann wie C₃-Pflanzen im Calvin-Zyklus zu Kohlenhydraten aufzubauen. Der Name C₄ leitet sich vom ersten Fixierungsprodukt ab, welches durch die Assimilation von Kohlenstoffdioxid entsteht. Während dies bei C₃-Pflanzen eine Kohlenstoffverbindung mit drei C-Atomen ist, findet man in C₄-Pflanzen eine Verbindung mit vier C-Atomen.

Common Wadden Sea Secretariat (CWSS): Das Gemeinsame Wattenmeersekretariat - Common Wadden Sea Secretariat (CWSS) hat seit 1987 seinen Sitz in Wilhelmshaven. Es koordiniert und unterstützt die trilaterale Wattenmeer-Kooperation zwischen Dänemark, Deutschland und den Niederlanden, deren Ziel es ist, Naturschutz und menschliche Nutzung miteinander in Einklang zu bringen. Grundlage hierfür sind u. a. die im Wattenmeerplan festgelegten gemeinsamen Ziele und der Maßnahmenkatalog für die Erreichung dieser Ziele. Das Gemeinsame Wattenmeersekretariat ist seit der Aufnahme des niederländischen und deutschen Teils des Wattenmeeres in die Liste der UNESCO als Weltnaturerbe zuständig für die Koordination und Durchführungsarbeiten in Verbindung mit dem Weltnaturerbe Wattenmeer.

Conjoint: Die Conjoint-Analyse (CONsidered JOINTly) oder Trade-off Analyse ist ein Überbegriff für verschiedene aus der mathematischen Psychologie stammende Verfahren, die zur Messung von Präferenzen und Einstellungen angewendet werden. In der Literatur existiert jedoch keine einheitliche Definition. In Conjoint Verfahren werden den Befragten eine Auswahl von unterschiedlichen Gütern oder Szenarien vorgelegt, die sie nach ihren individuellen Präferenzen entweder ordnen (Ranking) oder bewerten (Rating). Bei der Choice basierten Conjoint-Analyse müssen sich die Befragten für eines der vorgegebenen Szenarien entscheiden.

scheiden. Anhand des Conjoint-Verfahrens ist es möglich, aus den Angaben des Befragten auf dessen Präferenzen bezüglich der einzelnen Merkmale und Merkmalsausprägungen der Güter oder Szenarien zu schließen. Wird ein monetäres Merkmal integriert, lassen sich mit Hilfe der Analyse Zahlungsbereitschaften erheben. Choice Experimente stellen eine Weiterentwicklung der ursprünglichen Conjoint-Analyse dar und sind für die Erhebung wohlfahrtstheoretisch konsistenter Werte einsetzbar.

Contingent Rating: Beim Contingent Rating (kontingente Beurteilung, Bewertung oder Einschätzung) werden vordefinierte Skalen zur Erhebung von Vorlieben für bestimmte Merkmalsausprägungen bzw. die Wichtigkeit der Merkmale erfragt; Das Rating ermöglicht es, Informationen darüber zu erfassen, um wie viel mehr die befragten Personen eine Alternative gegenüber einer anderen bevorzugen. Ein mögliches Rating-Item wäre z. B. „Wie wichtig ist Ihnen das Thema Biodiversität? Bitte bewerten Sie anhand der folgenden Skala von 1 bis 5“. Dabei entspricht „1“ sehr wichtig und „5“ unwichtig. (2. Alternative: „Wie wichtig ist Ihnen das Thema Klimawandel?“). Bewertet der Befragte „Biodiversität mit „2“ und Klimawandel mit „4“ kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass für die befragte Person Biodiversität doppelt so wichtig ist wie Klimawandel. Daher sind Ratings nur bedingt für die Erhebung von Präferenzen einsetzbar. Sie können aber beispielsweise zur Überprüfung der Validität von Choice Experiment-Ergebnissen eingesetzt werden (z. B. um zu überprüfen ob die am höchsten bewertete Wichtigkeit eines Gutes auch mit der höchsten Zahlungsbereitschaft übereinstimmt).

Ecosystem engineering: Als Ecosystem engineers werden Organismen bezeichnet, die direkt oder indirekt die Verfügbarkeit von Ressourcen für andere Organismen modulieren, indem sie biotische wie abiotische Faktoren verändern. Ecosystem engineering führt demnach zur Modifikation, Erhaltung und/oder Schaffung von Habitaten.

Emissionsszenario: Bei Emissionsszenarien handelt es sich um plausible Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen unter Zugrundelegung soziökonomischer Einflussfaktoren.

Ex-Situ Artenerhalt: Ist der Erhalt von Tier- oder Pflanzenarten außerhalb des ursprünglichen Lebensraumes bzw. Herkunftsortes. Beispielsweise kann dieser durch die Anlage und Pflege von Gendatenbanken (Erhalt genetischer Variabilität auf Popu-

lationsebene) oder botanischen Gärten umgesetzt werden. Der Ex-Situ Artenerhalt wird durch den globalen Wandel sowie den Klimawandel zunehmend an Bedeutung gewinnen. Er kann beispielsweise dazu dienen, gefährdete einheimischen Tier- oder Pflanzenarten, die an bestimmten Standorten durch invasive Tier- oder Pflanzenarten bedroht werden, zu erhalten. Aber auch im Hinblick auf Agrobiodiversität ist er bedeutend z. B. um landwirtschaftlich genutzte Pflanzen auch für nachfolgende Generationen bereit stellen zu können.

Genotyp: Unter dem Genotyp versteht man den vollständigen Satz von Genen bzw. die Gesamtheit aller Erbanlagen, die ein Organismus besitzt. Der Genotyp bestimmt damit die Variabilität oder Schwankungsbreite, innerhalb derer sich die Gesamtheit aller Merkmale unter dem Umwelteinfluss entwickeln kann. Der Genotyp ist damit ein entscheidendes Kriterium für die Anpassungsfähigkeit eines Organismus bei sich ändernden Umweltbedingungen z. B. dem Klimawandel.

Grundwasser: Unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich von der Schwerkraft und den durch die Bewegung selbst auslösenden Reibungskräften bestimmt wird (DIN 4049).

Grundwasserneubildung: Übertritt von Wasser zum Grundwasserkörper durch flächenhafte oder lokalisierte Infiltration von Niederschlag oder durch lineare oder punktuelle Infiltration aus Oberflächengewässern (basierend auf DIN 4049).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Der IPCC (Weltklimarat) ist ein zwischenstaatliches Gremium zur wissenschaftlichen Einschätzung des Klimawandels. Er wurde im Jahr 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen und der Weltorganisation für Meteorologie WMO eingerichtet und hat seinen Sitz in Genf.

Klima: Das Klima beschreibt die Gesamtheit aller Wettererscheinungen an einem bestimmten Ort über einen längeren Zeitraum von mindestens zehn, i. A. 30 Jahren.

Klimaprojektion: Eine Klimaprojektion ist eine Simulation des möglichen zukünftigen Klimas unter Vorgabe der wichtigsten klimatischen Randbedingungen des Klimasystems wie insbesondere der erwarteten Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Form von Emissionsszenarien. Im Gegensatz zu Wettervorhersagen sind Klimaprojektionen stets nur für längere Zeiträume auszuwerten und stellen keine termingenaue Prognosen dar.

Klonal: Klonale Pflanzen können sich vegetativ fortpflanzen; dabei werden genetisch identische Nachkommen erzeugt (Bsp.: Walderdbeeren).

Mykorrhizierung: Als Mykorrhiza bezeichnet man eine Form des Zusammenlebens (Symbiose) von Pilzen und Pflanzen, bei der der Pilz mit dem Feinwurzelsystem der Pflanze verbunden ist. Die Mykorrhizapilze liefern der Pflanze Nährstoffe und Wasser und erhalten ihrerseits einen Teil der durch die Photosynthese der Pflanzen erzeugten Kohlenhydrate. Die Mykorrhizapilze verfügen über ein im Vergleich zur Pflanze erheblich größeres Vermögen, Mineralstoffe und Wasser aus dem Boden zu lösen, wodurch i. d. R. die Wasser-, Stickstoff- und Phosphat-Versorgung der mykorrhizierten Pflanzen verbessert wird.

NAO: Das dominante Signal in der interannuellen Variabilität der atmosphärischen Zirkulation im Bereich des Nordatlantiks, und damit der Nord- und Ostsee, ist die Nordatlantische Oszillation (NAO, Hurrell 1995). Hurrell definiert den NAO Index als Differenz zwischen den normierten Anomalien des Bodenluftdrucks zwischen dem Azorenhoch und dem Islandtief. Da die Signale besonders stark im Winter ausgeprägt sind, wird oft nur ein Winterindex betrachtet. Ein positiver NAO Index ist verbunden mit verstärkten Westwindlagen und milden Wintern, ein negativer mit Ostwindlagen und kalten Wintern.

Neobiota/Bioinvasion: Unter Neobiota versteht man Organismen, die direkt oder indirekt durch den Menschen in ein für die Art nicht heimisches Gebiet gelangt ist. Die Art muss sich darüber hinaus in dem jeweiligen Gebiet etablieren d. h. über einen längeren Zeitraum (min. 25 Jahre) dort wild leben oder sich über mindestens drei Generationen fortpflanzen. Der gesamte Prozess der erfolgreichen Etablierung von Neobiota wird auch Bioinvasion genannt.

Neophyten: Neueinwanderer-Pflanzenarten, die seit dem Jahr 1500 (zum Teil wird das Jahr 1492 – Entdeckung Amerikas – zur Abgrenzung genutzt) in eine geografisch definierte Region eingewandert sind.

Neozoen: Nichteinheimische Tierarten in einer geografischen Region

Phylogenie: Stammesgeschichtliche Entwicklung der Lebewesen

Phytoplasmose: Phytoplasmen, d. h. zellwandfreie Bakterien sind die Verursacher einer Vielzahl von Pflanzenkrankheiten, den sogenannten Phytoplasmosen. Phytoplasmosen verursachen einen erheblichen wirtschaftlichen Schaden, da sie auch viele Kulturpflanzen schädigen. Häufige Symptome von Phytoplasmosen sind Blattvergilbungen, Zwergwuchs und Besenwuchs.

Plankton: Zum Plankton zählen alle Organismen, die in der Wassersäule (Pelagial) leben und passiv durch Strömungen verfrachtet werden bzw. im Wasserkörper schweben. Man unterscheidet zwischen Phytoplankton (einzellige Pflanzen) und Zooplankton (Tiere).

Radiation: Radiation bedeutet in der Evolutionsbiologie die Auffächerung einer wenig spezialisierten Art durch Herausbildung spezifischer Anpassungen an die vorhandenen Umweltverhältnisse in viele stärker spezialisierte Arten. Damit verbunden ist die Ausnutzung unterschiedlicher, vorher nicht besetzter ökologischer Nischen.

Treibhauseffekt: Der Treibhauseffekt ist die Wirkung von Treibhausgasen in der Atmosphäre auf die Temperatur am Boden. Dadurch stellt sich auf der Erdoberfläche eine höhere Temperatur ein, als sich ohne Treibhauseffekt einstellen würde. Der Effekt entsteht dadurch, dass die Atmosphäre weitgehend transparent für von der Sonne ankommende kurzwellige Strahlung ist, jedoch wenig transparent für langwellige Infrarotstrahlung ist, die von der warmen Erdoberfläche und von der erwärmten Luft emittiert wird. Das wichtigste Treibhausgas der Erde ist Wasserdampf.

Wasserkreislauf: Zirkulation des Wassers in fester, flüssiger und gasförmiger Form in der Erdatmosphäre, auf der Erdoberfläche und im oberen Teil der Erdkruste; wird durch Sonnenenergie und Schwerkraft in Bewegung gehalten.

Win-win Situation: Eine Situation bzw. das Ergebnis einer Entscheidung oder Verhandlung, in der sich die Beteiligten (zwei oder mehr Parteien) als „Gewinner der Situation“ bzw. im Vorteil sehen. D. h. durch das Ergebnis erzielen die beteiligten Parteien mehr Nutzen als wenn sie keine Entscheidung getroffen hätten.