

# 1 Einführung

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

Der Klimawandel und die Biodiversität bzw. der Verlust an Biodiversität stellen zentrale Herausforderungen für die Menschheit dar und haben – direkt oder indirekt – Auswirkungen auf nahezu alle Lebensbereiche. Der vorliegende Statusbericht, der die aktuellen Erkenntnisse aus der Klima-, der Klimafolgen- sowie der Biodiversitätsforschung aus zahlreichen Disziplinen zusammenführt, soll Interessierten aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft einen umfassenden Einblick in die Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität (und vice versa), Ökosysteme und Ökosystemdienstleistungen ermöglichen und die Grundlage für wissenschaftsbasiertes Handeln liefern.

So sind beispielsweise neben der Land- und Forstwirtschaft insbesondere energie- und/oder flächenintensive Wirtschaftsbereiche von Umweltveränderungen betroffen. Aber auch Vertreter von Branchen und Sektoren, die auf Ökosystemdienstleistungen angewiesen sind oder direkt von biologischen Produkten abhängen, können sich an Hand des Berichts über den Stand der Forschung und die Auswirkungen des Klimawandels auf alle gesellschaftlich relevanten Lebensräume und Handlungsfelder in Deutschland informieren. Politiker aller Ebenen sind darauf angewiesen, in ihre Entscheidungen über zukünftige Strategien zur Anpassung an den Klimawandel den aktuellen Stand der Forschung einbeziehen zu können; Bürger möchten wissen, wie der Klimawandel z. B. das Leben in urbanen Regionen beeinflussen wird; Naturschutzbehörden müssen bei Planungen für Schutzgebiete schon heute berücksichtigen, welche Arten dort zukünftig überhaupt noch leben können und Wissenschaftler und die interessierte Zivilgesellschaft profitieren von dem hier gebündelten Fachwissen.

Im Fokus des Berichts steht die aktuelle Situation zu Klimawandel und Biodiversität für alle re-

levanten Lebensräume bzw. Handlungsfelder sowie Kurzfrist- und Langfrist-Trends, unter besonderer Berücksichtigung von Unsicherheiten. Dabei werden Forschungs-, Informations- und Handlungsbedarfe identifiziert und Handlungsempfehlungen für Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft entwickelt. Wesentlicher Schritt bei der Erstellung der Synthese war eine Statuskonferenz im Mai 2011, während der die verschiedenen sektoralen und integrativen Kapitel vorgestellt und insbesondere im Hinblick auf weitere Interaktionen diskutiert sowie weitere Aspekte ergänzt wurden. Somit beinhaltet das Buch nun neben den Grundlagenkapiteln (Klimawandel in Deutschland; Biodiversitätswandel in Deutschland; Auswirkungen auf das Grundwasser und Auswirkungen auf Böden) eine Zusammenschau der Auswirkungen auf menschliche und natürliche Lebensräume (limnische/marine Lebensräume; forstlich und landwirtschaftlich genutzte Lebensräume, Naturschutzgebiete, urbane Lebensräume; Gesundheit) sowie Querschnittskapitel zum Themenkomplex „Anpassung und Mitigation – Zielkonflikte und Synergien“ und zur gesellschaftlichen Wahrnehmung.

## 1.1 Biodiversität

Biodiversität umfasst die Vielfalt des Lebens auf der Erde. Biodiversität bedeutet dabei mehr als nur Artenvielfalt und findet auf verschiedenen Ebenen statt. Dazu zählen:

- ▶ die Diversität der Gene,
- ▶ die Diversität der Arten,
- ▶ die Diversität der Ökosysteme,
- ▶ und die Diversität der Wechselwirkungen zwischen den Arten und Ökosystemen.

Das internationale Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD) definiert Biodiversität als „die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören.“ Die CBD wurde auf dem „Erdgipfel“ in Rio de Janeiro 1992 ins Leben gerufen und ist mittlerweile von 193 Vertragsparteien unterzeichnet worden.

Diese Komplexität bildet auch einen Grund dafür, dass Biodiversität nicht messbar ist. Es gibt demnach auch keine Einheit, Maßzahl oder Größenordnung, mit der man Biodiversität quantitativ beschreiben kann. Deshalb benutzt man Indikatoren, um Veränderungen in der Biodiversität eines Gebietes erfassen zu können. Für die Bundesrepublik Deutschland hat das Bundesamt für Naturschutz (BfN) im Jahre 2006 den Indikator für Artenvielfalt und Landschaftsqualität eingeführt. Dieser Indikator beschreibt für die gesamte Fläche Deutschlands den Zustand von Natur und Landschaft unter dem Einfluss vielfältiger Nutzungen. Er bilanziert Veränderungen im Bestand ausgewählter Vogelarten, welche die wichtigsten Landschafts- und Lebensraumtypen in Deutschland repräsentieren. Steigt die Qualität eines Lebensraums, so drückt sich dies in zunehmenden Beständen der ausgewählten Vogelarten aus. Der Indikator für Artenvielfalt und Landschaftsqualität weist dementsprechend eine positive Entwicklung auf. Da die ausgewählten Vogelarten in artenreichen und reichhaltig gegliederten Landschaften mit intakten, nachhaltig genutzten Lebensräumen auftreten, bildet der Indikator indirekt auch die Entwicklung zahlreicher weiterer Arten in dem jeweiligen Beobachtungsraum ab.

Ein Verlust an Biodiversität ist in der Regel mit negativen Folgen verbunden. Die heutige Biodiversität ist das Ergebnis einer Evolution, die sich über Millionen von Jahren weiterentwickelt hat. Mit dem Aussterben von Tier- oder Pflanzenarten gehen Erbgut und artspezifische Merkmale unwiederbringlich verloren. Beispiele aus der Frühzeit sind das Urpferd, der Urstier und das Mammut, welches noch während der letzten Eiszeit in Europa lebte. Deutschland war zu dieser Zeit von einer spärlichen Tundravegetation bedeckt (Abb. 1.6). Die heutige Biodiversität in Deutschland ist Ergebnis einer Radiation von Arten, die nach dem Rückzug des skandinavischen Eispanzers einsetzte. Ak-

tuell gelten in Deutschland je über 500 Tier- und Pflanzenarten (einschließlich Pilzen) als ausgestorben oder verschollen. Zu den ausgestorbenen Wildpflanzen in Deutschland zählen, unter vielen anderen, die Alpen-Weide (*Salix alpina*), der Bodensee-Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia* ssp. *amphibia*) oder das Flachs-Leimkraut (*Silene linicola*). Mit einem Rückgang der Biodiversität verringern sich meist auch die Ökosystemdienstleistungen, die für das Leben der Menschen von existenzieller Bedeutung sind. Beispiele sind die Fotosynthese der Pflanzen, die Kohlendioxid aufnehmen und Sauerstoff für unsere Atmung an die Atmosphäre freisetzen, ebenso wie die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit durch bodenlebende Organismen wie Regenwürmer und Einzeller sowie die Bestäubung unserer Nutzpflanzen durch Insekten.

Im Zuge des Klimawandels wird eine Beschleunigung des bereits zu beobachtenden Artensterbens befürchtet, da dieser für viele Arten zu schnell stattfindet, um sich an die sich ändernden Klimabedingungen anpassen zu können. Gleichzeitig wird der Klimawandel bzw. der globale Wandel auch Arten, die bisher nicht in Deutschland vorkommen, neue Lebensbedingungen eröffnen. Treten diese sogenannten Neobiota in Konkurrenz zu einheimischen Arten, ist hier auch von invasiven Arten die Rede, die traditionelle Artengemeinschaften verändern können.

Mit dem Verlust von Arten und einer hohen Diversität an Erbgut gehen gleichzeitig Möglichkeiten verloren, sich an zukünftige Auswirkungen des Klimawandels anzupassen. Doch gilt der Erhalt einer hohen Biodiversität nicht nur als Garant für Anpassungsmaßnahmen in der Zukunft; unabhängig von ihrem Wert für Ökosystemdienstleistungen gilt es die Artenvielfalt auch um ihrer selbst willen zu erhalten. So hat sich z. B. die EU in ihrer Biodiversitätsstrategie vom Mai 2011 mit einer Reihe von prioritären Maßnahmen zum Ziel gesetzt, das beispiellose Tempo des Artensterbens zu reduzieren bzw. den weiteren Verlust an biologischer Vielfalt bis 2020 zu verhindern. In Deutschland dient die Nationale Biodiversitätsstrategie von 2007 dazu, möglichst viele Akteure in den Prozess einzubinden, und auf internationaler Ebene soll die jüngst eingerichtete Biodiversitätsplattform IPBES – Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – dazu dienen, den Dialog zwischen

Wissenschaft und Politik zu verbessern, um nach dem Vorbild des Zwischenstaatlichen Weltklimarates (IPCC) die Umsetzung von Maßnahmen zu befördern.

## 1.2 Wetter, Klima und Klimawandel

Wetter, Witterung und Klima unterscheiden sich im Zeitrahmen. Wetter ändert sich oft innerhalb von Stunden oder Tagen. Witterung umfasst alle Wetterveränderungen, die innerhalb von Wochen oder Monaten auftreten. Klima ist eine statistische Beschreibung der mittleren Wetterbedingungen an einem Ort in einem langen, meist 30-jährigen Beobachtungszeitraum. Das heißt, wandelt sich das Klima, dann verändern sich alle Wetterverhältnisse an einem Ort über einen langen Zeitraum. Dabei kann es am selben Ort wärmer oder kälter, niederschlagsreicher oder trockener, stürmischer oder ruhiger werden als in dem vorangegangenen Vergleichszeitraum. Zu den wichtigsten physikalischen Klimaelementen zählen u. a. Lufttemperatur, Strahlung, Niederschlag, Luftfeuchte, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Luftdruck und Wind. Dazu treten die chemischen Klimaelemente, d. h. Klimaeigenschaften, die durch die stoffliche Zusammensetzung der Luft und der Niederschläge charakterisiert sind.

Klima ist aber nicht nur eine statistische Größe der mittleren Wetterverhältnisse. Klima ist ein Teil des Systems Erde. Alle Teilsysteme der Erde sind wechselseitig miteinander verbunden – sie interagieren. So ist z. B. die belebte Welt, die Biosphäre, über Wechselwirkungen eng mit dem Klima auf diesem Planeten verbunden: Bakterien begannen vor etwa 2,6 Milliarden mit der Abgabe von Sauerstoff in die Atmosphäre, ohne den die meisten der heutigen Lebensformen nicht möglich wären. Wälder, die in der Karbonzeit weite Teile der Erde eroberten, spielen bis heute eine maßgebliche Rolle als Senke für Kohlendioxid aus der Atmosphäre und als Kohlenstoffspeicher. Darüber hinaus sind sie ein wichtiger Bestandteil des globalen Wasserkreislaufs. Wasser, in Form von Wasserdampf, ist das wirkungsvollste Treibhausgas in der Atmosphäre. Gleichzeitig absorbieren Wälder aufgrund ihrer dunklen Oberflächen mehr Sonnenenergie als zum Beispiel eine helle Sandwüste. Damit reduzieren sie die sogenannte

Albedo, den Rückstrahl-Effekt für Sonnenenergie von der Erde in den Weltraum. Die Strahlungsbilanz der Erde ist ein wichtiger Klimafaktor.

Zu den Teilsystemen der Erde zählen:

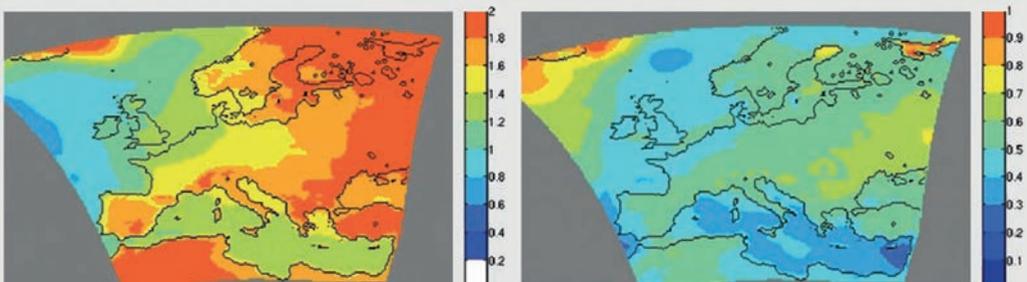
- ▶ die Atmosphäre, Gas- und Schutzhülle der Erde, Ort groß- und kleinräumiger Wetterereignisse und schneller Austauschprozesse innerhalb von Stunden über Verdunstung, Wind und Wolken sowie Niederschlag,
- ▶ die Kryosphäre, Eishülle der Erde, repräsentiert durch Poleiskappen, Gletscher, Schnee und Permafrost, „Kühlschrank“ des Planeten,
- ▶ die Hydrosphäre, Wasserhülle der Erde, Grundwasser, Flüsse, Seen, Meere und insbesondere die thermohaline Zirkulation der globalen Ozeanströmungen, die große Wärme- und Kältemengen rund um den Planeten transportiert,
- ▶ die Pedosphäre, Bodenhülle der Erde, gekennzeichnet durch viele organische und anorganische Reaktionen, Ort des Bodenlebens mit hoher Arten- und Individuenzahl, Substrat für praktisch alle Landpflanzen, stoffliche Grundlage für alle forst- und landwirtschaftlichen Produkte,
- ▶ die Lithosphäre, feste Gesteinhülle der Erde, gekennzeichnet durch Kontinente und ozeanische Kruste, die Drift der kontinentalen Platten führt zur Plattentektonik, Gebirgsbildung ist Ursache für Vulkanismus sowie von Erd- und Seebeben, Gebirgsbildung und Verwitterung prägen die Morphologie der Landschaften, größter Speicher im System der globalen Stoffkreisläufe von allen Elementen mit sehr langsamen Austauschreaktionen von über 100 Millionen von Jahren,
- ▶ die Biosphäre, der belebte Raum der Erde, reicht bis etwa 60 km Höhe in die Atmosphäre und bis ca. 5 km Tiefe in die Lithosphäre. Wichtig für den Menschen sind die Ökosystemdienstleistungen der Biosphäre, zum Beispiel die Freisetzung von Sauerstoff durch Pflanzen in die Atmosphäre, die Bodenfruchtbarkeit, die Selbstreinigung von Gewässern oder die Bestäubung von Nutzpflanzen,
- ▶ und die Anthroposphäre, der vom Menschen geschaffene Lebensraum mit Emissionen, die qualitativ und quantitativ signifikant in die Bilanz der natürlichen Stoffkreisläufe eingreifen. Ein Beispiel ist die Verbrennung fossiler Energieträger und die damit verbundene Freisetzung von Treibhausgasen.

## Das EU-Projekt ENSEMBLES

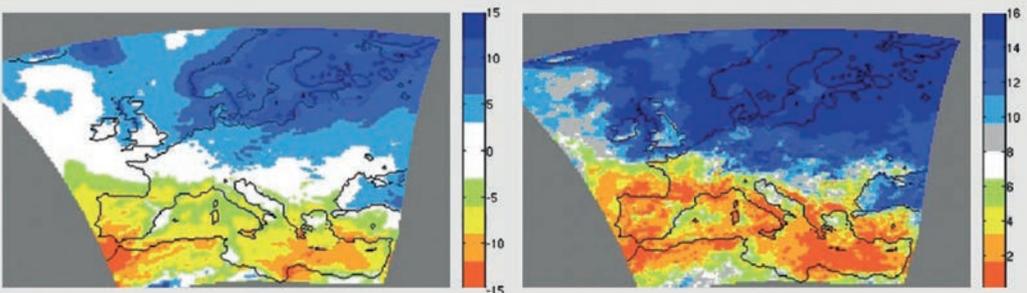
Innerhalb des EU Projekts ENSEMBLES (Teil des FP6-Forschungsprogramms der europäischen Kommission (EC); Zeitraum 2004 – 2009) wurde eine Vielzahl regionaler Klimamodelle mit unterschiedlichen Globalmodellen angetrieben und ein Ensemble von Klimaprojektionen erstellt. Die Grundidee des Projekts war, möglichst viele globale und regionale Klimamodelle für dasselbe Gebiet, dieselben Zeiträume und in denselben Auflösungen laufen zu lassen, um ein Modellenensemble zu erzeugen. Mit dieser Methode soll die Genauigkeit und Verlässlichkeit von Vorhersagen verbessert werden und Unsicherheiten quantitativ geschätzt werden, um ein klareres Bild zukünftiger Klimaszenarien zu bekommen.

Die Bandbreiten der Modellergebnisse wurden ausgewertet und analysiert. Die **Abbildungen 1.1** und **1.2** zeigen Ergebnisse zur Robustheit des

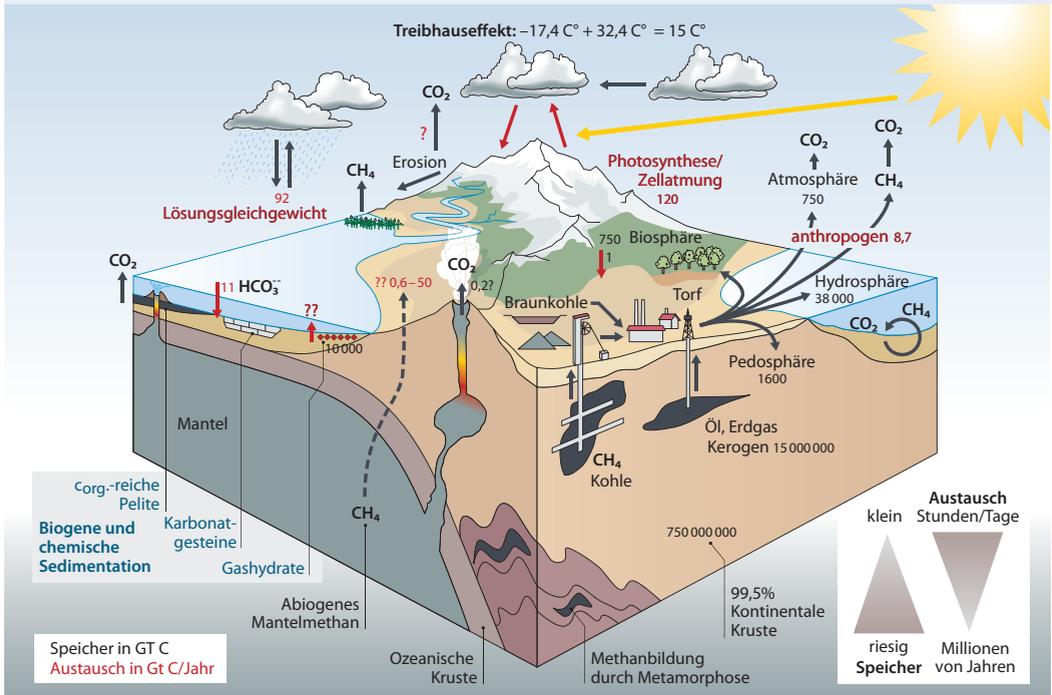
Klimaänderungssignals, wie sie aus dem Multi-Modell-Ensemble von 16 Modellen gewonnen wurden. Die Änderungen des simulierten Zeitraums 2021 – 2050 relativ zum Referenzzeitraum 1961 – 1990 sind für die Jahresmittel der Temperatur in 2 m Höhe (2 m Temperatur) und des Niederschlags dargestellt. Das Signal der 2 m Temperatur ist positiv und wesentlich größer als die Standardabweichung. Deshalb kann das Signal der Temperaturänderung bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts als relativ robust bezeichnet werden. Das Niederschlagssignal zeigt dagegen eine klare Zweiteilung Europas mit einem Anstieg im Norden und einer Abnahme im Süden. Auch dieses Ergebnis kann als robust angesehen werden, da sich alle Modelle mit der Niederschlagszunahme in Nord-europa einig sind, während nur 2 bis 4 Modelle von 16 keine Abnahme in Südeuropa zeigen.



**Abb. 1.1:** Klimaänderungssignal (2021 – 2050 relativ zu 1961 – 1990) der 2 m Temperatur [°C]. Links: Ensemble-Mittelwert; rechts: Ensemble-Standardabweichung.



**Abb. 1.2:** Klimaänderungssignal (2021 – 2050 relativ zu 1961 – 1990) des Niederschlags [%]. Links: Ensemble-Mittelwert; Rechts: Anzahl an Regionalmodellen (von insgesamt 16), die einen Niederschlagsanstieg zeigen.



**Abb. 1.3:** Natürlicher Kohlenstoffkreislauf, anthropogene Nutzung fossiler Energieträger und Treibhauseffekt. In der Kruste treten riesige Kohlenstoffspeicher (Kohle, Erdöl, Erdgas, Karbonatgesteine etc.) mit langsamen Austauschprozessen (z. T. mehrere hundert Millionen Jahre) auf. Mittlere Speicher- und Austauschgrößen sind in der Hydro-, Pedo- und Biosphäre zu finden. Die Atmosphäre zeichnet sich durch kleine Speichervolumen, schnelle Austauschreaktionen und vergleichsweise kurze Verweilzeiten aus (z. B. anthropogenes  $\text{CO}_2$  ca. 120 Jahre). Verändert nach Stribrny & Kuch 2009.

### 1.3 Treibhauseffekt

Klima wird von unterschiedlichen Faktoren gesteuert. Ein wichtiger Faktor ist die Zusammensetzung der Erdatmosphäre. Bedingt durch den stetig steigenden Verbrauch an fossilen Energieträgern sind im Zeitraum vom Jahre 1800 bis 2011 die  $\text{CO}_2$ -Gehalte in der Atmosphäre um ca. 40 % von 280 ppmV auf 390 ppmV gestiegen. Anthropogen erhöhte  $\text{CO}_2$ -Gehalte in der Atmosphäre verstärken den sogenannten natürlichen Treibhauseffekt und resultieren in einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen. Durch den Treibhauseffekt, der zu einer Erwärmung der Erdoberfläche von etwa  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$  beiträgt, liegt die globale Durchschnittstemperatur derzeit bei  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$  statt bei  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Leben, so wie wir es kennen, wäre ohne den Treibhauseffekt der Atmosphäre nicht möglich (Abb. 1.3).

Anhaltend hohe Emissionen an strahlungsaktiven Gasen, wie z. B. Kohlendioxid, in die Atmo-

sphäre werden den Treibhauseffekt verstärken und voraussichtlich bedeutende Auswirkungen auf das Erdsystem haben. Neben dem weiterhin wachsenden Verbrauch von fossilen Energieträgern als Hauptenergiequelle sind Landnutzungsänderungen im Zuge von landwirtschaftlichen Aktivitäten Hauptfaktoren, die zum weiteren Anstieg der Treibhausgasemissionen beitragen. Um die Reaktion des Klimas auf menschliche Aktivitäten zu erfassen, werden numerische Modelle verwendet. Diese Modelle betrachten mehrere mögliche Szenarien sozioökonomischer Entwicklungspfade und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen. Auf Grund der globalen Natur des Klimas müssen Simulationen des erwarteten Klimas mithilfe von globalen Modellen durchgeführt werden, in denen atmosphärische, ozeanische, Land- und Eiskomponenten gekoppelt werden. Informationen auf der regionalen Ebene mit hoher räumlicher Auflösung werden i. d. R. durch Nesten von regionalen in globalen Klimamodellen erhalten.

Höhere Durchschnittstemperaturen wiederum führen zu mehr Energie im System Erde und damit zu einer höheren Dynamik und zu einer verstärkten Variabilität des Wetters. Gleichzeitig steigt auch die Zahl der extremen Wetterereignisse wie Hitzewellen, Dürren, Tiefwasserstände, Waldbrände, Stürme, Sturmfluten, Starkregen, Starkschnee, Hochwasser und Überschwemmungen, die sich besonders stark auf Mensch und Umwelt auswirken. Ein sparsamer und nachhaltiger Umgang mit Energie und eine Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Quellen sind deshalb aus drei Gründen notwendig:

- ▶ Klimaschutz durch Reduktion der Treibhausgasemissionen,
- ▶ Ressourcenschutz wertvoller fossiler Rohstoffe,
- ▶ Erhalt der Artenvielfalt, der Ökosysteme und ihrer Dienstleistungen.

## 1.4 Naturräumliche Gliederung Deutschlands

Mit einer Fläche von knapp 360 000 km<sup>2</sup> und ca. 82 Millionen Einwohnern zählt Deutschland zu den dichtbesiedelten Flächenländern der Erde. Für das Klima und die Biodiversität steht die naturräumliche Gliederung basierend auf den geologisch-geographischen Gegebenheiten im Vordergrund. Deutschland gehört mit einer geographischen Lage zwischen etwa 47 bis 55 Grad nördlicher Breite und ca. 6 bis 15 Grad östlicher Länge zu der kühlgemäßigten Klimazone Mitteleuropas. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9 °C. Von Norden nach Süden hin betrachtet setzt sich Deutschland aus den marinen Lebensräumen von Nord- und Ostsee sowie aus den folgenden Großregionen zusammen:

- ▶ Norddeutsches Tiefland,
- ▶ Mittelgebirgszone,
- ▶ Südwestdeutsches Schichtstufenland,
- ▶ Alpenvorland und
- ▶ alpine Hochgebirgszone (Abb. 1.5 und 1.8).

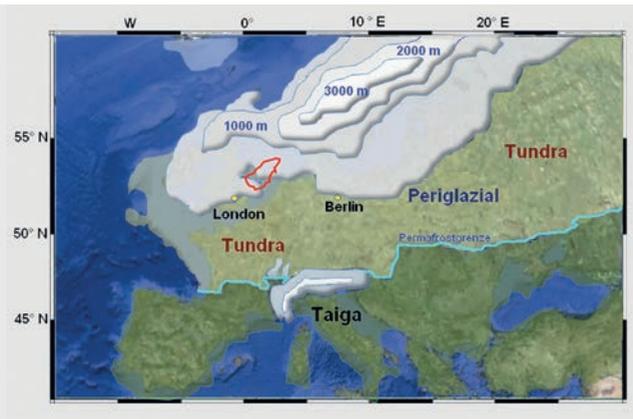
Diese gehören wiederum verschiedenen Klimazonen an (s. Abb. 1.4).

**Abb. 1.5:** Orohydrographische Karte der Bundesrepublik Deutschland. Ergänzt nach Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main, 2011.



**Abb 1.4:** Klimagebiete in Deutschland. 1 = Gemäßigt-subozeanisches Klima, 2 = Gemäßigt subkontinentales Klima, 3 = Gemäßigt-subozeanisch-subkontinentales Klima der Mittelgebirge, 4 = Gemäßigtes Gebirgsklima. Verändert nach Finke et al. 1998.





**Abb. 1.6:** Räumliche Verbreitung der maximalen Eisbedeckung (weiß, Mächtigkeit in Metern) während der letzten Eiszeit, etwa 12 000 bis 13 000 Jahre vor heute. Moränenmaterial wurde von dem nordeuropäischen Eisschild südwärts in das Norddeutsche Tiefland und von den Alpenгляtschern nordwärts ins Alpenvorland verbracht. Weite Teile der Nordsee, die Doggerbank ist rot umrandet, aber auch der Adria lagen trocken (hellgraue Bereiche). Stribrny et al. 2012.

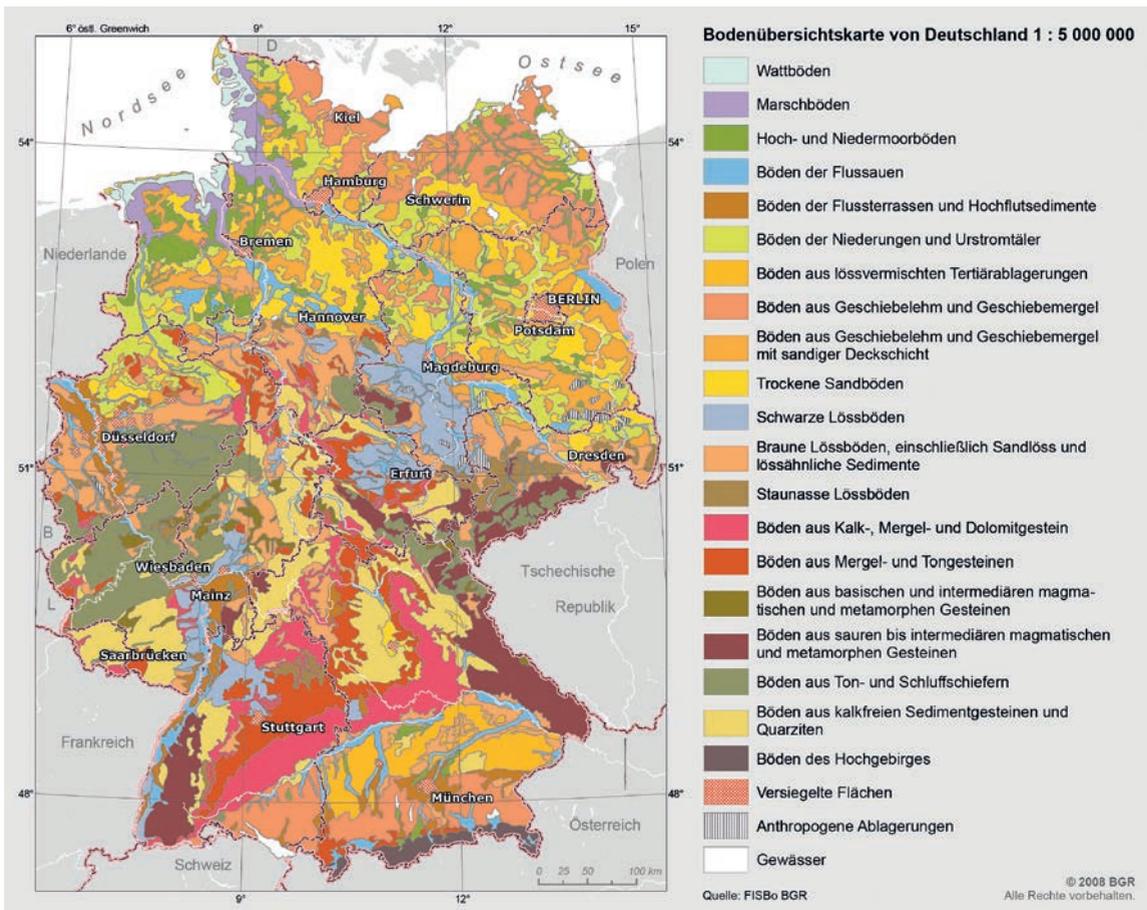
Die Nordsee ist ein flaches randliches Schelfmeer des Atlantischen Ozeans. Der deutsche Anteil an der Nordsee begrenzt sich auf den sogenannten „Entenschnabel“ als ausschließliche Wirtschaftszone. Einzige deutsche Hochseeinsel in der Nordsee ist Helgoland, das seine Entstehung der Aufwölbung eines Salzstocks im geologischen Untergrund verdankt. Daneben prägen die nord- und ostfriesischen Inseln und das Wattenmeer der Deutschen Bucht den Lebensraum Nordsee. Die Ostsee ist im Gegensatz zur Nordsee ein europäisches Binnenmeer und wird als größtes Brackwassermeer der Erde durch einen hohen Zufluss an Süßwasser aus Flüssen und einen geringen Austausch mit salzhaltigem Meerwasser durch die dänische Meerenge charakterisiert. Die größten deutschen Ostseeinseln sind Rügen und Fehmarn.

Das Norddeutsche Tiefland ist geologisch ein Teil des norddeutschen Beckens und bildet geographisch den westlichen Ausläufer des osteuropäischen Tieflandes. Das Landschaftsbild und die Morphologie der norddeutschen Tiefebene werden in weiten Teilen durch die jüngsten, quartären Vereisungen geprägt (Abb. 1.6). Boddenlandschaften wechseln sich mit jungen holozänen Fluss- und

Seemarschen, pleistozänen Alt- und Jungmoränenlandschaften sowie Flugsanddünen ab. Dementsprechend herrschen im Norddeutschen Tiefland i. d. R. fruchtbare Marschböden und Podsole, das heißt Bleicherden auf quarzreichen Dünenansanden als Ausgangsgestein, vor (Abb. 1.7). Sie bilden die stoffliche Grundlage für Grün- und Weideland, Ackerland mit Getreideanbau und Wälder. Abholzung und Plaggenwirtschaft führten zu einer Verarmung der Böden (Podsolierung) und zu ausgedehnten Heideflächen. Rhein, Ems, Weser, Elbe Havel und Oder entwässern das Gebiet nach Norden umgeben von Auen und Bruchwäldern.

Die Mittelgebirgszone ist heterogenen geologischen Ursprungs und stark gegliedert. Zu ihr gehören das Rheinische Schiefergebirge, der Harz, das Erzgebirge, Frankenwald, Thüringer Wald, Spessart, Odenwald und der Schwarzwald mit Erhebungen bis zu 1493 m (Feldberg). Das deutlich ältere, stärker verwitterte geologische Material (u. a. aus dem Erdzeitalter der Trias und des Devons, Abb. 1.8) führt zu ärmeren und bei fortgeschrittener Bodenentwicklung stärker versauerten Böden. Für die Mittelgebirgszonen mit kühlgemäßigten und kühlen, niederschlagsreichen Klimaten (Abb. 1.4) stellen Ranker und Braunerden die typischen Bodenarten dar, die sich auf silikatischen Ausgangsgesteinen wie z. B. Schiefer oder Graniten bilden. In den Mittelgebirgen dominieren insbesondere in flachgründigen Hanglagen Wälder und Waldwirtschaft vor extensiver Landbewirtschaftung mit Getreideanbau und Grünlandwirtschaft.

Das Südwestdeutsche Schichtstufenland besitzt ebenfalls Mittelgebirgscharakter. Höchste Erhebung ist der Lemberg mit 1015 m. Das Schichtstufenland baut sich aus Gesteinsserien des Erdmittelalters mit den Formationen der Trias und des Jura auf, die im Zeitraum von 251 bis 142 Millionen Jahren abgelagert wurden. Die Schichten dieses Gebietes, welches vom Oberrheingraben, über das Muschelkalk- und Keuperbergland bis in die Schwaben- und Frankenalb reicht, fallen mehr oder weniger gleichmäßig flach nach Südosten ein. Die Abtragung der unterschiedlich harten Gesteinsserien führt zu Schichtstufen, die meist steil nach Nordwesten hin abfallen, so zum Beispiel die Steilstufe des Albtraufs in der Schwäbischen Alb. Die Gesteinsabfolgen der Trias mit Bundsandstein, Muschelkalk und Keuper bilden je nach Zusammen-



**Abb. 1.7:** Bodenübersichtskarte von Deutschland im Maßstab 1 : 5 000 000. BÜK 5000, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

setzung das Ausgangsmaterial für unterschiedliche Bodenbildungen und Bodennutzungen. Auf den Sandsteinabfolgen des Buntsandsteins und des Keupers bilden sich nährstoff- und ertragsarme Böden, Ranker und Braunerden. Dünnbesiedelte Waldgebiete mit forstwirtschaftlicher Nutzung prägen hier das Landschaftsbild. Im Gegensatz dazu weisen Gebiete mit Kalksteinserien des Muschelkalks und des Oberen Jura, insbesondere wenn sie mit Löß überlagert sind, sehr fruchtbare Rendzina-Böden auf, die im Gäuland mit den Flüssen Main, Jagst und Tauber intensiv ackerbaulich genutzt werden.

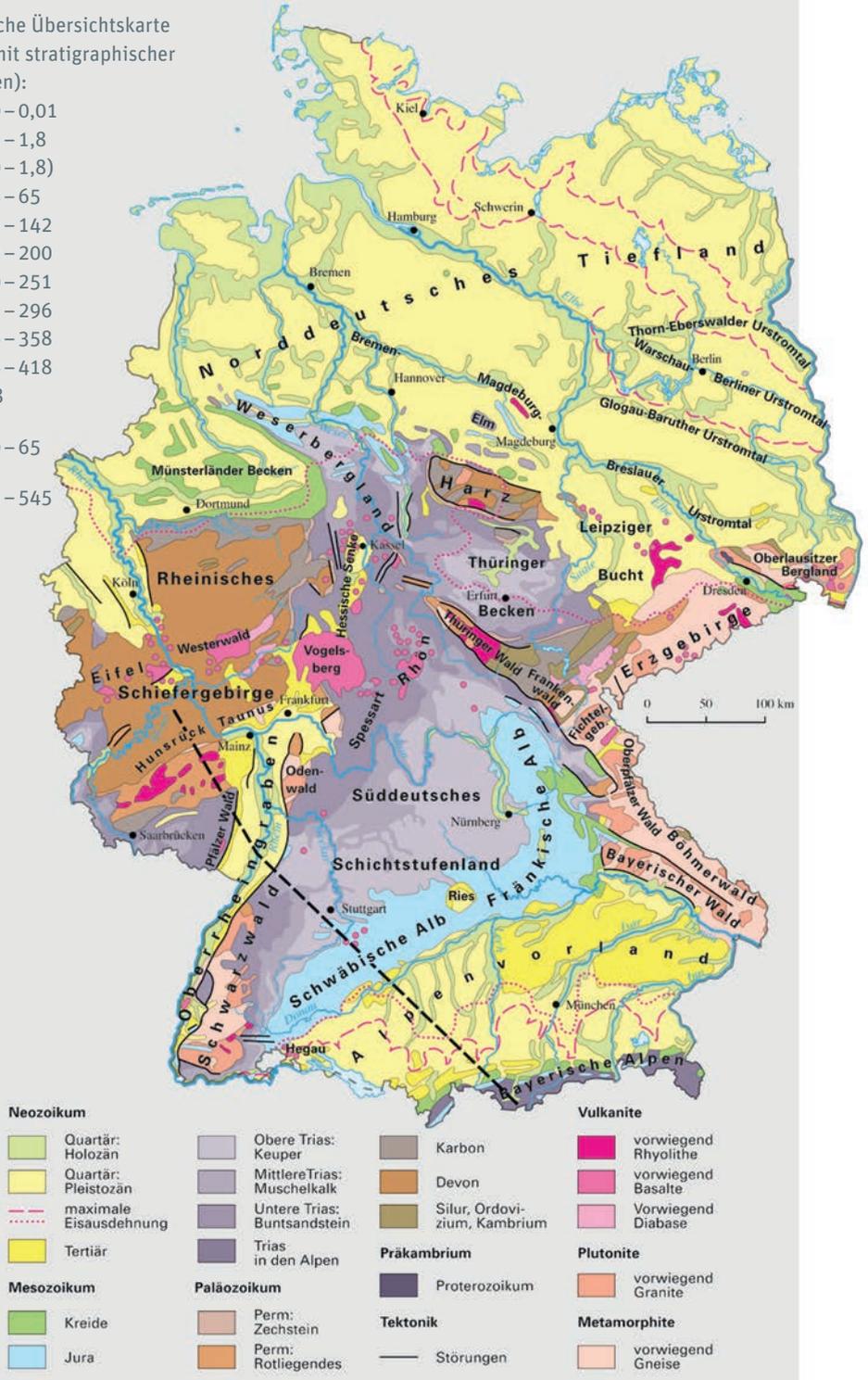
Das **Alpenvorland** erstreckt sich zwischen der Donau im Norden und dem Gebirgszug der nördlichen Kalkalpen im Süden. Die zwischen 300 und 800 m hoch gelegene, flach hügelige Landschaft

fällt meist nach Norden ab und wird von Iller, Lech, Isar und Inn zur Donau hin entwässert. Geologisch zählt das Alpenvorland zum Molassebecken der Alpen. Im mittleren Tertiär, vor etwa 34 bis 5 Millionen Jahren, lagerten sich hier bis zu 4000 m mächtige marine und terrestrische Sedimente ab, die von großen Flusssystemen aus dem Gebiet der sich auf faltenden Alpen nach Norden in deren Randsenke geschüttet wurden. Das Tertiärhügelland des Voralpenraums wurde, vergleichbar der Norddeutschen Tiefebene, von eiszeitlichen Ablagerungen überdeckt, die auch noch heute die Morphologie prägen. Neben einer Gletscherendseen- und Moränenlandschaft gestalten ausgedehnte Schotterebenen und Schotterterrassen das Landschaftsbild. Als typische Böden sind im Alpenvorland neben Sand

**Abb.1.8:** Geologische Übersichtskarte von Deutschland mit stratigraphischer (in Millionen Jahren):

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Holozän                | 0–0,01   |
| Pleistozän             | 0,01–1,8 |
| (Quartär)              | 0–1,8)   |
| Tertiär                | 1,8–65   |
| Kreide                 | 65–142   |
| Jura                   | 142–200  |
| Trias                  | 200–251  |
| Perm                   | 251–296  |
| Karbon                 | 296–358  |
| Devon                  | 358–418  |
| Prädevon               | >418     |
| Känozoische Vulkanite  | 0–65     |
| Paläozoische Vulkanite | 251–545  |

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002.





**Abb. 1.9:** Verteilung der Flora-Fauna-Habitat-Gebiete in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz 2011.

und Schotter, Löss, Parabraunerden und vereinzelt Moorböden zu finden. Das relative feuchte Hügelland ist in weiten Bereichen entwaldet. Eine intensive Acker-Grünland-Wirtschaft zeichnet diese ertragreiche Agrarregion aus.

Die **Hochgebirgszone der Alpen** ist die südlichste Großregion Deutschlands. Sie erstreckt sich vom Alpenvorland bis an die Grenze zur Schweiz und Österreich. Mit 2962 m erreicht die Zugspitze die größte Höhe in den deutschen Alpen, die an-

sonsten meist Gipfel zwischen 1000 und 2000 m aufweisen. Geologisch und geographisch zählt der deutsche Teil der Alpen zu den Nördlichen Kalkalpen. Dieser von Westen nach Osten verlaufende Faltengebirgszug wird im Wesentlichen aus Kalksteinen und Dolomiten aus dem Mesozoikum aufgebaut. Die heutige Morphologie der Alpen ist Resultat von Gebirgsbildung und quartären Vereisungen. Noch heute prägen Gletscher und glaziale Gelände- und Ablagerungsformen, wie z. B. U-förmige

Täler oder Schuttfächer das Bild der Alpen. Die Bodenverhältnisse und das Mikroklima sind im Hochgebirge sehr unterschiedlich. Im Bereich der Nördlichen Kalkalpen dominieren dort, wo sich Böden bilden können, karbonat- und humusreiche Rendzinen. Neben der Höhenlage und der Zusammensetzung der Ausgangsgesteine spielen für Vegetation und Landnutzung auch Sonneneinstrahlung und Niederschlag auf Nord- oder Südhängen eine Rolle. Etwa die Hälfte des deutschen Alpenraumes ist mit Wald bedeckt. Jeweils etwa 20 % nehmen Agrarflächen, zumeist in Tälern und mittleren Hanglagen, sowie Grasland in Anspruch. Verstädterung und Flächen für Freizeitnutzung breiten sich aus.

Neben extensiv genutzten land- und forstwirtschaftlichen Flächen sind als Lebensraum für die

natürliche Artenvielfalt auch **Schutzgebiete** von besonderer Bedeutung: **Abb. 1.9** gibt einen Überblick über den Stand der Umsetzung der Fauna-Flora-Habitate im Rahmen des Natura 2000-Netzwerkes in Deutschland. Besonders hoch ist z. B. der Anteil der gemeldeten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern mit seiner naturnahen Seenlandschaft. Auch Flußauen können bei natürlicher Belassenheit wertvolle Habitate und Vernetzungsstrukturen zwischen verschiedenen Artarealen darstellen. Deutlich weniger Schutzgebiete sind im bevölkerungsreichsten Bundesland Nordrhein-Westfalen gemeldet. Parks und Grünflächen haben hier wie auch in anderen Metropolregionen eine besondere Bedeutung für die natürliche Fauna und Flora sowie das Stadtklima.

## Literatur

ENSEMBLES-Website: <http://ensemble.srt3.dmi.dk/>. Abschlussbericht des Projekts: [http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles\\_final\\_report\\_Nov09.pdf](http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf).

Finke, P., Hartwich, R., Dudal, R., Ibáñez, J., Jamagne, M., King, D., Montanarella, L., Yassoglou, N. (Hrsg.) (1998): Georeferenced Soil

Database for Europe. – Manual of Procedures, Vers. 1.0. European Soil Bureau Research Report No. 5 (EUR 18092 EN), Office for Publications of the EC; Luxembourg.

Stribrny, B., Kuch, U. (2009): Climate change and vector-borne diseases: Using the past to predict the future.

Publ. Health Jour., 20, 5 – 7, Bayer Environmental Science.

Stribrny, B., Sonnewald, M., Türkay, M. Uhl, D., Wilmsen, M., Wolters, S. (2012): Die Doggerbank – Gerölle erzählen eine Klimageschichte. Natur, Forschung, Museum, 142, Heft 1/2, 36 – 43.