

Christian Wirth, Helge Bruelheide, Nina Farwig,
Jori Maylin Marx, Josef Settele (Hrsg.)



Faktencheck Artenvielfalt

Bestandsaufnahme und Perspektiven für den Erhalt
der biologischen Vielfalt in Deutschland

Zusammenfassung für die
gesellschaftliche Entscheidungsfindung

natürlich oekom!

Mit diesem Buch halten Sie ein echtes Stück Nachhaltigkeit in den Händen. Durch Ihren Kauf unterstützen Sie eine Produktion mit hohen ökologischen Ansprüchen:

- mineralölfreie Druckfarben
- Verzicht auf Plastikfolie
- Finanzierung von Klima- und Biodiversitätsprojekten
- kurze Transportwege – in Deutschland gedruckt

Weitere Informationen unter www.natürlich-oekom.de
und #natürlicheoekom





Großes Coverbild:

Baumweißling (*Aporia crataegi*) auf Weißdorn (*Crataegus*). Tagfalter wie der Baumweißling sind insbesondere als Raupen auf ganz bestimmte Pflanzen und spezifische klimatische Bedingungen angewiesen. Ist diese Kombination nicht mehr gegeben, ist das Fortbestehen der Art gefährdet.

Kleine Coverbilder (v. l. n. r.):

- Traktor im Einsatz auf einem Feld. Landnutzung ist eine wichtige Ursache von Veränderungen der biologischen Vielfalt.
- Seehund (*Phoca vitulina*) am Strand von Helgoland. Alle Säugetierarten der Nord- und Ostsee gelten als bedroht.
- Umbau der Emschermündung in den Rhein bei Dinslaken. Renaturierungen können die natürliche Dynamik von Fließgewässern wiederherstellen und Lebensräume schaffen.
- Springschwanz (Collembola). Bodenbiodiversität wird häufig übersehen, erbringt aber wichtige Ökosystemleistungen.
- Zwei Personen im Gespräch auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche. Wissenstransfer und Partizipation sind Voraussetzungen für das Gelingen von Schutzmaßnahmen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

Erschienen 2024 im oekom verlag, München

oekom – Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH

Goethestraße 28, 80336 München

+49 89 544184 – 200

www.oekom.de

© Christian Wirth, Helge Bruelheide, Nina Farwig, Jori Maylin Marx, Josef Settele (Hrsg.)

Layout und Satz: Markus Miller

Korrektur: Maïke Specht

Umschlaggestaltung: Laura Denke, oekom verlag

Umschlagabbildungen: Vorderseite oben: © Jörg Freyhof, Mitte v. l. n. r.: © Pixabay/lebenslotse, © Adobe Stock/

LarsSchmidtEisenlohr, © IMAGO/Rupert Oberhäuser, © Julian Taffner (Terra Aliens), © Adobe Stock/Chanelle Malambo/peopleimages.com, unten: © Adobe Stock/agrus, Rückseite: © Daniela Leitner

Druck: Elanders Waiblingen GmbH, Waiblingen



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY-NC-ND 4.0. Diese Lizenz erlaubt das Vervielfältigen und Weiterverbreiten des Werkes, nicht jedoch seine Veränderung und seine kommerzielle Nutzung. Die Verwendung von Materialien Dritter (wie Grafiken, Abbildungen, Fotos, Auszügen etc.) in diesem Buch bedeutet nicht, dass diese ebenfalls der genannten Creative-Commons-Lizenz unterliegen. Stehen verwendete Materialien nicht unter der genannten Creative-Commons-Lizenz, ist die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers für die Weiterverwendung einzuholen.

In dem vorliegenden Werk verwendete Marken, Unternehmensnamen, allgemein beschreibende Bezeichnungen etc. dürfen nicht frei genutzt werden. Die Rechte des jeweiligen Rechteinhabers müssen beachtet werden, und die Nutzung unterliegt den Regeln des Markenrechts, auch ohne gesonderten Hinweis.

Alle Rechte vorbehalten

ISBN: 978-3-98726-096-4

E-ISBN: 978-3-98726-337-8

<https://doi.org/10.14512/9783987263378>



Christian Wirth, Helge Bruelheide, Nina Farwig,
Jori Maylin Marx, Josef Settele (Hrsg.)

FAKTENCHECK ARTENVIELFALT

Bestandsaufnahme und Perspektiven für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland

Zusammenfassung für die gesellschaftliche Entscheidungsfindung

Autor:innen

Christian Wirth, Helge Bruelheide, Nina Farwig, Josef Settele, Jori Maylin Marx, Julia S. Ellerbrok, Anja Schmidt, Theresa Spatz, Maria Sporbert, Claudia Bieling, Nico Eisenhauer, Kai Eskildsen, Christian K. Feld, Jörg Freyhof, Christine Fürst, Karsten Grunewald, Sven Grüner, Carlos A. Guerra, Dagmar Haase, Peter Haase, Jennifer Hauck, Daniel Hering, Helmut Hillebrand, Dorothee Hodapp, Ute Jacob, Josef Kaiser, Peter Keil, Alexandra-Maria Klein, Sebastian Lakner, Ludwig Lettenmaier, André Mascarenhas, Ulrich Mergner, Jörg Müller, Anne-Christine Mupepele, Hong Hanh Nguyen, Hubertus Paetow, Claudia Pahl-Wostl, Carola Paul, Christian Poßer, Martin Quaas, Christian Ristok, Gregor Scheiffarth, Ursula Schmedtje, Vera Schreiner, Lea von Sivers, Pia Sommer, Christian Sponagel, Christoph C. Tebbe, Amibeth Thompson, Thilo Wellmann, Willi Xylander

Vorwort

Wir leben in Zeiten schneller Veränderung und mehrfacher Krisen. Eine davon ist die Biodiversitätskrise. Damit wird der weltweite Verlust an biologischer Vielfalt bezeichnet, der von uns Menschen verursacht wird: das Verschwinden von Lebensräumen, der rasche Wandel von Lebensgemeinschaften, das Schrumpfen von Populationen von Tieren und Pflanzen, deren genetische Verarmung und schließlich ihr Aussterben. Als Konsequenz ändern sich auch die Funktionsweise und Leistungsfähigkeit von Ökosystemen, häufig zum Negativen. Diese Zusammenhänge wurden für unseren Planeten eindrucksvoll im Bericht des Weltbiodiversitätsrats zusammengefasst (IPBES 2019).

Doch wie äußert sich die Biodiversitätskrise in Deutschland? Wie ändert sich die biologische Vielfalt unserer heimischen Lebensräume? Was sind die Gründe für diese Änderungen, was die Konsequenzen für unsere Ökosysteme und damit für unsere Lebensgrundlage? Wie steht es um unsere Bemühungen, die biologische Vielfalt zu schützen und zu fördern? Und wie um unsere Fähigkeit, eine Transformation zu einem Wirtschaften *mit* und *für* die biologische Vielfalt einzuleiten?

Trotz der Bedeutung dieser Fragen gibt es bislang keine repräsentative und langjährige Erfassung der biologischen Vielfalt und ihrer Einflussfaktoren in Deutschland. Ebenso wenig gibt es eine systematische Erfassung der Leistungsfähigkeit unserer Ökosysteme oder der Erfolge von Fördermaßnahmen. Gleichzeitig wird in kaum einem Land so viel zur biologischen Vielfalt geforscht und erhoben wie in Deutschland – in Universitäten, Forschungseinrichtungen, Gesellschaften und Verbänden. Wissenschaftliche Durchbrüche der letzten Jahrzehnte – man denke an die automatische Bilderkennung oder genetische Bestimmungsmethoden wie das Metabarcoding – haben eine Flut neuer Daten und Erkenntnisse erzeugt, die einen wichtigen Beitrag zur Praxis des Biodiversitätsschutzes leisten können.

Im *Faktencheck Artenvielfalt*, einem Projekt der BMBF-Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt (FEaA, www.feda.bio), haben sich über 150 Autor:innen aus verschiedensten Disziplinen der Wissenschaft und der Praxis zusammengetan. Über 200 weitere Expert:innen aus Wissenschaft, Verbänden und Behörden haben den *Faktencheck Artenvielfalt* in einem zweistufigen Begutachtungsprozess unterstützt. Uns eint das Ziel, den aktuellen Wissensstand zur biologischen Vielfalt in Deutschland umfassend aufzubereiten und Handlungs-

optionen für eine Bewahrung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt zu bewerten. Wir möchten damit einen Beitrag dazu leisten, dass Deutschland die international vereinbarten Biodiversitätsziele erreicht und damit seinen Teil zum globalen Erhalt der biologischen Vielfalt beiträgt – um ihrer selbst willen, als natürliche Grundlage für das menschliche Wohlergehen und als Teil unserer Kultur.

Der *Faktencheck Artenvielfalt* handelt von der gesamten biologischen Vielfalt in allen ihren Facetten. Dazu gehören neben der Artenvielfalt auch die funktionelle und genetische Vielfalt sowie die Vielfalt der Lebensräume. Wir verwenden die Begriffe »Biologische Vielfalt« und »Biodiversität« synonym, Letzteren aufgrund seiner Kürze in zusammengesetzten Wörtern (z. B. »Biodiversitätsmonitoring«). Wir haben insgesamt für die Hauptlebensräume Agrar- und Offenland, Wald, Binnengewässer und Auen, Küsten und Küstengewässer, urbane Räume sowie übergreifend für den Lebensraum Boden (Abb. 1) folgende Themengebiete bearbeitet: (1) Status und Trends der biologischen Vielfalt und (2) deren Auswirkungen auf Ökosystemleistungen, (3) direkte sowie (4) indirekte Treiber von Biodiversitätsänderungen, (5) Instrumente und Maßnahmen zur Förderung der biologischen Vielfalt und (6) Mechanismen des gesellschaftlichen transformativen Wandels zur Nachhaltigkeit (Abb. 2). Den übergreifenden Themen »Indirekte Treiber« und »Transformationspotenziale« wurde jeweils ein zusätzliches Kapitel gewidmet. Der *Faktencheck Artenvielfalt* hat über 6.000 Publikationen ausgewertet, die in einer speziell dafür entwickelten Datenbank hinterlegt sind (<https://www.feda.bio/de/faktencheck-artenvielfalt-literaturdatenbank/>). Zusätzlich haben wir einen Datensatz von über 15.000 Zeitreihen der biologischen Vielfalt zusammengestellt und ausgewertet. Der breite Ansatz des *Faktencheck Artenvielfalt* erlaubt es uns, recht genau bestehende Wissenslücken zu identifizieren, deren man sich bei politischen Entscheidungen bewusst sein sollte (den vollständigen Bericht finden Sie hier: www.oekom.de/9783987260957).

Der Fokus des *Faktencheck Artenvielfalt* liegt auf Deutschland. Die kürzlich erschienenen *10Must-Knows24* bündeln Erkenntnisse zum Erhalt der biologischen Vielfalt auf globaler Ebene und leiten daraus Empfehlungen für die Politik ab. Beide Ansätze ergänzen sich und weisen auf die Dringlichkeit des Handelns zur Bewältigung der Biodiversitätskrise hin und zeigen

Handlungsoptionen für den Schutz und die nachhaltige Nutzung von biologischer Vielfalt auf.

In der Zeit der Erarbeitung des *Faktencheck Artenvielfalt* ist den Menschen in Deutschland bewusst geworden, dass auch bei uns eine freiheitliche Demokratie keine Selbstverständlichkeit ist. Die Grenzen des Sagbaren verschieben sich. Die bekannten Rezepte zur Aushöhlung von Demokratien werden auch in Deutschland erprobt. Grundzutaten sind Wissenschaftsfeindlichkeit, die Leugnung von Fakten und die aktive Verbreitung von Falschinformationen. Das vorliegende Buch ist ein Ausdruck

unserer Überzeugung, dass Wissen die Basis für die Lösungen der Biodiversitätskrise ist. Allerdings ist die Bündelung von Wissen zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung für den erforderlichen Prozess des transformativen Wandels. Dieser Wandel wird sich nur vollziehen, wenn er von Werten und Überzeugungen getragen wird – und er darf sich nur vollziehen, wenn diese mit unserem Grundgesetz vereinbar sind.

Christian Wirth, Nina Farwig, Jori Maylin Marx, Helge Bruelheide, Josef Settele



Christian Wirth



Nina Farwig



Jori Maylin Marx



Helge Bruelheide



Josef Settele

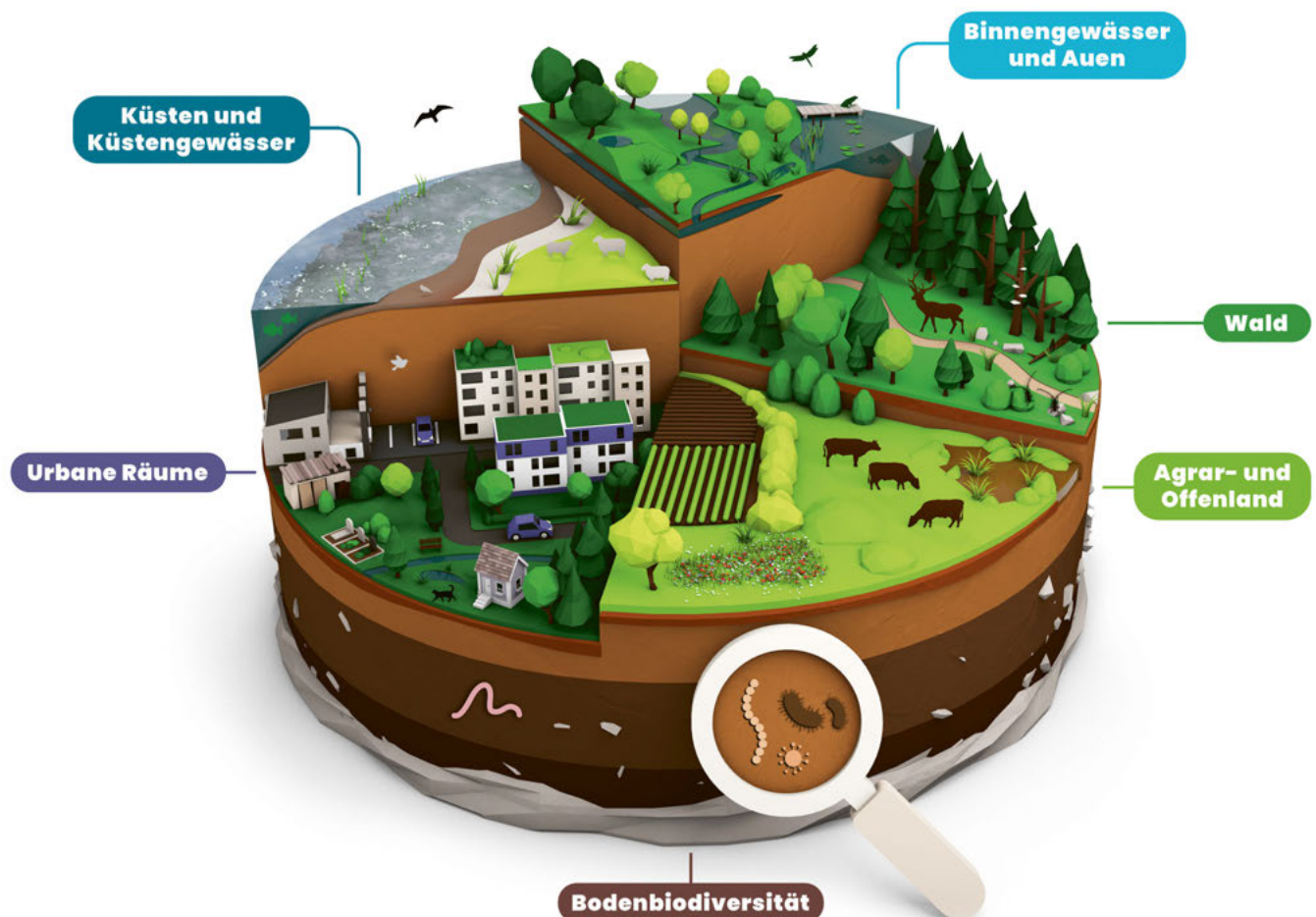


Abbildung 1: Lebensräume im *Faktencheck Artenvielfalt*

Geleitworte



Veronika von Messling

Veronika von Messling

Liebe Leserinnen und Leser, wir sehen es auch bei uns in Deutschland: Lebensräume gehen verloren, und immer mehr Arten sterben aus. Zum Teil sind die Ökosysteme der Welt, in der wir leben, aus dem Gleichgewicht geraten. Die Herausforderungen sind groß. Umso wichtiger ist es, dass wir entschlossen handeln und unsere natürlichen Lebensgrundlagen schützen.

Mir geht es um die Frage, wie dies gelingen kann. Dafür ist es unerlässlich, dass wir die Lage genau analysieren, die konkreten Veränderungen sehen und ihre Ursachen verstehen. Der *Faktencheck Artenvielfalt* setzt hier an. Die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben große Wissenslücken zur Biodiversität in Deutschland geschlossen und zeigen Chancen auf, wie wir die Artenvielfalt erhalten und nachhaltig nutzen können. Für diese engagierte Arbeit danke ich allen Beteiligten. Das Thema hat für uns im Ministerium und in der Bundesregierung besondere Priorität und ist Teil der konkreten Missionen, die unsere Zukunftsstrategie

als der zentrale Wegweiser für Forschung und Innovation benennt.

Schauen wir auch auf die Lösungen. Wissenschaft und Innovation eröffnen uns neue Chancen, um unsere Ökosysteme effektiv zu schützen. Neue Geoinformationssysteme, fortschrittliche Technologien zur Analyse von Umwelt-DNA und Auswertungen auf der Grundlage künstlicher Intelligenz tragen dazu bei, zielgenaue Maßnahmen gegen den Artenverlust zu ergreifen.

Wir haben es in der Hand, diese Herausforderung anzugehen und etwas zu verändern. Jede und jeder Einzelne kann dazu einen Beitrag leisten: Das fängt im Alltag an, führt über die ehrenamtliche Naturschutzarbeit bis hin zur Bürgerwissenschaft für den Erhalt der Biodiversität. Lassen auch Sie sich inspirieren. Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

Prof. Dr. Veronika von Messling – Leiterin der Abteilung Lebenswissenschaft am Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



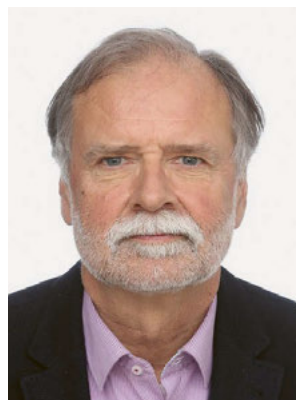
Sandra Díaz

Sandra Díaz

Der Mensch hat das Antlitz der Erde tiefgreifend verändert. In hohem Tempo verlieren wir vor allem Wälder und Feuchtgebiete. Arten gehen schneller verloren als je zuvor in der Geschichte der Menschheit. Das 2019 veröffentlichte Globale Assessment des Weltbiodiversitätsrates IPBES hat vielen Menschen auf der ganzen Welt diese Fakten unmissverständlich vor Augen geführt. Nationale Entscheidungsträger:innen benötigen jedoch eine größere Detailtiefe und eine höhere räumliche Auflösung der Aussagen, um effektiv handeln zu können.

Der *Faktencheck Artenvielfalt* ist eine beeindruckende Leistung, die auf Tausenden von Studien und Berichten aufbaut, einen neu zusammengestellten Datensatz mit über 15.000 Zeitreihen zu Tier- und Pflanzenarten verwendet und die Expertise von Natur- und Sozialwissenschaftler:innen sowie Praktiker:innen vereint. Er geht weit über die Feststellung der Fakten zur biologischen Vielfalt hinaus und zeigt die sozialen, wirtschaftlichen und institutionellen Hemmnisse auf, die eine breite Anwendung von geeigneten Maßnahmen verhindern und damit einer Trendumkehr zu einer Erholung der biologischen Vielfalt entgegenstehen. Visionär ist auch die Verknüpfung der biologischen Vielfalt mit Menschenrechten und den Rechten der Natur. Der *Faktencheck Artenvielfalt* ist sicherlich beispielgebend und setzt einen sehr hohen Standard für künftige nationale Assessments.

Prof. Dr. Sandra Díaz – Co-Vorsitzende des globalen Berichtes des Weltbiodiversitätsrates (IPBES)



Volker Mosbrugger

Volker Mosbrugger

Wir alle wissen: Die Menschheit zerstört derzeit in rasantem Tempo ihr Lebenserhaltungssystem – die Biosphäre –, und wir spüren zunehmend die humanitären wie wirtschaftlichen Folgen. Aber wissen wir auch genug, um erfolgreich gegensteuern zu können? Die Antwort ist leider Nein, und das gilt selbst für Deutschland, dessen Naturkapital zu den weltweit am besten erforschten zählt. Im Rahmen der »BMBF-Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt« (FEaA) hat sich daher eine interdisziplinäre Vielfalt von über 150 Forschenden mit dem Projekt *Faktencheck Artenvielfalt* das Ziel gesetzt, für die Großlebensräume in Deutschland anhand vorliegender Daten eine in ihrer räumlichen und inhaltlichen Detailtiefe und Komplexität bisher einmalige »systemische Anamnese« der Biodiversitätskrise in Deutschland zu erstellen. Entstanden ist ein höchst beeindruckendes Referenz- und Nachschlagewerk, das wir dringend brauchen, um praxisnahe, wirksame Maßnahmen zum Biodiversitätserhalt in Deutschland zu ergreifen. Man muss hoffen, dass es im Kontext des aktuellen Aufbaus eines »Nationalen Monitoringzentrums zur Biodiversität« hierzu regelmäßige Fortschreibungen geben wird.

Prof. Dr. Volker Mosbrugger – Sprecher der BMBF-Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt (FEaA)

Danksagung

Der Faktencheck Artenvielfalt – Bestandsaufnahme und Perspektiven für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland ist das Werk einer bemerkenswert großen Anzahl engagierter Menschen, von denen sehr viele ihre Expertise ehrenamtlich zur Verfügung gestellt haben.

Zuerst danken wir unseren vielen Autor:innen – Expertinnen und Experten aus den Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften und aus der Praxis, die als koordinierende Leitautor:innen und beitragende Autor:innen ihr Wissen und ihre Zeit in zahllosen Treffen und Workshops eingebracht haben. Sie haben nicht nur selbst umfangreiche Textbeiträge geliefert, sondern sich auch als interne Gutachter:innen betätigt. Ohne sie alle wäre ein Werk wie dieses nicht möglich gewesen. Wir danken auch ihren Institutionen, die ihnen dafür Freiräume gegeben haben.

Unsere Autor:innen wurden in ihrer Arbeit von Projektwissenschaftler:innen unterstützt, namentlich Julia S. Ellerbrok, Christian K. Feld, Sven Grüner, Dorothee Hodapp, Maria Sporbert, Ludwig Lettenmaier, Hong Hanh Nguyen, Christian Ristok, Anja Schmidt, Vera Schreiner, und Theresa Spatz sowie von unserer Assistentin Lea von Sivers. Als großartiges Team haben sie den Kern des *Faktencheck Artenvielfalt* gebildet. Sie haben wesentliche inhaltliche Impulse gegeben und für Kohärenz gesorgt.

Ein besonderer Dank geht an alle, die uns mit einem oder mehreren externen Gutachten unterstützt haben, sowohl als Einzelpersonen als auch als Behörden und Institutionen. Diese kritische Begleitung war essenziell für die Qualitätssicherung. Sie hat vielfach zu zusätzlichen Recherchen und Neubewertungen geführt und das Ergebnis deutlich verbessert.

Wir danken zudem der BMBF-Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt (FEaA), insbesondere Volker Mosbrugger und Julian Taffner, sowie dem Projektträger VDI VDE IT und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, insbesondere Matthias Boysen und Christian Böhm, dafür, dass sie uns mit fortwährender Unterstützung, Engagement und Rat zur Seite standen. Sehr herzlich danken wir auch Daniela Leitner für die Erstellung der attraktiven Grafiken und den gemeinsamen kreativen Prozess.

Wir schätzen uns glücklich, Teil eines so spannenden Prozesses gewesen zu sein, und bedanken uns bei allen Beteiligten für die engagierte, kollegiale und inspirierende Zusammenarbeit.

Christian Wirth, Nina Farwig, Jori Maylin Marx, Helge Bruelheide und Josef Settele

Autor:innen des *Faktencheck Artenvielfalt*

Christian Albert, Christian Ammer, Doreen Babin, Bartosz Bartkowski, Robert Bartz, Claus Bässler, Claudia Bieling, Christoph Bleidorn, Hannah Böhner, Katrin Böhning-Gaese, Veronika Braunisch, Laura Breitzkreuz, Helge Bruelheide, Stefan Brunzel, Benjamin Burkhard, Christian Buschbaum, Jörg Dutz, Monika Egerer, Nico Eisenhauer, Julia S. Ellerbrok, Anja Engel, Jana Englmeier, Kai Eskildsen, Nina Farwig, Christian K. Feld, Juliane Filser, Leonie K. Fischer, Jörg Freyhof, Stefanie von Fumetti, Christine Fürst, Kostadin Georgiev, Frank Glante, Martin Gossner, Sven Grüner, Karsten Grunewald, Carlos A. Guerra, Dagmar Haase, Peter Haase, Hans Jürgen Hahn, Ute Hasenöhr, Phillip J. Haubrock, Jennifer Hauck, Helmke Hepach, Daniel Hering, Helmut Hillebrand, Jochen Hinkel, Dorothee Hodapp, Karin Hohberg, Anke Höltermann, Ute Jacob, Sonja Jähnig, Florian Jansen, Kathrin Januschke, Klaus Jürgens, Josef Kaiser, Johannes Kamp, Rolf Karez, Peter Keil, Bernd Klauer, Janina Kleemann, Alexandra-Maria Klein, Daniela Kleinschmit, Michael Kleyer, Sonja Knapp, Stefan Knauf, Menko Koch, Steffen Kolb, Michael Kolkman, Franz-Sebastian Krah, Stephanie Kramer-Schadt, Jochen Krause, Christina Lachmann, Sebastian Lakner, Ri-

cardo Lehmitz, Ludwig Lettenmaier, Karl-Heinz Lieber, Jori Maylin Marx, André Mascarenhas, Florian Mayer, Marion Mehring, Ulrich Mergner, Jasper Meya, Peter Meyer, Marie Meyer-Jürshof, Berit Michler, Jörg Müller, Anne-Christine Mupepele, Kathrin Muus, Barbara Neumann, Hong Hanh Nguyen, Goddert von Oheimb, Hubertus Paetow, Claudia Pahl-Wostl, Carola Paul, Wibke Peters, Christian Poßer, Thomas Potthast, Martin Quaas, Moritz Reese, Belinda Rhein, Johannes Josef Rick, Marie-Catherine Riekhof, Matthias Rillig, Christian Ristok, Simon Rohner, Jörg Römbke, Liliane Rueß, Tanja Sanders, Gregor Scheiffarth, Stefan Scheu, Nicole Scheunemann, Christian Schleyer, Ursula Schmedtje, Anja Schmidt, Vera Schreiner, Andreas Schuldt, Anne Sell, Josef Settele, Ursula Siebert, Lea von Sivers, Martin Sommer, Pia Sommer, Nike Sommerwerk, Metodi Sotirov, Theresa Spatz, Christian Sponagel, Maria Sporbert, Bastian Steinhoff-Knopp, Dietmar Straile, Tanja Straka, Michael W. Strohbach, Franziska Tanneberger, Christoph C. Tebbe, Amibeth Thompson, Zachary Turk, Barbara Warner, Mario von Weber, Nicole Wellbrock, Thilo Wellmann, Karen Wiltshire, Christian Wirth, Heidi Wittmer, Willi Xylander

**Kurz-
fassung**

Kernaussagen

Hintergrund

Faktencheck Artenvielfalt
Bestandsaufnahme und Perspektiven
für den Erhalt der biologischen
Vielfalt in Deutschland



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Geleitworte	6
Danksagung	8
Kurzfassung	12
 Kernaussagen	 15
Wie steht es um die biologische Vielfalt in Deutschland?	15
Welche Rolle spielt die biologische Vielfalt in Ökosystemen und für uns Menschen?	17
Was sind die Gründe für die Änderung der biologischen Vielfalt?	19
Welche Rahmenbedingungen bestehen für den Erhalt und die Förderung der biologischen Vielfalt?	21
Wie wirken konkrete Maßnahmen, um die biologische Vielfalt zu fördern?	23
Wie erzeugen wir Handlungsbereitschaft für die Bewahrung und Förderung der biologischen Vielfalt?	24
Was sind die positiven Wirkungsketten, die eine Trendumkehr bewirken können?	26
 Hintergrund – Erläuterungen zu den Kernaussagen	 30
A Status und Trends	30
B Ökosystemleistungen	41
C Direkte Treiber	49
D Indirekte Treiber	61
E Instrumente und Maßnahmen	65
F Transformationspotenziale	71
G Synthese: Positive Wirkungsketten für die biologische Vielfalt	76
H Wissenslücken und Forschungsbedarfe	80
 Anhang	 87
Abkürzungsverzeichnis	87
Definitionen	88
Methoden	89
Literaturverzeichnis	92
Über die Herausgeber:innen	95

Kurzfassung

Der *Faktencheck Artenvielfalt* fasst das Wissen zur biologischen Vielfalt in Deutschland zusammen. Diese umfasst unter anderem die Vielfalt der Lebensräume, der biologischen Arten sowie der genetischen Ausstattung innerhalb von Arten. Der *Faktencheck Artenvielfalt* ermittelt den Zustand und die Trends der biologischen Vielfalt und die direkten und indirekten Ursachen dieser Trends. Er analysiert ihre Auswirkungen auf Ökosystemleistungen, die unser Wohlergehen bedingen, sowie praktische und gesellschaftliche Möglichkeiten der Bewahrung, nachhaltigen Nutzung und Wiederherstellung von biologischer Vielfalt. Wichtige Ergebnisse sind in Kürze:

Die Vielfalt der Lebensräume nimmt ab. Über die Hälfte der Lebensraumtypen Deutschlands ist in einem ökologisch ungünstigen Zustand, und immer noch verschwinden wertvolle Habitate (Kernaussage 1). In der Konsequenz sind Populationen vieler Arten und vermutlich auch genetischer Varianten rückläufig. Ein Drittel aller untersuchten Arten sind gefährdet, etwa 3 % gelten als ausgestorben (2). Die Roten Listen bieten die umfassendste Expert:inneneinschätzung des Zustands der Arten und Lebensräume. Erste Synthesergebnisse zu Biodiversitätstrends finden sich in der Literatur (4). Zusätzlich wurde im *Faktencheck Artenvielfalt* ein neuer Datensatz mit über 15.000 Zeitreihen zu Tier- und Pflanzenarten zusammengestellt und untersucht. Dies war notwendig, weil ein für die wichtigen Artengruppen und Ökosysteme repräsentatives Langzeitmonitoring der biologischen Vielfalt in Deutschland nicht existiert (3). Die Analyse zeigt, dass Trends der biologischen Vielfalt bei längeren Zeitreihen trotz hoher Variabilität häufiger negativ als positiv sind (5). Negative Trends sind besonders ausgeprägt bei den Gemeinschaften der Wirbellosen der Wälder, Binnengewässer und Auen sowie der Küste und Küstengewässer, ebenso bei den Vögeln in der Agrarlandschaft. Für viele Lebensräume und Artengruppen ist die Datenlage unzureichend, dies gilt insbesondere für die biologische Vielfalt unserer Böden (5).

Unser Wohlergehen und Wirtschaften hängt von der Leistungsfähigkeit und Resilienz unserer Ökosysteme ab (7). Forschungen der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit von Ökosystemen durch biologische Vielfalt gesteigert und stabilisiert wird (8). Eine Vielfalt an Pflanzenarten in Wäldern, Wiesen und städtischen Grünflächen erhöht die Vielfalt anderer Organismengruppen (Tiere, Pilze, Mikroorganismen) deutlich.

Ökosysteme mit einer hohen biologischen Vielfalt – nicht zuletzt im Boden – können ein größeres Spektrum an Ökosystemleistungen erbringen und ihre Leistungsfähigkeit angesichts von Umweltänderungen wie dem Klimawandel besser aufrechterhalten (8, 9, 10). Sie sind weniger von einer externen Zufuhr von Energie und Chemie abhängig und daher nachhaltiger zu bewirtschaften (8, 9). Ein Wirtschaften »mit« der biologischen Vielfalt stärkt sowohl Landnutzungssysteme als auch den Naturschutz. Der Beitrag der biologischen Vielfalt zu unserer Kultur ist wenig untersucht, aber eine Hauptmotivation dafür, sie zu schützen (12).

Ein Großteil der Verluste der biologischen Vielfalt hat sich vor dem Beginn systematischer Beobachtungen (ca. 1850–1970) durch Flächenversiegelung, Flurbereinigung, Plantagenwirtschaft, Flussbegradigung, ungereinigte Abwässer, Küstenschutzmaßnahmen und die großflächige Entwässerung der Landschaft, v. a. von Auen und Mooren, ereignet (13). Dies ist nur in Ausnahmefällen durch historische Zeitreihen direkt nachweisbar, lässt sich aber aus dem Vergleich heutzutage naturbelassener/extensiv genutzter mit stark umgestalteten/intensiv genutzten Ökosystemen plausibel schließen. Die Hauptursachen für eine ausbleibende Erholung oder den fortgesetzten Verlust von biologischer Vielfalt sind die Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung mit negativen Wirkungen auch auf benachbarte Ökosysteme, die stetige Abnahme vieler Lebensraumtypen und eine Verschlechterung der Lebensraumqualität, insbesondere durch Verschmutzung und Nährstoffeinträge (14). Invasive Arten entfalten vor allem in Fließ- und Küstengewässern eine negative Wirkung auf die heimische biologische Vielfalt (18). Der Klimawandel verändert die biologische Vielfalt bereits deutlich (15). Kältetolerante Arten gehen zurück, Arten mit hohen Temperaturansprüchen nehmen zu, Arten aus südlichen Regionen wandern ein. Der Einfluss auf die Artenvielfalt unserer Lebensräume kann noch nicht abgeschätzt werden. Der Klimawandel kann die negative Wirkung anderer Treiber des Biodiversitätsverlusts verstärken.

Der *Faktencheck Artenvielfalt* dokumentiert eine Reihe von positiven Entwicklungen, die eindrücklich zeigen, dass sich biologische Vielfalt erholen kann, wenn negative Treiber reduziert und die Qualität von Lebensräumen verbessert wird. So hat sich beispielsweise infolge der Abwasserreinigung seit 1970 die Vielfalt der Wirbellosen in Fließgewässern großflächig er-

holt. Ebenso wird die starke Zunahme der Populationen von Waldvögeln seit 2010 mit einer Verbesserung der Waldstruktur in Verbindung gebracht. Die Naturschutzforschung und -praxis kennt für jeden Lebensraumtyp Maßnahmen zur Förderung der biologischen Vielfalt, darunter die Ausweisung von Schutzgebieten, Änderungen der Bewirtschaftung (z. B. Umstellung auf ökologische Landwirtschaft, Förderung von Biotopbäumen und Totholz im Wald, schonende Fangmethoden in Küstengewässern, insektenfreundliche Mahdregime) oder sogenannte Impulsmaßnahmen (Flussrenaturierungen, Wiedervernässung von Mooren, Ansiedlungen von Arten) (27, 28). Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen entfaltet sich aber oft erst in geeigneter Kombination. So ist die Ausweisung von Schutzgebieten ohne standortangepasste Bewirtschaftung häufig nicht erfolgreich (26, 27). Beim Flächenschutz ist die Habitatqualität wichtiger als die Größe eines zusammenhängenden Schutzgebiets. Bei der geplanten Ausweitung von strengen Schutzgebieten auf 10 % der Fläche erscheint es daher angesichts der zergliederten Kulturlandschaft Deutschlands und der hohen Beweglichkeit vieler Arten günstiger, viele kleine als wenige große Schutzgebiete zu etablieren. Dabei darf es keine Flächenkonkurrenz zwischen Prozessschutz (natürliche Dynamik) und dem Schutz wertvoller genutzter Lebensräume der Kulturlandschaft geben. Für Flächen außerhalb von Schutzgebieten müssen neue nachhaltige Landnutzungssysteme gefördert werden, die Nutzung und Biodiversitätsschutz vereinen. Bewährte Maßnahmen können unter Bedingungen des Klimawandels unerwartete Ergebnisse hervorbringen. In Zukunft sollte die Wirksamkeit von Maßnahmen durch Erfolgskontrollen standardisiert erfasst und das Wissen um bewährte Managementkonzepte besser zugänglich gemacht werden. Moderne automatisierte Monitoringmethoden könnten in Zukunft Erfolgskontrollen unterstützen (6, 29).

Die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für die Förderung der biologischen Vielfalt sind vielgestaltig und spiegeln die verschiedenen Interessen in unserer Gesellschaft wider. Es gibt internationale Verpflichtungen (z. B. UN-Biodiversitätskonvention), ambitionierte Strategien (z. B. EU Green Deal, Nationale Biodiversitätsstrategie) und daraus abgeleitete Gesetze und Richtlinien (z. B. Wasserrahmenrichtlinie, Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie). Ihre Ziele werden selten erreicht (25). Neben Umsetzungsdefiziten, wenn internationale Abkommen nicht in geltendes nationales Recht übersetzt werden, gibt es vor allem Vollzugsdefizite, wenn gesetzliche Vorschriften in der Praxis umgangen werden können oder nicht die erwünschte Wirkung entfalten (25). Die Gründe hierfür

sind geringe Bereitschaft oder fehlendes Verständnis der Gesellschaft, behördliche Arbeitsüberlastung und vor allem eine mangelnde Abstimmung mit den Zielen und Instrumenten anderer Sektoren (z. B. Landwirtschaft, Energie, Hochwasserschutz, Industrie) (20, 26). Das führt häufig dazu, dass die Belange des Naturschutzes in gesetzlichen Abwägungen unterliegen (20).

Wirtschaftlich-technologische Treiber haben sich bislang zumeist hemmend auf die biologische Vielfalt ausgewirkt. Eine beginnende Trendwende im Verhalten der Verbraucher:innen hin zu zertifizierten Nahrungs- oder Holzprodukten öffnet Märkte für nachhaltiges Wirtschaften mit positiver Wirkung auf die biologische Vielfalt (22). Auch technische Innovationen können die biologische Vielfalt fördern (z. B. mechanischer Pflanzenschutz, artspezifische Pflanzenschutzmittel) (22). Die Vergabe von Fördermitteln ist als ökonomisches Instrument anerkannt, sollte aber nicht maßnahmen-, sondern erfolgsbasiert eingesetzt werden (25, 29). Bei der Planung und Förderung von Maßnahmen vor Ort muss berücksichtigt werden, dass diese auch negative Fernwirkungen auf die biologische Vielfalt in anderen Regionen der Erde haben können (21).

Um dem Verlust der biologischen Vielfalt entgegenzuwirken, ist ein transformativer Wandel im Rahmen der grundgesetzlichen Ordnung notwendig (30, 37). Transformativer Wandel scheint möglich, wenn Menschen die Bedeutung von biologischer Vielfalt und Handlungsalternativen vermittelt bekommen und (er)leben (31, 32) und an Entscheidungen zu ihrem Schutz mitwirken oder diese selbst bestimmen können (33, 36). Wichtig ist auch, dass Kennziffern der biologischen Vielfalt und ihrer Ökosystemleistungen Eingang in die Gesamtbilanzen von Volkswirtschaften und Unternehmen finden (34), dass die Umsetzung von Biodiversitätsschutz in hochrangige Rechte, zum Teil auf Verfassungsebene, verankert und damit verbindlich gemacht wird (35) und dass alle gesellschaftlichen Akteure einen transformativen Wandel unterstützen (36). Eine Trendumkehr wird am ehesten ermöglicht, wenn sie durch mehrere Beweggründe getragen wird, sich für biologische Vielfalt einzusetzen (37). Eine wichtige Wirkungskette über alle Lebensräume hinweg ist die Extensivierung der Land-, Gewässer- und Meeresnutzung. Diese geht einher mit einer Erhöhung der strukturellen Vielfalt und einer Reduktion der Nährstoffeinträge (38). Um dem Biodiversitätsverlust erfolgreicher entgegenzuwirken, können die bestehenden Maßnahmen zur Förderung von biologischer Vielfalt weiterentwickelt und gezielter eingesetzt werden (38).

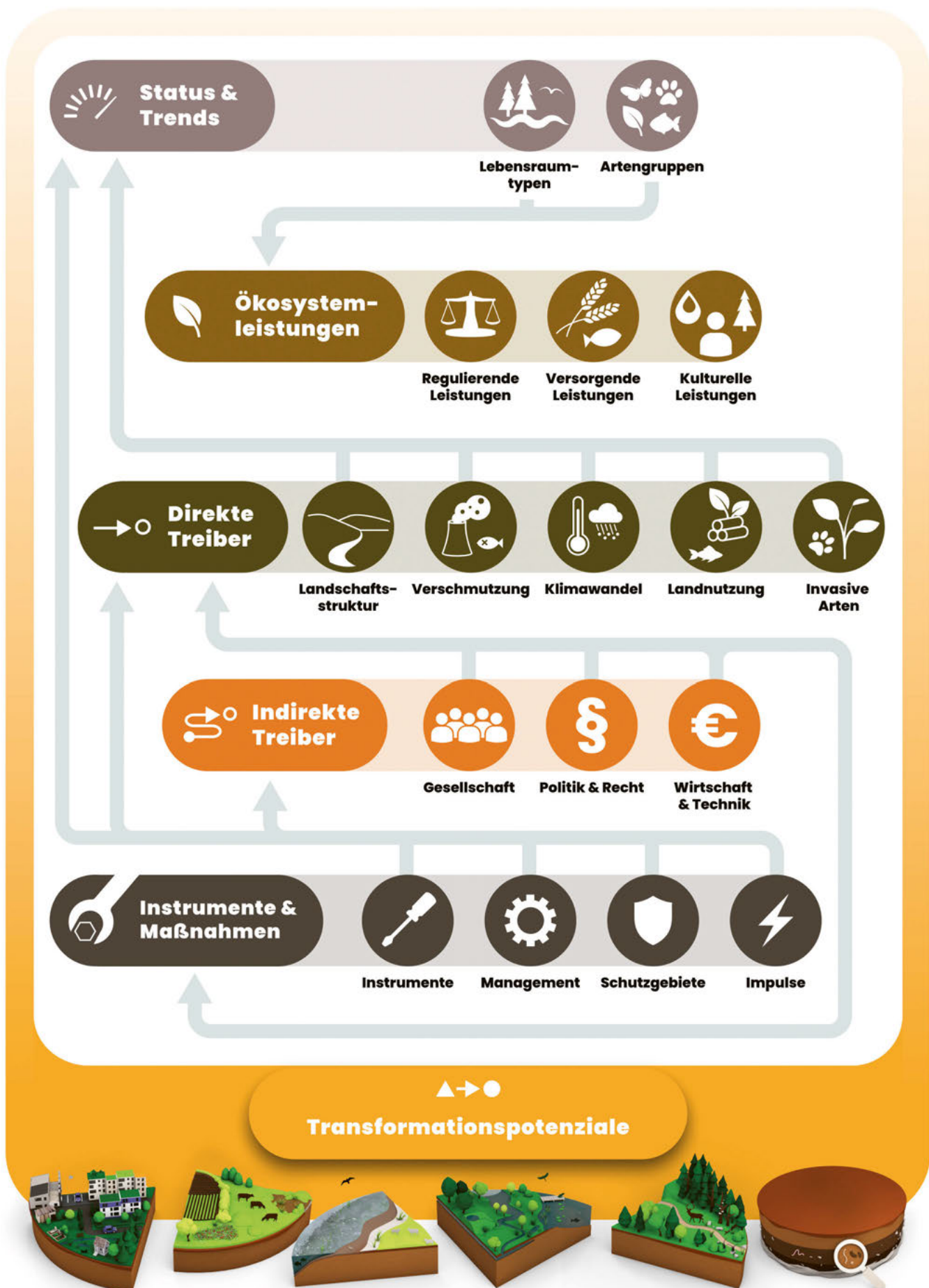


Abbildung 2: Themenbereiche im Faktencheck Artenvielfalt

Kernaussagen

Wie steht es um die biologische Vielfalt in Deutschland?

1. Über die Hälfte der Lebensraumtypen Deutschlands ist in einem ungünstigen Zustand. Insgesamt 60 % der 93 Lebensraumtypen, die für das Agrar- und Offenland, den Wald, die Binnengewässer und Auen, die Küsten- und Küstengewässer und die urbanen Räume beschrieben werden, zeigen einen unzureichenden oder schlechten Erhaltungszustand und rückläufige Entwicklungstendenzen. Besonders besorgniserregend ist die Situation der Lebensraumtypen im Grünland, auf ehemals artenreichen Äckern, in Mooren, Moorwäldern, Sümpfen und Quellen. Mehr als die Hälfte der Meeres- und Küstenlebensraumtypen der Nord- und Ostsee sind langfristig gefährdet. In Städten gehen durch Innenverdichtung und Ausbau weiterer (Verkehrs-)Infrastruktur naturnahe und kulturlandschaftlich geprägte Lebensraumtypen verloren. Es gibt nur wenige positive Entwicklungstendenzen, z. B. bei den Laubwäldern, die aber durch den Klimawandel gefährdet sind. → A1



Abbildung 3: Rotbuchenwald mit Bingekrautunterwuchs. Laubwälder gehören zu den wenigen Lebensraumtypen, die sich aktuell positiv entwickeln. Buchenwälder leiden allerdings in den letzten Jahren unter Trockenheit (Foto: Hartmut Dierschke). → 1

2. Die Bestände vieler Arten sind rückläufig. Ein Drittel der untersuchten Arten ist in ihren Beständen gefährdet. Von den etwa 72.000 in Deutschland einheimischen Tier-, Pflanzen- und Pilzarten wurden bislang etwa 40 % auf die Gefährdung ihrer Populationen hin untersucht und in Roten Listen erfasst. Fast ein Drittel aller Arten in den Roten Listen sind bestandsgefährdet, das heißt, sie sind vom Aussterben bedroht oder stark gefährdet; etwa 3 % gelten bereits als ausgestorben. Stark gefährdet sind viele Reptilien- und Amphibienarten so-

wie zahlreiche Insektenarten und andere Gliedertiere. Für Letztere und viele weitere Artengruppen fehlt jedoch die Datengrundlage, die für eine verlässliche Einstufung notwendig ist. Die Bodenbiodiversität ist bisher in Roten Listen zu weniger als 5 % repräsentiert, weshalb Aussagen zur Gefährdung der biologischen Vielfalt des Bodens kaum möglich sind. Einzelne Zunahmen der Populationsgrößen zeigen sich innerhalb der Artengruppen der Säugetiere, Vögel, Tagfalter und Libellen, hingegen nicht für Arten, die auf seltene oder gefährdete Habitate angewiesen sind. → A2

3. Für die Erfassung der biologischen Vielfalt gibt es in Deutschland kein standardisiertes Verfahren. Dies hat bislang repräsentative Aussagen erschwert. Es gibt in Deutschland keine über Artengruppen und Lebensräume hinweg standardisierte regelmäßige Erfassung der biologischen Vielfalt. Die Biodiversitätserfassung erfolgt sowohl durch zahlreiche voneinander unabhängige Programme, die von verschiedenen Behörden und Forschungsinstituten durchgeführt werden, als auch ehrenamtlich von Vereinen, Fachgesellschaften oder Verbänden für ausgewählte Artengruppen, Lebensräume und Facetten der biologischen Vielfalt. Die Initiativen sind größtenteils nicht aufeinander abgestimmt. Dies erschwert die Verknüpfung der Daten und eine umfassende wissenschaftliche Auswertung und Vorhersage der Entwicklung der gesamten biologischen Vielfalt. Zur Änderung der genetischen Vielfalt liegen kaum Daten vor. Ein integriertes, methodisch vereinheitlichtes und dauerhaft etabliertes Biodiversitätsmonitoring wird benötigt, um deutschlandweite repräsentative Trends der biologischen Vielfalt in all ihren Facetten zu erkennen, die Ursachen besser zu verstehen und den großflächigen Erfolg von Strategien für den Schutz und die Förderung der biologischen Vielfalt zu überprüfen. → A3

4. Jüngere Untersuchungen bestätigen die negativen Befunde der Roten Listen für einzelne Artengruppen. Auch positive Entwicklungen konnten für manche Gruppen gezeigt werden. In den letzten Jahren wurden etliche Studien für einzelne Artengruppen publiziert, die für Deutschland eine generelle Abnahme der Biomasse von Insektengemeinschaften und überwiegend Populationsrückgänge von Schmetterlings- und Pflanzenarten zeigen. Die Populationen vieler Libellenarten nehmen dagegen zu. Bei anderen Gruppen der Insek-

ten sowie der Pflanzen sind nicht nur seltene, sondern auch häufigere Arten rückläufig. Die Populationen von Vögeln im Agrar- und Offenland sind in knapp 40 Jahren um mehr als die Hälfte zurückgegangen. Für Artengruppen in Fließgewässern konnten in den vergangenen Jahrzehnten Zunahmen in Arten- und Individuenzahlen dokumentiert werden, allerdings ausgehend von einem sehr niedrigen Niveau und nach wie vor deutlich von einem guten Erhaltungszustand entfernt. Insgesamt zeigt sich eine beschleunigte Verschiebung hin zu neuartigen Lebensgemeinschaften mit einem zunehmenden Anteil gebietsfremder Arten, primär in Küstengewässern und großen Fließgewässern. Die Synthese aller dieser Studien im vorliegenden *Faktencheck Artenvielfalt* ergibt den bislang umfassendsten Überblick für Änderungen der biologischen Vielfalt in Deutschland. → Box A

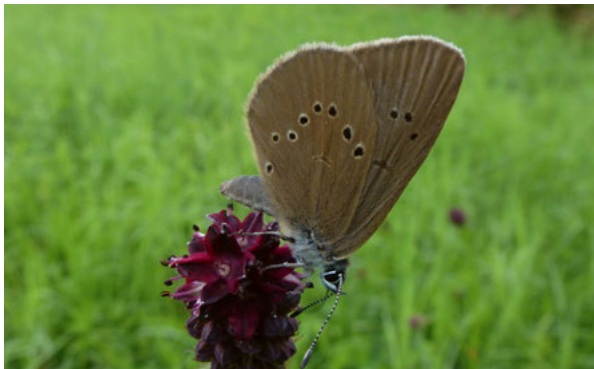


Abbildung 4: Die Bestände einiger Artengruppen, wie Fließgewässerlibellen (hier: Kleiner Blaupfeil, Foto: Jörg Freyhof), entwickeln sich aktuell positiv. Weit mehr Arten zeigen jedoch negative Entwicklungen, z.B. viele Tagfalterarten wie der Dunkle Wiesenknopf-Ameisenbläuling (Foto: Josef Settele). → 4

5. Der *Faktencheck Artenvielfalt* hat über 15.000 Zeitreihen zu Aspekten der biologischen Vielfalt von Lebensgemeinschaften aus der Literatur und Datenerhebungen zusammengetragen und ausgewertet. Rückläufige Trends der biologischen Vielfalt überwiegen in vielen Lebensräumen. Signifikante Trends werden dabei hauptsächlich in längeren Zeitreihen

sichtbar. Die Trends der Artenvielfalt sind häufiger negativ als positiv, obwohl die Methodik das Erkennen positiver Trends wahrscheinlicher macht (siehe Methoden). Negative Trends sind besonders ausgeprägt bei den Gemeinschaften der Wirbellosen der Wälder, Binnengewässer und Auen sowie der Küste und den Küstengewässern. Außerdem gibt es innerhalb der Organismengruppen für Teilgruppen unterschiedliche Trends. Während im Agrar- und Offenland der Anteil positiver und negativer Entwicklungen über alle Pflanzengemeinschaften hinweg weitgehend ausgeglichen ist, zeigen Ackerwildkrautgesellschaften stark abnehmende Trends. Im Wald zeigen die Säugetiere mehr positive als negative Entwicklungen. Die biologische Vielfalt der Küste und Küstengewässer zeichnet sich durch eine sehr hohe Dynamik aus. So wird zwischen einzelnen Jahren unabhängig von der Organismengruppe um die Hälfte des Arteninventars der Lebensgemeinschaften ausgetauscht. Für die biologische Vielfalt in urbanen Räumen und die Bodenbiodiversität gibt es kaum repräsentative Zeitreihen, die eine Trendanalyse erlauben. → A4



Abbildung 5: Erfassungen von Nachtfaltergemeinschaften mittels Anlockungen durch Licht spiegeln die überwiegend negativen Entwicklungen von wirbellosen Artengruppen wider (Foto: Dorte v. Stünzner-Karbe). → 5

6. Neue Technologien werden die Erfassung von biologischer Vielfalt revolutionieren. Es besteht aber noch Entwicklungsbedarf. In der Zukunft wird das Biodiversitätsmonitoring durch neue Methoden stark erweitert werden. Einige kommen auch heute schon zum Einsatz, wie die genetische Artbestimmung (Metabarcoding), die automatische Arterkennung in Bildern aus Fotofallen und von Smartphones, das akustische Monitoring oder das fernerkundliche Umweltmonitoring. Diese Methoden können herkömmliche Verfahren ergänzen, deren zeitliche und räumliche Auflösung

deutlich erhöhen, den Kreis der Artenbestimmer:innen vergrößern, das erfassbare Artenspektrum erweitern und neue Facetten, wie z. B. die genetische Vielfalt, berücksichtigen. Nach bisherigen Erfahrungen mit diesen Methoden besteht allerdings noch erheblicher Entwicklungsbedarf, besonders bei der Erfassung von Individuenzahlen und Biomassen. Für einige Artengruppen sind Metabarcodingmethoden bereits hinreichend entwickelt, um sie breit und mit der nötigen Auflösung anzuwenden, z. B. für Fluginsekten oder bei Süßwasserfischen durch geringe Mengen an DNA, die Organismen an die Umwelt abgeben (Umwelt-DNA). → A5



Abbildung 6: Bei der Bestimmung der Populationsgrößen von Meeressäugern wie dem Seehund kommen außer Zählungen per Flugzeug mittlerweile auch passive akustische Erfassungsmethoden zum Einsatz (Foto: Dorothee Hodapp). → 6

Welche Rolle spielt die biologische Vielfalt in Ökosystemen und für uns Menschen?

7. Biologisch vielfältige Lebensgemeinschaften erbringen essenzielle Leistungen für uns Menschen.

Dazu gehören neben der Versorgung mit Nahrungsmitteln und Rohstoffen vor allem Regulationsfunktionen wie die Blütenbestäubung, die Aufrechterhaltung von Nährstoffkreisläufen, der Klimaschutz, der Rückhalt von Wasser in der Landschaft und der Küsten- und Erosionsschutz. Sie erbringen auch viele wichtige kulturelle Leistungen. Der Wissensstand für Deutschland erlaubt es, beispielhaft zu bewerten, wie sich Änderungen der biologischen Vielfalt auf diese Leistungen auswirken. Eine umfassende Bilanz der Wirkung von biologischer Vielfalt auf Ökosystemleistungen ist jedoch bislang nicht möglich. → B1, B2

8. Ökosysteme sind leistungsfähiger und funktionieren stabiler, wenn sie eine hohe biologische Vielfalt besitzen. Experimente und gezielte Beobachtungen im Freiland belegen für Deutschland und Mitteleuropa, dass



Abbildung 7: Eine Gemeine Furchenbiene bestäubt die Blüte einer Erdbeere und übernimmt damit eine essenzielle Regulationsfunktion (Foto: Felix Fornoff). → 7

artenreiche Ökosysteme leistungsfähiger sind und stabiler funktionieren als artenarme Systeme. Das liegt unter anderem daran, dass sich verschiedene Arten (oder funktionelle Gruppen von Arten) bei vielen Leistungen wie Nährstoffaufnahme, Wachstum oder Zersetzung ergänzen (»Komplementarität«), direkt unterstützen und bei Stress oder nach Störungen gegenseitig vertreten können (»Versicherungseffekt«). In artenreichen Lebensgemeinschaften sind einzelne Arten häufig gesünder und leistungsfähiger, weil ihre Krankheitserreger, Parasiten und Fressfeinde hier kleinere Populationen aufbauen (»Verdünnungseffekt«). Aus diesen Gründen sind Monokulturen, wie sie in der Landwirtschaft und in Aquakulturen die Regel und auch in der Forstwirtschaft häufig sind, instabiler. Sie können nur unter hohem Einsatz an Energie und Chemie (Bearbeitung, Düngung, Pflanzenschutzmittel, Antibiotika) aufrechterhalten werden. Die positiven Auswirkungen der Artenvielfalt lassen sich vermutlich auch auf die Vielfalt der genetischen Varianten (Genotypen) innerhalb einer Art übertragen, die Datenlage ist jedoch nicht ausreichend. → B3, B7

9. Mit hoher biologischer Vielfalt steigt auch die Vielfalt an Ökosystemleistungen. Für die gleichzeitige Bereitstellung mehrerer Ökosystemleistungen (»Multifunktionalität«) wird mehr biologische Vielfalt (Arten, funktionelle Gruppen oder Genotypen) benötigt als für die Optimierung einzelner Ökosystemleistungen. Ein Mehr an biologischer Vielfalt wird auch benötigt, wenn Ökosysteme ihre Leistungsfähigkeit angesichts einer variablen Umwelt über längere Zeiträume oder größere Flächen hinweg erbringen sollen. Eine multifunktionale, nachhaltige und ressourcenschonende Land- und Gewässernutzung ist also in besonderem Maße auf eine hohe biologische Vielfalt angewiesen (siehe 8). Ob die aktuellen Verlustraten von biologischer Vielfalt in na-

turnahen Ökosystemen Deutschlands (siehe 5) deren Leistungsfähigkeit bereits schmälern, kann derzeit nicht mit Sicherheit gesagt werden. → B3, B4

10. Der Klimaschutz ist eine regulierende Ökosystemleistung, die besonders stark von der Artenvielfalt abhängt. Artenreiche Wiesen legen im Vergleich zu artenarmen besonders viel des Treibhausgases CO₂ als organische Substanz im Boden fest. Artenreiche Wälder tun dies vor allem in den lebenden Bäumen und im Totholz – stärker als artenarme. Die biologische Vielfalt der Bodenorganismen steigert nicht nur die Mineralisierung von Nährstoffen im Boden, sondern fast immer auch dessen langfristige Kohlenstoffspeicherung. Darüber hinaus können artenreiche Wiesen und Wälder die Temperaturschwankungen am und im Boden besser abpuffern als artenarme. Artenreiche Wiesen und Wälder haben eine höhere Resistenz und Resilienz gegenüber Klimaextremen. Moore hingegen erbringen Klimaschutz mit wenigen, dafür für den Naturschutz wertvollen Arten. Andere Regulationsleistungen, die nachweislich durch biologische Vielfalt gefördert werden können, sind der Erosionsschutz, die Wasserreinigung in Gewäs-



Abbildung 8: Naturnahe Hochmoore wie das Schwarze Moor in der Röhne (Foto: Nina Farwig) erbringen wichtige Regulationsleistungen. Moore zeichnen sich durch einen hohen Anteil an bedrohten Arten aus, wie Sumpf-Bärlapp und Mittlerer Sonnentau im Ahlenmoor am Halemer See (Foto: Helge Bruelheide). → 10

sern und Auen (Filtrierung, Abbauleistungen von organischer Substanz), die Blütenbestäubung und die Aufrechterhaltung der Nährstoffkreisläufe. → B4, B6

11. Zusätzlich zur Artenvielfalt können auch einzelne Schlüsselarten einen großen Beitrag zu Ökosystemleistungen erbringen. Dabei handelt es sich um Arten, die durch ihre einzigartigen Anpassungen und Fähigkeiten als »Ökosystemingenieure« fungieren. Sie bilden Habitate für andere Arten und treiben bestimmte Prozesse mit besonders hoher Effizienz voran. Der Ausfall von Schlüsselarten hat überproportional starke negative Auswirkungen auf Ökosystemleistungen. Ein Beispiel sind die Seegräser der Küstenmeere, deren unterseeische Wiesen unter anderem Kinderstube für Fische und starke Senken für Kohlenstoff sind. Weitere Schlüsselarten sind z. B. Miesmuschel, Schilfrohr, Schwarzerle oder Biber sowie Specht- und Regenwurmart. Durch die Bereitstellung von Lebensraum für zahlreiche andere Arten erhöhen sich insgesamt die regulierenden Ökosystemleistungen. Einzelne Arten können jedoch auch negative Auswirkungen auf Ökosystemleistungen oder direkt für den Menschen haben (»Disservices«). Ein Anstieg von Disservices mit zunehmender biologischer Vielfalt ist nicht bekannt. → B5, B8, B10



Abbildung 9: Der Europäische Biber drosselt als Ökosystemingenieur durch Dammbauten die Entwässerung der Landschaft. Dies fördert die biologische Vielfalt und die Resilienz und Kühlungs-wirkung von Ökosystemen im Klimawandel (Foto: Pixabay-Ralf Schick). → 11

12. Biologische Vielfalt erbringt zahlreiche kulturelle Ökosystemleistungen. Sie stärkt die mentale Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen und vermittelt Heimatgefühl, indem sie Menschen mit ihrer kulturgeschichtlichen Tradition verbindet. Sie dient als künstlerische und spirituelle Quelle und ist bedeutsam für den Tourismus. Vor allem in Städten verbessert die Vielfalt an Lebensräumen und Arten nachweislich das Wohlbefinden von Menschen. In Agrarlandschaften ist

die Ästhetik der Landschaft stark von der Fülle an Blüten und vielfältigen Strukturen abhängig. Der Zugang zu Naturschutzgebieten oder Grünflächen in Städten führt zu einem tieferen Verständnis und damit einer höheren Wertschätzung von biologischer Vielfalt. → B9

Was sind die Gründe für die Änderung der biologischen Vielfalt?

13. Historisch und bis in die Gegenwart hinein hat der Verlust von Lebensräumen maßgeblich die biologische Vielfalt in Deutschland verringert und verändert. Die vorhandenen Erfassungen, die erst in den letzten Jahrzehnten begonnen haben, spiegeln daher eine bereits verarmte biologische Vielfalt wider und beginnen auf einem niedrigen Ausgangsniveau. In Landlebensräumen haben vor allem die Zerstörung und Zerschneidung von Habitaten zu einer Abnahme der biologischen Vielfalt beigetragen. In der Agrar- und Offenlandschaft hat die Flurbereinigung durch die Entfernung von Hecken, Wegrändern und Kleingewässern die Habitatvielfalt stark verringert. Artenreiche Wiesen und Weiden wurden und werden für die Anlage von artenarmen Hochleistungsgrünländern oder für die Ackernutzung umgebrochen. Nahezu verschwunden sind baumarten- und strukturreiche historische Waldnutzungsformen wie Nieder-, Mittel- und Hutewälder, die für die Artenvielfalt von Insekten und Vögeln des Waldes eine große Bedeutung haben. Die Entwässerung der Landschaft hat zum Verlust von Mooren, Feucht- und Nasswiesen sowie von Au-, Moor- und Bruchwäldern geführt. Fast alle Fließgewässer wurden durch Begradigung, Uferbefestigung, Entfernung von Ufergehölzen oder durch regelmäßige Entkrautung tiefgreifend verändert. Zahlreiche Wehre und andere Querbauwerke unterbrechen heute die Durchgängigkeit vieler Bäche und Flüsse, z. B. für wandernde Fische. Infolge des Rückbaus von Wehren flussaufwärts verlieren Fließgewässer ihre natürliche Struktur- und Strömungsvielfalt. Eindeichungen haben die Anbindung und Vernetzung der Auen stark eingeschränkt, was zu einem weitreichenden Verlust autotypischer Lebensgemeinschaften geführt hat. Die Eindeichung und Begradigung der Küste sowie die Landgewinnung haben den Übergang zwischen Land und Meer vollständig verändert und die natürliche Dynamik dieses Lebensraums großflächig zerstört. Durch die zunehmende Verdichtung innerhalb von Städten sowie die Ausdehnung urbaner Räume gingen viele nicht versiegelte Flächen verloren, zu denen wichtige Sonderhabitate für die urbane Biodiversität zählen, wie Brachflächen, Industrienaturflächen und Gebiete

urbaner Wildnis. In fast all diesen Fällen führte dieser Lebensraumverlust zu einem Rückgang der Artenvielfalt. Das Verschwinden von Lebensräumen setzt sich bis zum heutigen Tage fort. → C1



Abbildung 10: Frei mäandrierende Flüsse mit Gleit- und Prallhängen, wie die Mulde südlich von Dessau, fördern mit ihrer Struktur- und Strömungsvielfalt die biologische Vielfalt an Land und im Wasser (Foto: Christian Wirth). → 13

14. Auch innerhalb von Lebensräumen hat sich eine Intensivierung der Nutzung, vor allem im Agrarland, aber auch generell in der Kulturlandschaft und in Gewässern, stark negativ auf die biologische Vielfalt ausgewirkt. Zur Intensivierung zählen die Aufgabe von Fruchtfolgen, der vermehrte Maisanbau und Einsatz von Dünger, Pflanzenschutzmitteln und schweren Maschinen auf Ackerflächen, der Anbau von Kulturgräsern im Grünland und der Rückgang der extensiven Beweidung. Natürliche Waldstrukturen wurden über die letzten Jahrhunderte vielfach in Monokulturen und Altersklassenwäldern umgewandelt, dem erst in jüngerer Zeit Förderprogramme entgegenwirken. In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich der Totholzanteil erhöht, dessen Mangel in der Vergangenheit stark negative Auswirkungen auf eine große Zahl der Arten hatte, die vom Totholz abhängig sind. In Binnengewässern und in der Ostsee wirken sich vor allem der Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln aus landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen und die Fischerei negativ auf die biologische Vielfalt aus. In Städten wirkt sich die intensive Pflege öffentlicher Grünflächen sowie privater Gärten, z. B. durch häufiges Mähen und Mulchen, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln oder die zunehmende Versiegelung auch durch Schottergärten, negativ auf die biologische Vielfalt aus. In Nord- und Ostsee haben vor allem die bodenberührende Fischerei, die Schifffahrt und der massive Ausbau von Offshore-Windanlagen negative Effekte auf verschiedene Artengruppen. → C1, C2



Abbildung 11: Baumaßnahmen wie hier die Errichtung eines Containerterminals am Jade-Weser-Port bei Wilhelmshaven zerstören wichtige Küstenlebensräume und koppeln Land- und Meeresökosysteme voneinander ab. Der verstärkte Schiffsverkehr hat negative Auswirkungen auf z. B. Schweinswale (Foto: Kolja Beisiegel). → 14, 15

15. Der Klimawandel und damit verbundene extreme Wetterereignisse spielen eine zunehmend wichtige Rolle für Veränderungen der biologischen Vielfalt.

In Deutschland sind die Jahresdurchschnittstemperaturen seit Anfang der 1950er-Jahre um 1,8 °C angestiegen, in den deutschen Meeresgewässern seit 1969 um circa 1,5 °C. Das Ausmaß der Auswirkungen dieser Temperaturerhöhung auf die biologische Vielfalt in Deutschland ist bislang nicht in vollem Umfang abzuschätzen. Kältetolerante Arten sterben aus oder ziehen sich in höhere Lagen zurück. Arten mit hohen Temperatursprüchen breiten sich aus und wandern von Süden her ein. Der langfristige Nettoeffekt dieser beiden Prozesse auf die Artenzahl ist noch unklar. Für die Agrar- und Offenlandschaft ist anzunehmen, dass der Klimawandel den negativen Einfluss der Nutzungsintensivierung, beispielsweise auf die Insektenvielfalt, noch verstärkt. Ebenso ändert sich das Beziehungsgeflecht zwischen Arten, wenn die Erwärmung die jahreszeitlichen Aktivitätsmuster von Interaktionspartnern, wie Blütenpflanze/Bestäuber oder Räuber/Beute, unterschiedlich stark verschiebt. Dies kann Aussterbeprozesse beschleunigen. Extreme Trockenperioden gefährden schon heute die typische biologische Vielfalt der Moore, Feucht- und Nasswiesen, Binnengewässer, Quellen und des Grundwassers. Die Entnahme von Wasser für industrielle Prozesse, Trinkwassergewinnung und Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen führt lokal zur Austrocknung von Binnengewässern und zur Absenkung des Grundwasserspiegels in Auen. Dies gefährdet die biologische Vielfalt dieser Gebiete, inklusive der spezifischen Grundwasserfauna, und deren Ökosystemleistungen, z. B. bei der Reinigung von Grundwasser. Die Trockenschäden unserer Wälder haben durch Auflichtung und den Anstieg des Totholzes bislang eine positive Wirkung

auf die biologische Vielfalt. Langfristig könnte jedoch der Rückgang von Baumarten mit bedeutender Habitatfunktion für andere Arten und von Waldlebensraumtypen auch einen negativen Einfluss auf die biologische Vielfalt haben. Die meisten Städte sind schon heute stark vom Klimawandel betroffen, was sich durch einen zunehmenden Hitze- und Dürrestress unter anderem in der hohen Mortalität von Stadtbäumen zeigt. → C3, C4

16. Die Verschmutzung von Ökosystemen durch Abwasser, Industrie, Landwirtschaft und Verkehr hat direkte und indirekte negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt in Deutschland.

Zahlreiche Schadstoffe wie Pflanzenschutz- und Arzneimittel und ihre Abbauprodukte sowie Mikroplastik und Schwermetalle sind mitunter schon in geringen Konzentrationen schädlich. Viele Schadstoffe verbleiben teilweise lange in den Ökosystemen und werden dort in den Nahrungsketten angereichert. Während sich die Menge eingesetzter Pflanzenschutzmittel in den letzten Jahrzehnten nur leicht erhöht hat, ist die Giftigkeit der verwendeten Substanzen für manche Artengruppen, wie Fische oder Bodenlebewesen, stark gestiegen. Pflanzenschutzmittel gelangen auch in benachbarte Flächen und Gewässer, wo sie ihre giftige Wirkung entfalten. Der Eintrag von Nährstoffen aus der Landwirtschaft und in geringerem Maße aus Siedlungsabwässern in Gewässer kann zu einer Eutrophierung führen. Diese geht oft mit Sauerstoffarmut und toxischen Blaualgenblüten einher und verringert die biologische Vielfalt. Nur knapp 10 % der Flüsse, Seen und Küstengewässer in Deutschland befinden sich in einem guten ökologischen Zustand. Die Vielfalt an Pilzen und Pflanzen des Waldbodens wird durch Stickstoffeinträge aus der Luft reduziert. Zudem kommt es zu kombinierten Einträgen verschiedener Schadstoffe, die in ihren Wechselwirkungen besonders schädlich für die Bodenbiodiversität sein können. → C5



Abbildung 12: Der Steinkrebs reagiert empfindlich auf Pflanzenschutzmittel. Einträge aus der Landwirtschaft in Fließgewässer zerstören seinen Lebensraum (Foto: Julian Taffner [Terra Aliens]). → 16

17. Von den mindestens 1.015 in Deutschland etablierten gebietsfremden Arten gelten 107 als invasiv, das heißt, sie nehmen in ihrer Menge zu und zeigen eine expansive Ausbreitung. Sie haben häufig einen negativen Effekt auf die einheimische Fauna und Flora und den Menschen. In Deutschland sind besonders große Flüsse und Küstengewässer von invasiven Arten betroffen. Diese wandern häufig über Flussmündungen und Kanäle ein oder werden über Schiffsverkehr und Aquakulturen eingeschleppt, was in Flüssen bereits zur Verdrängung einheimischer Arten geführt hat. In Lebensräumen sind in der Gruppe der Gefäßpflanzen verwilderte Gartenpflanzen, wie die Gartenbrombeere, Staudenknöteriche oder Herkulesstaude, sowie bei den Säugetieren verwilderte Pelztierarten wie Waschbär und Nutria von Bedeutung. Zudem haben unter anderem eingeschleppte Pilzkrankheiten eine große Relevanz. Sie bedrohen heimische Baumarten und damit die von ihnen abhängigen Lebensgemeinschaften und haben auch einen direkten Einfluss auf Tiere, insbesondere Amphibien und Insekten. Allerdings ist für Letztere der Wissensstand über die Auswirkungen mangelhaft. Neben den negativen Auswirkungen auf heimische Artengemeinschaften können invasive Arten auch förderlich für die biologische Vielfalt sein, was vor allem in Städten und Industriebrachen der Fall ist. → C6

18. Die Wirkungen verschiedener Treiber der Veränderung der biologischen Vielfalt können einander verstärken. So ist z. B. bekannt, dass Sauerstoffmangel infolge von Abwassereinleitungen bei einem gleichzeitigen Rückstau von Fließgewässern stärker ausfällt. Die extreme Dürre in den Jahren 2018–2020 und 2022 hat Bäume so stark geschwächt, dass die Schädigung invasiver Pilzarten verstärkt wurde. Bienen werden stärker von Pflanzenschutzmitteln geschädigt, wenn sie keinen Zugang zu vielfältigen Blütenressourcen haben. Aufgrund der Komplexität und Vielzahl möglicher Wechselwirkungen sind Vorhersagen derzeit mit starken Unsicherheiten behaftet. → C7

Welche Rahmenbedingungen bestehen für den Erhalt und die Förderung der biologischen Vielfalt?

19. Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen können positive Wirkungen entfalten, dürfen jedoch nicht isoliert betrachtet werden. Gesetze und Programme, die zur Förderung der biologischen Vielfalt entwickelt wurden, werden durch konkurrierende Instrumente für andere Sektoren (z. B. Energie, Land-

wirtschaft, Fischerei, Verkehr, Hochwasserschutz) in ihrer Wirkung stark eingeschränkt. Es gibt etliche Gesetze und Programme, die positiv auf die biologische Vielfalt wirken können, wie die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie), welche dem europaweiten Schutz gefährdeter Lebensraumtypen und Arten dient. Zudem fordern die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) die Erreichung eines guten ökologischen Zustands der Gewässer. Allerdings schränken andere politisch-rechtliche Treiber die positive Wirkung der Naturschutzpolitik auf die biologische Vielfalt in allen Lebensräumen ein. Beispielsweise werden über das wichtigste Förderinstrument der Agrarpolitik, die Gemeinsame Agrarpolitik der EU (GAP), auch Betriebe mit nicht ökologischer Landwirtschaft gefördert. Dadurch entstehen etwa durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldünger negative Effekte für die biologische Vielfalt. Gleichmaßen können erhöhte Fangquoten der Fischereipolitik die biologische Vielfalt in Küstengewässern verändern. Auch die Konkurrenz um Flächen schränkt die Förderung der biologischen Vielfalt ein. Zum Beispiel fördert die Immobilien- und Verkehrspolitik die Versiegelung von Böden für Haus- und Straßenbau. Auch die Energiepolitik beansprucht Flächen und verändert Lebensräume, wodurch nachteilige Effekte auf die biologische Vielfalt entstehen: Beispiele sind das Verbauen von Gewässern für Wasserkraftanlagen und der großflächige Anbau von Mais und Raps zur Gewinnung von Biogas und -kraftstoffen, welcher Fruchtfolgen und Strukturreichtum in Agrarlandschaften verringert. Konkurrenzen können reduziert werden, indem die biologische Vielfalt bei der Abwägung von Interessen auf höherer politisch-rechtlicher Ebene deutlicher berücksichtigt wird. Zudem sollten Gesetze und Programme über Sektorengrenzen hinweg entwickelt werden. → D1

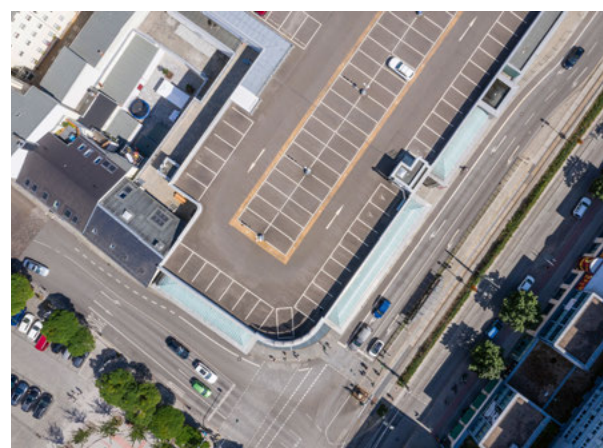


Abbildung 13: Durch anhaltend hohe Versiegelung sind natürliche Lebensräume in Städten rückläufig (Foto: Adobe Stock). → 19

20. Nicht beabsichtigte Effekte des politischen oder wirtschaftlichen Handelns können über Fernwirkungen (sogenanntes Telecoupling) negative Effekte auf die biologische Vielfalt in anderen Regionen der Welt auslösen. Diese Effekte müssen mit berücksichtigt und minimiert werden. Es gibt Beispiele für Verlagerungseffekte, bei denen wirtschaftliche Entwicklungen vor Ort zugleich negative Fernwirkungen für andere Regionen der Welt haben. Beispielsweise führt der verringerte Holzeinschlag in Deutschland zu einem Verlust von Waldhabitaten in Ländern mit niedrigerem Schutzstatus. Des Weiteren führt die Zunahme der Nutzung von Biokraftstoffen in Deutschland zu einer Ausweitung von artenarmen Ölpalmenmonokulturen in Indonesien. Solche Fernwirkungen sind in ein globales Gesamtkonzept der nachhaltigen Transformation einzubetten, damit festgelegte politische Ziele zur Förderung der biologischen Vielfalt auch global erreicht werden können (Policy Coherence for Development – PCD). → D2

21. Bislang haben wirtschaftliche und technologische Einflüsse häufig negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt gehabt. Geprüfte Zertifizierungssysteme und technische Innovationen können dem teilweise entgegenwirken und die biologische Vielfalt fördern. Die gegenwärtigen Methoden der gewerblichen Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft haben häufig negative Effekte auf die biologische Vielfalt. Wirtschaftliche Treiber können die biologische Vielfalt jedoch auch positiv beeinflussen, wenn verstärkt nachhaltige Produkte aus biodiversitätsfördernder Herstellung nachgefragt werden. Anzeichen für Konsumänderungen lassen sich beispielsweise dadurch erkennen, dass ein wachsender Teil der Bevölkerung in Deutschland regelmäßig Biolebensmittel nutzt (Stand 2022: ein Drittel) und zertifizierte Holzprodukte bezieht. So wird Nachhaltigkeit immer mehr zu einem bedeutsamen Produktionsfaktor



Abbildung 14: Produkte aus ökologischem Anbau sind heute in allen Supermärkten zu finden (Foto: Pixabay-ElasticComputeFarm). → 21

für Unternehmen. Zukünftig könnten sich technologische Innovationen fördernd auf die biologische Vielfalt auswirken. Zum Beispiel helfen digitale Anwendungen zur Berechnung von Düngergaben, Stoffeinträge in die Lebensräume zu reduzieren. Technologische Innovationen zur Nutzung von landwirtschaftlichen Nebenprodukten – wie die biotechnologische Produktion von Dämmstoffen – können ein zusätzliches Einkommen für ökologisch wirtschaftende Betriebe ermöglichen. Viele neue Technologien sind jedoch noch in der Erprobung, und es ist ungewiss, inwieweit sie dem weiteren Verlust der biologischen Vielfalt entgegenwirken können. → D2

22. Ein Großteil der Bevölkerung, insbesondere in urbanen Räumen, lebt mit wenig direktem Bezug zu naturnahen Ökosystemen und ihren Leistungen, wie der Lebensmittelproduktion. Angebote für Umweltbildung und Naturerleben können der Naturentfremdung und Unkenntnis über die Bedeutung der biologischen Vielfalt für unser Wohlergehen entgegenwirken. Ein gesellschaftliches Umdenken in Richtung Nachhaltigkeit in jüngerer Zeit übt wahrscheinlich eine fördernde Wirkung auf die biologische Vielfalt aus, auch wenn die Wirkungsketten häufig schwer nachzuvollziehen sind. Bildungsangebote zur Nachhaltigkeit, Angebote für Naturerlebnisse und nachhaltigen regionalen Tourismus unterstützen dies, indem sie biologische Vielfalt erlebbar machen und Wissen vermitteln (siehe 12). Medien können mit gut recherchierten Beiträgen zum Natur- und Artenschutz das Interesse an biologischer Vielfalt und indirekt die Emotionalisierung von Naturschutzthemen fördern. Dies zeigte sich in den letzten Jahren z.B. bei den Themen Insektenrückgang und Zustand des Waldes in Zeiten des Klimawandels. In Städten kann die Einrichtung von Umweltbildungszentren und Naturerfahrungsräumen einen Beitrag gegen die Naturentfremdung leisten. Veränderte Werte hin zu einer gesteigerten Wertschätzung der biologischen Vielfalt stellen einen Erklärungsansatz für den zurückgehenden Konsum von Fleisch und die zunehmende Nachfrage nach regionalen Produkten dar. Dabei wird die Nachfrage aber auch gleichzeitig von anderen makroökonomischen Entwicklungen beeinflusst, wie z.B. steigenden Energiepreisen. → D3

23. Das vermehrte Auftreten weiterer Krisen wie Kriege oder Pandemien lenkt die Aufmerksamkeit von der Biodiversitätskrise ab und kann andere Prioritäten politisch und gesellschaftlich in den Vordergrund rücken. Kommunikationsstrategien und -aktivitäten für den Biodiversitätsschutz müssen in Zeiten von

Mehrfachkrisen, die die Menschen finanziell und emotional belasten, kritisch reflektiert werden. Eine Möglichkeit hierfür ist, insbesondere die positiven Aspekte der biologischen Vielfalt und intakter Lebensräume hervorzuheben, etwa für die Gesundheit und den seelischen Ausgleich oder die Vorteile naturbasierter Lösungen für das menschliche Wirtschaften. → D4

Wie wirken konkrete Maßnahmen, um die biologische Vielfalt zu fördern?

24. Die Naturschutzpolitik strebt die Bewahrung und Förderung der biologischen Vielfalt durch verschiedene rechtliche und förderpolitische Instrumente an. Umsetzungs- und Vollzugsdefizite sowie eine fehlende Orientierung finanzieller Anreize an erzielten Ergebnissen schmälern deren Wirkung. Rechtliche Instrumente wie das Bundesnaturschutzgesetz oder die FFH-Richtlinie (siehe 19) regeln die Ausweisung von Schutzgebieten und die Bewirtschaftung der Landschaft nach Grundsätzen der guten fachlichen Praxis. Förderprogramme wie die Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) der GAP schaffen finanzielle Anreize für Maßnahmen zur Verbesserung der biologischen Vielfalt in der Landwirtschaft. Bislang werden diese Instrumente der Komplexität der Biodiversitätskrise nicht gerecht, da Lösungsansätze oft nur sektoral gedacht werden. Zudem berücksichtigen finanzielle Anreize oft nur die Durchführung einer Maßnahme, nicht aber deren Erfolg oder Effizienz. Als Folge erreicht die Naturschutzpolitik häufig ihre Ziele nicht, wie etwa bei der Umsetzung der WRRL, die vielerorts nicht zur Zustandsverbesserung von Gewässern geführt hat. Zugleich gibt es sowohl ein Umsetzungsdefizit von EU-Richtlinien in nationales Recht als auch ein Vollzugsdefizit der Umsetzung des

nationalen Rechts in der Praxis. Dies äußert sich z. B. bei der FFH-Richtlinie durch fehlende Ausarbeitung und Umsetzung von Maßnahmenkonzepten oder bei WRRL und MSRL durch langwierige Planungsverfahren. Um die Effizienz von Maßnahmen zu verbessern, sollten die Maßnahmenkonzepte stärker an die jeweiligen biologischen Lebensgemeinschaften und deren Funktionalität angepasst und Erfolge von Maßnahmen systematisch kontrolliert und entlohnt werden (siehe 28). Dies muss mit den Menschen vor Ort zusammen passieren, um lokale Akzeptanz zu schaffen (siehe 32). → E1

25. Die FFH- und die Vogelschutzrichtlinie sind bedeutende Instrumente als Grundlage für Flächen- und Artenschutzmaßnahmen. Sie leisten einen zentralen Beitrag zur Förderung der biologischen Vielfalt und legen die rechtliche Grundlage für das europaweite Schutzgebietsnetzwerk Natura 2000. Allerdings entfalten sie bei der aktuellen Umsetzungsweise nicht ihr volles Potenzial. So sind häufig die Qualität und die Art der andauernden Landnutzung innerhalb von FFH-Gebieten der Grund für einen ungünstigen Erhaltungszustand von Lebensraumtypen und Arten (siehe 1, 2). Dies zeigt, dass die in den Maßnahmen geforderte Nutzung oder deren Verzicht entweder nicht ausreichend präzise formuliert oder nicht ausreichend umgesetzt wurde (siehe 24). In Küstengewässern z. B. erschweren lange (teils internationale) Abstimmungs- und Entscheidungsprozesse die konkrete Umsetzung. Zudem hemmt eine geringe Flächengröße die Wirksamkeit von FFH-Gebieten: Nach Untersuchungen des *Faktencheck Artenvielfalt* wird der Erhaltungszustand von Lebensraumtypen mit zunehmender Flächengröße besser bewertet. Wenn ein hoher Erhaltungszustand und damit Habitatqualität gewährleistet werden kann, ist es allerdings günstiger, bei



Abbildung 15: In Naturschutzgebieten hat der Erhalt der biologischen Vielfalt Priorität, wie hier im Zadlitzbruch in der Dübener Heide, Sachsen (Foto: Josef Settele). → 24



Abbildung 16: Der Brutbestand der seltenen Beutelmeise ist stark zurückgegangen. Sie ist angewiesen auf die Unterschutzstellung von Feuchtgebieten (Foto: Heike Müller). → 25

einer Erweiterung des Schutzgebietssystems eher viele kleine als wenige große Gebiete zu etablieren. Kleinere Schutzgebiete lassen sich in der zergliederten Kulturlandschaft einfacher ausweisen und decken somit ein breiteres Portfolio von Lebensraumtypen ab. Viele schutzwürdige Arten sind mobil genug, um diese neu zu besiedeln. In Landlebensräumen werden FFH-Gebiete derzeit ohne Berücksichtigung der Bodenbiodiversität ausgewiesen. Schutzgebiete, die zur Förderung der oberirdischen biologischen Vielfalt ausgewiesen wurden, scheinen die Bodengesundheit kaum zu verbessern. → E2

26. Ein gezieltes Flächenmanagement fördert die biologische Vielfalt sowohl innerhalb als auch außerhalb von Schutzgebieten. Je nach Schutzgut kann die Anpassung oder Aufgabe einer Nutzungsform oder das Aufrechterhalten einer historischen Bewirtschaftung für den Erhalt von Biodiversität notwendig sein. Der Großteil der Fläche Deutschlands wird bewirtschaftet. Dies gilt vor allem für Flächen ohne Schutzstatus, jedoch auch für viele Schutzgebiete. Folglich ist ein standortangepasstes Flächenmanagement eine entscheidende Maßnahme zur Schaffung qualitativ hochwertiger Lebensräume für die biologische Vielfalt, insbesondere wenn dieses durch Gebietsausweisung langfristig gesichert wird. Zum Beispiel verringert ein reduzierter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft Belastungen im Agrar- und Offenland sowie in Binnen- und Küstengewässern. Bestandserhaltende Fischerei, das Belassen von Alt- und Biotopbäumen und Totholz im Wald sowie die Anlage und Pflege von Wildblumenwiesen in der Offenlandschaft sind weitere Beispiele für biodiversitätsförderndes Flächenmanagement. In urbanen Räumen hat die Anwendung extensiver Formen der Grünflächenpflege, wie einer schonenden und reduzierten Mahd, positive Auswirkungen auf die Artenvielfalt. Zudem müssen neue nachhaltige Landnutzungssysteme gefördert werden, die Schutz und Nutzung von biologischer Vielfalt vereinen. → E3

27. Einmalige Maßnahmen können als Impuls zur naturnahen Entwicklung und Verbesserung der Habitatqualität positiv auf die biologische Vielfalt wirken. Besonders wirksam sind das Einbringen von landschaftlichen Strukturelementen wie Hecken und Säumen, Renaturierungsmaßnahmen wie Deichrückbauten und Wiedervernässungen sowie die Wiederansiedlung von Arten. Diese Impulsmaßnahmen sind vor allem dann erfolgreich, wenn sie mit langfristigem Management und Schutz von Flächen gekoppelt sind. Es ist dabei zentral, dass standortangepasstes Management kontinuierlich

überprüft und bei Bedarf abgeändert wird. Insbesondere bei Maßnahmen zur Renaturierung und Wiederansiedlung ist es entscheidend, eine Evaluierungsphase nach der Umsetzung einzuplanen, da Erfolge und Misserfolge teilweise erst nach einigen Jahren sichtbar werden. → E4



Abbildung 17: Renaturierungsarbeiten an einem zuvor aufgestauten Bachlauf im Grünbachtal nahe Baden-Baden (Foto: Julia S. Ellerbrok). → 27

28. Um den Erfolg von spezifischen Maßnahmen bewerten und entlohnen zu können, sind die Finanzierung und Umsetzung anlassbezogener Erfolgskontrollen notwendig. Erfolgskontrollen von Maßnahmen sollten methodisch standardisiert mit einem wissenschaftlichen Design durchgeführt und ihre Ergebnisse öffentlich zugänglich gemacht werden. Nur so kann die Effektivität von Förderprogrammen evaluiert und zielgerichtet verbessert werden. Bei der Erfolgskontrolle sind die Auswirkungen auf Lebensraumtypen und Zielarten und auch auf weitere Artengruppen, die nicht Ziel der Maßnahmen waren, einzubeziehen. Ebenso sollten der unmittelbare sozioökonomische und ökologische Kontext sowie längerfristige Entwicklungen bei der Wirkung der Maßnahmen betrachtet werden. Maßnahmen-erfolge sollten ergebnisorientiert finanziell entlohnt und die Kontrolle von Maßnahmen sowie deren Erfolg in politische Rahmenbedingungen integriert werden. → E5

Wie erzeugen wir Handlungsbereitschaft für die Bewahrung und Förderung der biologischen Vielfalt?

29. Um dem Verlust der biologischen Vielfalt entgegenzuwirken, ist ein transformativer Wandel, der bestehende Systeme, Institutionen und Praktiken hinterfragt, im Rahmen der grundgesetzlichen Ordnung möglich und notwendig. Um einen solchen Wandel zu erreichen, muss es einen Diskurs über die Zukunftsvorstellungen geben (siehe 30). Er wird ermöglicht durch

das Wissen über die sozialökologischen Zusammenhänge und einen ausgewogenen Umgang mit der Dynamik, die ein Wandel mit sich bringt. In der derzeitigen behördlichen Planung wäre ein Perspektiven- und Paradigmenwechsel hin zu einer integrierten (nicht sektoralen; siehe 19), am Gemeinwohl orientierten und sozial gerechten Strategie des Biodiversitätsschutzes dienlich. Diese Neuausrichtung muss im Rahmen der freiheitlich-demokratischen Grundordnung erfolgen. Selbstverantwortliches Handeln muss ermöglicht werden und benötigt eine kreative Beteiligungskultur unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen. Das für den Wandel notwendige komplexe Zusammenwirken staatlicher und nicht staatlicher Steuerungsstrukturen, die sogenannte Governance, muss dabei gleichzeitig informiert, anpassungsfähig, integrierend und rechenschaftspflichtig sein, und sie muss alle gesellschaftlichen Gruppen einbinden, also inklusiv sein. → F1, F7



Abbildung 18: Umweltbildung und Bürger:innenbeteiligung vermitteln und verhandeln Wissen und Werte (Foto: Adobe Stock). → 29

30. Die bloße Vermittlung von Wissen ist nicht ausreichend für einen transformativen Wandel. Eine Verknüpfung von Wissen und Werten ist notwendig. Hierbei sind Visionen hilfreich, die verschiedene Werte und Beweggründe für Biodiversitätsschutz reflektieren. Die drei zentralen Begründungen sind »Natur für Natur«, die den intrinsischen Wert der Natur mit eigenen Rechten in den Mittelpunkt stellt, »Natur für Gesellschaft«, die den Nutzen der Natur für Menschen und die Gesellschaft in den Vordergrund stellt, und »Natur als Kultur«, die auf der engen Verbindung von menschlichen Kulturen und Traditionen mit der Natur bei der Gestaltung von Kulturlandschaften beruht. Alle drei Beweggründe können mit ihren unterschiedlichen Priorisierungen in Visionen gesellschaftlichen Wandels münden. Die Zukunftsvorstellungen sollten räumlich groß (Landschaftsebene) und integrativ (sozialökologisch) entwickelt werden. → F2

31. Positive Veränderungen im Sinne der biologischen Vielfalt sind oft durch die effektive Nutzung von Gelegenheitsfenstern geprägt. Diese sind nicht exakt planbar, können aber in gewissen Grenzen antizipiert werden (z.B. Regierungswechsel, Stimmungswechsel nach Umweltkatastrophen, technologische und wissenschaftliche Durchbrüche). Es bietet sich an, mit evidenzbasierten Konzepten strategisch und kommunikativ vorbereitet zu sein. Dafür ist es hilfreich, neue Nachhaltigkeitslösungen proaktiv und fortgesetzt mit der Gesellschaft zu verhandeln und sich dabei vor allem mit Nichtwissen und strittigem Wissen auseinanderzusetzen. Ein solcher Diskurs ist die Voraussetzung dafür, negativ wirkende indirekte Treiber frühzeitig in den Blick zu nehmen und ehrgeizige Biodiversitätsziele zu erreichen, wenn sich Gelegenheitsfenster öffnen. → F3, F4

32. Widerstände gegen den transformativen Wandel können nicht nur durch finanzielle Anreize aufgelöst werden, sondern auch durch das Angebot der Mitbestimmung. Finanzielle Anreize können in der Umbruchphase alternative Einkommensquellen erschließen, wie sie sich beispielsweise aus der Kombination von Naturschutz und Tourismus ergeben. Dadurch entsteht bei den Beteiligten eine neue professionelle Expertise und persönliches Interesse (Ownership), wodurch sie auch zur Verbreitung der Idee beitragen (Multiplikatorenwirkung). Dies kann durch Öffentlichkeitsarbeit und Bildung zur biologischen Vielfalt unterstützt werden. Das Angebot zur Mitbestimmung bei der Gestaltung von Nutzungskonzepten und Planungsprozessen kommt dem fundamentalen Wunsch nach Engagement und Selbstwirksamkeit entgegen und kann Widerstände auflösen. → F4



Abbildung 19: Wandern in der Sächsischen Schweiz. Eine Kombination von Naturschutz und Tourismus kann finanziell attraktiv sein und einen transformativen Wandel unterstützen (Foto: Jori Maylin Marx). → 32

33. Kennziffern der biologischen Vielfalt und ihrer Ökosystemleistungen müssen Eingang in die Gesamtbilanzen von Volkswirtschaften und Unternehmen finden. Bislang berücksichtigt die klassische Wirtschaftsberichterstattung ökologische und soziale Folgekosten unseres Wirtschaftens nur unzureichend. Intakte Ökosysteme mit ihrer biologischen Vielfalt tauchen als Grundlage materiellen und ideellen Wohlstands darin nicht auf. Umweltökonomische Gesamtrechnungen für Volkswirtschaften und Unternehmen, die biologische Vielfalt und ihre Leistungen einbeziehen und so eine ökonomisch-ökologische Berichterstattung ermöglichen, bieten eine wichtige Basis für politische Entscheidungen und die Unternehmenssteuerung. Daraus ergeben sich wichtige positive Rückkopplungen auf den gesellschaftlichen Diskurs. Ein solches Berichtswesen ist inzwischen verbindlich, die praktische Ausgestaltung und Anwendung sind jedoch teils noch offen. → F5

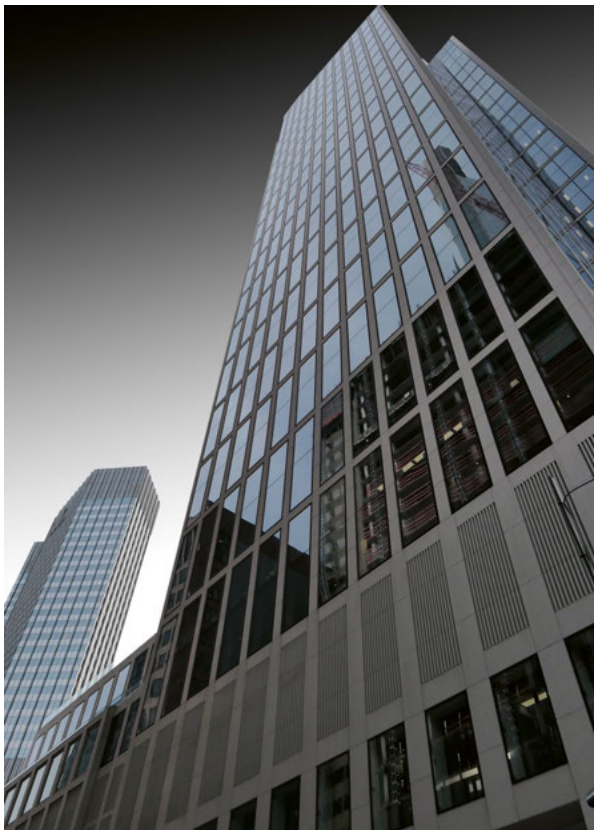


Abbildung 20: Seit 2023 müssen Unternehmen und Finanzinstitute über ihre Auswirkungen auf und Abhängigkeiten von Ökosystemen berichten (Corporate Sustainability Reporting Directive der EU). Frankfurt (Foto: Pixabay-günther). → 33

34. Biodiversitätsschutz kann verbindlicher gemacht werden, wenn er an hochrangige Rechte, zum Teil auf Verfassungsebene, geknüpft wird. Die gesellschaftliche Aushandlung kann als Ergebnis enthalten, neue

Rechtskonstruktionen zu schaffen, die in Zukunft Klagen im Sinne der Bewahrung und Förderung der biologischen Vielfalt ermöglichen. So könnten im Grundgesetz ein Menschenrecht auf gesunde Umwelt und ein Eigenrecht der Natur verankert werden. → F6

35. Alle gesellschaftlichen Akteure können einen transformativen Wandel unterstützen: zivilgesellschaftliche Organisationen, Bildungseinrichtungen, Wissenschaft, Unternehmen, Akteure in Politik und Verwaltung, aber auch jede:r Einzelne. Akteuren in Politik und Verwaltung kommen bedeutende Rollen bei der Unterstützung des transformativen Wandels zu. Besonders erfolgversprechend sind neue institutionelle Strukturen in der Verwaltung und Zusammenschlüsse unterschiedlicher Akteursgruppen in Vereinen und Initiativen, als Netzwerke oder anderweitige Allianzen. → F4, F8

Was sind die positiven Wirkungsketten, die eine Trendumkehr bewirken können?

36. Eine Trendumkehr wird am ehesten ermöglicht, wenn sie durch verschiedene Beweggründe, sich für biologische Vielfalt einzusetzen, getragen wird. Biologische Vielfalt kann um ihrer selbst willen gefördert werden, aufgrund ihres Nutzens für die Gesellschaft oder wegen ihrer kulturellen Bedeutung (siehe 30). Diese verschiedenen Beweggründe können verstärkt werden, indem die Bedeutung von Biodiversität und Handlungsalternativen vermittelt wird. Mitbestimmungsmöglichkeiten bei der Ausgestaltung von Instrumenten und Maßnahmen und ein verbindlicher rechtlicher Rahmen für deren Umsetzung sind ebenfalls wichtig. → G1, G2



Abbildung 21: Biologische Vielfalt ist Teil unseres kulturellen Erbes: »Das Mohnfeld bei Argenteuil« des französischen Impressionisten Claude Monet (1840–1926) zeigt die Schönheit einer artenreichen Ackerbegleitflora (Foto: Adobe Stock). → 36

37. Am vielversprechendsten für die biologische Vielfalt über alle Lebensräume hinweg ist die Extensivierung der Land-, Gewässer- und Meeresnutzung. Diese geht einher mit einer Erhöhung der strukturellen Vielfalt und einer Reduktion der Nährstoffeinträge.

Dadurch werden für zahlreiche Arten geeignete Lebensbedingungen geschaffen, die konkurrenzschwach und auf nährstoffarme Substrate angewiesen sind. Auch Habitatspezialisten, die bestimmte Strukturen benötigen, profitieren dadurch direkt oder indirekt. → G3, G4

38. Es gibt bewährte Maßnahmen zur Förderung von biologischer Vielfalt. Diese können weiterentwickelt

und gezielter eingesetzt werden, um dem Biodiversitätsverlust erfolgreich entgegenzuwirken. Dazu zählen über alle Lebensräume hinweg naturbasierte Lösungen, eine Ausweitung des Schutzgebietssystems, die Renaturierung verloren gegangener Habitattypen sowie innovative biodiversitätsfördernde Technologien der Landnutzung, die biologische Vielfalt gezielt zur Erhöhung und Stabilisierung der Leistungsfähigkeit unserer Ökosysteme einsetzen. Einige Maßnahmen fördern Ökosystemleistungen direkt, die meisten entfalten ihre Wirksamkeit indirekt über die biologische Vielfalt. → G5, G6

Forschungsbedarfe

Die umfassende Sichtung des Wissensstands im *Faktencheck Artenvielfalt* erlaubt es uns, Wissenslücken zu erkennen und daraus Forschungsbedarfe abzuleiten. → H1–4

Um **Trends der biologischen Vielfalt** besser erfassen und erklären zu können, sind folgende Innovationen und Maßnahmen notwendig:

- eine groß angelegte Mobilisierung vorhandener Monitoringdaten nach FAIR-Prinzipien und deren harmonisierte Analyse;
- ein kohärentes Monitoringdesign mit hoher Repräsentanz und statistischer Aussagekraft für alle Lebensräume;
- die schnelle Entwicklung automatisierter Monitoringmethoden zur Einsatzreife;
- die Erfassung und Bereitstellung aller relevanten Treiber- und Umweltdaten, ohne die Ursache-Wirkungs-Beziehungen nicht analysiert werden können;
- ergänzende experimentelle Ansätze zur Ursachenforschung;
- die Entwicklung eines Datenassimilationssystems, mit dem statistische und mechanistische Modelle Prognosen der Entwicklung der biologischen Vielfalt auf unterschiedlichen Zeitskalen machen können. → H1

Um die **Wirkung der biologischen Vielfalt** für uns Menschen besser zu verstehen, schlagen wir folgende Schritte vor:

- die Ergänzung von Monitoringprogrammen mit Schnellverfahren für die Erfassung einer breiten Palette von Ökosystemleistungen;
- die Stärkung der Forschung zu kulturellen Ökosystemleistungen u. a. mit digitalen Methoden der Computerlinguistik;
- einen stärkeren Brückenschlag zur medizinischen Forschung mit Kohortenstudien und experimentellen Ansätzen, um die Wirkung von biologischer Vielfalt auf die Gesundheit von Mensch und Natur zu verstehen (»One Health«);

- den Aufbau eines Versuchswesens und die Entwicklung innovativer Technologien, um neue Landnutzungssysteme zu entwickeln, die biologische Vielfalt zur Erhöhung und Stabilisierung der Leistungsfähigkeit gezielt einsetzen und fördern. → H2

Um Maßnahmen zur **Förderung der biologischen Vielfalt** effizienter zu machen, schlagen wir folgende Elemente vor:

- eine systematische Nachuntersuchung gut dokumentierter Maßnahmen früherer Jahre, um die relevante Langzeitwirkung zu erfassen und zu verstehen;
- den Aufbau einer umfassenden Datenbank nach FAIR-Prinzipien mit Evaluierungsergebnissen durchgeführter Maßnahmen und eine Fortschreibung derselben für neue Maßnahmen als Basis für einen evidenzbasierten Naturschutz (analog zu conservationevidence.com);
- die Entwicklung eines Systems zur Selbstevaluierung für privatwirtschaftliche Landnutzer:innen als Basis für eine erfolgsorientierte Gewährung zusätzlicher Fördermittel.
- die inter- und transdisziplinäre Forschung zur Etablierung eines multifunktionalen Flächenmosaiks. → H3

Zur **Beschleunigung des transformativen Wandels** sind folgende Komponenten zentral:

- die Etablierung von Reallaboren auf Landschaftsebene, in welchen Landnutzer:innen, gesellschaftliche Akteure und die Wissenschaft gemeinsam den transformativen Wandel erproben;
- die systematische Entwicklung einer Begleitforschung zu Wandlungsprozessen und generell die Förderung der Methodenentwicklung in der transformativen Wissenschaft;
- Forschung im Bereich der Rechtswissenschaften zum Potenzial neuer rechtlicher Prinzipien (Menschenrecht auf gesunde Umwelt, Eigenrecht der Natur);
- Stärkung der Forschung zur Implementierung und Wirkung umweltökonomischer Gesamtrechnungen (UGR). → H4

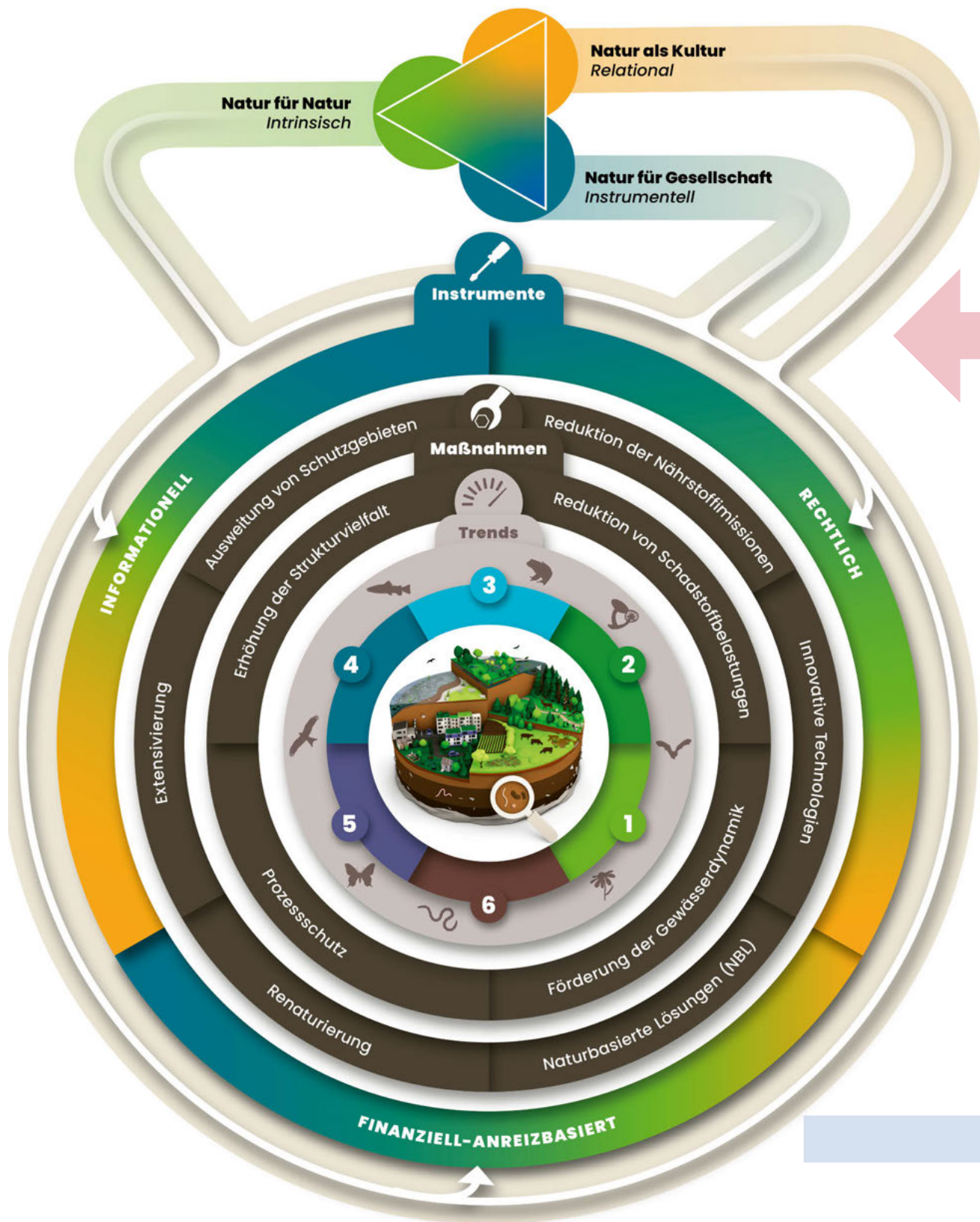


Abbildung 22: Eine Trendwende für die biologische Vielfalt in Agrar- und Offenland (1), Wald (2), Binnengewässer und Auen (3), Küste und Küstengewässern (4), Urbanen Räumen (5) und Boden (6). Linke Seite: Die biologische Vielfalt wird durch ein Zusammenspiel verschiedener gesellschaftlicher Prozesse beeinflusst. Durch die zentralen Begründungen »Natur für Natur«, »Natur für Gesellschaft« und »Natur als Kultur« motiviert, wirken informationelle, finanziell-anreizbasierte und rechtliche Instrumente über verschiedenste Maßnahmen auf Trends der biologischen Vielfalt in allen Lebensräumen. In Summe kann dies zu einer Trendwende hin zu einer Reduktion negativer Biodiversitätsentwicklungen (Beispiele rechte Seite, rot) und einer Vermehrung positiver Biodiversitätsentwicklungen (Beispiele rechte Seite, blau) führen.

Fotos: Helge Bruelheide (rot 1, 2; blau 1, 2, 3), Niteshift, CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons (rot 3), Jörg Freyhof (rot 5), Dorothee Hodapp (rot 4), Pixabay (rot 6, blau 4), Botanischer Garten der Universität Leipzig (blau 5, 6).

1



69 %

der Offenland-Biototypen gelten als langfristig gefährdet. 80 % davon nehmen immer weiter ab, z. B. artenreiche Äcker, intakte Hochmoore sowie Grünland nasser bis feuchter Standorte.

2



5 %

erhöhte Baumsterblichkeit entstand von 2018 bis April 2021 durch Dürre und Hitze. Kommen eingeschleppte Pilzkrankheiten und Arten wie der Borkenkäfer hinzu, drohen große Verluste.

3



200.000

Querbauwerke und 7.000 Kleinwasserkraftwerke schränken die Durchgängigkeit der Fließgewässer ein, mit Folgen für Fische, Insekten, Kleinkrebse und Wasserpflanzen.

4



9,3 %

der Meeresboden-Lebensraumtypen der Nordsee gelten als vollständig vernichtet. Dazu gehören Seegraswiesen auf ebenem Sandgrund sowie Bänke der Europäischen Auster.

5

4039 km²

wurden zwischen 1992 und 2021 neu versiegelt. Restflächen werden zunehmend isoliert, mit negativen Effekten vor allem für Amphibien, Libellen, Reptilien, Wildbienen und Heuschrecken.

6



30.000 t

Pflanzenschutzmittel werden jährlich ausgebracht. Im Boden können sie hohe Konzentration erreichen und schädigen Bodenlebewesen, Bestäuber und andere Nützlinge.

1



13,4 %

betrug der Anteil an Agrar- und Offenlandflächen mit hoher struktureller und biologischer Vielfalt 2022. Diese Flächen bieten wichtige Lebensräume für Arten des Offenlands.

2



18 %

Totholz kam zwischen 2002 und 2012 pro Hektar Wald durch aktive Anreicherung und Störungsereignisse hinzu. Ein Drittel der Waldarten ist von Totholz abhängig.

3



7000 ha

Überflutungsflächen wurden in den vergangenen 20 Jahren durch Renaturierungen zurückgewonnen, wovon autotypische Lebensgemeinschaften profitieren.

4



2290

adulte Kegelrobben wurden 2022 in der Nordsee gezählt. Die Bestände erholen sich langsam, nachdem die Jagd verboten wurde, die sie in den 1980er-Jahren fast ausgerottet hatte.

5



96 %

von knapp 400 befragten Kommunen gaben an, dass sie urbane Blühflächen angelegt haben. Blühflächen aus gebietseigenem Saatgut bieten Nahrung für Insekten.

6



5–10 %

der neu errichteten Dachflächen werden begrünt. Gründächer schaffen Lebensräume für Schnecken, Spinnen, Zikaden, Käfer und andere bodenbewohnende Insekten.

Hintergrund – Erläuterungen zu den Kernaussagen

A Status und Trends

A1. Über alle Lebensräume hinweg lassen sich für zahlreiche Lebensraumtypen ungünstige Erhaltungszustände und negative Trends feststellen ● (siehe Box unten). In den Lebensräumen (Agrar- und Offenland, Wald, Binnengewässer und Auen, Küste und Küstengewässer und urbane Räume) weisen rund 60 % der Lebensraumtypen einen ungünstigen bis schlechten Erhaltungszustand auf. Betrachtet man die verschiedenen Biotoptypen der Roten Liste, so gelten 65 % als langfristig gefährdet, 40 % davon zeigen eine negative Entwicklungstendenz. Auch die an diese Lebensraumtypen gebundenen Arten zeigen größtenteils die gleichen ungünstigen Trends (A2). Besonders dramatisch ist die Situation im Grünland in Nordwestdeutschland, in der kein einziger Lebensraumtyp einen günstigen Erhaltungszustand aufweist {3.2.2.5}. Alle Hochmoorlebensraumtypen zeigen einen ungünstigen bis schlechten Erhaltungszustand, der Trend weist fast ausnahmslos eine weitere Verschlechterung aus. Naturnahe, intakte Hochmoore sind von der vollständigen Vernichtung bedroht und zeigen lediglich im alpinen Raum und in den Mittelgebirgen noch teilweise einen günstigen Erhaltungszustand. Stark gefährdet sind auch Lebensraumtypen, die nicht unter die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) fallen, wie z. B. artenreiche Äcker. 69 % der Offenlandbiotoptypen gelten als langfristig gefährdet,

davon zeigen 80 % eine negative Entwicklungstendenz {3.2.2.3}. Im Wald weisen fast zwei Drittel der Lebensraumtypen eine – wenn auch unterschiedlich hohe – Gefährdung auf, wobei ein Drittel davon stark gefährdet bis akut von vollständiger Vernichtung bedroht ist, wie z. B. Moorwälder, Auwälder und Flechten-Kiefernwälder. Zu den Lebensraumtypen mit positiven Trends des Erhaltungszustandes zählen unter anderem die Buchenwälder, wobei die Dürrejahre 2018–2020 auch in Buchenwäldern zu erheblichen Schäden geführt haben {4.2.2.1}. Bei den terrestrischen und aquatischen Lebensraumtypen der Binnengewässer und Auen haben 70 % einen ungünstigen Erhaltungszustand. Als besonders schlecht wird der Zustand der Binnengewässer und Feuchtgebiete eingeschätzt, insbesondere der Niedermoore, Sümpfe und Quellen. Mit Stand 2021 verfehlten rund 92 % der gemäß Wasserrahmenrichtlinie überwachten Bäche und Flüsse in Deutschland den guten ökologischen Zustand. Auch die Weichholz- und Hartholzaunen entlang von Fließgewässern befinden sich in einem ungünstigen bis schlechten Erhaltungszustand. 77 % der Gewässerbiotoptypen gelten als langfristig gefährdet, davon 45 % mit negativer Entwicklungstendenz {5.2.2.1, 5.2.2.2}. Sowohl in Nord- als auch Ostsee ist die Situation der Lebensraumtypen prekär. Zwölf Meeresbodenlebensraumtypen (d. h. die des Benthals) der Nordsee gelten als vollständig vernich-

	wenig untersucht	gut untersucht
Ergebnisse stimmen überein	Noch nicht vollständig nachgewiesen 	Allgemein anerkannt 
Ergebnisse kontrovers	Offen 	Ungelöst 

Vertrauensniveaus: Die Vertrauensniveaus ermöglichen das Abschätzen der Studienlage, vor allem quantitativ, aber auch qualitativ, bezüglich der Aussagen bzw. der aus den Studien gewonnenen Erkenntnisse. So gilt eine Aussage als »allgemein anerkannt«, wenn durch eine größere Anzahl an Studien und/oder durch eine höhere Qualität derselben (z. B. Nutzung verschiedener methodischer Ansätze, hohe Anzahl an Wiederholungsmessungen) sowie eine hohe Übereinstimmung der Studienergebnisse die Aussage als gesichert angesehen werden kann. »Noch nicht vollständig nachgewiesen« beschreibt Aussagen, zu denen die Studien im Allgemeinen übereinstimmen, jedoch nur eine begrenzte Anzahl vorliegt. Zu »ungelösten« Aussagen liegen mehrere Studien vor, die jedoch zu deutlich unterschiedlichen Erkenntnissen kommen.

Verweise: Die in geschweiften Klammern gesetzten Verweise (z. B. {2.1, 5.8}) beziehen sich auf die entsprechenden Abschnitte im Hauptbericht des *Faktencheck Artenvielfalt*, in denen die Thematik behandelt wird. www.oekom.de/9783987260957

tet, u. a. die Seegraswiesen auf ebenem Sandgrund sowie Bänke mit der Europäischen Auster. Im Benthos der Ostsee besteht nur für knapp die Hälfte der Lebensraumtypen aktuell kein Verlustrisiko, ein Viertel hingegen gilt als gefährdet bis stark gefährdet. Bei den Küstenbiotoptypen sind 88 % der ausgewerteten Flächen langfristig gefährdet. Nur für einen geringen Teil der Küstenlebensraumtypen gilt aktuell kein Verlustrisiko, beispielsweise für das Salzgrünland der Nordsee {6.2.2.1}. In den urbanen Räumen existieren verschiedene Elemente der grünen und blauen Infrastruktur (z. B. Parks, Wälder bzw. Gewässer), die Reste ursprünglicher, naturnaher und kulturlandschaftlich geprägter Lebensräume umfassen. Durch anhaltende Versiegelung (C1) {2.3.3}, insbesondere in städtischen Randlagen, aber auch in vielen Zentren, sind in Summe natürliche Komponenten im Stadtumfeld rückläufig. Dies gilt allerdings nicht für alle Typen der urbanen grünen Infrastruktur und nicht für alle Städte – Trends variieren in verschiedenen Regionen Deutschlands deutlich. Über bestimmte urbane Naturelemente, wie unversiegelte Brachen und Sukzessionsflächen (inklusive Industrienatur), gestaltete Grünflächen oder Gebäudebegrünung, liegen zurzeit keine ausreichenden Daten zu Trends vor {7.4.3}.



Abbildung 23: Viele Auwälder Deutschlands werden nur noch selten überflutet, wie hier der Leipziger Auwald während des extremen Hochwassers von Pleiße und Elster im Jahr 2013. Das letzte Hochwasser davor ereignete sich 1954. Regelmäßige Hochwässer sind aber nötig, um den wertvollen Lebensraum der Hartholzauwälder und seine biologische Vielfalt langfristig zu erhalten (Foto: Carolin Seele-Dilbat). → A1



Abbildung 24: Urbane Naturelemente, wie der Landschaftspark Duisburg-Nord, bieten wertvolle Rückzugs- und Entfaltungsräume für die biologische Vielfalt in Städten. (Foto: Peter Keil). → A1

A2. Die Roten Listen Deutschlands dokumentieren auf wissenschaftlicher Grundlage den Gefährdungsgrad von Tieren, Pflanzen und Pilzen. Derzeit stellen die Roten Listen die beste Möglichkeit dar, aus unvollständigen und uneinheitlichen Daten eine Einschätzung der Bestandsgrößen und -trends von Arten abzuleiten. Von den etwa 72.000 in Deutschland einheimischen Tier-, Pflanzen- und Pilzarten wurden bislang etwa 40 % auf ihre Gefährdung hin untersucht. Fast ein Drittel aller in den Roten Listen bewerteten Arten gelten als bestandsgefährdet, das heißt, sie sind vom Aussterben bedroht oder stark gefährdet, etwa 3 % gelten als ausgestorben ●. Die rund 650 Autor:innen der verschiedenen Roten Listen sind überwiegend ehrenamtlich tätige Expert:innen, die für die jeweilige Artengruppe alle verfügbaren Bestandsdaten zusammentragen und diese durch Informationen der Naturschutzbehörden der Länder, der jeweiligen Fachgesellschaften, Sammlungen der Naturkundemuseen und andere Quellen ergänzen. Die daraus abgeleiteten Bestandsgrößen und -trends werden dann Schätzklassen zugeordnet. Das Rote-Liste-Zentrum koordiniert die Planung und Redaktion der bundesweiten Roten Listen zu mehr als 60 unterschiedlichen Artengruppen und ist zusammen mit dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) Herausgeber der Listen. Die kurz- und langfristige Bestandsentwicklung ist bei vielen Arten der Roten Liste in Deutschland negativ. Über alle Lebensräume hinweg zählen Reptilien und Amphibien zu den am stärksten gefährdeten Tiergruppen. Insgesamt sind 69 % der bewerteten Reptilienarten und 50 % der Amphibienarten gefährdet. Etwa 41 % der Säugetierarten, 43 % der Vogelarten, 42 % der Süßwasserfischarten und -neunaugen und 18 % der Meeresfische und -neunaugen sind gefährdet {2.1.3.2, 3.2.2.9, 4.2.2.2, 5.2.2.1, 6.2.2.2}. Für viele Arten der nicht kommerziell genutzten Fische ist

die Datenlage nicht ausreichend, um eine Einschätzung der Gefährdung vorzunehmen {5.2.2.2}. Auch bei den Wirbellosen ist aufgrund fehlender Daten nicht für alle Gruppen eine Einschätzung möglich. Unter den gut dokumentierten Wirbellosen sind besonders Arten in den Gruppen der Ameisen (52 %), Bienen (48 %) und Tagfalter inkl. Widderchen (41 %) gefährdet {2.1.3.2, 3.2.2.10}. Von den Farn- und Blütenpflanzen und Moosen ist ca. ein Viertel gefährdet {2.1.3.2}. Besonders viele Arten der baumbewohnenden Flechten sind gefährdet oder bereits ausgestorben {4.2.2.2} (aber siehe C5). Für viele Arten der Pilze sind die Daten nicht ausreichend, um eine Gefährdungseinschätzung vorzunehmen {2.1.3.2, 4.2.2.2}. Positive Bestandstrends zeigen sich für einzelne Arten

innerhalb der gut dokumentierten Gruppen der Libellen, Säugetiere und Vögel {5.2.2.1, 6.2.2.2, 4.2.2.2}. Sind diese Arten allerdings auf Lebensräume angewiesen, die stark belastet oder bedroht sind, so sind die Trends in diesen Gruppen auch häufig negativ. So gibt es Abnahmen bei typischen Vogelarten des intensiv genutzten Agrar- und Offenlandes und der urbanen Räume {3.2.2.9, 7.2.2.1}. Bei den häufigen Waldvogelarten zeigten sich Zunahmen {4.2.2.2} (Abb. 25). Unter den marinen Arten gelten alle Säugetiere, 16 % der Wirbellosen und 15 % der Makroalgen als gefährdet {6.2.2.2}. Der Rückgang der genetischen Vielfalt innerhalb der Arten betrifft nicht nur die verschiedenen Artengruppen, sondern auch die kultivierten Pflanzenarten. Hier ist ein

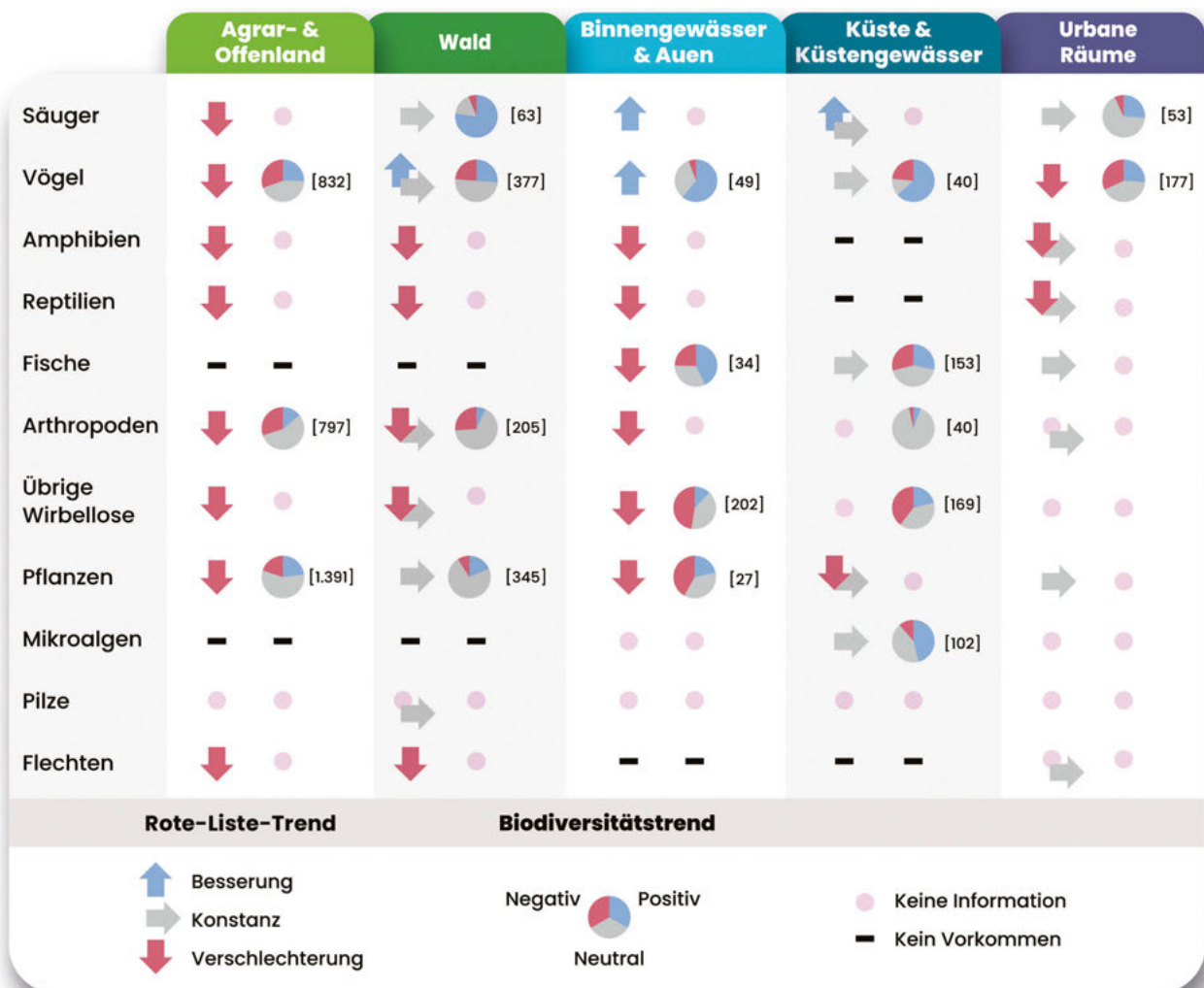


Abbildung 25: Kurzfristige Bestandstrends der Roten Listen von Organismengruppen, die in den verschiedenen Lebensraumkapiteln detailliert betrachtet werden. Die Farben der Pfeile zeigen einen positiven (blau), stabilen (grau) oder negativen (rot) Bestandstrend. Für einige Gruppen ließ sich kein deutlicher übergeordneter Trend nennen. In diesen Fällen sind zwei Pfeile angegeben. Die Tortendiagramme zeigen die auf Literaturrecherche und Datenerhebungen basierenden und mittels der Methoden des Weighted Vote Count (siehe A4 und Box A) berechneten prozentualen Anteile der gerichteten (positiven und negativen) und neutralen Trends zu Abundanz. In eckigen Klammern wird jeweils die Anzahl der Trends angegeben, die in die Abundanztrendanalysen eingegangen sind. Kleine hellrote Kreise stehen für Organismengruppen, für die keine lebensraumspezifischen Informationen aus Roten Listen extrahiert werden konnten oder nur eine geringe Zahl an Trends aus Literatur und Datenerhebungen gefunden wurde. Organismengruppen, die in einem Lebensraum nicht vorkommen, sind gekennzeichnet mit einem Minuszeichen »—«. Die Wirbellosen wurden in den Trendanalysen in zwei Gruppen aufgeteilt: Gliederfüßer (Arthropoda) und andere Wirbellose (z. B. Schnecken, Muscheln, Benthos). → A2, A4

Verlust vieler Sorten zu befürchten, die aber ein wertvolles genetisches Potenzial für sich ändernde Umweltbedingungen darstellen {3.2.2}. Aufgrund der Datenlage werden Rote Listen für Bodenfauna derzeit kaum erstellt, es gibt aktuell Einschätzungen der Landasseln und Vielfüßer (Myriapoda). Laut Untersuchungen ist von einer Abnahme der Dichte der Bodenfauna bei der Intensivierung der Landwirtschaft auszugehen {8.2.1, 8.3.1, 8.3.3}. Für Mikroorganismen fehlen Rote Listen generell {8.2.1}. Deutschland hat eine besondere Verantwortung für die Erhaltung von Arten mit bedeutenden Vorkommen in Deutschland (kurz »Verantwortungsarten«), wozu insbesondere die fast ausschließlich in Deutschland vorkommenden Arten (»Endemiten«) zählen. Zu den Verantwortungsarten zählen beispielsweise der Rotmilan, der Gartenschläfer, die Gelbbauchunke oder die in Brandenburg endemische Fontane-Maräne. Weitere Endemiten in Deutschland sind beispielsweise die Schwäbische Grasschnecke, das Bodensee-Vergissmeinnicht oder der Badische Riesenregenwurm {2.1.3.3}.

A3. Neben gesetzlich vorgeschriebenen, institutionell durchgeführten Monitoringprogrammen gibt es in Deutschland zahlreiche weitere Erhebungen von Daten zu Biodiversitätstrends, die von Behörden, Forschungsinstituten und, ehrenamtlich organisiert, von Vereinen, Fachgesellschaften oder Verbänden durchgeführt werden. Die räumliche und zeitliche Abdeckung ist jedoch sehr heterogen und weist teils erhebliche Informationslücken in den verschiedenen Lebensräumen und Organismengruppen auf ●. Während die Daten eine Einordnung in Rote-Listen-Kategorien durch Expert:innenvotum ermöglichen (A2), sind sie für eine statistische und räumlich explizite Auswertung kaum verwendbar. Letztere erfordert ein systematisches Monitoring der biologischen Vielfalt in Deutschland. Ein Monitoring liefert kontinuierlich oder in definierten Zeiträumen regelmäßig Daten, die nach standardisierten Methoden erhoben werden und somit zeitlich und räumlich vergleichbar sind {2.1.1}. Idealerweise werden zeitgleich sowohl Maßzahlen der biologischen Vielfalt als auch Einflussgrößen erhoben, die die Änderung der biologischen Vielfalt antreiben können (»Treiberdaten«, z. B. Klimadaten, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Ausweisung von Schutzgebieten) (C1 – C7). Nur mit Treiberdaten lassen sich die Ursachen des Wandels analysieren {2.3}. Zu den in Deutschland gesetzlich vorgeschriebenen und institutionell durchgeführten Monitoringprogrammen gehört vor allem das vom BfN koordinierte Monitoring der FFH-Lebensraumtypen und der Arten der FFH-An-

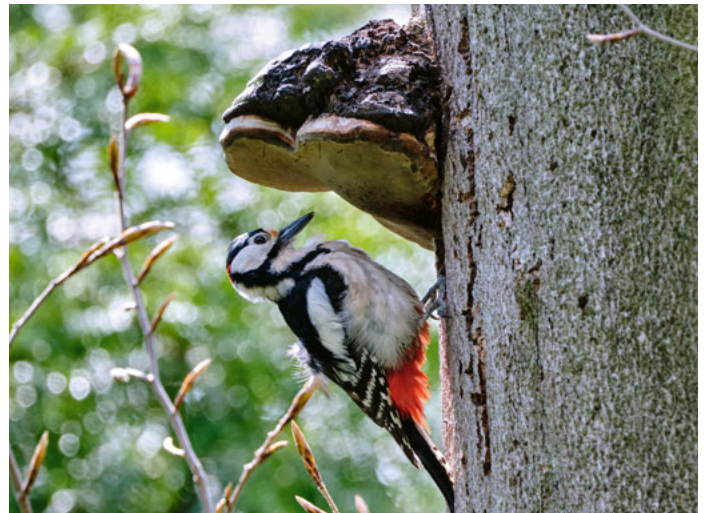


Abbildung 26: Für Brutvögel besteht eine gute Datenlage dank umfangreicher ehrenamtlicher Monitoringprogramme. Daraus lässt sich zum Beispiel ableiten, dass sich die Populationen vieler Waldvögel wie diejenige des Buntspechts positiv entwickeln (Foto: Heike Müller). → A3

hänge, das auf der Habitats Directive der Europäischen Kommission basiert. Das FFH-Monitoring deckt aber weder alle Lebensraumtypen ab, noch basiert es auf frei zugänglichen (Roh-)Daten, die Auswertungen über die Kategorien des Erhaltungszustands (günstig, ungünstig-ungzureichend, ungünstig-schlecht) hinweg erlauben würden {2.1.2}.

Im Agrar- und Offenland ist das vom BfN koordinierte Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (High Nature Value Farmland, HNV-Farmland-Monitoring) ein bundesweites Programm, das auf Stichprobenflächen den Zustand und die Entwicklung von Landwirtschaftsflächen erfasst {3.2.1}. Das HNV-Monitoring umfasst allerdings nur wenige Arten ausgewählter Organismengruppen, Indikatoren und Lebensraumtypen in der Agrarlandschaft {2.1.1}. Im Wald wird deutschlandweit im zehnjährigen Turnus die Bundeswaldinventur (BWI) durchgeführt. Koordiniert vom Thünen-Institut für Waldökosysteme und finanziert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, werden dabei auch besonders geschützte Biotope, FFH-Lebensraumtypen und biodiversitätsfördernde Strukturen erfasst. Für die Darstellung und Bewertung von Veränderungen in der Biodiversität liefert die Bundeswaldinventur nur für Baumarten eine direkte Erfassung. Dabei erfolgt die Erhebung auch nicht immer auf Artebene (z. B. Linde, Ulme) {4.2.1.1}. Das Monitoring von Flächen mit natürlicher Waldentwicklung (Naturwaldreservate, Kernzonen von Nationalparks und von Biosphärenreservaten) wird von verschiedenen forstlichen Forschungsanstalten sowie Nationalparkverwal-



Abbildung 27: Tagfaltermonitoring mit Kescher. Standardisierte Erfassungen mit Bürger:innenbeteiligung (Citizen Science) ermöglichen ein internationales Monitoring (Foto: André Künzelmann/UFZ). → A3

tungen durchgeführt {4.2.1.2}. Im Süßwasser ist das Monitoring zum ökologischen Zustand der Fließgewässer und Seen nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zu nennen, welche eine Berichterstattung aber nur für Fließgewässer mit Einzugsgebieten größer als 10 km² und für Seen mit einer Fläche größer als 0,5 km² vorsieht, sodass die zahlenmäßig weit bedeutenderen kleineren Oberflächengewässer (Quellen, Quelläbche, kleinere Seen, Sölle, Tümpel, Weiher) nicht berücksichtigt werden, obwohl sie für die biologische Vielfalt eine große Rolle spielen {5.2.1.1}. Im marinen Bereich gibt es mit dem Übereinkommen über den Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebiets (Helsinki-Übereinkommen, HELCOM) und des Nordostatlantiks (Oslo-Paris-Übereinkommen, OSPAR) wichtige koordinierte Monitoringprogramme. Zahlreiche Institutionen führen ein kontinuierliches Monitoring durch und betreuen unter anderem jahrzehntelange Zeitreihen, wodurch es beispielsweise eine umfassende Datenlage zu den Fischvorkommen der Nord- und Ostsee gibt {6.2.1.2}. Vom BfN wird das bundesweite Insektenmonitoring koordiniert, das in der Zukunft für häufige Insekten regelmäßig auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen erfolgen soll und durch ein Monitoring für seltene Insektengruppen ergänzt wird {2.1.1, 3.2.1}. Daten zur Insektenvielfalt und Populationsentwicklung werden bundesweit und lebensraumübergreifend seit 2019 auch im Malaisefallenprojekt gesammelt, das in das deutsche Netzwerk für ökologisch-ökosystemare Langzeitforschung integriert ist {2.1.1}. Für urbane Räume gibt es aktuell weder ein standardisiertes Biodiversitätsmonitoring noch eine systematische bundesländerübergreifende Datenhaltung, was deutschlandweite, verglei-

chende Auswertungen nahezu unmöglich macht {7.2.4}. Die Datenlage in urbanen Räumen ist außerdem abhängig von der Stadtgröße und dem Vorkommen von Universitäten {7.2.1}. Mit den Bodendauerbeobachtungsflächen werden seit Mitte der 1980er-Jahre bestimmte abiotische und biotische Bodenvariablen erfasst, wie z. B. die Populationen von Regenwürmern und die mikrobielle Biomasse. Die Flächen werden vom Umweltbundesamt (UBA) koordiniert. Einrichtung und Betrieb der Flächen wurden dabei zwischen den Ländern abgestimmt, die Erfassungsmethoden und die Datenverfügbarkeit sind jedoch heterogen und noch nicht zentral organisiert {8.2.3, 2.1.1}. Neben den bundesweiten Aktivitäten gibt es eine Vielzahl weiterer Monitoringaktivitäten und Erhebungen von Daten zu Biodiversitätstrends auf Ebene der einzelnen Bundesländer, die von den jeweiligen Landesämtern koordiniert werden {2.1.1}.

Bei der Biodiversitätserfassung der verschiedenen Organismengruppen in Deutschland spielen das Ehrenamt und die verschiedenen Fachgesellschaften eine wichtige Rolle. Weitere Erfassungen erfolgen durch Vereine, Verbände, Universitäten sowie durch einzelne Expert:innen und engagierte Bürger:innen (Citizen Science). Das Monitoring häufiger Brutvogelarten (MhB) in Deutschland gehört zu den Programmen mit der größten Datentiefe, die auch weitergehende wissenschaftliche Auswertungen erlaubt. Das MhB sowie das Monitoring seltener Brutvögel und rastender Wasservögel werden vom Dachverband Deutscher Avifaunisten koordiniert, von überwiegend Ehrenamtlichen durchgeführt und in Zusammenarbeit mit dem BfN sowie den Bundesländern und Wissenschaftler:innen ausgewertet {2.1.1}. Ein weiteres systematisches und standardisiertes Monitoringprogramm mit starker Einbindung von Bürger:innen ist das Tagfaltermonitoring Deutschland, das vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung und der Gesellschaft für Schmetterlingsschutz gemeinsam koordiniert wird und einer europaweit standardisierten Vorgehensweise unter dem Dach von Butterfly Conservation Europe folgt {2.1.1, 3.2.1}.

Die größten Herausforderungen bei der Nutzung der gesetzlich vorgeschriebenen Daten und der verschiedenen Initiativen sind die mangelnde Datenintegration und die Koordination der Programme, die eine umfassende wissenschaftliche Auswertung verhindern. Bislang sind die Monitoringprogramme in Deutschland bis auf wenige Ausnahmen nicht aufeinander abgestimmt und dadurch hochgradig heterogen in Bezug auf das Untersuchungsdesign (Flächenlage und -größen, Raster, Einmal- vs. Wiederholungsinventuren, Wiederholungsintervalle usw.), die Auswahl von Organismengrup-

pen, die verwendeten Methoden sowie die Erhebung von Treiberdaten und Daten zum ökologischen Kontext {2.1.2, 3.2.4, 4.2.4, 5.2.4.1, 7.2.4}. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass die Daten nicht oder nur sehr eingeschränkt zugänglich gemacht werden. Zudem gibt es erhebliche Hindernisse, die schon vorhandenen und bislang ungenutzten Daten zu mobilisieren. So ist weder der Großteil der Monitoringdaten noch der Treiberdaten {2.3} frei verfügbar und wird bislang auch nicht durch Behörden harmonisiert und frei zur Verfügung gestellt. Insbesondere fehlen harmonisierte und hochaufgelöste Daten zu den Treibern, die auf die biologische Vielfalt wirken, weil sie entweder nicht zeitgleich erfasst wurden oder nicht zugänglich sind (H1) {2.1.2, 5.2.4.1}. Relevante Daten aus Forschungsprojekten der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der EU und des Bundesamts für Bildung und Forschung sind ebenfalls nur über sehr verteilte Quellen in nicht harmonisierter Form verfügbar {2.1.2}. In den vergangenen Jahren sind jedoch wichtige Schritte unternommen worden, um einige dieser Defizite abzubauen. So wurde 2021 unter der Leitung des BfN das Nationale Monitoringzentrum zur Biodiversität gegründet, das die Zusammenführung und Harmonisierung von Monitoringdaten und auch den Aufbau neuer Monitoringprogramme koordinieren soll {2.1.2, 8.9.3}. Weiterhin gibt es neue Initiativen (primär geleitet vom BfN und UBA), um ein flächendeckendes, harmonisiertes Bodenmonitoring in Deutschland zu etablieren; ein Bodenmonitoringzentrum wurde kürzlich vom UBA eingerichtet {2.1.2}. Das Thünen-Institut für Waldökosysteme ist mit der Entwicklung eines »Nationalen Biodiversitätsmonitorings im Wald« (NabioWald) betraut {4.2.1}. Bislang werden schwer bestimmbare, schwer zugängliche oder für Amateur:innen wenig attraktive taxonomische Gruppen, die aber funktionell bedeutsam sind oder einen hohen Indikatorwert für einen guten Zustand des Ökosystems haben können, nicht oder selten berücksichtigt {2.1.2, 7.2.4}. So fehlen insbesondere Biodiversitätsuntersuchungen zu einem Großteil der Bodenorganismen (z.B. Nematoden, Rädertiere, Protozoen, Pilze, Bakterien, Archaeen – um nur einige zu nennen) {8.2.1}. Obwohl bisher kein standardisiertes und systematisches nationales Biodiversitätsmonitoring existiert, lassen sich die bislang vorliegenden heterogenen Daten in Teilen durchaus wissenschaftlich analysieren (Box A, A4). Die ableitbaren Aussagen sind aber durch die Heterogenität der Daten von Unsicherheit geprägt. Dennoch kommt diesen Daten eine besondere Bedeutung zu, weil damit historische Zeitreihen dokumentiert wurden, die auch für ein zukünftiges standardisiertes und integrier-

tes Monitoring eine wichtige Bezugsbasis darstellen. Dennoch wird ein zukünftiges integriertes, standardisiertes und systematisches nationales Biodiversitätsmonitoring benötigt, um eine räumliche Repräsentativität von Biodiversitätstrends zu gewährleisten und eine ausreichend breite Palette an Umwelt- und Treiberdaten zu den Ursachen dieser Trends zu erhalten {3.7, 4.7.3.1, 5.7, 7.7, 8.9.3}.

A4. Der Faktencheck hat publizierte Biodiversitätstrends über die verschiedenen Lebensräume und Organismengruppen hinweg aus zahlreichen Studien zusammengetragen, mit Daten von direkten Beobachtungen zu 15.272 Zeitreihen verknüpft und einer gemeinsamen Analyse unterzogen. Das Ziel war es, ein räumlich explizites, möglichst umfassendes Bild der vorhandenen Datenlage zu gewinnen, das über eine reine Einschätzung von Expert:innen hinausgeht. Mit der gewichteten Stimmzählung (Weighted Vote Count) wurde eine Möglichkeit gefunden, die heterogene Datenlage von Biodiversitätstrends zu beschreiben ●. Die überwiegende Zahl der Zeitreihen war zu kurz, um statistisch signifikante Änderungen aufzuzeigen. Bei längeren Zeitreihen überwogen mehrheitlich die negativen Trends. Dieser Befund ist insofern besorgniserregend, als aus methodischen Gründen in Zeitreihen Neubesiedlungen eher detektierbar sind als Aussterbeereignisse und daher das Vorherrschen positiver Trends erwartbar wäre. Auch ist zu berücksichtigen, dass häufig auch direkte menschliche Treiber (Änderung der Habitatbedingungen, Störungen, Invasionen) zu einer zeitweisen Erhöhung der Artenzahl beitragen können.

Anders als bei den Rote-Liste-Trends, die Populationsentwicklungen einzelner Arten in den Blick nehmen, fokussiert diese Analyse auf Facetten der biologischen Vielfalt von Lebensgemeinschaften (Artenzahl, Häufigkeiten und »Effektive Artenzahl«, die die Häufigkeitsverteilung von Arten einer Gemeinschaft berücksichtigt). Zur Auswertung der zeitlichen Biodiversitätstrends wurde die Methode des Weighted Vote Count genutzt, bei der der Trend jeder einzelnen Studie oder jedes Datensatzes nach der Anzahl der Beobachtungsjahre dieser Studie gewichtet wird. Aufgrund der heterogenen Datenlage konnten nicht alle Lebensräume und Artengruppen gleichmäßig abgedeckt werden (Abb. 25) {2.1.4}. Es ist ferner zu berücksichtigen, dass die Zeitreihen nur einen Ausschnitt der Biodiversitätsveränderung darstellen können, weil auf stark degradierten oder verschwundenen Habitatflächen ein Monitoring norma-

lerweise nicht weitergeführt wird. Extreme Verschlechterungen werden so nicht erfasst, obwohl sie vielerorts auftreten. Für ein vollständigeres Bild von Biodiversitätsveränderungen müsste die Umwandlung von Flä-

chen oder Flächenanteilen einzelner Habitattypen einbezogen werden, was aber außerhalb der Möglichkeiten des *Faktencheck Artenvielfalt* lag (siehe dazu aber Box A zu publizierten Biodiversitätstrends).

Box A: Aktuelle Synthesestudien zu Biodiversitätstrends in Deutschland

In den letzten Jahren haben einige übergreifende Studien verschiedene Datenquellen für einzelne Artengruppen ausgewertet und daraus verlässliche Trends verschiedener Biodiversitätsmaße berechnet, die in internationalen Zeitschriften mit Begutachtungssystem (Peer-Review) veröffentlicht wurden (●; Publikationen werden in diesem Abschnitt genannt) und die auch in der Gesellschaft und Politik wahrgenommen wurden. Die räumliche Repräsentativität für Deutschland ist allerdings noch ungeklärt (je nach Artengruppe ● bis ●).

Als Datengrundlagen wurden entweder Rohdaten (zum Beispiel aus Insektenfallen, Vegetationsaufnahmen oder Beobachtungszeitreihen in Gewässern, wie sie auch unter A4 verwendet wurden), aggregierte Daten aus Datenbanken von Fachgesellschaften oder geografische Kartierungsdaten von Fachbehörden verwendet. Als prominentes Beispiel sei auf die Auswertung von Rohdaten in der Studie des Krefelder Entomologischen Vereins zum Trend der Insektenbiomasse über 27 Jahre in Deutschland verwiesen (Hallmann et al. 2017). Mit Malaisefallen, die unsystematisch in 63 Naturschutzgebieten in Deutschland eingesetzt wurden, konnte ein Rückgang der Biomasse von Fluginsekten in Höhe von 76 % festgestellt werden, was auch in der Gesellschaft und in der Politik mit großer Besorgnis wahrgenommen wurde. Ein ähnlicher Trend konnte auch in den deutschen Biodiversitätsexploratorien der DFG bestätigt werden. In den von 2008 bis 2017 jährlich beprobten Grünlandflächen ging die Biomasse um 67 %, die Individuenzahl um 78 % und die Artenzahl um 34 % zurück (Seibold et al. 2019). Eine jüngere Studie legt nahe, dass diese Abundanz- und Biomassenentwicklungen auch auf Witterung und Witte-

rungsanomalien im Kontext des Klimawandels zurückzuführen sein können (Müller et al. 2023). Allerdings spielte in ihren Analysen auch der prozentuale Anteil an landwirtschaftlicher Fläche im Umfeld um die Probenstandorte eine große Rolle. Es sind nicht nur seltene, sondern auch häufigere Arten rückläufig, wie van Klink et al. (2023) in einer globalen Studie zu Insekten zeigen, die auch deutsche Zeitreihen einschließt.

Bisher gibt es nur wenige überzeugende Studien zu zeitlichen Veränderungen der Bodenfauna. Eine Ausnahme bilden die mit Bodenfallen erfassten Laufkäfer, für die Langzeitstudien aus wenigen Gebieten vorliegen. So zeigte eine Untersuchung aus der Lüneburger Heide zwischen 1994 und 2017 für Laufkäfer zwar keinen Rückgang in der Biomasse, aber in der Artenzahl (um 33 %) und in der phylogenetischen Diversität (um 23 %), einem Biodiversitätsmaß, das die taxonomischen Unterschiede zwischen Arten berücksichtigt (Homburg et al. 2019). Über 24 Jahre (1999–2022) dokumentierten Weiss et al. (2024) die Veränderungen bei Laufkäfern in einem naturnahen Waldgebiet nördlich von Berlin. Obwohl dieser Wald kaum genutzt wurde, fanden die Autoren der Studie eine signifikante Abnahme der Anzahl und Biomasse der Käfer sowie Veränderungen in der Artenzusammensetzung. Demgegenüber zeigen Zajicek et al. (2021) keine zeitlichen Veränderungen in Arten- und Individuenzahlen von Laufkäfern in fünf Gebieten (40 Standorte) in Deutschland zwischen 1999 und 2019.

In Zusammenarbeit mit der Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen e. V. und Naturschutzbehörden aus mehreren Bundesländern analysierten Bowler et al. (2021a) Trends für 77 der 81 in Deutschland vorkommenden Libellenarten über die letzten 35 Jahre. Entgegen der Erwartung eines allgemei-

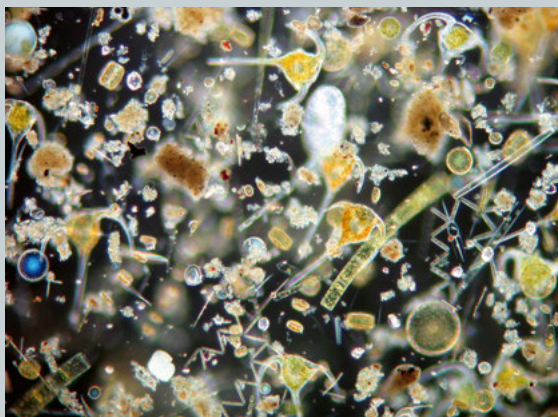


Abbildung 28: Monitoring ist essenziell, um Veränderungen der biologischen Vielfalt zu dokumentieren. Phytoplankton im Wattenmeer zeigt einen sehr hohen Austausch des Arteninventars von 25 bis 50 % pro Jahr über die letzten beiden Jahrzehnte (Foto: An-negret Stuhr). Lang anhaltende Trockenheit führte zum Rückgang von Laufkäferpopulationen in einem naturnahen Waldgebiet nördlich von Berlin, hier etwa der Goldgruben-Laufkäfer (Foto: Adobe Stock).

nen Insektenrückgangs zeigten 45 % der Arten eine Zunahme des Vorkommens in Messtischblattquadranten, 29 % eine Abnahme und 26 % keine signifikante Änderung. Gewinner waren vor allem Arten mit hohen Temperatursprüchen und Fließgewässerarten, während kältetolerante Arten, die in stehenden Gewässern oder Mooren vorkommen, zu den Verlierern zählten. Ein Vergleich mit den Rohdaten aus Zeitreihen, die alle Invertebraten der Fließgewässer umfassten – d.h. neben Libellen auch zahlreiche weitere Insektengruppen sowie Würmer, Schnecken, Krebse usw. –, zeigte ebenfalls einen positiven Trend für Fließgewässer, der aber 2010 zum Erliegen kam (Haase et al. 2023). Die Erholung war auch nicht universell und blieb vor allem stromabwärts von Staudämmen, städtischen Gebieten und Ackerland aus. Bei all diesen Analysen ist zu berücksichtigen, dass die Datenlage es meist nicht erlaubt, als Basis für die Änderungen den Zeitraum vor 1950 zu wählen, und dass große Verluste gerade zu Beginn der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu verzeichnen waren. Dies konnte von Habel et al. (2022) für Schmetterlinge und Blutströpfchen im angrenzenden Salzburger Land in Nordösterreich gezeigt werden. Die Autoren konnten eine ausreichende Datenbasis von 1920 bis 2019 über eine Vielfalt an Lebensräumen und Höhenlagen zusammentragen und auswerten. Eine erste Welle des Rückgangs der Schmetterlingsarten zeichnete sich aber schon im späten 19. Jahrhundert ab, auch wenn hier die Datenlage unzureichend ist, gefolgt von einer deutlichen und gesicherten Verschlechterung in den 1960er-Jahren. Gerade Arten, die auf bestimmte Habitate spezialisiert sind, nahmen kontinuierlich über den gesamten Zeitraum ab. Auch für urban geprägte Lebensräume zeigte eine Analyse der historischen Entwicklung der Tagfalterfauna in der Stadt Wuppertal Verluste in Höhe von 30 % der Arten seit Mitte des 20. Jahrhunderts. Dabei waren vor allem Arten der lichten Wälder, Gebüsche und Heidelandschaften betroffen (Laussmann et al. 2021).

Die bisher umfassendste und detaillierteste Analyse der Bestandstrends von Vögeln in Europa analysierte 170 Vogelarten auf 20.000 Untersuchungsflächen in 28 Ländern inklusive eines breiten Spektrums an Ursachen für die Bestandstrends (Rigal et al. 2023). Sie zeigte einen Rückgang der Agrar- und Offenlandvögel von 57 % über einen Zeitraum von 37 Jahren (Rigal et al. 2023).

Für die deutschen Meeresgewässer existieren umfangreiche Datensätze zu Biodiversitätszeitreihen. Analysen von 66 Zeitreihen im Wattenmeer zu vier großen taxonomischen Gruppen (Vögel, Fische, Wirbellose, Plankton), die älteste beginnend in den 1970er-Jahren, zeigten keine Anzeichen für eine Rückkehr, sondern eine kontinuierliche Verschiebung (Drift) zu neuen Lebensgemeinschaften. Das Phytoplankton zeigte neben einer nur leicht abnehmenden Tendenz in der Artenzahl und »Effektiven Artenzahl« (ENS, Effective Number of Species, siehe A4) über die letzten beiden Jahrzehnte vor allem einen sehr hohen Austausch von 25 bis 50 % des Arteninventars pro Jahr (Rishworth et al. 2020).

Für Pflanzen liegt eine Vielzahl an Studien zu Dauerflächenuntersuchungen in Deutschland vor, die starke floristische Änderungen und Artenverluste in einer Vielzahl von Habitaten dokumentieren, so für Wälder (z.B. Bernhardt-Rö-

mermann et al. 2015, Reinecke et al. 2014), Hecken (z.B. Huwer & Wittig 2012), Feuchtwiesen (z.B. Immoor et al. 2017, Poptcheva et al. 2009), Flachland-Mähwiesen (z.B. Wittig et al. 2019), Trockenrasen (z.B. Diekmann et al. 2019, Matesanz et al. 2009), Borstgrasrasen und Heiden (z.B. Peppeler-Lisbach et al. 2020), alpinen Rasen und Felsfluren (z.B. Rumpf et al. 2018), Flüsse (Poschlod et al. 2010), Moore (z.B. Kreyling et al. 2021) und Äcker (z.B. Kutzelnigg 1984, Meyer et al. 2013). Über alle Vegetationstypen hinweg zeigten Jandt et al. (2022b) anhand von 7.738 Vegetationsdauerflächen, die zwischen 1927 und 2020 zwischen 2- und 54-mal erfasst wurden und mit insgesamt 1.794 Gefäßpflanzenarten einen Großteil der deutschen Flora umfassten, dass Zu- und Abnahmen in der Deckung von Arten unterschiedlichen Mustern folgen. Konkret gab es über alle Arten und Flächen hinweg mehr Ab- als Zunahmen, auch bei häufigeren Arten und bei Berücksichtigung der Deckung. Dieses Ungleichgewicht in Deckungsverlusten und -gewinnen auf kleinen Beobachtungsflächen ist ein frühes Anzeichen für spätere Veränderungen auf regionaler Ebene. Es führt letztlich zu Populationsrückgängen und zum Aussterben auf größeren räumlichen Skalen, wie es von Eichenberg et al. (2021) für die Ebene von Messtischblattquadranten (ca. 5 km x 5 km) beschrieben wurde. Durch die Auswertung der floristischen Kartierung, die auf den jahrelang erhobenen Daten ehrenamtlicher Kartierer:innen basiert und die vom BfN koordiniert wird, konnten Eichenberg et al. (2021) zeigen, dass seit 1960 ca. 70 % der deutschen Arten an Gefäßpflanzen einen rückläufigen Trend ihrer Vorkommen zeigen. Eine weitere Quelle langfristiger Veränderungen sind Biotopkartierungen, wie sie von allen Bundesländern im Rahmen der Landschaftsplanung erhoben werden. Da diese häufig auch mehrere Durchgänge umfassen, können hier zeitliche Vergleiche durchgeführt werden, wie Bruelheide et al. (2020) für Schleswig-Holstein und Lüttger et al. (2022) für Hamburg zeigten. Insbesondere wurden Rückgänge von naturnahen Grünland- und Heidegesellschaften und halbruderaler Vegetation festgestellt, während artenarme Grünländer, Pionierwälder und Siedlungsfläche zunahmen. Zwar zeigten mehr Arten positive Trends als negative, wobei aber vor allem Wald- und Buscharten sowie nicht heimische Arten zu den Gewinnern zählten, während die Verlierer vor allem gefährdete Arten und Ruderalarten waren.

Es ist zu betonen, dass es nicht »das eine« Maß für biologische Vielfalt gibt, sondern die biologische Vielfalt mit verschiedenen Maßzahlen (beispielsweise Artenzahl, Biomasse, Artenzusammensetzung) bestimmt werden sollte (Sinclair et al., 2024). So zeigen van Klink et al. (2023) für terrestrische Insekten und Haase et al. (2023) in Fließgewässern die Komplexität der zeitlichen Veränderungen von »biologischer Vielfalt« durch die Untersuchung mehrerer sich günstig ergänzender Metriken.

Aufgrund der hohen Variabilität zwischen Arten und Lebensräumen konnte bislang keine der genannten einzelnen Untersuchungen, auch wenn sie auf langen Zeitreihen, aggregierten Daten oder Kartierungen beruhen, ein Gesamtbild über Biodiversitätsänderungen in Deutschland liefern. Der Faktencheck geht einen wichtigen Schritt, diese Lücke zu schließen (A4).

Über alle Lebensraumtypen hinweg waren insgesamt 64 % der Trends für alle drei untersuchten Biodiversitätsmaße nicht signifikant. Die Auswertung zeigt, dass für 85 % der kurzen Zeitreihen (< 5 Jahre Länge) keine Änderungen gefunden werden konnten, während bei Zeitreihen von einer Länge von mindestens 15 Jahren 45 % einen signifikanten Trend aufwiesen. Über alle Lebensräume und Organismen hinweg überwogen bei den langen Zeitreihen die negativen Trends (24 %) die positiven Trends (19 %) {2.1.4}. Teils hielten sich die negativen und positiven Vorzeichen aber auch die Waage {3.2.2.6, 4.2.2.2, 5.2.2.1, 6.2.2.2, 7.2.2.1}.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass mehrere Gründe dazu führen können, dass im Weighted Vote Count mehr positive Trends zu finden sind, als es die Roten Listen für die Organismengruppen widerspiegeln. Zum einen gibt es bei Monitoringdaten einen statistischen Bias hin zu positiven Trends der Artenzahl, weil die Detektionswahrscheinlichkeiten für lokale Aussterbe- und Einwanderungsereignisse nicht gleich sind. So wird ein lokales Einwandern von neuen Arten in der Regel eher festgestellt als ein Aussterben an vorhandenen Arten. Dadurch entsteht ein temporäres Ungleichgewicht zugunsten von neu hinzukommenden Arten, das erst nach Jahrzehnten abnimmt und daher einen positiven Trend vortäuscht. Zudem stammt eine Vielzahl der Studien, die in den Weighted Vote Count eingegangen sind, aus Habitattypen, die im Fokus des Naturschutzes stehen, in Naturschutzgebieten durchgeführt wurden oder Untersuchungen des Erfolgs einer bestimmten durchgeführten Maßnahme dokumentieren. Diese Information zu Schutzstatus bzw. durchgeführten Maßnahmen wurden gemeinsam mit den Trendangaben aus der Literatur extrahiert, werden aber in dieser Gesamtübersicht nicht differenziert, da diese Informationen nicht für alle Datensätze zugänglich waren. Das bedeutet, dass jegliche Analysen aus dem Weighted Vote Count stets mit einer möglichen positiven Überschätzung von Trends einhergehen. Ebenso ist zu beachten, dass die Datenlage stark zwischen den einzelnen Lebensraumtypen, Organismengruppen und Regionen variiert und somit nicht repräsentativ für die Gesamtzahl an Arten und Biotopen in Deutschland ist (Box A) {2.1.4}. Während im Agrar- und Offenland der Anteil positiver (15–20 %) und negativer (20–23 %) Entwicklungen bei den Pflanzengemeinschaften weitgehend ausgeglichen war, zeigten Ackerwildkrautgesellschaften stark abnehmende Trends. Mehr negative als positive Trends fanden sich bei den Gemeinschaften von Wirbeltieren, vor allem der Vögel (31 % negativ), und auch denen der Gliederfüßer (30 % negativ) {3.2.2.6}.

Im Wald zeigten die Artenzahlen und Abundanzen für Wirbellose (29 % bzw. 26 %) vorwiegend negative Trends. Insgesamt überwogen negative Tendenzen auch bei den Abundanzen der Gemeinschaften der Flechten und Pilze, die sich allerdings auch in den letzten Jahrzehnten ins Positive umkehrten. Höhere Pflanzen zeigten im Wald ausgeglichen viele positive wie negative Trends {4.2.2.2}. Bei den Gemeinschaften der Wirbellosen der Binnengewässer und Auen überwogen die negativen Abundanztrends (40 %), eine Entwicklung, die in den 1970/80er-Jahren ihren Tiefpunkt erreichte, sich seit den 1990er-Jahren aber verbessert {5.2.2.1}. Auch im Küsten- und Küstengewässerlebensraum waren Wirbellose (Zooplankton, Makrozoobenthos) besonders stark von negativen Abundanztrends betroffen (47 %). Trends für die Abundanz der Fische, Vögel und Pflanzen (inklusive Algen) waren in der Ostsee überwiegend negativ, in der Nordsee dagegen überwiegend positiv {6.2.2.2}. Aufgrund der sehr geringen Anzahl an Biodiversitätstrends aus Literatur und Rohdaten kann für die urbanen Räume keine Aussage für alle Hauptorganismengruppen gemacht werden. Bei den Wirbeltieren, für die ausreichend Daten vorhanden waren, fanden sich für alle untersuchten Biodiversitätsmaße mehr negative (27–34 %) als positive (18–24 %) Trends im urbanen Raum {7.2.2.1}. Die Regenwurmabundanz, hier repräsentativ für die Bodenbiodiversität, zeigte ausgeglichene Anteile positiver und negativer Entwicklungen an Offenland- und Waldstandorten {8.2.3}. Trotz der Komplexität der zugrunde liegenden Biodiversitätsdaten spiegeln die Ergebnisse des Weighted Vote Count die Einschätzungen von Expert:innen der jeweiligen Lebensräume wider, zeigen aber auch klare Datenlücken zu zahlreichen Gruppen auf, für die keine (ausreichenden) Daten vorliegen (Abb. 25).

A5. Neue Hochdurchsatzansätze des Monitorings werden in der Zukunft die klassische Erfassung von Arten und Lebensräumen, die den Ergebnissen in A1-A4 und Box A überwiegend zugrunde liegen, ergänzen ☹. Diese Ansätze umfassen das genetische Metabarcoding, die Analyse von Umwelt-DNA (eDNA; kleine fortwährend an die Umwelt abgegebene Mengen an DNA), automatische Bilderkennung von Fotofallen und Smartphone-Bildern, akustisches Monitoring und Fernerkundung. Das Paradigma, dass Biodiversitätsmonitoring allein mithilfe des Zielartenkonzepts möglich ist, muss angesichts der immensen Fortschritte der genannten (halb-)automatisierten Detektionsmethoden überdacht werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen allerdings noch

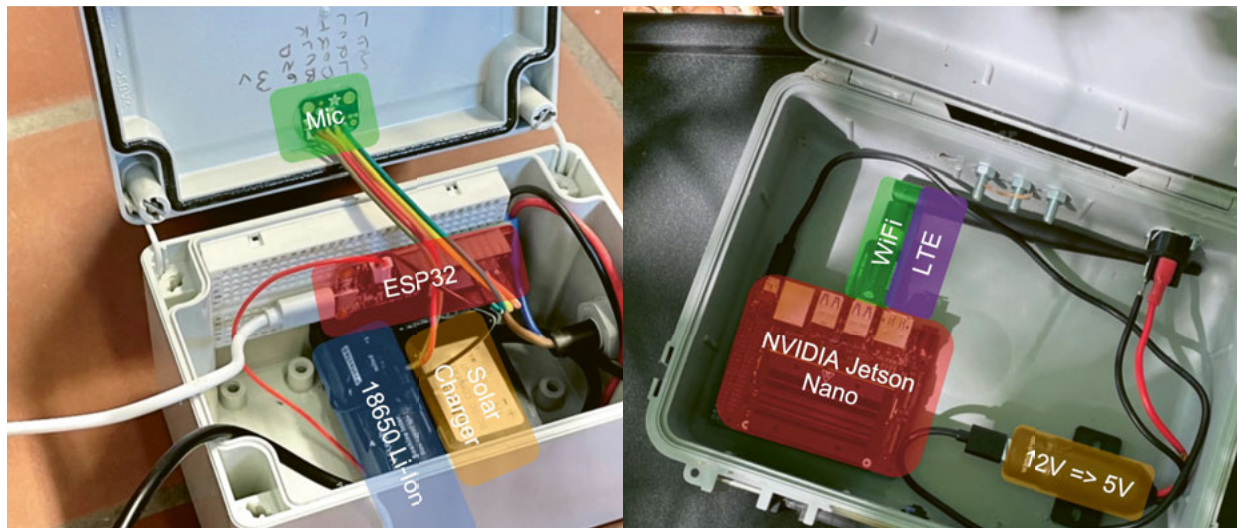
erheblichen Entwicklungsbedarf auf. Viele Fragen sind bislang ungeklärt. Dazu gehören Themen wie die Menge und relative Häufigkeit von Individuen in Populationen, die Detektionsschwelle für Arten, die räumliche Zuordnung (z.B. bei verdrifteten Proben in Fließgewässern), der Ausschluss von Kontaminationsquellen sowie die Beibehaltung vergleichbarer Technologien und die Einhaltung derselben Analysestandards und Auswertungspipelines über lange Zeiträume (d.h. über mindestens Jahrzehnte). Dennoch gibt es erste vielversprechende Ergebnisse. Die Verbindung mit Citizen Science birgt ein besonders hohes Potenzial.

Methoden des eDNA-Metabarcoding wurden vor allem erfolgreich zur Bewertung des ökologischen Gewässerzustands eingesetzt {5.2.1.3}. Die eDNA-Methode ist besonders für die Erfassung des Artenbestands von Fischen und Wirbellosenarten geeignet und ersetzt teure und potenziell bestandsschädigende Fangmethoden {2.1.5, 5.2.1.3}. Für viele Wirbellosen- und Algenarten besteht zurzeit immer noch die größte Herausforderung darin, die Barcodebibliotheken zu vervollständigen, die als Referenz für die Identifizierung der Arten notwendig sind. Durch die Neuentwicklung von spezifischen Primern (DNA-Sequenzen, die für den Artnachweis dienen) ist es für Gewässer gelungen, mehr Wirbellosenarten nachzuweisen, als dies Expert:innen innerhalb von zwei Jahrzehnten mit konventionellen Methoden gelang {2.1.5}. Auch im terrestrischen Bereich gibt es ähnliche Erfolge bei der Analyse von eDNA, zum Beispiel in hochdiversen Systemen wie im Boden {8.3.1}. Hier besteht das Problem vor allem in der Standardisierung der Probenahme {2.1.5}. Mittels standardisierter Blattproben des Deutschen Umweltarchivs konnte die von Insekten abgelagerte eDNA, wie sie beispielsweise von Blattfressern hinterlassen wird, analysiert und Trends der Insektenvielfalt bestimmt werden. Es zeigte sich, dass seit den 1980er-Jahren seltene durch neu verbreitete Insektenarten ersetzt wurden, was zu einer fortschreitenden Homogenisierung des Artenbestands führte {4.2.2.2}. Seit 2019 werden im Rahmen des Deutschen Malaisefallenprojekts jährlich > 1.000 Insektenproben aus Malaisefallen mittels DNA-Metabarcoding untersucht. Allein für 2019 und 2020 konnten so über 31.000 Insektenarten nachgewiesen werden {2.1.1}. Alle genannten Untersuchungen zeigen, wie wichtig es ist, die Originalproben über Jahrzehnte aufzuheben, um sie dann gemeinsam und standardisiert zu untersuchen. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Einsatz der DNA-basierten Identifizierung ein immenses Potenzial bietet, um Biodiversitätsmonitoring kostengünstiger, schneller und besser reproduzierbar zu machen. Diese



Abbildung 29: Bestände von aquatischen Kleinlebewesen sind mit klassischen Methoden schwer zu erfassen. Hier sind Untersuchungen von eDNA hilfreich, die z.B. zeigen, dass sich die Rheitmücke nach einem starken Rückgang aktuell wieder erholt (Foto: Jörg Freyhof). → A5

Methoden dienen nicht nur der Erhebung der Artenvielfalt {5.7.1}, sondern können auch zur Nachverfolgung von Interaktionen, z. B. zwischen Bestäubern und Pflanzen, eingesetzt werden {3.7.1}. Wichtig ist, die Metabarcodingergebnisse mit denen bestehender traditioneller Methoden zu vergleichen, einerseits, um DNA-Methoden zu kalibrieren und zu validieren, andererseits, um bestehende Zeitreihen ohne methodischen Bruch weiterzuführen. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich der Einsatz von automatischen Wildkameras zu einem festen Bestandteil des Biodiversitätsmonitorings entwickelt. Fotofallen sind in zahlreichen Schutzgebieten im Einsatz, um seltene und schwer zu beobachtende Säugetiere nachzuweisen, wie Wolf, Wildkatze oder Luchs {4.6.3.3}. Große Fortschritte wurden auch bei der automatischen Bilderkennung von Insekten gemacht {4.2.1.4, 2.1.5}. Um große Mengen an Fotomaterial auswerten zu können, ist der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) unerlässlich. Um bestimmte artspezifische Merkmale in den Kamerafallenbildern nutzen zu können und Arten zu identifizieren, sind derzeit zahlreiche KI-Plattformen in der Entwicklung {4.2.1.4, 6.2.1.4}. Auch wenn bei manchen Artengruppen die Bestimmungsgenauigkeit bislang nicht ausreicht, erlauben die KI-Plattformen in jedem Fall eine effiziente Vorauswahl der Bilder, die danach weiter visuell evaluiert werden müssen. Die automatisierte Analyse von Rekorderaufnahmen (akustisches Monitoring) ist anspruchsvoller als die Bildanalyse, hat aber in den letzten Jahren ebenfalls enorme Fortschritte gemacht {1.2.2, 4.2.1.4, 2.1.5}. Automatisierte Methoden müssen aber auch in Zukunft durch konventionelle Verfahren ergänzt und kontinuierlich validiert werden; so benötigt etwa die Fernerkundung



Erkannte Arten

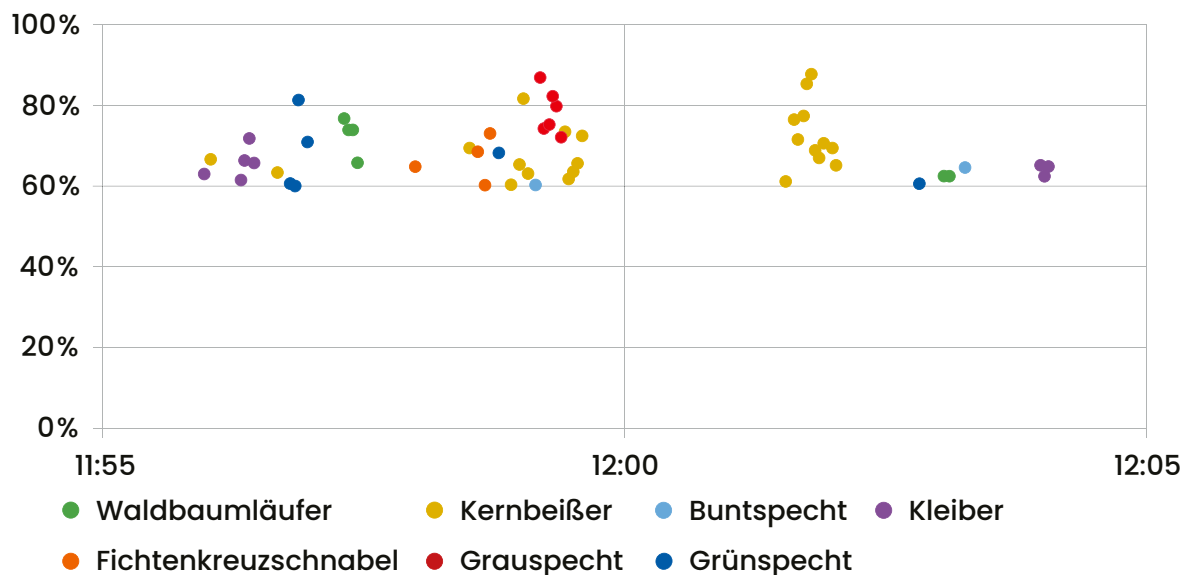


Abbildung 30: Automatisierte Erfassungen und Analysen von Bild- und Tonaufnahmen, wie hier von Vogelrufen, erleichtern die Arbeit mit umfangreichen Datensätzen (Fotos: Jonas Höchst). → A5

präzise Felddaten (Ground Truthing) zur Validierung. Taxonomische Kenntnisse sind für die Entwicklung von KI-gestützten Auswertungsmethoden unerlässlich. Die Zahl der Expert:innen mit taxonomischen Kenntnissen nimmt jedoch ab, und der Verlust von taxonomischer Expertise erschwert ein standardisiertes Biodiversitätsmonitoring, unabhängig von den eingesetzten Methoden [7.0, 2.5.1]. Wichtig ist ein solides statistisches Beprobungsdesign, um aus diesen genannten genetischen, visuellen oder akustischen Verfahren auch eine verlässliche Quantifizierung von Häufigkeiten und Individuenzahlen einzelner Arten zu erhalten (H1).

Trotz vieler methodischer Herausforderungen, die angegangen werden müssen, haben automatisierte Me-

thoden eine Reihe von entscheidenden Vorteilen [2.5.1]: (i) Sie erfassen taxonomisch schwierige Gruppen (z. B. Fliegen, parasitische Wespen), vor allem durch Barcoding, und nicht nur ausgewählte Zielarten wie bisher. (ii) Die kontinuierlichen und hochauflösenden Messungen, im Gegensatz zu langen, häufig unregelmäßigen Inventurintervallen, ermöglichen es, Veränderungen in der biologischen Vielfalt mit kurzfristigen Ereignissen wie der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln oder Wetterextremen in Verbindung zu bringen und die Einflüsse dieser Treiber von natürlichen Schwankungen und saisonalen Rhythmen zu differenzieren. (iii) Neben der Artenvielfalt können auch andere wichtige Facetten der biologischen Vielfalt erfasst werden, wie die struk-

turelle Vielfalt, Größenverteilungen, genetische Vielfalt oder vollständigere Inventuren. (iv) Neben dem reinen Vorkommen von Arten kann auch deren Aktivität erfasst werden. (v) Eine Erfassung von biologischer Vielfalt kann auf sehr großen Skalen erfolgen, v.a. mithilfe der Fernerkundung. (vi) Neue digitale Methoden erlauben es, die Expertise von Bürgerwissenschaftler:innen zu mobilisieren, die nicht nur die Wissenschaft unterstützen, sondern die gesellschaftliche Teilhabe erhöhen. Die Kombination dieser Methoden erlaubt viele Synergien.

B Ökosystemleistungen

B1. Alle Lebensräume in Deutschland erbringen essenzielle Ökosystemleistungen und tragen in einem unterschiedlichen Maße zur Bereitstellung versorgender (Nahrungs-, Energie- und Rohstoffproduktion), regulierender (z.B. Klimastabilisierung und -pufferung, Erosionsschutz) und kultureller Ökosystemleistungen (z.B. Erholung, Heimatgefühl) bei

Bezüglich der Versorgungsleistung ist die Nahrungsproduktion bedeutsam im Agrar- und Offenland (z.B. im Jahr 2022 ca. 43,5 Mio. t Getreide; 10,3 Mio. t Kartoffeln), in Küstengewässern (mittlere Fangmenge Nordsee 2006–2021: 72.843 t und Ostsee 42.377 t) und auch in Binnengewässern (Fangmenge 2021: 35.000 t) {3.3.2.1, 5.3.2.1, 6.3.1.1}. Im Wald und in Hochmooren werden die Versorgungsleistungen von der Rohstoff- und Energiegewinnung von Holz bzw. Torf dominiert {3.4.3.4, 4.3.2.1}. Regulierende Ökosystemleistungen werden in allen Lebensräumen erbracht, beziehen sich aber zum Teil auf sehr unterschiedliche Prozesse. So leisten Wälder, Hoch- und Niedermoore, Grünland und die Seegraswiesen der Küstengewässer einen besonders hohen Beitrag zur Bindung von Kohlenstoff und damit zur Reduktion des Treibhausgases CO₂ in der Atmosphäre {3.3.2.2, 4.3.2.2, 6.3.2.1, 6.3.2.2}. Allein die Wälder legen pro Jahr 3 % des jährlichen CO₂ fest (30,6 Mio. t im Jahr 2019) {4.3.2.2}. Eine ähnliche Senkenstärke könnten in Zukunft renaturierte Moore nach Wiedervernässung entfalten {Box 5.1, 5.3.2.2}. Wälder und Moore tragen zusätzlich durch eine direkte Pufferung von Temperaturschwankungen zur Abschwächung des Klimawandels bei. Die Kühlwirkung von Wäldern ist besonders in Städten wichtig {3.3.3, 4.3.2.2}. Muschelbänke, Seegras- und Salzwiesen dienen der Sediment- und Küstenstabilisierung {6.3.1.2}. Auch Wälder und Wiesen leisten einen wichtigen Beitrag zum Erosionsschutz {Box 3.1, 4.3.2.2, 8.5.3.1}. Alle Lebensräume stellen kulturelle Ökosystemleistungen bereit {3.3.2.3, 4.3.2.3, 5.3.2.3, 6.3.2.3,



Abbildung 31: Seegraswiesen, hier in der südlichen Ostsee, leisten Ökosystemleistungen, indem sie Kohlenstoff binden, Laichplätze für viele Fischarten bereitstellen und Küsten stabilisieren (Foto: Uli Kunz). → B1

7.3.2.2, 8.4.3.3}. Wälder, Binnengewässer, Küstenlebensräume und Stadtökosysteme haben eine herausgehobene Bedeutung für die Erholung {4.3.2.3, 5.3.2.3, 6.3.2.3, 7.3.2.2}. In allen landgebundenen Lebensräumen kommt dem Boden und seiner biologischen Vielfalt die zentrale Bedeutung bei der Bereitstellung von regulierenden Ökosystemleistungen wie Nährstoffrecycling (Mineralisierung), Stickstofffixierung, Festlegung von Kohlenstoff, Aufnahme von Treibhausgasen wie Methan und Erosionsschutz zu {Boxen 3.1, 4.1, 5.1, 6.3, 7.1; 8.4.3}.

B2. Der Faktencheck Artenvielfalt trägt erstmals die Evidenz für den Einfluss von Biodiversitätsänderungen auf konkrete Ökosystemleistungen für alle Hauptlebensräume in Deutschland zusammen.

Der Kenntnisstand ist im internationalen Vergleich überdurchschnittlich, weist aber kritische Lücken auf.

Obwohl nach § 1 des BNatSchG die Natur bereits seit 1976 so zu schützen ist, dass die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts erhalten bleibt, haben sich wesentliche wissenschaftliche Ansätze hierzu erst ab 1990 etabliert {1.2}. Für die systematische Quantifizierung und Bewertung von Ökosystemleistungen wurde der konzeptionelle Rahmen erst im Millennium Ecosystem Assessment von 2005 vorgestellt {2.2.2}. Neben den jeweils wichtigsten Ökosystemleistungen für die einzelnen Lebensräume wurden im *Faktencheck Artenvielfalt* über alle Lebensräume hinweg drei wichtige Gruppen von Ökosystemleistungen konsistent analysiert: Ökosystemleistungen in Zusammenhang mit der Produktivität und dem Kohlenstoffkreislauf, mit der Stabilität und Resilienz gegenüber dem Klimawandel und mit der kulturellen Nutzung (siehe Methodenbox) {Anhang A2.3}. Nach

der umfassenden Synthese im *Faktencheck Artenvielfalt* ist der Wissensstand zum Einfluss pflanzlicher Biodiversität auf versorgende und regulierende Ökosystemleistungen in Wiesen- und Waldökosystemen Deutschlands überdurchschnittlich hoch {Anhang A2.3}. Für andere Lebensräume wie Ackerflächen, Binnengewässer, Auen und urbane Räume, für den Bereich der kulturellen Ökosystemleistungen und für die Rolle der genetischen Diversität sowie von Artengruppen, deren Diversität schwer zu erfassen ist (z. B. Bodenorganismen), bestehen erhebliche Wissenslücken (Abb. 32) {Anhang A2.3}.

B3. Zahlreiche Experimente und Freilandbeobachtungen in Deutschland und naturräumlich vergleichbaren Regionen legen nahe, dass artenreiche und funktionell vielfältige Ökosysteme leistungsfähiger (siehe auch B4) und stabiler sind (siehe auch B6). Dadurch benötigen sie weniger menschliches Eingreifen (z. B. Düngung, Schädlingskontrolle) für ihre Funk-

tionsfähigkeit als Ökosysteme mit geringer biologischer Vielfalt ●. Eine Übertragung der experimentellen Ergebnisse auf reale Ökosysteme muss jedoch weitere Prozesse berücksichtigen, die die Zusammenhänge auf größerer Skala und unter natürlichen Bedingungen modifizieren können. Ökosystemleistungen aus der Gruppe Stabilität und Resilienz zeigen einen überwiegend positiven Zusammenhang mit der Biodiversität über alle Lebensräume hinweg (Abb. 32). Die Gültigkeit folgender Vorhersagen konnte in Experimenten in Wiesen, Wäldern und Algenkulturen mit Relevanz für Deutschland eindrucksvoll belegt werden: Pflanzen mit unterschiedlichem Wuchsverhalten und morphologischen und physiologischen Eigenschaften können sich in der Aufnahme von Ressourcen wie Wasser oder Nährstoffe ergänzen (»Ressourcenkomplementarität«) und unterstützen (»Facilitation«) und diese so effizienter nutzen, um Ökosystemleistungen zu erbringen {3.3.2.1, 4.3.2.1, 4.3.2.2}. In artenreichen Lebensge-

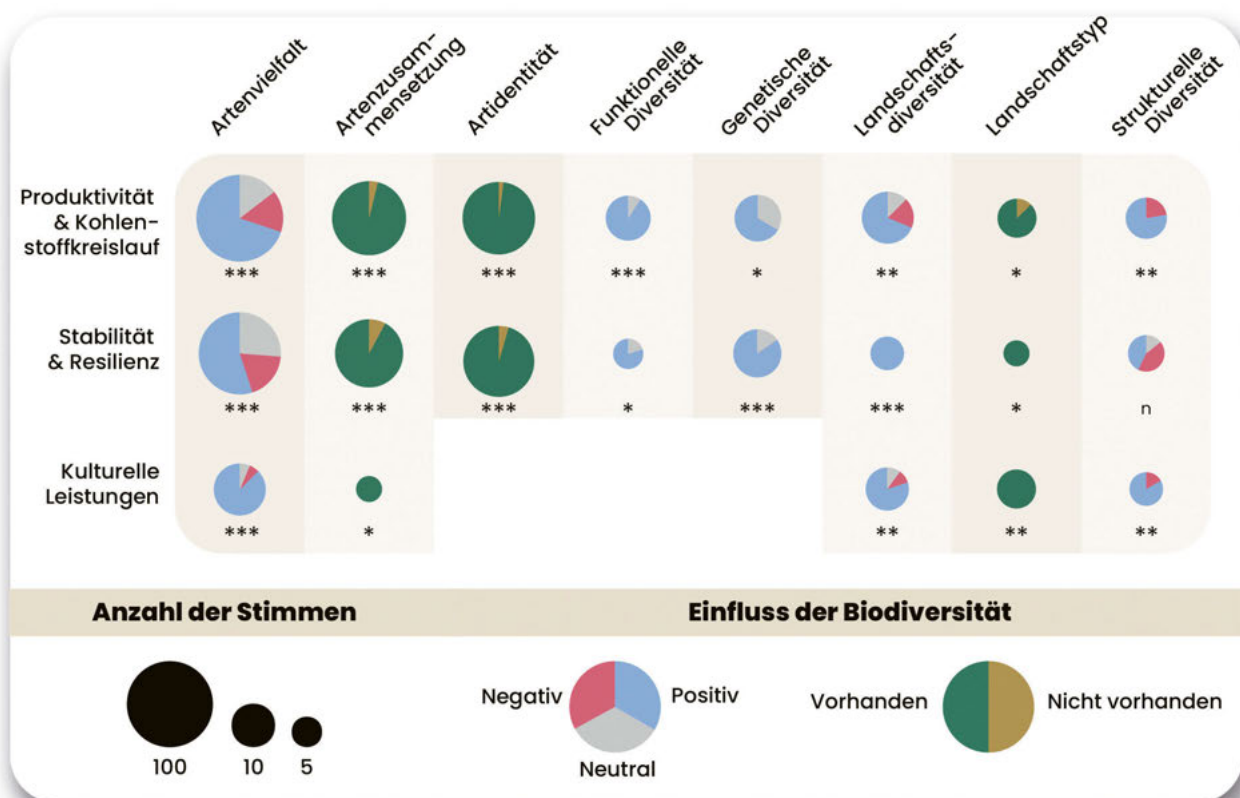


Abbildung 32: Einfluss verschiedener Biodiversitätsfacetten auf ausgewählte Ökosystemleistungen, die konsistent über alle Lebensräume hinweg untersucht wurden. Die Ökosystemleistungen wurden hierbei in die Kategorien »Produktivität und Kohlenstoffkreislauf« (z. B. Biomasseproduktion oder Kohlenstoffspeicherung), »Stabilität und Resilienz« (z. B. Hochwasserschutz oder Temperaturregulierung) und »Kulturelle Leistungen« aufgeteilt. Für die Facetten »Artenzusammensetzung«, »Artidentität« und »Landschaftstyp« geht es hierbei darum, ob ein Zusammenhang zwischen den Facetten und der betrachteten Ökosystemleistung gefunden wurde (vorhanden/nicht vorhanden). Bei den anderen Facetten ist auch die Richtung dieses Einflusses angegeben (positiv, negativ, neutral). Die Größe der Kreisdiagramme zeigt an, wie viele Studienergebnisse (»Stimmen«) in das jeweilige Diagramm eingeflossen sind. Kleine (oder fehlende) Kreise weisen also auf eine geringe Abdeckung dieses Zusammenhangs zwischen biologischer Vielfalt und Ökosystemleistung in der Literatur hin. Die Sterne zeigen an, ob wir für die jeweilige Kombination aus Biodiversitätsfacette und Ökosystemleistungskomplex signifikant mehr positive (bzw. vorhanden) als negative oder neutrale (bzw. nicht vorhanden) Zusammenhänge gefunden haben (P-Werte: ***<0,001, **<0,01, *<0,05, n>0,05). → B3

meinschaften sind einzelne Arten häufig gesünder, weil ihre Krankheitserreger, Parasiten und Fressfeinde hier kleinere Populationen aufbauen (»Verdünnungseffekt«) und weil sie einander schützen {4.3.2.2, 8.3.2, 8.4.3.1}. Bodenorganismen ergänzen sich bei der Zersetzung von organischer Substanz {4.3.2.2, 5.3.2.2, 8.3.3, 8.4.3.1}. Die Bedeutung der biologischen Vielfalt ist für die Erbringung von versorgenden und regulierenden Ökosystemleistungen umso höher, je variabler diese in Raum und Zeit verteilt sind und je mehr Ökosystemleistungen gleichzeitig betrachtet werden {4.3.3, 8.3.3}. Werden einzelne Ökosystemleistungen betrachtet, erbringt eine höhere biologische Vielfalt ab einer gewissen Schwelle keine verbesserte Leistung. Wird hingegen eine Vielzahl von Leistungen oder ein langer Zeitraum betrachtet, bleibt dieser Zusammenhang positiv (»Multifunktionalität«) {2.2.2, 3.3.3, 4.3.3, 5.3.3, 6.3.1, 7.3.3, 8.3.3}. Zusätzlich besteht ein »Versicherungseffekt«: Bei variablen Umweltbedingungen und damit wiederholtem Auftreten von Stress und Störungen können sich Arten mit unterschiedlichen Anpassungen daran gegenseitig in der Erfüllung von Funktionen vertreten und diese so in Zeit und Raum stabilisieren {4.3.2.2, 5.3.1, 5.3.2.2}. Weiterhin erhöht ein hoher Artenreichtum die Wahrscheinlichkeit, dass besonders gut an den Standort angepasste oder resistente Arten Teil des Artenbestands sind und einen überproportional hohen Beitrag für Ökosystemleistungen erbringen können (»Selektionseffekt«). Die Vorhersagen gelten mit Einschränkungen auch unter Freilandbedingungen. Sie werden dort aber zusätzlich überlagert von weiteren Wirkungsfaktoren wie den spezifischen Umweltbedingungen am Standort, der Landnutzungsgeschichte, natürlichen Störungen sowie den Eigenheiten spezifischer Artengemeinschaften, die sich am Standort als Ergebnis der Konkurrenz und der Verbreitungsfähigkeit von Arten entwickelt haben {2.2.2}. Insgesamt erklären diese Ergebnisse, warum Monokulturen, vor allem in der Landwirtschaft und Aquakultur – und in einem geringeren Maße in der Forstwirtschaft –, unter variablen Bedingungen ein Risiko darstellen und einen erheblichen Einsatz an Energie und Chemie (Bearbeitung, Düngung, Pflanzenschutzmittel, Antibiotika) benötigen. Dies erschwert die nachhaltige Nutzung von Monokulturen {3.3.2, 4.3.2.1, 6.3.2.1}. Insbesondere die Bedeutung der biologischen Vielfalt für die Multifunktionalität ist für die Praxis bedeutsam {2.2.2, 8.3.3}. Wenn im Zuge einer Extensivierung der Nutzung im Sinne der Nachhaltigkeit weniger der genannten Hilfsmittel zum Einsatz kommen, steigt die Notwendigkeit, dass sich Ökosysteme wieder selbst regulieren und ihre vielfältigen Leistungen optimieren {3.3.2.2}. Eine hohe

biologische Vielfalt, nicht zuletzt der Bodenbiodiversität, scheint hierfür eine wichtige Voraussetzung zu sein {8.7.2.3}.

B4. Ökosysteme, deren Hauptfunktion versorgende Ökosystemleistungen sind, wie die Bereitstellung von Nahrung, Naturstoffen und Baumaterialien, sind bei höherer Artenvielfalt unter ansonsten vergleichbaren Bedingungen meistens produktiver und erbringen diese Leistungen zuverlässiger als artenarme Systeme

● Die Vorzüge von Mischkulturen und artenreichen Pflanzenbeständen, wie sie in der ökologischen Praxis der Land- und Forstwissenschaft in Deutschland schon lange erprobt wurden, sind in Grünland- und Waldökosystemen durch neue repräsentative Experimente und Freilandbeobachtungen bestätigt worden. Für beide Systeme konnte gezeigt werden, dass die Diversität an krautigen Arten bzw. Baumarten die Biomasseproduktivität erhöht und diese unter dem Einfluss von Umweltvariabilität weniger stark schwankt {3.3.2.1, 4.3.2.1}. Letzteres ergibt sich vor allem, weil artspezifische Wachstumszyklen und Reaktionen auf äußere Umwelteinflüsse zeitlich versetzt verlaufen und sich dadurch Schwankungen auf der Ebene der Gemeinschaft ausgleichen. Der Einfluss des Baumartenreichtums auf die Holzqualität ist allerdings ungeklärt {4.3.2.1}. Während Fruchtfolgen, d. h. Pflanzenvielfalt in der Zeit, ein bewährtes Mittel im Ackerbau sind, um eine Akkumulation von bodenbürtigen Fraßfeinden und Krankheitserregern (»Bodenmüdigkeit«) zu verhindern {8.6.3}, sind Mischkulturen auf großer Fläche erst in der Erprobung {3.3.2}. Die kultivierten Pflanzen profitieren von der Interaktion mit einer Vielzahl von mit ihnen vergesellschafteten Mikroorganismen {8.3.1, 8.5.3}. Dieses Mikrobiom aus Bakterien, Archaeen, Protisten und Pilzen innerhalb und außerhalb der Pflanzen ist hochdivers und fördert eine stabile pflanzliche Produktion {8.3.1}. Zudem leistet das Mikrobiom u. a. die Stickstofffixierung (symbiotische Knöllchenbakterien, frei lebende Blaualgen), die Akquise von Nährstoffen und Wasser aus feinsten Bodenporen, die Bereitstellung von Nährstoffen an der Wurzeloberfläche und die Abwehr von Krankheitserregern {8.3.2, 8.4.3.1}. Die Diversität von Bestäubern erhöht Ernteerträge durch Komplementarität in zeitlichen Aktivitätsmustern und vermeidet Ernteaufschläge durch Versicherungseffekte angesichts von Witterungsschwankungen und Krankheiten {3.3.2.2, 8.4.3.1}. Es gibt Hinweise darauf, dass artenreiche Fischbestände eine höhere Stabilität von Fangerträgen ermöglichen, aber die Evidenz ist nicht eindeutig {5.3.2.1, 6.3.2.1}. Angesichts der deutlich positiven Effekte der Vielfalt einzelliger Algen (Phyto-

plankton) auf die Stabilität der Biomasseproduktion ist es sehr wahrscheinlich, dass deren Vielfalt mittelbar über die Nahrungskette auch die Fischproduktion stabilisiert {6.3.1.1, 6.3.2.1}. Es gibt vereinzelte und indirekte Hinweise darauf, dass artenreiche Wälder eine diversere, aber nicht unbedingt höhere Nahrungsproduktion an Wild, Früchten und Pilzen ermöglichen {4.3.2.1}. Fast ein Drittel befragter Stadtbewohner:innen in Berlin gab an, Wildpflanzen außerhalb der eigenen Gärten zu sammeln {7.3.2.2}.

B5. Eine hohe Vielfalt bestimmter Artengruppen erhöht die Gesamtbiodiversität in Ökosystemen (Habitatbereitstellung; »Diversität schafft Diversität«; ●). Viele Pflanzenfresser (z.B. Blattwanzen, Schmetterlinge), Pflanzenbewohner (z.B. Mulmkäfer), Symbionten (z.B. Mykorrhizapilze), Parasiten (z.B. Gallwespen) und Krankheitserreger weisen eine spezifische Bindung zu Nahrungs-, Habitats- und Wirtspflanzen und den von ihnen gebildeten Strukturen (z.B. Totholz,

{4.2.2.2., 4.4.3.3}) auf. Dadurch steigt mit der Zahl der Pflanzenarten in einem Ökosystem auch die Diversität der von ihnen abhängigen Tier-, Pilz- und Mikroorganismenarten {3.3.2.2, 4.3.2.2, 5.3.2.1, 6.3.2.2, 8.4.3.1}. Untersuchungen in Wäldern und im Grünland zeigen, dass sich diese Vielfalt auch über das Nahrungsnetz auf räuberische Tierarten übertragen kann {3.3.2.2, 4.3.2.2}. Entsprechende Beispiele aus dem marinen Bereich sind Muschelbänke oder Seegraswiesen, die durch die Schaffung biogener Habitate einer Vielzahl von Arten mit unterschiedlichsten Funktionen einen Lebensraum bieten {6.3.2.1, 6.3.2.2}. Im Boden ist es vor allem die Diversität größerer Organismen der Makrofauna (Regenwürmer, Asseln, Doppelfüßer) und wurzelnder Pflanzen, die durch Durchlüftung, Bildung des Bodengefüges und Verbreitung die Lebensbedingungen für die Mikro- und Mesofauna verbessern und damit deren biologische Vielfalt erhöhen {8.3.2, 8.4.3.1}. Die sich daraus ergebende höhere Gesamtdiversität kann viele Ökosystemleistungen positiv beeinflussen {2.2.2}. So fand man



Abbildung 33: Viele Bestäuber sind auf einzelne Pflanzenarten oder -gattungen spezialisiert, hier zum Beispiel die Blaue Ehrenpreis-Sandbiene (links oben), Reseden-Maskenbiene (links unten), Zaunrüben-Sandbiene (rechts oben), Hahnenfuß-Scherenbiene (rechts mitte) und Knautien-Sandbiene (rechts unten). Auf diese Weise fördert eine artenreiche Vegetation eine diverse Insektenfauna – »Vielfalt gebiert Vielfalt« (Fotos: Maik Hausotte). → B5

beispielsweise, dass die Pflanzendiversität die Multifunktionalität des Bodens und den organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens entlang eines Urbanisierungsgradienten verbessert, indem sie zunächst die Vielfalt der unterirdischen Organismen erhöht {7.3.1, 8.3.3, 8.7.2.2}.

B6. Artenreiche Ökosysteme haben das Potenzial, in stärkerem Ausmaß regulierende Ökosystemleistungen zu erbringen als artenarme Ökosysteme (Abb. 32). Ob dieses Potenzial zum Tragen kommt, hängt stark vom ökologischen Kontext und von der betrachteten regulierenden Ökosystemleistung ab (überwiegend ●, zum Teil ◐ bzw. ◑). Die biologische Vielfalt des Bodens spielt für regulierende Ökosystemleistungen an Land eine herausragende Rolle. In aquatischen Lebensräumen ist dies oft an die Diversität von Mikroorganismen und Wirbellosen in der Wassersäule sowie im Sediment gebunden.

Mischwälder aus vielen Baumarten legen durch ihr erhöhtes Wachstum mehr Kohlenstoff in der Biomasse fest. Sie entziehen der Atmosphäre das Treibhausgas CO₂ und leisten damit einen Beitrag, den Klimawandel abzumildern {4.3.2.2}. Im Grünland wirkt die Pflanzenvielfalt vor allem auf die Speicherung von Kohlenstoff in der Wurzelbiomasse und nicht in der oberirdischen Biomasse, da diese durch Mahd und Beweidung regelmäßig entfernt wird {3.3.2.2}. Ein positiver Effekt der Pflanzenvielfalt auf die Festlegung von Kohlenstoff in der organischen Substanz des Bodens und auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenstress konnte vor allem für Wiesen gezeigt werden {3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.4.5,

8.4.3.1}. In Wäldern treten diese Effekte auch auf, können aber stärker vom Umweltkontext überprägt sein. Für beide Systeme gilt auch, dass artenreiche Gemeinschaften in der Regel weniger anfällig gegenüber Störungen (Sturmwurf, Feuer), Fraß und Krankheitserregern sind {3.3.2.2, 4.3.2.2}. Wälder mit hohem Baumartenreichtum haben eine höhere Pufferwirkung auf Temperaturschwankungen am Waldboden und damit tagsüber eine höhere Kühlwirkung im Bestandesinneren als Monokulturen {4.3.2.2}. Dies konnte auch für Wiesen gezeigt werden {3.3.2.2, 8.4.3.1}. Artenreiche Wälder und Wiesen, z. B. an Hanglagen oder Deichen, bieten einen besseren Erosionsschutz als artenarme {3.3.2.2, Box 3.1, 4.3.2.2, 6.3.1.2}. Funktionelle Vielfalt der Vegetation in Auenökosystemen wird mit einer erhöhten Resistenz gegenüber Störungen durch Hochwasser und mit einer verbesserten Reinigung des Wassers bei Überflutungen durch Filtrierung und damit Rückhalt von stickstoffhaltigen Partikeln in Verbindung gebracht. Die Diversität von Wasserpflanzen in Fließgewässern hat eine ähnliche Wirkung für diese regulierenden Ökosystemleistungen {5.3.2.2}. Eine hohe biologische Vielfalt an grabenden Wirbellosen in marinen Sedimenten erhöht die Eindringtiefe von Sauerstoff und damit die Mineralisierung von totem organischen Material {6.3.2.2}. In Wäldern konnten bislang nur schwache Effekte der Baumartenvielfalt auf die Geschwindigkeit des Abbaus von Blättern und Holz festgestellt werden {4.3.2.2}. Der Bodenbiodiversität kommt eine besondere Bedeutung bei der Bereitstellung von regulierenden ÖSL zu {8.4.3, vor allem 8.4.3.1}. Hier ist besonders die Vielfalt an Körpergrö-



Abbildung 34: Das Jena-Experiment untersucht Ökosystemfunktionen entlang von Gradienten des Artenreichtums von Wiesenpflanzen (1–60). Artenreiche Wiesen sind produktiver und binden mehr Kohlenstoff im Boden (Foto: Nico Eisenhauer). → B6

ßen und Lebensstrategien der Bodenorganismen – ihre funktionelle Vielfalt – essenziell für die Streuzersetzung und damit für die Mineralisierung, Bereitstellung und Mobilisierung von Nährstoffen {8.3.2, 8.3.3}. Kleine Bodenlebewesen (Bakterien, Archaeen, Pilzhyphen, Protisten) erschließen die komplette Oberfläche des komplexen dreidimensionalen Bodengefüges bis in die engsten Spalten, während größere Bodenlebewesen der Makrofauna (z. B. Regenwürmer, Asseln, Doppelfüßer) organisches Substrat zerkleinern und über Kotproduktion wasserlöslich machen. Kleinste Fadenwürmer und Bodentiere mittlerer Größe (Springschwänze, Milben) aktivieren als Weidegänger die Mikroorganismen und fördern damit indirekt die Mineralisierung. Trotz der hohen Mineralisierungsleistung des Bodenlebens weisen Böden mit hoher funktioneller Vielfalt einen höheren Gehalt an organischem Material auf und entziehen dadurch der Atmosphäre langfristig mehr Kohlenstoff. Böden mit intakten Gemeinschaften von Bodenlebewesen entziehen der Luft hochwirksame Treibhausgase wie Methan und Lachgas. Pflanzen profitieren von der Interaktion mit einer Vielzahl von bodenbürtigen Mikroorganismen {8.3.2}. Eine hohe funktionelle Vielfalt von Bodenlebewesen erhöht die Resistenz von Pflanzenbeständen gegenüber Schädlingen und Krankheitserregern {8.4.3.1}. Generell hängt der Zusammenhang von biologischer Vielfalt und regulierenden Ökosystemleistungen stark vom ökologischen Kontext und von der betrachteten Leistung ab. Das spiegelt sich auch in den unterschiedlichen Ergebnissen von Studien zu regulierenden Leistungen aus dem Bereich »Stabilität und Resilienz« wider (Anhang A2.3). Die Bereitstellung von Habitat für Lebewesen gehört auch zu den regulierenden Ökosystemleistungen (B5).

B7. Es ist zu erwarten, dass genetische Vielfalt innerhalb von Arten eine ähnliche Funktion für Ökosystemleistungen haben kann wie die Artenvielfalt (Komplementarität, Selektionseffekte, Versicherungseffekte). Genetische Vielfalt kann vor allem die Stabilität von Populationen und damit regulierende Ökosystemleistungen wie die Resistenz gegenüber Krankheiten und Klimawandel erhöhen ☹. Die meisten Studien untersuchen den Einfluss der Artenvielfalt auf Ökosystemleistungen. Deutlich weniger Studien existieren zum Einfluss anderer Facetten der biologischen Vielfalt, wie der genetischen, funktionellen oder strukturellen Vielfalt (Abb. 32, Anhang A2.3) {auch 5.2.4.2, 8.4.3.2}. Vorhandene Studien weisen jedoch auf ihre Relevanz vor allem für die langfristige Sicherung von Ökosystemleistungen hin {4.3.2.2}. Eine hohe ge-

netische Diversität von Feldfrüchten erwies sich vor allem als wichtig als Versicherung gegen eingeschleppte Krankheiten {3.3.2.1}. Nach der jüngeren Sequenz von Trockenjahren (2018 und 2019) konnten Subpopulationen der Buche identifiziert werden, deren Trockenresistenz eine genetische Basis hat {4.3.2.2}. Dies lässt darauf schließen, dass genetische Vielfalt Voranpassungen (»Präadaptation«) gegenüber Stressoren umfassen und damit Baumpopulationen und die Ökosystemleistungen von Wäldern stabilisieren kann {4.2.4}. Auch Gene Editing kann dazu beitragen, die genetische Diversität von Kulturpflanzen zu erhöhen {3.3.2.1}. Im Gegensatz zum natürlichen Diversitätspool kann diese Methode aber nur zielgerichtet eingesetzt werden, wenn der Krankheitserreger oder der Umweltstressor vorher genau bekannt ist {3.3.2.1}. Genetische Vielfalt geht verloren, wenn genetisch isolierte Populationen von seltenen Lebensräumen aussterben (Box A, A4). Dies passiert beispielsweise, wenn im Zuge des Klimawandels Quellen versiegen oder Moorreste verschwinden {3.4.5, 5.2.2.2}. Auch wenn die Datenbasis gering ist, so scheint der Verlust an genetischen Linien das Aussterben von Arten deutlich zu übersteigen {5.2.4.2}.

B8. Einzelne Schlüsselarten, funktionell ähnliche Artengruppen oder bestimmte Artengemeinschaften können für die Sicherung von Ökosystemleistungen einen besonders großen Beitrag leisten (sog. Identitätseffekte; ●). Biodiversitätsexperimente untersuchen vor allem den Einfluss einer Reduktion der biologischen Vielfalt (oft als Artenreichtum) auf Ökosystemleistungen und finden überwiegend negative Auswirkungen eines Verlusts an biologischer Vielfalt (B3). Besonders schwer wiegt der Verlust von Schlüsselarten oder -gemeinschaften, die eine überproportional wichtige Rolle für Ökosystemleistungen spielen {1.2.4, 8.3.3}. Dabei handelt es sich um Arten, die durch ihre einzigartigen Anpassungen und Fähigkeiten als »Ökosystemingenieure« fungieren {4.2.2.2}. So führte die Wiederansiedlung des Bibers zu einer Verbesserung der Selbstreinigung von Fließgewässern; Biberteiche tragen zum Rückhalt und Abbau von Nährstoffen bei. Zudem fördert der Biber die Schwammwirkung der Landschaft und trägt damit zur Kühlung sowie zur Grundwasserversorgung während der Trockenzeiten bei {5.3.2.2}. Die Seegräser (*Zostera* sp.) der Küstengewässer und das Schilfrohr in Binnengewässern und Ästuaren bilden nicht nur wichtige Habitate für eine Vielzahl von Organismengruppen, sondern sie fixieren klimaschädliches Kohlendioxid (»Blue Carbon«), dienen der Sedimentstabilisierung und Wasserreinigung und liefern natürliche Rohstoffe {5.3.2.1,

6.3}. Der Verlust dieser Arten ginge mit einem signifikanten Verlust von Ökosystemleistungen einher. Derzeit ist es z. B. möglich, dass die Toleranzgrenze des Seegrases gegenüber einer Meereserwärmung im Zuge des Klimawandels ohne eine rasche evolutionäre Anpassung bald überschritten sein könnte {6.4.5.2}. Schilfrohr leidet unter Eutrophierung, kann sich aber unter Prozessschutz ohne regelmäßige Ernte auch zu Monokulturen entwickeln {5.3.3.2}. Wälder haben oft ungeachtet ihrer Baumartenvielfalt ein intrinsisch hohes Potenzial der Kohlenstoffspeicherung und Kühlwirkung {4.3.2.2}. Eine wichtige Rolle der Artenvielfalt und der genetischen Diversität könnte sein, für alle Standorte und zukünftige Bedingungen heimische bestandsbildende Baumarten vorzuhalten {4.4.2.2, 4.4.5, 4.6.3.2}. Von den fünf typischen überflutungstoleranten Arten der Hartholzaue (Stieleiche, Gemeine Esche, Feld-, Flatter- und Bergulme) sind vier (alle Ulmenarten, Esche) durch eingeschleppte Krankheiten stark reduziert {4.4.6.3, 5.2.2.2, 5.4.3.4}. Dies könnte die Regeneration und Funktionsfähigkeit der Auwälder in Deutschland deutlich schwächen {4.4.6.3, Box 5.1}. Die von Pilzen der Gattung *Phytophthora* bedrohte Schwarzerle ist die einzige einheimische Baumart, die auf überstauten, sauerstoffarmen Böden geschlossene Hochwälder bilden kann {4.4.6.3}. Sie spielt außerdem eine wichtige Rolle bei der in Zeiten des Klimawandels wichtigen Beschattung kleinerer Fließgewässer {4.4.6.3}. Im Boden sind vor allem Vertreter der Makrofauna wie Regenwürmer wichtige Schlüsselarten für die Verbesserung der Bodenstruktur, der Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen, Erosion zu verhindern und durch Bioturbation von organischer Substanz die Festlegung von Kohlenstoff zu erhöhen {8.4.3.1}. Es sind auch häufig einzelne Schlüsselarten, die eine überproportional hohe Habitatfunktion für andere abhängige Arten ausüben (*„foundation species“*) {1.2.4, 4.2.2.2, 5.3.2.2, 6.3.1.2}. So sind die von Eichenarten (Stiel- und Traubeneiche) abhängigen Lebensgemeinschaften an Insekten und Pilzen deutlich artenreicher als die anderer mitteleuropäischer Baumarten {4.3.2.2}. Identitätseffekte der Habitatfunktion sind auch in aquatischen Systemen ausgeprägt, wo häufig einzelne Schlüsselarten (z. B. Miesmuschel, Seegras, manche Borstenwürmer, Schilfrohr) über die Bildung von Habitatstrukturen (Muschelbänken, Seegraswiesen, Schilfgürteln) einen starken Einfluss auf die biologische Vielfalt und Biomasse vor allem der Fauna haben {5.3.2.1, 6.3.1.2, 6.3.2.2}. Wenn einzelne Arten eine besonders hohe Habitatfunktion ausüben, können die Effekte solcher Schlüsselarten die in B4 genannten Diversitätseffekte überlagern. Die daraus resultierende hohe



Abbildung 35: Die Schwarzerle ist eine Schlüsselart für die biologische Vielfalt. Sie ist die einzige heimische Baumart, die auf dauerhaft überstauten Niedermoorböden Hochwälder bilden kann (Walzensseggen-Erlenbruchwälder). Diese haben einen sehr hohen Wert für den Artenschutz. Die Schwarzerle ist derzeit durch einen invasiven Pilz der Gattung *Phytophthora* bedroht. Dübener Heide (Foto: Christian Wirth). → B8

Gesamtartenvielfalt an abhängigen Arten kann prinzipiell wiederum Ökosystemleistungen und deren Stabilität erhöhen.

B9. Kulturelle Ökosystemleistungen sind vielfältig, aber ihre Bezüge zur biologischen Vielfalt sind bislang wenig quantitativ untersucht (Abb. 32). Facetten der biologischen Vielfalt können in Städten die psychische Gesundheit fördern, sie vermitteln in ländlichen Gebieten ein Heimatgefühl und eine Verbundenheit mit der kulturgeschichtlichen Tradition (»Sense of Place«). Sie sind eine Attraktion für touristische Ziele, dienen als künstlerische und spirituelle Quelle und Untersuchungsgegenstand für Citizen Science. Hierbei sind strukturelle Diversität, die Vieltätigkeit von Habitaten und Landschaftselementen oder das Vorhandensein charismatischer Arten besonders wichtige Facetten der biologischen Vielfalt, weil sie von Menschen intuitiv wahrgenommen werden ⊖.

Studien, die einen direkten Zusammenhang zwischen biologischer Vielfalt und kulturellen Leistungen herstellen, sind noch selten (Abb. 32). Indirekt kann jedoch über Zahlen aus der Tourismusbranche und Befragungen von Besuchenden auf die Relevanz von biologischer Vielfalt für die Erholung geschlossen werden {2.2.2}. Naturerleben ist insbesondere im städtischen Kontext bedeutend, der den Alltag der meisten Menschen in Deutschland prägt {7.3.2.2}. Erste Studien zeigen, dass urbane Habitat- und Artendiversität das Wohlbefinden von Menschen signifikant verbessern kann



Abbildung 36: Parks ermöglichen Naturerleben in Städten und fördern Erholung und Wohlbefinden (Foto: Jörg Freyhof). → B9



Abbildung 37: Naturnahe Uferstrukturen werden als ästhetisch wahrgenommen und locken Besucher:innen zum Beispiel an die Ostseeküste auf Fischland (Foto: Jörg Freyhof). → B9

{7.3.2.2}. Für die ästhetische Wertschätzung ist besonders eine strukturelle Diversität wichtig, also Mischungen von unterschiedlich hoher Vegetation, Wasserläufen, blütenreichen Wiesen und Gehölzen {7.3.2.2}. In der ästhetischen Wertschätzung von Wäldern scheint es ein Optimum an struktureller Diversität zu geben (zwischen der Eintönigkeit von Monokulturen und der Unübersichtlichkeit mancher Wildnisgebiete) {4.3.2.3}. Im urbanen Kontext wird Reliktwäldern ein größerer Wert beigemessen als Waldsukzessionsflächen auf Brachen {7.3.2.2}. Pflanzliche Artenvielfalt wird in Wiesen eher positiv wahrgenommen als im Wald {7.3.2.2}. In traditionellen Agrarlandschaften trägt das Schönheitsempfinden noch Züge der romantischen Ästhetik (historische Kulturlandschaft in Abgrenzung zur industrialisierten Agrarlandschaft) {3.3.2.3}. Naturnahe geschwungene Wasserläufe mit struktureichen Ufern und angrenzenden Überschwemmungsflächen haben eine beson-

ders hohe Attraktivität für viele Menschen, sowohl im Binnenland als auch an der Küste {5.3.2.4, 6.3.1.3}. Zwischen einheimischen und gebietsfremden Arten wird bei der ästhetischen Präferenz von biologischer Vielfalt nicht unterschieden {7.3.2.2}. Menschen mit Zugang zu Grünflächen und zu Schutzgebieten verfügen über ein besseres Wissen zu Tier- und Pflanzenarten, wodurch eine höhere Wertschätzung für biologische Vielfalt vorhanden ist {7.3.2.2}. Auch wenn biologische Vielfalt per se für die wenigsten Tourist:innen als Motivation angegeben wird, so wird bei Umfragen allgemein »Naturerleben« oder der Besuch eines für den Naturschutz ausgewiesenen Gebiets (z.B. Nationalpark) als wichtige Motivation genannt {3.3.2.3, 4.3.2.3, 5.3.2.4, 6.3.1.3, 6.3.2.3}. Böden erbringen wichtige kulturelle Leistungen (z.B. Quelle des Waldgeruchs, Archivfunktion, Farbgebung der Landschaft), aber die biologische Vielfalt spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle {8.4.3.3}.

B10. Es gibt Beispiele negativer Auswirkungen biologischer Organismen auf das Wohlbefinden von Menschen (Disservices), die in der Stadt- und Landschaftsplanung berücksichtigt werden müssen. Evidenz, dass die Förderung biologischer Vielfalt per se solche Schädwirkungen verstärkt, liegt jedoch nicht vor

⊖. Disservices treten naturgemäß im direkten Kontakt zwischen Menschen und spezifischen Arten und daher besonders in Städten und an Urlaubsorten zutage {Box 3.3, 5.3.3.2, Box 6.3, 6.3.3, 7.3.1, 7.3.2, 8.4.3}. Städtische Brachen können allergene Pflanzen (z.B. *Ambrosia artemisiifolia*) beheimaten oder Samen von Wildkräutern produzieren, die in Gärten unerwünscht sind. Die spontane Ansiedlung von Bäumen (z.B. Birken, Götterbäumen) kann zu Schäden an Gebäuden und Rohrleitungen führen. Städtische Kleingewässer und Auen können als Brutgebiete von Mücken und anderen stechenden oder saugenden Insekten genutzt werden, die unter Umständen auch Krankheiten übertragen {7.3.2}. In Seen und Küstengewässern können Blaualgenblüten auftreten und Giftstoffe absondern, die die Wasserqualität beträchtlich reduzieren {5.3.3.2, 5.4.6.3, 6.4.4.1}. Die Giftstoffe können beim Baden versehentlich verschluckt werden und dann zu Gesundheitsschäden führen {5.3.3.2}. Die Massenentwicklung von Wasserpflanzen wie der Kanadischen Wasserpest kann sich hinderlich auf den Bootsverkehr und damit auf den Wassertourismus auswirken {5.3.3.2}. Diese Disservices stehen nicht selten in direkter Verbindung mit direkten Treibern (z.B. Eutrophierung von Gewässern) oder der Einfuhr und Ausbreitung invasiver Arten (siehe *Ambrosia* aus Nordamerika) oder der Kombination aus beidem {5.3.3.2, 6.4.4.1, 7.3.2}.

C Direkte Treiber

C1. In Deutschland wurden die Landschaft und ihre Ökosysteme im Zuge der Industrialisierung, der Landnutzung und des steigenden Flächenbedarfs für Siedlung und Verkehr in den letzten 150 Jahren stark überprägt, vereinfacht und vereinheitlicht ●. Der Verlust an Habitat- und Strukturvielfalt durch Flurbereinigung, Melioration, Entwässerung und Überbauung hat zu einer Verarmung aller Organismengruppen geführt, die den heutigen Zustand und die aktuellen Trends der biologischen Vielfalt stark prägt ●.

Die Intensivierung der Landnutzung hat zu Verlust und Fragmentierung von Habitattypen in allen terrestrischen Lebensräumen geführt {2.3.2, 3.4.2, 4.4.2.2, 7.4.3}. Im Jahr 2021 erstreckten sich Städte, Siedlungen und Verkehrsflächen über 14,5 % der Landesfläche Deutschlands, mit einem Anteil an überbaute (versiegelte) Fläche von 45,1 %. Zudem hat die Intensivierung der Landnutzung auf der übrigen Fläche die Qualität vieler Lebensraumtypen verschlechtert (B2) und damit indirekt zu einem Lebensraumverlust geführt {2.3.3}. Monokulturen und strukturarme Agrarlandschaften dominieren vielerorts und bieten nur begrenzte Nahrungs- und Rückzugsräume für Tier- und Pflanzenarten {2.3.2}. In der Agrarlandschaft äußerte sich der Verlust der Habitatvielfalt im Zuge der Flurbereinigung im Laufe des 20. Jahrhunderts durch vergrößerte Schläge (mehr als verdoppelt), das Verfüllen von Kleingewässern, das Verschwinden von Hecken sowie Feldgehölzen mit überwiegend einheimischen Arten (mehr als halbiert) und die Verringerung von Randflächen an Wegen und Fließgewässern sowie durch den Verlust von Dauergrünland (Verlust von 12 % seit 1991) durch Umbruch von Weiden und Wiesen zu Ackerland {3.2.2.1, 3.4.2, 5.4.1.1}. Mit dem Verlust dieser Sonderhabitate und Randstrukturen von landwirtschaftlichen Flächen verschwanden und verschwinden immer noch wichtige Nahrungs-, Brut- bzw. Rückzugshabitate unter anderem für Tagfalter, Wildbienen, Singvögel und Spitzmäuse {3.2.2.4, 3.4.3.2, 4.4.2.2}. Durch eine großflächige Entwässerung sind über 80 % der Moore, Feucht- und Nasswiesen, wechselfeuchten Auenstandorte und feuchten Ausprägungen von Ackerstandorten verschwunden {3.2.2.5, 3.4.3.4, 5.2.2.1} und mit ihnen die damit verbundene Flora und Fauna (z. B. Pflanzen der Niedermoore, Watvögel, Amphibien). Obwohl die Relevanz dieses Wandels in der Landschaftsstruktur nachgewiesen wurde, erfährt sie in der Forschung deutlich weniger Aufmerksamkeit, als ihre tatsächliche Bedeutung erfordern würde (vgl. Abb. 40 und Abb. 42). Die Umwandlung von Flächen für die Nutzung erneuerbarer



Abbildung 38: Entwässerungsgraben im Niedermoorgrünland. Durch Entwässerungen ist ein Großteil der Feuchtwiesen verschwunden oder degradiert (Foto: Helge Bruelheide). → C1

Energien (z. B. Biogasanlagen oder Windenergieanlagen) hat unterschiedliche Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, z. B. eine Zunahme der bestäubenden Insekten, aber einen Rückgang der Vögel und Fledermäuse {3.4.2, 4.4.2.3, 6.4.3.5, 9.2.1}.

Die heutige Waldlandschaft ist stark fragmentiert und trotz Waldumbau (C2) der vergangenen Jahrzehnte immer noch stark von einschichtigen Altersklassenwäldern geprägt (zu 32 %), die häufig von standortfremden Monokulturen bestockt werden {4.4.2.1, 4.4.2.2}. Lichte und gehölzartenreiche historische Waldnutzungsformen wie Mittel- und Niederwälder und Übergangsbereiche zwischen Wald und Offenland (breite Waldsäume, Streuobstwiesen, Alleen) sind großflächig verschwunden {3.2.2.3, 4.1.2, 4.2.2.1, 4.2.2.2, 4.4.2.2, 4.4.3.2, 4.4.7.1}. Der Anteil von Mittel- und Niederwäldern ist seit 1927 um etwa 99 % gefallen {4.2.2.1}. Dies hat negative Kon-



Abbildung 39: 80 % der Fließgewässer in Deutschland sind strukturell stark verändert, z. B. durch Begräbnis, Uferbefestigung und Eindeichung (Foto: Adobe Stock). → C1

sequenzen für wärmebedürftige Lichtwaldarten (viele Tag- und Nachtfalter, Käfer und Hautflügler) und Spezialisten der Waldränder (viele Vögel, Fledermäuse, Nager) {4.1.2, 4.2.2.2, 4.4.3.2}. Eine Entwässerung von Waldstandorten erfolgte in vielen Auwald- und Bruchwaldstandorten, aber auch auf der gesamten Waldfläche als Begleiterscheinung eines dichten Netzes befestigter Waldwege (auf 3 % der Waldfläche), mit negativen Konsequenzen vor allem für Amphibien und deren Räuber (z.B. Greifvögel), aber auch für bedrohte und bisweilen endemische Tier- und Pflanzenarten der Waldquellen {2.3.2, 4.2.2.1, 4.2.2.2, 4.4.3.5, 4.6.3.2, 5.2.2.2, 5.4.3.2}. Temporäre Gewässer auf verdichteten Rückegassen haben hingegen eine förderliche Wirkung auf Amphibien, insbesondere die Gelbbauchunke {4.4.3.5}.

Binnengewässer und Auen sind in Deutschland besonders stark von hydrologischen und strukturellen Veränderungen betroffen. Weniger als 2 % der Fließgewässer sind in einem natürlichen Zustand; fast 80 % sind strukturell stark verändert durch Begradigung, Uferbefestigung, Entfernung von Ufergehölzen und Totholz sowie regelmäßige Entkrautung {5.4.1.2,

5.4.2.1, 8.7.2.3}. Solche Eingriffe beeinträchtigen vornehmlich die Lebensraumvielfalt im und am Gewässer in Bezug auf die Beschaffenheit des Gewässerbetts, das Vorhandensein von Grobstrukturen (Totholz, Kies- und Sandbänke), die Strömungsvielfalt und die Vielfalt der Uferstrukturen. Deutschlandweit beeinträchtigen über 200.000 Querbauwerke (Wehre, Staustufen) und 7.000 Kleinwasserkraftwerke die Durchgängigkeit der Fließgewässer. Flüsse werden von ihren Auen durch Eindeichung und deren Entwässerung entkoppelt {5.4.1.2, 5.4.2.1}. Diese gravierenden hydromorphologischen Lebensraumveränderungen beeinflussen den Landschaftswasserhaushalt und wirken sich negativ auf viele Organismengruppen aus (u. a. Fische, Insekten, Kleinkrebse und Wasserpflanzen) {5.4.1.2, 5.4.2.1, 5.6.3.2}. Sie können auch die Wirkung stofflicher Einträge (s. u.) verstärken {5.4.1.3}. An der Land-Meer-Grenze wurde durch die Eindeichung und Begradigung der Küstenlinie, einhergehend mit Landgewinnung, eine vom Menschen komplett überformte Landschaft geschaffen {6.4.2}. Die Verfestigung der Nordseeinseln, der Wasserwege- und Hafenausbau sowie die geänderte Hydrodynamik durch

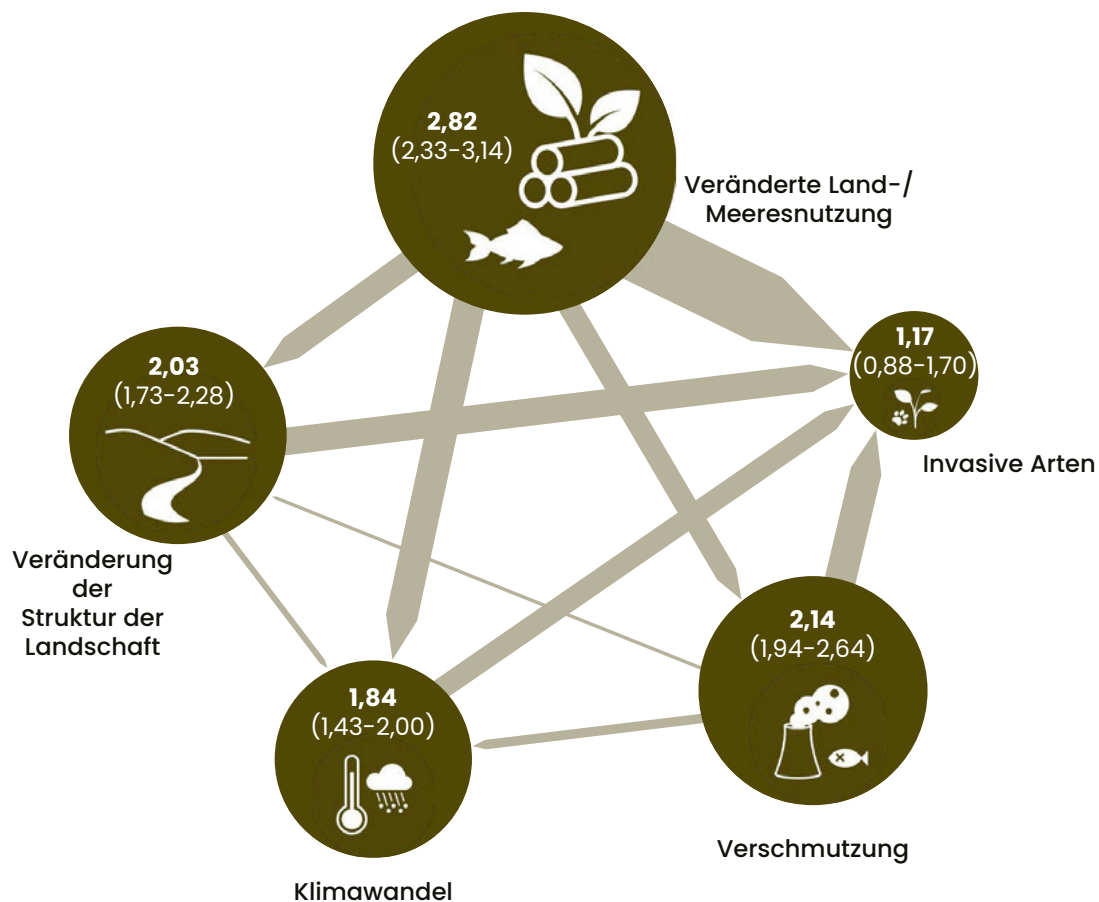


Abbildung 40: Dominanzhierarchien der fünf betrachteten Kategorien direkter Treiber von Biodiversitätsveränderungen. Hierfür wurden Studien analysiert, die mindestens zwei Treiberkategorien untersucht und verglichen haben (N = 44). Die Fläche des Kreises für jeden Treiber zeigt, wie dominant der jeweilige Treiber insgesamt war (mit 95 % Konfidenzintervall; möglicher Bereich = 0 bis 4). Die Pfeile zeigen die Richtung und Stärke des Dominanzunterschieds des jeweiligen Treiberpaars (siehe Methodenbox). → C1 – C6

die Deiche hat die natürliche Dynamik des Lebensraums erheblich eingeschränkt {5.2.2.2, 5.4.5.1, 6.4.2}. In den Küstengewässern führen der Sand- und Kiesabbau sowie die Ausbaggerung von Fahrrinnen für die Schifffahrt zur Beeinträchtigung von Wirbellosen des Gewässergrundes, und der Bau und der Betrieb von Offshore-Windanlagen beeinträchtigen marine Säuger und Seevögel {5.5.3.4, 6.4.3.3, 6.4.3.4, 6.4.3.5}. Durch die Aufgabe der Beweidung von Grau- und Braundünen kommt es hier zu einer zunehmenden Wiederbewaldung mit Verlusten wertvoller Arten der Dünenflora und -fauna {6.2.2.2, 6.4.2}.

In Städten bewirkt ein langfristiger Trend der (Nach-)Verdichtung und Intensivierung der Nutzung einen fortschreitenden Verlust an unversiegelten und durch Vegetation oder Wasser charakterisierten Flächen {7.4.1}. So hat in 90 % der Städte mit mehr als 50.000 Einwohner:innen die Siedlungsfläche zwischen 2012 und 2018 zugenommen {7.4.3}. Von 1992 bis 2021 wurden 4039 km² neu versiegelt, sodass heute 6,3 % der Gesamtfläche Deutschlands versiegelt sind {2.3.3}. Dies geht einher mit der zunehmenden Isolierung verbleibender Restflächen {7.4.1}. Betroffen sind vor allem wassergebundene Arten wie Amphibien und Libellen, aber auch Arten offener Brachen (Reptilien, Wildbienen, Heuschrecken) {7.2.2.1, 7.4.2}. Innerhalb von Siedlungsgebieten hat ein vielfältiges Mosaik aus Lebensräumen und einheimischen Pflanzen ebenfalls positive Auswirkungen auf die Bodenbiodiversität {Box 7.1, 8.7.2.2}. Veränderungen in der Landnutzung (z. B. die Umwandlung von Wald in Ackerfläche und die Entwässerung von Mooren und Sümpfen) führen auch zu Veränderungen in der Artenvielfalt und den Nahrungsnetzen im Boden, u. a. aufgrund der Auswirkungen auf das Nahrungsangebot für Bodenorganismen {2.3.3, 8.6.3}.

C2. In Deutschland führte die Intensivierung der Landnutzung innerhalb der verschiedenen Habitate zu einer Verringerung der Habitatqualität und einer Verminderung der Artenvielfalt ●. Jüngere Anpassungen der Bewirtschaftungsformen in Deutschland wirken dem teilweise entgegen ☹. Die Relevanz der Intensivierung ist auch ein wesentlicher Grund für die höchste Einstufung der veränderten Land- und Meeresnutzung unter allen direkten Treibern, sowohl bezüglich deren Wirkung (Abb. 40) wie auch des damit zusammenhängenden Forschungsinteresses (Abb. 42). Insbesondere im Feldfruchtanbau haben die erhöhte Verwendung von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln, der Einsatz größerer Maschinen sowie das Ausbleiben oder die Vereinfachung von Fruchtfolgen und die Un-



Abbildung 41: Kühe in Stallhaltung. Durch die Abkehr von der Weidehaltung gehen typische Mikrohabitate (z.B. Trittstellen, Kuhdung) der Viehweiden verloren (Foto: Adobe Stock). → C2

terdrückung der einheimischen Ackerwildkrautvegetation, u. a. durch perfektionierte Saatgutreinigung, negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt {2.3.3, 3.4.3.1, 4.4.3.2, 5.4.2.2, 6.4.3.1, 7.4.3, 8.2.3}. Mit der Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung erfolgten häufig eine Einsaat von gezüchteten Kulturgräsern, intensive Düngung und eine frühere, häufigere und großflächigere Mahd mit negativen Konsequenzen für den Artenreichtum von Pflanzen und von ihnen abhängigen Insekten und Bodenorganismen. Einen ähnlichen Effekt haben die zunehmend ganzjährige Stallhaltung von Kühen und der Rückgang der Schafbeweidung, wodurch typische Mikrohabitate und Prozesse der Weidehaltung wegfallen (Dung, Trittstellen, Altgrasflächen, Lagerflächen, Samenverbreitung) {3.4.3}. Der Humusgehalt in Ackerböden nimmt unter Ackernutzung stark ab, was zu einem starken Verlust an Bodenbiodiversität führt {2.3.3, 8.5.3}.

In Wäldern steigt der Anteil an Laubbäumen, und die Nutzungsintensität ist rückläufig. Der Anteil an Laub- und Mischwäldern mit überwiegend heimischen Baumarten stieg von 2002 bis 2012 um 4,2 % und derjenige von Wäldern mit naturnaher Bewirtschaftung um 1,7 % {4.4.3.1}. Die positive Reaktion der biologischen Vielfalt auf diesen langfristigen Trend (v. a. nachgewiesen für Vögel) ist ein indirekter Beleg für den negativen Einfluss der intensiven Forstwirtschaft mit Altersklassenwäldern und Monokulturen {4.2.2.2, 4.4.3.1}. Zusammen mit der Förderung der Naturverjüngung und Pflanzungen unter dem Schirm älterer Bäume, der erhöhten Produktivität durch Stickstoffimmissionen und dem Vorratsaufbau entstand ein deutlich höherer Anteil mehrschichtiger dichter Wälder. So sind nur noch 20 % der Buchen-

wälder in Deutschland einschichtig. Damit gehen eine Verdunkelung, eine strukturelle Homogenisierung und die Ausprägung eines Waldklimas einher, wovon typische Waldarten profitieren {4.2.2.2, 4.4.2.2}. Lichtwaldarten mit Anpassungen an offene Strukturen (Lichtungen, Waldränder) reagieren hingegen negativ {4.2.2.2, 4.4.2.2, 4.4.3.2}.

Totholz dient als Ressource und Lebensraum, wobei etwa ein Drittel der Waldarten zwingend davon abhängt {4.1.1.1, 4.4.3.3, 8.7.2.3}. Die Menge an Totholz (idealerweise 20–50 m³ pro ha für die häufigsten mitteleuropäischen Waldgesellschaften {4.6.3.2}) und die Vielfalt des Totholzes in Bezug auf Größe, Position, Zersetzungsstadium und Baumart sind entscheidende Faktoren für die biologische Vielfalt {4.4.3.3, 8.7.2.3}. Das Entfernen von Totholz und der daraus entstandene Totholz-mangel insbesondere während der letzten zwei Jahrhunderte haben sich stark negativ auf die Diversität von Vögeln, Schnecken, Käfern, Hautflüglern und Pilzen ausgewirkt {4.1.2.2, 4.2.2.2, 4.3.1.2}. Der Totholzvorrat erhöhte

sich zwischen 2002 und 2012 durch aktive Anreicherung und Störungsereignisse leicht (um 2,1 m³ pro ha auf 20,6 m³ pro ha) {4.2.2.2, 4.4.3.3, 4.4.7.1}. Der aktuelle kontinuierliche Anstieg der Baummortalität durch Klimaextreme in Europa lässt hier eine weitere Zunahme von Totholz erwarten {4.6.3.2}.

Ebenso steigen der Anteil von Biotopbäumen und das Alter von Bäumen leicht an (Anstieg des Anteils von Wäldern > 100 Jahre um 1 % von 2002 bis 2012), mit positiven Effekten auf Arten wie Hohltaube oder Spechte {4.2.2.2, 4.4.3.3}. Die Erschließung und das Befahren von Wäldern für die Holzentnahme haben sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt. Wege wirken durch ihre Seitengräben entwässernd, und sie führen zu vermehrten Störungen (v. a. von Großvögeln und Säugetieren). Sie formen aber auch neue Lebensräume und Saumstrukturen (positiv für manche Pflanzen und Insekten) {4.4.3.5}. Die hohe Population des Rehs aufgrund von Hege (Förderung durch Jäger:innen) und Klimaerwärmung hat einen indirekt

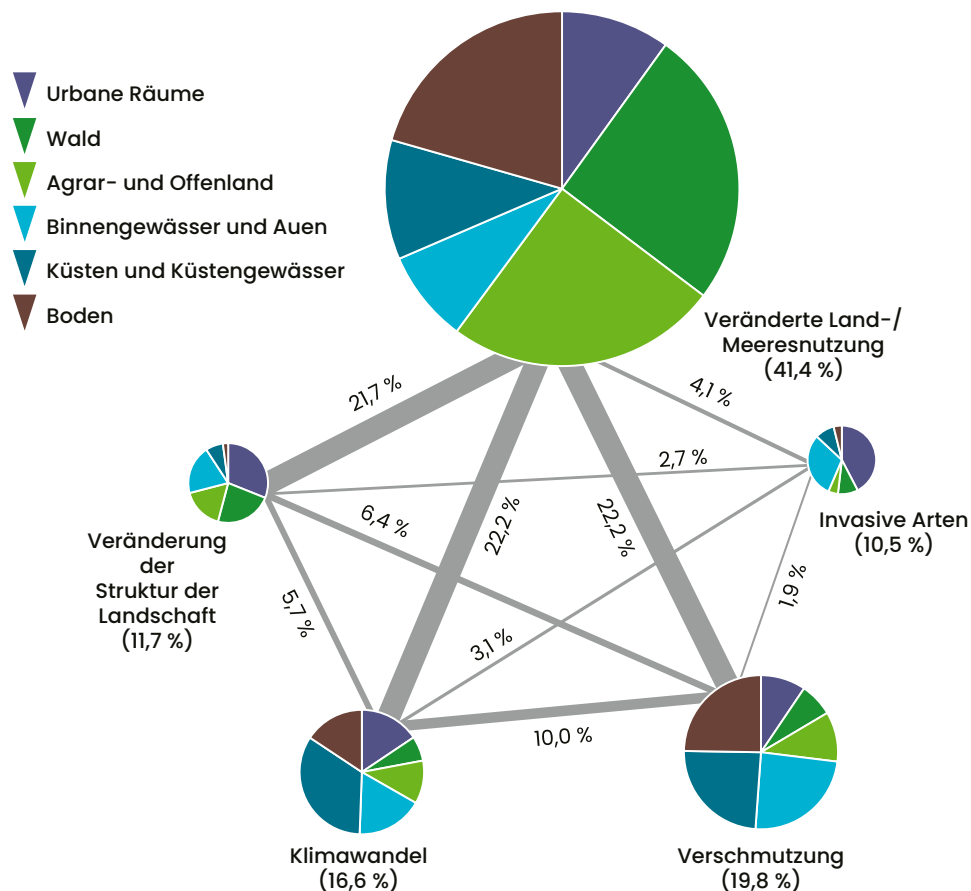


Abbildung 42: Forschungsinteresse: Die Größe der Tortenstücke berechnet sich aus der Summe des prozentualen Anteils von Veröffentlichungen, die sich in den verschiedenen Lebensräumen mit der jeweiligen Direkten-Treiber-Kategorie befassen. Die Fläche der Kreise ist proportional zu dem Gesamtanteil des jeweiligen Treibers. So beschäftigen sich z. B. 16,6 % der ausgewerteten Veröffentlichungen mit dem Thema Klimawandel, wobei sich etwa ein Drittel dieser Publikationen mit dem Klimawandel im Lebensraum Küste und Küstengewässer befasst. Die Strichdicke der Linien zwischen den Kreisen zeigt die Summe des prozentualen Anteils von Veröffentlichungen, die sich mit den beiden Direkten-Treiber-Kategorien befassen. Die Informationen dazu entstammen der systematischen Literatursuche der Lebensraumkapitel (inkl. des Kapitels Bodenbiodiversität, Kap. 3–8) sowie ausgewählter deutschsprachiger Literatur. → C1–C6

negativen Einfluss auf die biologische Vielfalt, indem sie die Naturverjüngung von artenreichen Mischwäldern erschwert {4.6.3.2}.

Fast alle Oberflächenwasserkörper (98 %) sind Stoffeinträgen aus flächigen Quellen ausgesetzt; davon kommen 60 % aus der Landwirtschaft {2.3.4, 5.4.1.2}. Trotz Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität wurden die Beurteilungswerte für Phosphat und Nitrat 2015 noch an 70 bzw. 81 % der Fließgewässermessstellen überschritten {5.4.2.3}. Die intensive Landnutzung im Einzugsgebiet vieler Binnengewässer korreliert negativ mit der Artenvielfalt und dem Anteil sensibler Arten, bedingt durch die hohen Einträge von Nährstoffen, aber auch von Pflanzenschutzmitteln und häufig Sedimenten {5.4.1.2, 5.4.2.2, 5.4.2.3}. Landwirtschaftliche und urbane Flächen wirken sich negativ auf die biologische Vielfalt von Fließgewässern aus, insbesondere wenn kein Schutz durch Ufergehölze oder ausreichend breite Gewässerrandstreifen vorhanden ist {5.4.2.1, 5.7.2}. Ebenso haben Maßnahmen der Gewässerunterhaltung wie regelmäßige Entkrautungen einen stark negativen Effekt {5.4.2.1}. Die Entnahme von Wasser für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen führt lokal zur Austrocknung von Binnengewässern und zur Absenkung des Grundwasserspiegels in Auen {5.4.1.2}. Dies gefährdet die biologische Vielfalt dieser Gebiete, inklusive der spezifischen Grundwasserfauna und deren Ökosystemleistungen, z.B. bei der Reinigung von Grundwasser {5.3.2.1, 5.3.2.2}. Intensiver Schiffsverkehr belastet die sensiblen Meeresökosysteme durch Lärm, visuelle Störung, Freisetzung von Schadstoffen und Einschleppen invasiver Arten {6.4.3.4}. Darüber hinaus sind die Küstenlebensräume durch eine intensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt {6.4.2}. Landgewinnung hatte über lange Zeiträume durch den Verlust von weitläufigen Habitatflächen einen negativen Einfluss auf die marinen Biota und deren Diversität {6.7.1, 6.7.2.4}.

In urbanen Räumen kann die Nutzungsweise und -intensität insbesondere bei der Bewirtschaftung von Gärten, öffentlichen Grünflächen und Parks einen negativen Einfluss auf die biologische Vielfalt haben, z.B. durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, eine zu häufige Mahd, Mulchen, Anpflanzungen von gebietsfremden Stauden, Strauch- und Baumarten oder das Entfernen von Totholz in Stadtwäldern. Der Trend zur naturnahen Pflege und die Anlage von Naturgärten haben einen stark positiven Einfluss {7.6.3.2}. Veränderungen in der Landnutzung führen auch zu Veränderungen in der Artenvielfalt und den Nahrungsnetzen im Boden (z.B. die Umwandlung von Wald in Ackerfläche und die Entwässerung von Mooren und Sümpfen),



Abbildung 43: Star füttert Jungvogel in Baumhöhle. Viele Vögel und weitere Artengruppen profitieren von der Zunahme an Altholz und Totholz im Wald (Foto: Heike Müller). → C2

u. a. aufgrund der Auswirkungen auf das Nahrungsangebot für Bodenorganismen. Mechanische Belastungen durch das Befahren von Böden mit schwerem Gerät können zu Bodenverdichtungen führen, die wiederum den Rückgang von bestimmten Bodenorganismen wie Springschwänzen und Raubmilben verursachen können {8.5.3}. Angepasste Nutzung, z.B. mit Pferden für die Holzernte, kann diese Belastungen stark vermindern {Box 4.1, 8.5.3}.

C3. Der Klimawandel wird in der Zukunft ein noch wichtigerer Treiber für Veränderungen der biologischen Vielfalt sein und auch die Auswirkungen anderer Treiber beeinflussen ●

Der Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre (namentlich Kohlendioxid, Methan und Lachgas) ist nach gegenwärtigem Wissensstand die Hauptursache für die weltweit beobachteten Erwärmungstrends. Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich auch hierzulande zunehmend und verstärken dabei oft die Effekte anderer Treiber von Biodiversitätsveränderungen {2.3.5}. Am deutlichsten zeigt sich dies in Verbindung mit einer intensivierten Landnutzung im Agrarland {2.3.7} und mit einer erhöhten Störungsdynamik in Wäldern {4.4.7.1}. Die Bedeutung des Klimawandels als unmittelbarer Treiber nimmt in Bezug auf seine Auswirkungen (Abb. 40) einen verhältnismäßig höheren Stellenwert im Vergleich zum Forschungsinteresse ein (Abb. 42), wobei sowohl bei den Auswirkungen als auch beim Forschungsinteresse die Verknüpfung mit der veränderten Land- und Meeresnutzung hervorzuheben ist, ebenso wie die Verbindung mit invasiven Arten (Abb. 40).



Abbildung 44: Abgestorbener Fichtenbestand im Harz. Viele Baumarten sind infolge des Klimawandels Trockenstress ausgesetzt (Foto: Adobe Stock). → C3

In Deutschland sind die Jahresdurchschnittstemperaturen in den letzten gut 50 Jahren um $1,8^{\circ}\text{C}$ angestiegen, in den deutschen Meeresgewässern um etwa $1,5^{\circ}\text{C}$ {2.3.5, 6.4.5.1}. Das Ausmaß der Auswirkungen dieser Temperaturerhöhung auf die biologische Vielfalt in Deutschland ist bislang nicht in vollem Umfang abzuschätzen. Da bei einer kontinuierlichen Änderung der Standortbedingungen die Besiedlung mit neuen Arten schneller erfolgt als das Aussterben der vorhandenen Arten, das nur mit Zeitverzug erfolgt (Extinction Debt), ist kurzfristig mit einem Anstieg der Artenvielfalt zu rechnen, wie für Libellen gezeigt wurde (Box A) {2.1.3.2, 2.1.4, 5.2.2.1}. Langfristig kann sich dieser Trend aber umkehren, wenn es zum Aussterben der nicht hitzeresistenten und trockenheitsangepassten Arten kommt {2.1.4}.



Abbildung 45: Während der Trockenjahre 2018–2020 ausgetrockneter Teich (ehemalige Lehmgrube) in den Papitzer Lachen bei Leipzig, der dadurch seine wichtige Funktion als Laichgewässer für viele Amphibienarten verlor (Foto: Christian Wirth). → C3

Für die Zukunft wird in Deutschland eine signifikante Zunahme von längeren Trockenphasen (Dürren) ähnlich denen im Jahr 2018, und lang anhaltenden Hitzeperioden, wie im Jahr 2019, erwartet, mit einer deutlich erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit im Vergleich zur vorindustriellen Zeit. Dies kann stark negative Folgen für eine ganze Reihe von Organismen und Ökosystemen haben, von einer veränderten Fitness- und Konkurrenzfähigkeit bis hin zu einer erhöhten Sterblichkeit von Individuen und dem Absterben ganzer Bestände {2.3.5}. Im Agrar- und Offenland wirkt sich der Klimawandel in vielfältiger Weise negativ auf die biologische Vielfalt aus {3.4.5}. Der Klimawandel kann die Folgen einer Nutzungsintensivierung auf den Rückgang der Insektenvielfalt verstärken {2.3.7, 3.4.7}. Milde Winter fördern Schädlingspopulationen, was in der Folge einen vermehrten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach sich zieht – mit den bekannten negativen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt von Insekten und Ackerwildkräutern {3.4.5}. Höhere Temperaturen und Trockenheit führen zudem zu einer Austrocknung von Kleingewässern in der Agrarlandschaft und Mooren mit ihren hoch spezialisierten Lebensgemeinschaften {3.4.5, 5.4.7.4}. Der Klimawandel führt auch zur Phasenverschiebung von Aktivitätsmustern verschiedener Organismen, z. B. von insektenfressenden Vögeln (Langstreifenziehern) und deren Nahrung (Raupe) oder von Bestäubern und den Blühzeitpunkten der besuchten Pflanzen {2.3.5, 3.4.5, 5.4.6.4, 6.2.2.2, 6.4.5.1}. Dieser zeitliche Versatz kann Populationen der beteiligten Arten schwächen oder Massenvermehrungen auslösen, wenn Räuber fehlen {3.4.5, 5.4.6.4, 6.2.2.2, 6.4.5.1}. Phasenverschiebungen von Aktivitäten und Wechselwirkungen im Boden sind bisher nur sehr unzureichend erforscht und erst kürzlich in den wissenschaftlichen Fokus gerückt {8.5.5}.

Die Niederschlagsdefizite und hohen Temperaturen seit 2018 haben deutschlandweit zu stark erhöhten Mortalitätsraten in Wäldern geführt (fast 5 % im Zeitraum 2018 bis April 2021) {4.2.2.1, 4.4.5.1}. Die damit einhergehende Auflichtung des Kronendachs, der Anstieg von Insektenpopulationen (z. B. Borkenkäfer) als Nahrungsquelle für Insektenfresser (z. B. Spechtarten) und die Erhöhung des Totholzvorrats haben zunächst eine fördernde Wirkung auf die biologische Vielfalt {4.4.5, 4.4.7.1}. Der Zusammenbruch von standortuntypischen Nadelforsten beschleunigt auch die Waldumwandlung zu Laub- und Mischwäldern, ebenfalls mit überwiegend positiven Effekten für die biologische Vielfalt {2.3.3, 4.4.3.1}. Dürreperioden können aber auf lange Sicht zahlreiche der einheimischen Baumarten

ten mit hohem Biotopwert direkt schädigen (z. B. Buchen auf Trockenstandorten mit Verlust wertvoller Orchideen-Buchenwälder) oder im Zusammenwirken mit eingeschleppten Krankheitserregern möglicherweise vollständig eliminieren (z. B. Gemeine Esche in Auen- und Hangschluchtwäldern) {4.4.5, 4.4.6}. Viele kälteangepasste Arten (z. B. Tagfalter-, Libellen- und Käferarten) verschieben ihr Verbreitungsgebiet nach Norden oder in höhere Lagen, um günstigere Lebensbedingungen zu finden, während sich Arten südlichen Ursprungs großflächig ausbreiten {4.4.5.1}. Besonders negativ betroffen sind häufig Arten der Höhenlagen oder Waldmoore (z. B. Weißbindiger Mohrenfalter, Schwarze Heidelibelle) und generell dunkle Arten, die sich schneller aufheizen {4.4.5}. Das Austrocknen von Waldbächen und -tümpeln wirkt sich negativ auf alle Amphibien aus, aber auch auf Reptilien wie Kreuzotter und Aspispviper, die längere Strecken für die Aufnahme von Flüssigkeit zurücklegen müssen. Es ist anzunehmen, dass der Klimawandel auch zu einem Versiegen von Waldquellen führt und damit lokale Populationen angepasster Quellbewohner gefährdet, von denen viele auf dauerhafte Wasserführung angewiesen sind {5.4.4.4}.

Steigende Lufttemperaturen sowie weniger oder sehr ungleich verteilte Niederschläge können auch eine Erwärmung und allmähliche Austrocknung größerer Gewässer (Fließgewässer und Seen) zur Folge haben, wobei die erhöhten Wassertemperaturen und die damit verbundene Abnahme der Sauerstofflöslichkeit zu einem Verlust von Fischen und Wirbellosen führen kann {5.4.2.4, 5.4.6.4}. Diese Effekte sind besonders ausgeprägt in aufgestauten Gewässerabschnitten, bei zusätzlicher Einleitung von Kühlwasser und bei fehlender Beschattung durch Ufergehölze {5.4.2.4}. Die Erholung aquatischer Lebensgemeinschaften durch die Verbesserung der Wasserqualität Ende des letzten Jahrhunderts stagnierte in jüngerer Zeit {1.2.4, 5.4.1.1}. Als möglicher Grund dafür wird die Erwärmung der Gewässer durch den Klimawandel diskutiert {5.4.2.4}. Eine weitere Absenkung des Grundwasserspiegels durch Trockenheit hat in Auen und Niedermooren besonders dramatische Konsequenzen und kann zum Verlust von Feuchtgebieten führen, wodurch Auwälder absterben oder charakteristische Baumarten mit hohem Biotopwert, wie die Stieleiche, verlieren {5.4.3.2, 5.4.3.4}. Andererseits können vermehrte Extremwetterereignisse mit starken Regenfällen wie im Winter 2023/24 vermutlich zu häufigeren und stärkeren Überflutungen führen, was die Notwendigkeit von Retentionsflächen in Auen erhöht und langfristig indirekt einen positiven Einfluss auf autotypische Lebensgemeinschaften hat {5.4.3.4,



Abbildung 46: Wärmeliebende Arten südlichen Ursprungs wie die Gottesanbeterin breiten sich mit fortschreitendem Klimawandel in Deutschland aus (Foto: Dorte v. Stünzner-Karbe). Das Verbreitungsgebiet von eher kälteliebenden Arten wie dem Kleinen Fuchs verschiebt sich nach Norden und in die höheren Lagen der Mittelgebirge. Sie werden in Zukunft seltener bei uns zu finden sein (Foto: Jörg Freyhof). → C3

5.6.3.2}. Ein prognostizierter Anstieg des Meeresspiegels als Folge des Klimawandels würde die Ökosysteme der Mündungsgebiete (Ästuar) gefährden {5.4.5.4}. Ein Meeresspiegelanstieg gefährdet auch die seeseitige Biodiversität der Salzwiesen (*»coastal squeeze«*) {6.4.5.3}. Als Folge der steigenden Wassertemperaturen ist zudem bereits ein zeitlicher Versatz der Entwicklung von Muschellarven und deren Nahrungsquelle, dem Phytoplankton, beschrieben worden. Eine weitere Folge der Temperaturerhöhung ist eine Reduktion der Zellgrößen des Phytoplanktons {6.4.5.1}.

Städte erhitzen sich besonders stark, was durch Dürrestress vor allem eine Belastung für die Stadtbäume darstellt und nach den Trockenjahren 2018/19 zu hoher Mortalität geführt hat {7.2.2.2, 7.4.5}. Neupflanzungen mit klimaresistenten, häufig gebietsfremden Baumarten berücksichtigen bereits den Klimawandel {4.6.3.2, 7.3.2.1, 7.4.5}. Es wird auch eine Ausbreitung von Tro-

cken- und Steppenrasenarten in städtischem Grünland beobachtet {7.4.5}. Die Einflüsse des Klimawandels sind allgegenwärtig, sodass etablierte Naturschutzmaßnahmen und Managementpläne angepasst werden müssen {1.2.4} (siehe E).

C4. Direkte Effekte der Ressourcennutzung (inklusive direkter Ausbeutung von Organismen) auf die biologische Vielfalt dominieren vor allem in Süßwasserökosystemen und Küstengewässern ●.

Die Wasserentnahme beläuft sich mit derzeit 20 Mrd. m³ pro Jahr auf 11,4 % des Wasserdargebots. In Deutschland beeinflusst vor allem die intensive Nutzung von Wasser für die Energieversorgung (44 %), für Bergbau und Industrie (27 %), für die Trinkwassergewinnung (27 %) und die Landwirtschaft (2 % – Tendenz steigend) den ökologischen Zustand der Gewässer. Nachdem im 20. Jahrhundert vor allem durch Entwässerung in etwa die Hälfte der Quellen verloren gegangen ist, ist davon auszugehen, dass direkte Wasserentnahmen aus dem Grundwasser den Verlust von Quellen mit ihrer lebensraumtypischen biologischen Vielfalt weiter befördern werden {5.4.4.2}. Im Tiefland geht man von einem flächendeckenden Verlust von Quellen aus, in den Mittelgebirgen von einer deutlichen Reduktion {5.4.4.2}. Extreme Dürreperioden infolge des Klimawandels können die negativen Effekte von Wasserentnahmen verstärken {5.2.2.2, 5.4.1.2, 5.4.4.2}.

In Binnengewässern hat im historischen Vergleich die Fischerei stark an Bedeutung verloren; in Fließgewässern spielt sie aktuell kaum noch eine Rolle {5.3.2.3}. Generell ist der Einfluss der Binnenfischerei auf die Biodiversität gering {5.4.5.2}. Im Zusammenhang mit einer fischereilichen Nutzung, vor allem durch Angler:innen, werden gezielt Fische in Gewässer eingesetzt {5.5.4.1}. Infolge des Besatzes mit Fischen können ungewollt aber auch Parasiten, gebietsfremde Arten oder Krankheiten verbreitet werden, deren Auswirkungen bisher jedoch kaum untersucht sind {5.5.4.1}. In den Küstengewässern führt der Fang von Plattfischen (Schollen, Flundern) mit schweren Baumkurren zu erheblichen Schädigungen des Lebensraums am Gewässergrund {5.4.5.2, 6.4.3.1}. Die in der Krabbenfischerei eingesetzten leichteren Baumkurren mit Rollengeschirr beeinträchtigen die Meeresbodenfauna mechanisch weniger stark. Die Krabbenfischerei übt allerdings durch ungewollte Beifänge Einfluss auf die lokale Biodiversität aus {6.4.3.1}. Der Fischereidruck hat in deutschen Küstengewässern in den vergangenen 30 Jahren zwar abgenommen, aber die Fischerei hat weiterhin einen großen Einfluss auf die Größe und die Vielfalt der Fischpopulationen, auch wenn sich hier mehrere

Treiber überlagern. Etliche Fischbestände sind überfischt (z. B. Dorsch- und Heringbestände der westlichen Ostsee). Der Beifang (z. B. von Hai- und Rochenarten) wirkt sich negativ auf die gesamte Lebensgemeinschaft aus {6.4.3.1}. Außerdem beeinflussen die Entnahme von Sand und Kies und die Ausbaggerung von Fahrrinnen den Lebensraum am Gewässergrund von Küstengewässern und die biologische Vielfalt durch Veränderungen der Sedimenttopologie. Die Erholung der biologischen Vielfalt nach der Entnahme kann mehrere Jahrzehnte dauern, und einige Arten können sich möglicherweise nicht vollständig erholen {6.4.3.3}.

Durch die Jagd wurden historisch etliche Arten in Deutschland ausgerottet oder stark reduziert (Wildpferd, Auerochse, Steinbock, Wisent, Luchs, Wolf) {4.1.2, 4.4.7.4}. Die Entwicklung der Bestände von jagdbarem Wild (v. a. Huftiere) wird überwiegend aus Jagdstrecken rekonstruiert, die trotz Jagddruck fast alle zunehmen. Die Gründe dafür sind vielfältig (Hege, Schutz in Störflächen, Eutrophierung der Landschaft, Maisanbau, Fehlen von Prädatoren usw.) {4.2.2.2}. Geschützte Prädatoren konnten sich im Zuge von Jagdverboten wieder ansiedeln (Wolf) oder nach Auswilderung langsam ausbreiten (Luchs) {4.2.2.2, 4.4.7.4, 4.6.3.3}. Ein positiver Trend wird auch für die Elchpopulation geschätzt, stabile Populationsgrößen werden für Steinbock und Gämse genannt {4.2.2.2, 4.4.7.4}.

C5. Industrie- und Verkehrsemissionen, landwirtschaftliche Aktivitäten sowie Abwasser- und Abfallentsorgung verschmutzen alle Ökosysteme mit erheblichen (negativen) Auswirkungen auf die biologische Vielfalt ●. **Diese Belastungen tragen maßgeblich zum Rückgang und zur Gefährdung zahlreicher Tier- und Pflanzenarten sowie ihrer Lebensräume bei** ●. **Die Auswirkungen von Licht- und Lärmverschmutzung auf die biologische Vielfalt sind komplex** ⊖.

Unsere Umwelt wird noch immer mit einer Vielzahl von Fremdstoffen belastet {2.3.4}, weshalb Umweltverschmutzung nach wie vor eine maßgebliche Triebkraft für Veränderungen der biologischen Vielfalt in Deutschland darstellt (Abb. 40) und auch das Forschungsinteresse entsprechend besteht (Abb. 42). Bei der Wirkung ist auch ein deutlicher Link zu den invasiven Arten zu beobachten (Abb. 40). Jährlich werden ca. 30.000 t Pflanzenschutzmittel ausgebracht. Diese wurden entwickelt, um Nutzpflanzen, Nutztiere oder Materialien vor bestimmten Organismengruppen zu schützen. Die Wirkungsweisen von Pflanzenschutzmitteln sind äußerst vielfältig {2.3.4, 3.4.4.2}. Ihre Verweilzeiten in Ökosystemen, ihre Transportfähigkeit sowie ihre



Abbildung 47: Der Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft belastet Böden und Gewässer (Foto: Adobe Stock). → C5

Wirkungen auf andere Lebewesen als die Zielorganismen sind nur ungenügend bekannt. Ähnliches gilt für Stoffe, die aus Industrie, Verkehr, Siedlungen und Landnutzung in Form von Emissionen, Abwässern oder Abfällen in Ökosysteme gelangen und dort auf vielfältige Weise Wirkungen entfalten {2.3.4}. Substanzen wie Polychlorierte Biphenyle oder Schwermetalle können schon in geringen Konzentrationen schädlich wirken {2.3.4}. Substanzen wie viele organische Verbindungen, Hormone oder Nährstoffe (z. B. Phosphate und Nitrate) sind zwar nicht giftig, führen aber u. a. bei zu hohen Einträgen zu Sauerstoffzehrung in Gewässern {2.3.4, 5.4.2.3, 5.4.4.3, 5.4.6.3, 6.4.4.1, 7.4.4}. Fremdstoffe können sich in ihrer Schadwirkung gegenseitig verstärken, und ihr Einfluss kann durch andere Stressoren wie z. B. Trockenheit, Hitze, einseitige Nahrungsressourcen oder Pathogene noch erhöht werden {2.3.7, 3.4.7}. Im Agrar- und Offenland sind direkte Einträge von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln die wichtigsten Treiber von Biodiversitätsverlusten {2.3.4, 3.4.1}. Der Absatz von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland ist zwischen 1977 und 2022 in etwa gleich geblieben. Derzeit werden ca. 90 % der Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft eingesetzt. Die Gesamtoxität dieser ausgebrachten Pflanzenschutzmittel wird durch verschiedene Indizes beschrieben, die alle gleichbleibend hohe oder steigende Trends zeigen. Letzteres gilt vor allem für solche, die die

spezifische Wirkung einzelner Stoffgruppen auf Fische, Bodenorganismen und Pflanzen beschreiben. Pflanzenschutzmittel gelangen leicht in benachbarte Ökosysteme, können dort in erheblichen Konzentrationen im Boden und in Pflanzen nachgewiesen werden und schädigen Bestäuber und andere Nützlinge. Insgesamt 80 % der Gewässer in Deutschland sind durch Pflanzenschutzmittel belastet, mit negativen Wirkungen auf eine Vielzahl von Wasserorganismen {3.4.4.2}. Der Einsatz von Dünger schädigt die Bodenbiodiversität und führt bei der Düngung von Grünland zu einem starken Rückgang der Pflanzenvielfalt {2.3.4, 3.4.3.2, 3.4.4.1}. Über die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln und Düngerauswaschung auf die biologische Vielfalt der Grundwasserleiter ist wenig bekannt {5.4.9.3}.

Wälder waren in der Vergangenheit insbesondere durch Luftschadstoffe beeinträchtigt {2.3.4, 4.4.4.1, 4.4.4.2}. Die Belastung der Luft mit Schadstoffen ist in Deutschland in den letzten 25 Jahren deutlich zurückgegangen und hat in jüngerer Zeit zu einer leichten Erholung der biologischen Vielfalt von Flechten und Moosen am Waldboden und in den Baumkronen geführt {4.2.2.2, 4.4.4.1, 4.4.4.2}. Die Düngung im Wald erfolgt vor allem durch Kalkung {4.4.3.6}. Dies fördert die Bodenaktivität, verändert aber die Artenzusammensetzung, mit möglichen Verlusten bei säuretoleranteren Arten, während die Pflanzenvielfalt durch ein vermehr-



Abbildung 48: Nachtaktive Tiere wie das Abendpfauenauge (Foto: Jörg Freyhof) können durch künstliches Licht negativ beeinflusst werden (Foto: Pixabay-Sudeep James). → C5

tes Auftreten von Störungszeigerarten steigt {4.4.3.6}. In Wäldern werden Pflanzenschutzmittel nur in geringem Maße bei Auftreten von Massenvermehrung von Baumschädlingen verwendet. Die Schwächung der Wälder durch die Trockenjahre seit 2018/19 hat allerdings dazu geführt, dass der Insektizideinsatz zur Bekämpfung des Borkenkäfers und anderer Schädlinge in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen ist, mit negativen Nebeneffekten bei anderen Insektengruppen. Die Langzeitwirkungen sind jedoch nicht bekannt {4.4.4.3}. Atmosphärische Stickstoffemissionen aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft bewirken auch im Wald eine Eutrophierung mit einer Zunahme stickstoffliebender Pflanzenarten und oft einem Rückgang seltener Arten {4.2.2.2, 4.4.2.2, 4.4.4.1}.

Stoffliche Belastungen sind die Hauptursache für Biodiversitätsverluste in Fließgewässern {5.4.1}. Im Laufe der 1970/80er-Jahre konnte in Westdeutschland und in Ostdeutschland in den 1990er-Jahren eine erhebliche Verbesserung der Wasserqualität erreicht werden, die in vielen Fließgewässern zunächst wieder eine Besied-

lung mit höheren Organismen ermöglichte und in der Folge zu einer partiellen Erholung der Lebensgemeinschaften führte (z.B. Libellen und andere Wirbellose) {5.4.1.1, 5.6.1}. Dennoch sind heute nur knapp 10 % der Flüsse, Seen und Küstengewässer in einem guten ökologischen Zustand {5.5.2.4}. Ursache für die verbleibenden stofflichen Belastungen sind in erster Linie die Auswaschung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln aus landwirtschaftlich genutzten Flächen, aber auch häusliche und industrielle Abwässer spielen nach wie vor eine große Rolle, z.B. über Mikroschadstoffe, die in Kläranlagen nicht eliminiert werden {5.4.1.2, Box 5.2}. Die Meeresverschmutzung beeinträchtigt marine Lebensräume und gefährdet zahlreiche Meerestiere {6.4.4.2}. Mit der Reduktion des Nährstoffeintrags durch die großen Flüsse seit Mitte der 1980er-Jahre hat eine Deeutrophierung eingesetzt, die sich bereits in abnehmenden Biomassen der Wirbellosen am Meeresboden der Nordsee widerspiegelt, während die Phytoplanktonbiomassen regional weiterhin hoch sind {1.2.4, 6.2.2.2}. Deren Auswirkungen wie Sauerstoffarmut sind weiterhin v.a. in der Ostsee verbreitet {1.2.4, 6.2.2.2}. Die Biodiversität hat sich dem Zustand vor der übermäßigen anthropogenen Einleitung von Nährstoffen bisher nicht wieder angenähert {6.4.4.1}. Ähnliches gilt für die großen Seen {5.4.6.3}.

Lichtverschmutzung ist besonders intensiv in dicht besiedelten Gebieten. Sie entsteht durch die künstliche Beleuchtung in der nächtlichen Umgebung und hebt die natürliche Dunkelheit teils oder gar vollständig auf {2.3.4}. Die Auswirkungen auf die biologische Vielfalt sind komplex {2.3.4, 7.4.4}. So kommt es z.B. zu einer Störung des natürlichen Lebensrhythmus zahlreicher Lebewesen, insbesondere nachtaktiver und lichtempfindlicher Tiere, wie Nachtfalter oder Fledermäuse. Lichtverschmutzung kann zudem die Beziehungen zwischen Bestäubern und Pflanzen beeinflussen, was sich negativ auf die Fortpflanzung und die genetische Vielfalt der Pflanzen auswirkt. Auch aquatische Ökosysteme werden von der Lichtverschmutzung beeinflusst {2.3.4, 7.4.4}. Technische Möglichkeiten, Lichtverschmutzung durch geeignete Leuchtmittel zu minimieren, sind vorhanden, werden bisher aber selten eingesetzt {2.3.4, 7.6.3.2}.

Lärmverschmutzung betrifft nahezu alle Ökosysteme in Deutschland {2.3.4}. Zahlreiche Tierarten, darunter Vögel und Säugetiere, sind auf akustische Signale zur Kommunikation angewiesen. Der Lärm, der von Verkehrswegen, Baustellen oder Industrieanlagen ausgeht, kann diese natürlichen Kommunikationswege stören und somit die Paarung, Nahrungssuche und das

Revierverhalten beeinträchtigen {2.3.4, 7.4.4}. Ähnliche Störungen treten in Gewässern und Feuchtgebieten auf {2.3.4}. Die Auswirkungen von Lärmverschmutzung sind in terrestrischen Ökosystemen und Binnengewässern schlecht untersucht und treten wahrscheinlich hinter anderen Ursachen der Biodiversitätsveränderungen zurück. Auch die deutschen Küsten und Küstengewässer sind von Lärmverschmutzung betroffen {2.3.4, 6.4.4.5}. Der Lärm, der von Schiffen, Offshore-Anlagen oder Unterwasserbauarbeiten erzeugt wird, kann die Kommunikation beeinträchtigen und somit Auswirkungen auf die Nahrungssuche und Fortpflanzungsraten haben {2.3.4, 6.4.3.5, 6.4.4.5}.

C6. Gebietsfremde Arten (Neobiota) haben in Deutschland das Potenzial, heimische Arten negativ zu beeinträchtigen und Lebensgemeinschaften zu verändern ●. Wird dieses Potenzial realisiert, sprechen wir von invasiven Arten. Am stärksten betroffen sind Flüsse und Ströme sowie ihre Mündungsbereiche ins Meer. Dort können gebietsfremde Tiere (Neozoen) vor allem infolge des internationalen Schiffsverkehrs sehr schnell einwandern und bei Massenentwicklung zur Gefahr für einheimische Arten werden ⊖. In Wäldern sind es vor allem eingeschleppte Pilzkrankheiten, die Amphibien wie Feuersalamander und Baumarten (z. B. Esche) sowie die mit ihnen vergesellschafteten Organismengruppen gefährden ●. Allerdings können Neobiota auch die Funktionen biologischer Vielfalt fördern, wie es beispielsweise für viele Pflanzen in urbanen Räumen der Fall ist ●. Gebietsfremde Pflanzen (Neophyten) werden selten invasiv und stellen aus naturschutzfachlicher Sicht keine generelle Bedrohung für die biologische Vielfalt in Deutschland dar {2.3.6}. Beispiele aus naturschutzfachlicher Sicht problematischer invasiver Arten sind verwilderte Gartenpflanzen, wie Armenische Brombeere, Japanischer Staudenknöterich, Kanadische Goldrute oder die aus dem Kaukasus stammende Herkulesstaude {3.4.6, 4.4.6.1}. Neozoen werden im Vergleich zu Neophyten häufiger invasiv. Die invasive Asiatische Hornisse stellt eine Bedrohung für die domestizierte Honigbiene und heimische Wildbienen dar. Der Asiatische Marienkäfer, welcher zur biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzt wird, trägt zum Rückgang heimischer Marienkäferarten bei {3.4.6}. Agrarflächen fördern die Ausbreitung des Waschbären, der in angrenzenden Wäldern und Feuchtbiotopen die Populationen bedrohter Tierarten stark reduzieren kann (z. B. Brutvögel, Amphibien, Europäische Sumpfschildkröte) {3.4.6, 4.4.6.2}. Nutria und Bisam beeinträchti-



Abbildung 49: Die Amerikanische Schwertmuschel ist eine der häufigsten Neobiota in der Ostsee. Sie ist eine wichtige Nahrungsquelle für Wasservögel und Fischarten (Foto: Adobe Stock). → C6

gen Röhrichte, Ufer- und Wasserpflanzen {5.4.3.5}. Die Relevanz invasiver Arten wird unter den in Abb. 40 erfassten Treibern als die geringste eingestuft, stark beeinflusst von der Veränderung der Land-/Meeresnutzung, aber auch der Verschmutzung.

Vor allem auf nährstoffarmen Standorten in Wäldern breiten sich mehrere invasive Baumarten wie die Spätblühende Traubekirsche, die Roteiche und die Robinie aus. Sie behindern die Naturverjüngung oder tragen zur Eutrophierung bei. Allerdings sind die Unterschiede in der Artenzahl von Spinnen und Insekten zwischen gebietsfremden und heimischen Baumarten häufig nur gering, bzw. es liegen keine einheitlichen Befunde vor. Der Anteil an invasiven krautigen Arten ist in Wäldern derzeit noch unbedeutend {4.4.6.1}. Wälder sind dagegen stark beeinträchtigt durch eingeschleppte Pilzkrankheiten. Besonders betroffen sind Baumarten der Hartholzaueenwälder (Ulmenarten, Gemeine Esche) oder der Weichholzaueen- und Bruchwälder (Schwarzerle) sowie die mit ihnen vergesellschafteten Organismengruppen (v. a. Insekten oder heimische Pilzarten) {4.4.6.3} (Abb. 50). Der Asiatische Laubholzbockkäfer und verschiedene invasive Borkenkäfer verursachen erhebliche Schäden in heimischen Waldökosystemen {4.4.6.2}.

Große Fließgewässer sind besonders von der Einwanderung gebietsfremder Tierarten betroffen, weil sie häufig (unbewusst) mit Schiffen eingeschleppt werden und sich entlang der Schifffahrtsrouten schnell ausbreiten können {5.4.2.5}. In einigen Rheinabschnitten ist der Anteil gebietsfremder Fischarten seit 1993 von 5 % auf 30 % gestiegen. Die Ausbreitung der gebietsfremden Fische wurde v. a. durch den Bau des Rhein-Main-Donau-Kanals begünstigt, der die Einwanderung von Arten aus dem pontokaspischen Raum über die Donau

ermöglichte {5.2.3}. Ähnliche Verhältnisse sind für größere Seen dokumentiert, z. B. im Bodensee, wo die Wirbellosenlebensgemeinschaften des Seegrundes (Makrozoobenthos) von Neozoen dominiert werden {5.4.6.5}. Zur Auswirkung von gebietsfremden Arten in Quellen, im Grundwasser und in Niedermooren liegen kaum Erkenntnisse vor {5.4.4.5, 5.4.8.5, 5.4.9.5}.

In den deutschen Küstengewässern sind 2022 159 Neobiota festgestellt worden, von denen 122 als etabliert gelten. Der Anteil von Neobiota ist in der Nordsee zurzeit höher als in der Ostsee {6.2.3}. In der Ostsee haben die Neobiota allerdings in jüngerer Zeit stark zugenommen (v. a. Flohkrebse, Muscheln und Borstenwürmer) und stellen an manchen Orten über ein Drittel der Arten und Individuen {6.4.6}. Der Schiffsverkehr ist die Hauptursache für die Verbreitung von Neozoen, allerdings sind bei etwa einem Drittel die Wege der Einschleppung bisher unbekannt. Effekte auf Lebensgemeinschaften und Ökosystemprozesse sind nur von einem Drittel der Arten bekannt. Sie können lokal stark ausgeprägt sein {6.2.3}. Negative Wirkungen überwiegen, aber es gibt auch positive Effekte: Die Amerikanische Schwertmuschel ist heute eine der häufigsten Muschelarten in deutschen Meeresgewässern und eine wichtige Nahrungsquelle für tauchende und muschelfressende Vögel {6.4.6}.

Urbane Räume sind Hotspots des Vorkommens gebietsfremder Arten, von denen ein Teil als invasiv eingestuft wird {7.2.3, 7.4.6}. Es kann hier jedoch weder von generell negativen Effekten nicht einheimischer Arten auf die biologische Vielfalt gesprochen werden noch von der Abwesenheit negativer Effekte {7.4.6}. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass in urbanen Räumen ganz neuartige Ökosysteme vorherrschen {7.4.7}. Insbesondere Neophyten können Ökosystemleistungen erbringen, die unter den extremen Stadtbedingungen nicht durch einheimische Arten erbracht werden {2.3.6, 7.4.6}.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass invasive Arten lokal einen dramatischen Einfluss in Ökosystemen haben können, vielfach aber kaum eine Rolle spielen, da andere Ökosystemveränderungen dominieren. Neobiota erbringen aber lokal auch wertvolle Ökosystemleistungen {2.3.6}. Die Beziehungen zwischen invasiven Arten und heimischen Lebensgemeinschaften sind vielfältig, und es sind großräumige neue Ökosysteme entstanden, in denen heimische und neobiotische Arten koexistieren. Invasive Arten aus Ökosystemen zu entfernen, ist häufig nicht möglich {3.4.6}. Die Einschleppung von Arten ist eine Folge der Globalisierung und kaum zu begrenzen {2.3.6, 5.2.3, 6.2.3}.

C7. Die zuvor genannten Treiber von Biodiversitätsänderungen können einander verstärken, sodass nicht nur additive Effekte auftreten $\ominus$. Deren genaue Stärke kann die Forschung aufgrund der Komplexität der zu erwartenden Wechselwirkungen derzeit nicht vorhersagen. Die Einflüsse verschiedener direkter Treiber stehen miteinander in Wechselwirkung. Häufig verstärken sich ihre Wirkungen {2.3.7}. So sind Baumpopulationen, die unter Trockenheit leiden, häufig anfälliger gegenüber Pilzkrankungen und Borkenkäferbefall {4.7.7.1}. Im Agrar- und Offenland zeigen die mit dem Klimawandel einhergehenden Temperatur- und Niederschlagsveränderungen vor allem im Zusammenspiel mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung negative Konsequenzen für die biologische Vielfalt {3.4.7}. Die Entwicklung hoher Schädlingspopulationen in zu warmen Wintern zieht eine verstärkte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln nach sich {3.4.5}. Modellergebnisse und die Analyse der Herkunftsgebiete legen nahe, dass unter der Klimaerwärmung der Anteil an invasiven Neobiota



Abbildung 50: Der Klimawandel lässt im Leipziger Auwald beschleunigt Eschen absterben, die durch eine eingeschleppte Pilzart (*Hymenoscyphus fraxineus*; »Eschentriebsterben«) vorgeschädigt waren. Vom anschließenden Borkenkäferbefall profitieren vorübergehend viele Spechtarten, die die Borke entfernen, um an die Larven im darunterliegenden Bast zu kommen. Die auf Eschen spezialisierten Insekten- und Pilzarten verlieren langfristig ihre Nahrungsgrundlage (Foto: Christian Wirth). → C7

weiter ansteigen wird {1.2.4}. Im Lebensraum Binnengewässer und Auen fanden bisherige Untersuchungen zur Wirkung multipler Belastungen vor allem an Binnengewässern statt {5.4.1.3}. So führte etwa das gemeinsame Auftreten von Nährstoffanreicherung und Temperaturerhöhung in Seen zu einer verstärkten Primärproduktion und somit Eutrophierung, die mit einem Verlust gewässertypischer Biodiversität einherging {5.4.6}.

D Indirekte Treiber

D1. Politisch-rechtliche Treiber bilden zentrale Rahmenbedingungen für den Schutz der biologischen Vielfalt in allen Lebensräumen ●. Die Naturschutzpolitik setzt explizite Ziele zur Förderung der biologischen Vielfalt, welche oftmals mit anderen Politiken konkurrieren ●. Die Naturschutzpolitik setzt in fast allen Lebensräumen Ziele fest und hat somit ein hohes Potenzial, mittels politisch-rechtlicher Instrumente als positiver Treiber fördernd auf die biologische Vielfalt zu wirken {2.4.2, 3.5.2, 4.5.2, 5.5.2, 6.5.2, 7.5.1, 8.6.2, 9.2.1}. Globale Konventionen (v.a. Convention on Biological Diversity – CBD), europäische Richtlinien (v.a. Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie – FFH-RL, siehe E2, und in Zukunft die EU Verordnung über die Wiederherstellung der Natur) und nationale Gesetze (v.a. Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) geben hierfür den Rahmen vor (Abb. 54) {9.2.1}. Beispielsweise sieht die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 die Entwicklung von biodiversitätsfördernden Landschaftselementen auf 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche {3.5.2} und die CBD eine natürliche Entwicklung auf 5 % aller Waldflächen vor {4.5.2.1}. Die WRRL hat das Erreichen eines guten ökologischen Zustands aller Fließgewässer und Seen bis 2027

zum Ziel {5.5.2.4} und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) das Erreichen eines guten Zustands der Meeresumwelt über Maßnahmenprogramme, die alle sechs Jahre fortgeschrieben werden {6.2.1.1, 2.4.2, 9.2.1}. Die EU Verordnung zur Wiederherstellung der Natur (Nature Restoration Law) verlangt, bis 2030 20 % der Land- und Meeresgebiete wiederherzustellen.

Andere Politiken können mit den Interessen des Naturschutzes konkurrieren und dadurch hemmend auf die biologische Vielfalt innerhalb sowie außerhalb von Schutzgebieten wirken. Dies geschieht oft lebensraum-spezifisch über Vorgaben zur Bewirtschaftung. Auch wenn die Agrarpolitik (v.a. Gemeinsame Agrarpolitik – GAP) u.a. Umweltleistungen im Agrar- und Offenland (z.B. Öko-Regelungen, Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen – AUKM) finanziell entlohnt und darüber Anreize für eine nachhaltige Landbewirtschaftung setzt, erfolgt der Großteil der Direktzahlungen weiterhin über die Fläche {3.5.2, 9.2.1, 9.2.1.1}. Einige der vorgeschlagenen Maßnahmen bleiben für die biologische Vielfalt wirkungslos {3.5.2, 3.6.2, 3.6.4}. Nach Vorgaben für die aktuelle Förderperiode (2023–2027) sollen mindestens 25 % aus der 1. Säule und 35 % aus der 2. Säule für Umweltziele verausgabt werden {3.5.2.1, 9.3.1.2}. In Deutschland betragen die umweltrelevanten Ausgaben in beiden Säulen der GAP aktuell 1,8 Mrd. € pro Jahr, was einem Anteil von etwa 30 % der nationalen GAP-Ausgaben entspricht {9.3.1.2}. Die restlichen Ausgaben können jedoch auch Betriebe mit biodiversitätshemmenden Methoden fördern, wie den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldünger {3.5.2, 5.5.3.1}. Damit bietet die GAP-Reform über ihr ergebnisorientiertes Modell verschiedene Maßnahmen an, negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt der Agrarlandschaft,



Abbildung 51: Offshore-Windenergieanlagen haben negative Auswirkungen auf marine Säugetiere. In Küstengewässern konkurriert der Biodiversitätsschutz mit zahlreichen Nutzungsinteressen (Foto: Pixabay-Thomas G.). → D1

des Bodens und der angrenzenden Lebensräume zu verringern, welche jedoch noch deutlich geschärft werden sollten {9.3.1.2, 11.3}.

Die Energiepolitik (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) strebt eine Eindämmung der Erderwärmung an und ist damit im Sinne des Biodiversitätsschutzes. Aktuell kommt es jedoch durch den zunehmenden Ausbau von erneuerbaren Energien aus Wind, Wasser, Biomasse und Sonnenlicht zu zahlreichen Flächenkonkurrenzen und lokalen Zielkonflikten {9.2.1.3}. So verändert etwa der Betrieb von Wasserkraftanlagen die natürliche Gewässerstruktur und -dynamik und schränkt deren Durchgängigkeit für die lokale Biodiversität ein {5.5.3.2}. Die Förderung von Biogas und Biokraftstoffen führt zu einer Verarmung der Fruchtfolge und Landschaftsstruktur, da vermehrt Mais, Raps und Getreide als Energiepflanzen angebaut werden {3.5.2}. Der Anbau ist meist mit einer erhöhten Gabe von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln verbunden, welche sich negativ auf die Lebensraumqualität nahe gelegener Gewässer auswirken {5.5.4.2}. Flächen werden zusätzlich durch Solaranlagen verknappt, die heute allerdings erst 0,1 % aller landwirtschaftlichen Flächen belegen. Zeitgleich werden weniger landwirtschaftliche Flächen zur Förderung der biologischen Vielfalt brachgelegt {3.5.2, 3.5.5}. Windenergieanlagen in Agrar- und Offenlandschaften, im Wald sowie in Küstengewässern führen dazu, dass Vögel und Säugetiere Gebiete großflächig meiden. Es wird versucht, Kollisionen von Vögeln und Fledermäusen mit Rotorblättern z. B. durch Abschaltzeiten zu minimieren {3.4.2, 4.4.2.3, 6.4.3.5}. Lärmemissionen bei Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen und dazugehörigen Pipelines wirken sich zudem negativ auf marine Säugetiere aus {6.4.3.5}. Um Flächenkonkurrenzen und Konflikte zwischen dem Schutz der biologischen Vielfalt und dem Ausbau erneuerbarer Energien zu minimieren, sollte vermehrt auf Mehrfachnutzungen gesetzt werden, z. B. durch Agri-Photovoltaik auf Äckern oder Solargründächer in urbanen Räumen {3.5.5, 7.5.1}.

Im marinen Lebensraum existieren verschiedenste politisch-rechtliche Treiber mit sich räumlich überlagernden Nutzungsinteressen, wie Tourismus, Fischerei, Aquakulturen und Schifffahrt, die häufig mit dem Naturschutz in Konflikt stehen {6.5.2}. In urbanen Räumen zielen v. a. kommunale Nachhaltigkeits- und Biodiversitätsstrategien auf eine Förderung der biologischen Vielfalt ab und konkurrieren dabei mit dem Immobilienmarkt und Mobilitätsansprüchen (v. a. des Individualverkehrs) um die begrenzt verfügbaren Flächen in Städten {7.5.1}. Obgleich Böden in mehreren Gesetzestexten genannt werden (z. B. Bundesbodenschutzge-

setz – BBodSchG), wird der Boden als Lebensraum und damit auch die Bodenbiodiversität in der Politik bislang kaum behandelt. Dies soll sich mit der Nationalen Biodiversitätsstrategie 2030 ändern, welche die Bedeutung von Bodenorganismen anerkennt und klare Ziele formuliert {8.7.2}.

Grundsätzlich wird eine Lösung biodiversitätshemmender Zielkonflikte oft dadurch erschwert, dass konkurrierende Politiken von unterschiedlichen Fachverwaltungen ausgehen {9.2.1.5}. Folglich muss eine Harmonisierung der Politiken auf höherer politisch-rechtlicher Ebene stattfinden und Maßnahmenprogramme zwischen Politiken und Lebensräumen abgestimmt werden {11.2}. Der *Faktencheck Artenvielfalt* hat dazu potenzielle Ansatzpunkte ausgearbeitet, welche die komplexen Verflechtungen zwischen indirekten und direkten Treibern berücksichtigen {11}.

D2. Wirtschaftlich-technologische Treiber können sich hemmend auf die biologische Vielfalt auswirken, da sie eine Intensivierung von Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei begünstigen und somit häufig zu Konflikten mit dem Biodiversitätsschutz führen ●. Aktuell zeigt sich aber auch, dass technologische Innovationen negative Einflüsse auf die biologische Vielfalt verringern können ☹. Erhöhte Nachfrage nach ökologischen Produkten kann positive Effekte auf die biologische Vielfalt haben ●.

Technologische Entwicklungen haben sich in der Vergangenheit oftmals negativ auf die biologische Vielfalt verschiedener Lebensräume ausgewirkt, sowohl direkt über Ressourcen- und Flächennutzung als auch indirekt über belastende Einträge von Nähr- und Schadstoffen {9.2.2}. Insbesondere führte die Mechanisierung sowie die Entwicklung von Mineraldünger und Pflanzenschutzmitteln Mitte des 20. Jahrhunderts zu einer Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft um das 13-Fache, aber auch zu einem landschaftlichen Strukturwandel und Überdüngung {3.5.3}. Dies beeinträchtigte nicht nur die biologische Vielfalt in Agrar- und Offenland, sondern führte auch zu Eutrophierung in Auen, Binnen- und Küstengewässern {5.5.3.1, 6.5.2.5}. Zudem entkoppelten technische Fortschritte in der Landwirtschaft die Pflanzenernährung von Bodenprozessen, sodass der Erhalt mikrobieller und zoologischer Bodenbiodiversität als Voraussetzung für die Bodengesundheit an Relevanz für den landwirtschaftlichen Betrieb verlor {8.6.3}. In Küstengewässern soll der Fischfang nach dem Prinzip des maximal nachhaltigen Ertrags (Maximum Sustainable Yield – MSY) verhindern, dass gesteigerte Marktpreise einen höheren Fangaufwand bedingen

{6.5.3.1}. Die Fangquoten wurden in der Vergangenheit jedoch von politischer Seite oft zu großzügig festgelegt, sodass es zu Rückgängen von Fischpopulationen kam, wie z. B. bei der Dorschfischerei in der Ostsee {6.4.3.1, 6.5.3.1}. Erst in den letzten Jahren orientierten sich festgelegte Fangquoten teilweise stärker am MSY {6.4.3.1}. Im Wald führte die Errichtung eines engmaschigen Netzes aus Rückegassen zwecks des Abtransports von Holz zu Bodenverdichtungen mit Auswirkungen auf die Pflanzenzusammensetzung und Bodenfauna sowie zur Abnahme von Flächen, die als Rückzugsorte für störungssensible Tierarten fungieren können {4.4.3.4, 4.4.3.5}. Technische Innovationen haben aber auch das Potenzial, biologische Vielfalt über eine Verringerung von Schäden oder eine gesteigerte Effizienz zu fördern. Sie befinden sich jedoch häufig noch in der Erprobung und stehen daher nicht für einen großflächigen Einsatz bereit, auch weil es an finanziellen Anreizen fehlt {3.5.3, 3.6.4.1, 6.5.3.3, 8.6.3, 9.3.2.2}. Allerdings können innovative digitale Anwendungen bereits einen optimal berechneten Düngemiteleinsatz in der Landwirtschaft ermöglichen (»Smart Farming«) {8.7.3, 9.2.2.1}. Zudem können technische Innovationen helfen, die negativen Einflüsse der Befahrung im Wald zu verringern, die lukrative Nutzung von Nebenprodukten der nachhaltigen Landwirtschaft ermöglichen (z. B. die Produktion von Dämmstoffen aus Stroh) und könnten über die Entwicklung neuer Fangmethoden zu einer ökosystemverträglicheren Fischerei mit weniger Beifang und Verschmutzung in Küstengewässern führen {3.6.2.2, 6.5.3.3, 8.6.3, 9.3.2.2}. Darüber hinaus kann ein erhöhter Konsum zertifiziert nachhaltiger Produkte über eine Veränderung der Bewirtschaftung einen positiven Einfluss auf die biologische Vielfalt ausüben {9.3.2.1}. Anzeichen für das wirtschaftliche Potenzial von geprüften Zertifizierungssystemen lassen sich z. B. dadurch erkennen, dass 2022 bereits ein Drittel der Bevölkerung in Deutschland regelmäßig Biolebensmittel bezog und 13 % aller Forstflächen als nachhaltige Waldwirtschaft (FSC) zertifiziert waren {3.5.4., 4.5.4.2}. Zunehmend werden neben den ökologischen auch die ökonomischen Vorteile einer Wirtschaftsweise erkannt, welche die biologische Vielfalt gezielt einsetzt, um Produktivität und Stabilität zu steigern {3.3.2.1}. Letzteres hat besonders für langlebige Kulturen wie Wälder eine hohe Bedeutung {4.3.2}. Zuweilen führen wirtschaftliche Entwicklungen in einer Region der Welt zu positiven Effekten auf die biologische Vielfalt vor Ort, während gleichzeitig negative Fernwirkungen (sog. Telecoupling) auf die biologische Vielfalt in anderen Regionen entstehen {9.2.2.7}. So hat in urbanen Räumen die vermehrte Nachfrage nach

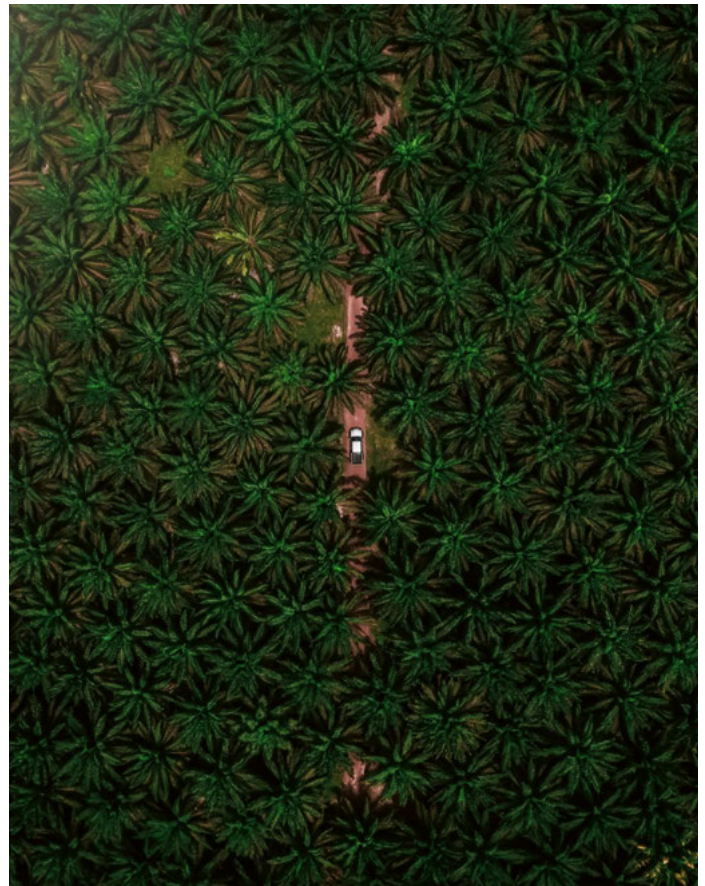


Abbildung 52: Die Förderung von Biokraftstoffen in Deutschland führt zur Ausweitung von Monokulturen in anderen Ländern. Solche sogenannte Telecoupling-Effekte müssen vermieden werden (Foto: Unsplash-Nazarizal Mohammad). → D2

Produkten, die entfernt produziert werden, negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt tropischer Wälder {7.5.2}. Gleichmaßen kann etwa ein Zusammenhang zwischen der Nachfrage nach Biokraftstoffen in Deutschland und der Umstellung der Landwirtschaft in Indonesien hin zu biodiversitätsverarmten Ölpalmenmonokulturen nachgewiesen werden, wo negative Effekte des Landnutzungswandels auf über 26.000 Arten gefunden wurden {9.2.2.7}. In ähnlicher Weise kann der verringerte Holzeinschlag in Deutschland zum Verlust von Waldhabitaten in Ländern mit niedrigerem Schutzstatus beitragen, da die Nachfrage durch Exporte aus Nicht-EU-Ländern kompensiert wird. Eine reduzierte Nutzung von Holz kann zudem die Nutzung alternativer Produkte wie Beton, Stahl oder Aluminium verstärken und dadurch negative Effekte für den Klimaschutz verursachen {4.5.5}. Solche Verlagerungseffekte mit Fernwirkungen müssen frühzeitig erkannt und idealerweise schon bei der Gestaltung von Förderinstrumenten berücksichtigt werden, sodass die biologische Vielfalt weltweit erhalten und gefördert wird (Policy Coherence for Development – PCD) {9.2.2.7, 11.2}.

D3. Gesellschaftliche indirekte Treiber können sich hemmend auf die biologische Vielfalt auswirken, z.B. durch eine Entfremdung von der Natur ☹️. Der aktuelle Wandel gesellschaftlicher Werte ist aber auch ein zentraler biodiversitätsfördernder Treiber ☹️. Wissenstransfer, Partizipation, Umweltbildung und Angebote für Naturerleben sind bedeutsame Instrumente dieses gesellschaftlichen Wandels ☹️. Gesellschaftliche Treiber können sich auf vielerlei Wegen fördernd oder hemmend auf die biologische Vielfalt auswirken {3.5.4, 4.5.4, 5.5.4, 6.5.4, 7.5.3, 8.6.4, 9.2.3}. Urbanisierung und Globalisierung haben dazu geführt, dass im Jahre 2018 in Deutschland schon mehr als 60 % der Bevölkerung in Mittel- und Großstädten lebten und sich von der biologischen Vielfalt und ihren Leistungen, z.B. der Lebensmittelproduktion, entfremdeten {3.5.4.1, 7.1.2, 9.2.3.1}. Gleichzeitig führten und führen Outdooraktivitäten bei fehlendem Problembewusstsein von Eingriffen in die Natur zu Beeinträchtigungen der biologischen Vielfalt, welche sich in menschlichen Ballungsräumen und an beliebten Reisezielen aufsummieren {4.3.2.3, 4.4.7.2, 5.5.4.1, 6.5.3.4}. Im Gegensatz dazu deutet sich aktuell ein gesellschaftlicher Wandel an, in dem das Bewusstsein für die ökologische und gesellschaftliche Relevanz von biologischer Vielfalt in der breiten Bevölkerung steigt {9.2.3.2}. Ein Beispiel dafür ist, dass der Pro-Kopf-Fleischkonsum, der seit den 1990er-Jahren lange Zeit stabil war, zwischen 2015 und 2022 von 61 auf 52 kg pro Kopf und Jahr gesunken ist. Außerdem steigt der Konsum zertifizierter Produkte an {3.5.4, 4.5.4.2, 6.5.4.2, 9.2.3.4}. Dabei muss beachtet werden, dass die Gründe für Änderungen in der Nachfrage vielfältig sind und – im Falle des Fleischkonsums – neben gesellschaftlicher Wertschätzung von biologischer Vielfalt auch von einer gesteigerten Präferenz für Fischereiprodukte und von steigenden Energie- und Fleischpreisen beeinflusst werden {9.2.3.4}. Ein Umdenken in der Gesellschaft spiegelt sich des Weiteren in einem zunehmenden Interesse an naturbasierten Lösungen im Gegensatz zu technischen Lösungen {9.2.3.2}. Hierzu gehören ein natürlicher Hochwasserschutz durch Auenschutz und Deichrückverlegungen an Fließgewässern, eine Verbesserung des Stadtklimas durch grüne Infrastruktur oder der Einsatz biologischer Schädlingsbekämpfung in städtischen Grünflächen {7.1, 5.5.3.3}. Um einen biodiversitätsfördernden gesellschaftlichen Wandel weiter zu unterstützen und zu lenken, spielen informationelle Instrumente, wie die Förderung von Wissenstransfer, Umweltbildung und Partizipationsmöglichkeiten, eine große Rolle {9.2.3.3, 9.3.3.1, 10.3.2, 10.3.4}. Besonders in den urbanen Räumen können in-

formationelle Instrumente der zunehmenden Naturentfremdung entgegenwirken, beispielsweise durch die Einrichtung von Naturerfahrungsräumen {7.6.3.2}. Den Medien kommt dabei eine zentrale Rolle zu, da sie einen erheblichen Einfluss auf gesellschaftliche Werte ausüben können {9.2.3.9}. Dies zeigte sich z. B. bereits in der medialen Aufbereitung des Rückgangs der Insekten, der das zivilgesellschaftliche Engagement (beispielsweise durch Bürger:inneninitiativen) und die Unterstützung von NGOs zu Fragen des Natur- und Artenschutzes beförderte {3.5.4}. Durch die zunehmende Mortalität von Bäumen steigt auch die Sorge der Bevölkerung um den Wald. Dies nutzen verschiedene Interessengruppen sowie Medien für teilweise sehr emotionale Diskurse über Ökologie und nachhaltiges Wirtschaften {4.5.4.4}. Hierdurch wird gesellschaftliches ökologisches Bewusstsein gefördert. Es muss jedoch Sorge getragen werden, dass die Argumentation auf Evidenz beruht {9.2.3.9}. Forschung zu gesellschaftlichen Treibern kann einen zentralen Beitrag leisten, vor allem wenn interdisziplinäre Ansätze genutzt und mittels Langzeitstudien der Wissensstand zu Zusammenhängen zwischen verschiedenen indirekten Treibern sowie indirekten und direkten Treibern ausgebaut wird {9.1.4.1}.

D4. Bisher liegen nur wenige systematische Analysen über die Konsequenzen weiterer gesellschaftlicher Krisen, wie Kriege, Faschismus, Demokratieverfall oder Pandemien, auf die biologische Vielfalt und die Wahrnehmung der Biodiversitätskrise in der Öffentlichkeit vor 🟡. Gesellschaftliche Krisen sollten für eine optimale Kommunikation der Herausforderungen im Bereich biologische Vielfalt anerkannt und mitgedacht werden ☹️. Wenn Krisen auftreten, welche Menschenleben, die Demokratie oder die Versorgungssicherheit bedrohen, kann dies das Augenmerk der Gesellschaft von der Biodiversitätskrise weglenken. Ein aktuelles Beispiel dafür ist der im Februar 2022 begonnene Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine, welcher Befürchtungen von reduzierten Getreideimporten aus den betroffenen Regionen nach Deutschland und in der Folge eine Diskussion über den Umgang mit heimischen Brachflächen auslöste {3.5.3.3, 9.4.2}. Krisen dieser Art können zudem ein politisches Umdenken auslösen und dadurch indirekt neue Zielkonflikte mit dem Biodiversitätsschutz hervorrufen {9.4}. So wurde z.B. die mit dem Krieg verbundene Versorgungsunsicherheit als Begründung für die EU-Notfallverordnung zum beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien herangezogen, welche u. a. verringerte Naturschutzauflagen beinhaltet {9.4.2}. Kurzfris-



Abbildung 53: Aufenthalte in der Natur fördern die Erholung. In Krisenzeiten werden diese Leistungen stärker wertgeschätzt (© Pixabay-Günther Dillingen). → D4

tige Krisen können in der Forstwirtschaft beispielsweise die Holzpreise beeinflussen, wirken sich jedoch normalerweise nicht auf die langfristige Bewirtschaftung der Wälder und damit selten direkt auf die Waldbiodiversität aus {4.5.3.1}. Während der Covid-19-Pandemie stieg die Nachfrage nach Erholungsleistungen in der Bevölkerung deutlich an, was zu einer erhöhten Wertschätzung naturnaher Räume beitrug {4.3.2.3, 7.3.2.2, 9.4.1}. Kommunikationsstrategien zur Biodiversitätskrise sollten angesichts weiterer akuter Gesellschaftskrisen angepasst werden und vor allem sachlich und ehrlich bleiben. Auch wenn Fake News mehr Aufmerksamkeit erreichen können, untergraben sie letztlich demokratische Prozesse und schwächen das Vertrauen in die Medien {9.2.3.9}. Für den Biodiversitätsschutz ist es in Zeiten von als belastend empfundenen Mehrfachkrisen essenziell, die positiven Aspekte und damit verbundene Chancen der Artenvielfalt und intakter Lebensräume in den Vordergrund zu stellen und so gesellschaftliche Aufmerksamkeit zu gewinnen. Dafür kann der Fokus auf Gesundheit, Erholung oder auch die wirtschaftlichen Vorteile naturbasierter Lösungen gelegt werden {4.3.1, 7.5.3, 8.4.2, Box in 9.4}.

E Instrumente und Maßnahmen

E1. Es gibt in der Naturschutzpolitik eine Auswahl an rechtlichen und förderpolitischen Instrumenten zum Schutz der biologischen Vielfalt in allen Lebensräumen. Rechtliche Instrumente fördern die biologische Vielfalt über Vorgaben zur Entwicklung und Bewirtschaftungsregeln von Lebensräumen ●. Sie werden ergänzt durch förderpolitische Instrumente, welche zur Finanzierung von biodiversitätsfördernden Maßnahmen unerlässlich sind ●. Die Wirksamkeit von vielen Instrumenten wird durch Defizite in Vollzug und Umsetzung eingeschränkt. Politisch-rechtliche Instrumente spannen den gesetzlichen Rahmen für Maßnahmen zum Schutz der biologischen Vielfalt. Dies umfasst eine Reihe ordnungsrechtlicher Instrumente, welche Ziele und Vorgaben zur Entwicklung der biologischen Vielfalt formulieren (Abb. 54) {2.5.1, 3.6.2.1, 4.6.2.1, 5.6.1, 6.6.1.3, 7.6.2.1, 8.7.1.1}. Auf nationaler Ebene ist das bedeutendste ordnungsrechtliche Instrument das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), ergänzt durch die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) und europäische Richtlinien (FFH, WRRL, MSRL). Ein

wichtiges Element der Ordnungspolitik ist das Ausweisen von Schutzgebieten in allen Lebensräumen, welches von segregativem Prozessschutz bis hin zu integrativem Kulturlandschutz reicht. Des Weiteren werden durch die Ordnungspolitik Mindestanforderungen an die Bewirtschaftung von Lebensräumen und Grundsätze einer guten fachlichen Praxis festgelegt {2.4.2, 2.5.1}. Beispielsweise ist im Agrar- und Offenland die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln gesetzlich geregelt (Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung PflSchAnwV) und für den Lebensraum Wald eine gute walddatenschutzfachliche Praxis über Bundes- sowie Landeswaldgesetze festgelegt {3.6.2.1, 4.5.2.2, 4.6.2.1}. Für aquatische Lebensräume im Binnenland und im Meer verlangen die WRRL bzw. MSRL die Erstellung von Maßnahmenprogrammen zur Erreichung eines guten ökologischen Zustands bzw. eines guten Umweltzustands {5.6.2, 6.6.2}. Zudem regelt die Gemeinsame Fischereipolitik der EU (GFP) den gewerblichen Fischfang in Küstengewässern {6.6.2}.

Zusätzlich setzen förderpolitische Instrumente finanzielle Anreize für private und öffentliche Akteur:innen, um eine biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung zu erreichen (Abb. 54) {3.6.2.2, 4.6.2.2, 7.6.2.2, 8.7.1.2}. In Agrarlandschaften erfolgt die Förderung in erster Linie über die Agrarumweltmaßnahmen und Öko-Regelungen der GAP {3.6.2.2}. Öko-Regelungen der GAP wirken sich positiv auf die Bodenbiodiversität aus, eine direkte finanzielle Förderung der Bodengesundheit ist jedoch

noch nicht in förderpolitischen Instrumenten vorgesehen {8.7.1.2}. Eine naturnahe Entwicklung und Wiederaufforstung von Waldflächen in Privatbesitz kann beispielsweise über die »Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes« (GAK) finanziert werden {4.6.2.2}. In urbanen Gebieten können z. B. die Begrünung von Dächern und die Entwicklung naturnaher Grünflächen über verschiedene Programme gefördert werden {7.6.2.2}. Förderpolitische Instrumente haben ein großes Potenzial zur Förderung der biologischen Vielfalt, v. a. in der Agrarlandschaft und im Privatwald, wo Maßnahmen von privaten Eigentümer:innen umgesetzt werden müssen {11.4, 11.5}. Aktuell überwiegen maßnahmenorientierte Zahlungen, die das Ausführen festgelegter Management- oder Impulsaktionen belohnen. Der Erfolg der Maßnahme wird dabei in der Regel nicht evaluiert (E5) {3.6.2.2, 4.6.4, 6.6.4, 7.6.3.2}. Dies muss in Zukunft durch erfolgsorientierte Instrumente und Maßnahmen ergänzt oder ersetzt werden {3.6.2.2, 11.4}. Für Küsten und Küstengewässer, aber auch für viele Binnengewässer müssen die Finanzierung und Umsetzung biodiversitätsfördernder Maßnahmen über staatliche Stellen erfolgen, ggf. gemeinsam mit weiteren betroffenen Maßnahmenträger:innen {5.6.2, 6.7.1}. Obwohl ein umfangreicher Maßnahmenkatalog in den Richtlinien (WRRL, MSRL) vorhanden ist, mangelt es bislang vor allem an der Maßnahmenumsetzung, sodass beispielsweise 92 % der Fließgewässer den angestrebten

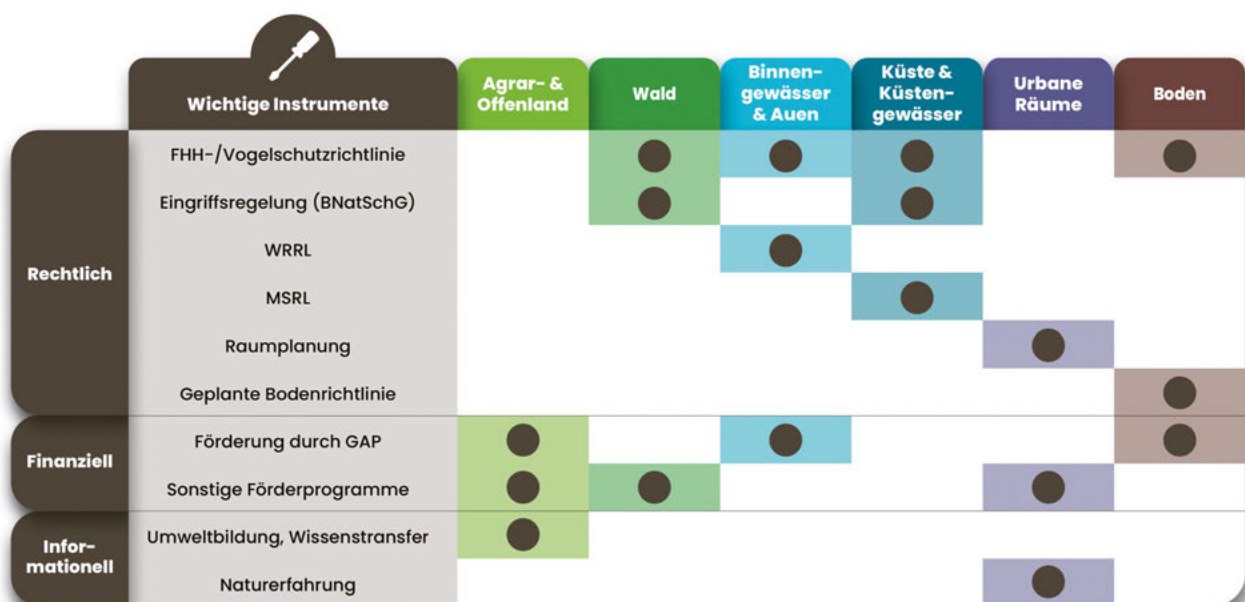


Abbildung 54: Übersicht über wichtige Instrumente zur Förderung der biologischen Vielfalt. Hervorgehoben sind die drei relevantesten Instrumente jedes Lebensraums nach einer Einschätzung der Expert:innen des *Faktencheck Artenvielfalt* aus dem Jahr 2023. In allen Lebensräumen stehen verschiedene Instrumente zum Schutz und zur Förderung der Biodiversität bereit, die sich in die Kategorien rechtlich, finanziell und informationell unterscheiden lassen. Obgleich Instrumente aus allen drei Kategorien von großer Bedeutung sind, sind in einigen Lebensräumen bestimmte Instrumentenkategorien relevanter als in anderen, beispielsweise rechtliche Instrumente in Küste und Küstengewässern, finanzielle Instrumente im Agrar- und Offenland oder informationelle Instrumente in urbanen Räumen. → E1

guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial verfehlen {5.5.2.4, 6.6.4, 6.7.2}. Schutzgebiete nach FFH-Richtlinie wurden nur verzögert ausgewiesen und die von der EU gesetzten Fristen nicht eingehalten. Aktuell mangelt es noch vielerorts an der Ausarbeitung und Umsetzung von Maßnahmenkonzepten, wie etwa Managementplänen für FFH-Gebiete {9.3.1.3}. Derartige Umsetzungs- und Vollzugslücken in den Instrumenten der Naturschutzpolitik sind für die biologische Vielfalt in allen Lebensräumen problematisch und müssen daher geschlossen und mit finanziellen Anreizen für eine systematische Erfolgskontrolle gekoppelt werden (E5) {9.3.1.3, 11.8}. Bei Erfolgskontrollen müssen die Wirksamkeit der entsprechenden Maßnahme (Flächenschutz, Management-, Impulsmaßnahme) für die lokale biologische Lebensgemeinschaft und ihre Funktionalität im Vordergrund stehen (siehe E5).

E2. Flächenschutz ist eine zentrale Maßnahme zur Förderung der biologischen Vielfalt in allen Lebensräumen ●. **FFH- und Vogelschutzrichtlinie sind die bedeutendsten Instrumente für die Ausweisung von Schutzgebieten** ●. **Das Management dieser und angrenzender Flächen ist jedoch nicht immer mit den Gebietsschutzziele harmonisiert, was sich in einer nur mittleren Bewertung des Erhaltungszustands von FFH-Gebieten aller Lebensräume zeigt** ●. **Direkte Nutzung hat häufig negative Folgen für den Erhaltungszustand innerhalb von Schutzgebieten, während die Flächengröße von FFH-Gebieten positiv mit dem Erhaltungszustand der biologischen Vielfalt assoziiert ist** ⊖. Es ist weithin anerkannt, dass Schutzgebiete einen wichtigen Beitrag zur Förderung der biologischen Vielfalt leisten (Abb. 58) {3.6.3.1, 4.6.3.1, 5.6.3.1, 6.6.3.1, 7.6.3.1, 8.7.2.1}. Entsprechend ist es in den letzten 20 Jahren durch Ausweisung von Nationalparks und Naturschutzgebieten gelungen, die streng geschützte Fläche mit gewissen Anteilen von segregativem Prozessschutz in Deutschland von 3,2 auf 4,6 % zu erhöhen {2.5.2.1}. Deutschlandweit sind mehr als 5.000 Schutzgebiete auf Grundlage der FFH- und Vogelschutzrichtlinie ausgewiesen und somit Teil von Europas größtem Schutzgebietsnetzwerk Natura 2000. Jedoch verfehlen FFH-Gebiete aktuell häufig ihr Ziel, den Zustand von gelisteten Lebensraumtypen und Arten zu erhalten oder zu verbessern, was darauf hindeutet, dass Bewirtschaftung innerhalb und außerhalb der Flächen sowohl den Prozess- als auch Kulturlandschutz beeinträchtigt {Anhang A2.3, 9.2.1.1}. Aquatische Schutzgebiete verfehlen häufig ihre positive Wirkung auf die biologische Vielfalt, wenn diffuse Einträge schädlicher Substanzen nicht un-



Abbildung 55: FFH-Bergwiese im Schwarzwald. FFH-Gebiete sind Teil eines europaweiten Schutzgebietsnetzwerks, das den Erhalt von Arten zum Ziel hat (Foto: Julia S. Ellerbrok). → E2

terbunden werden {5.6.3.1, 6.5.2.1}. Neben den diffusen Einträgen werden in Schutzgebieten der Küste und Küstengewässer zudem verschiedene Nutzungen zugelassen, welche den Schutzgebietszielen entgegenwirken können {6.6.3.1}. Darüber hinaus erschweren lange, teils internationale Abstimmungs- und Entscheidungsprozesse zwischen den verschiedenen im marinen Bereich beteiligten politischen Ebenen die konkrete Umsetzung von Maßnahmen in Küstengewässern {6.6.1.2}. Doch auch in terrestrischen Schutzgebieten bleibt die Förderung der biologischen Vielfalt aufgrund kleiner Flächengrößen und nicht an das Schutzziel angepasster wirtschaftlicher Nutzung im Schutzgebiet selbst oder in angrenzenden Gebieten oftmals hinter den Zielen zurück. Dies ergab eine Analyse des *Faktencheck Artenvielfalt*, die für eine Stichprobe von 20 % der deutschen FFH-Gebiete die Gesamtbewertungen des Erhaltungszustands von zu schützenden Arten und Lebensraumtypen betrachtete, welcher im Schnitt nur zwischen »ungünstig-unzureichend« (gelb und rot) bis »ungünstig-schlecht« (rot) bewertet wurde. Dies zeigt, dass in FFH-Gebieten mit dem Ziel, wertvolle Bestandteile der Kulturlandschaft zu schützen, die Integration von Flächenschutz mit angemessenen Managementmaßnahmen entscheidend ist. Die Tatsache, dass eine direkte Nutzung innerhalb von FFH-Gebieten mit einem schlechten Erhaltungszustand assoziiert war, zeigt jedoch, dass naturverträgliche Managementmaßnahmen nicht ausreichend detailliert formuliert bzw. umgesetzt wurden (A1) {3.6.3.1, 4.6.3.1, 6.6.4, 9.2.1.1, Anhang A2.3}. Wenn allerdings ein guter Erhaltungszustand durch entsprechende Habitatqualität gewährleistet werden kann, erscheint die Ausweisung kleinerer Schutzgebiete in der zergliederten Kulturland-



Abbildung 56: Speziell für den Boden ausgewiesene Schutzgebiete gibt es bislang nicht, dabei gibt es gerade dort eine enorme biologische Vielfalt, unter anderem Schleimpilze (links oben), Springspinnen (links Mitte), Milben (links unten), Springschwänze (rechts oben) und Hundertfüßer (rechts unten) (Fotos: Julian Taffner [Terra Aliens]). → E2

schaft einfacher umsetzbar und ermöglicht gleichzeitig die Abdeckung eines breiten Portfolios von schutzwürdigen Lebensraumtypen {4.4.2.1, Box 11.1}. Viele schutzwürdige Arten sind beweglich genug, um diese Gebiete zu besiedeln {4.4.2.1}. Bei der Ausweisung neuer Schutzgebiete darf es keine Flächenkonkurrenz zwischen Prozessschutz mit natürlicher Dynamik und dem Schutzwertvoller Bestandteile der Kulturlandschaft geben {Box 11.1}. Zudem werden bislang keine Schutzgebiete gezielt für Bodenbiodiversität ausgewiesen. Da aktuelle Studien zeigen, dass die Schutzgebiete Deutschlands die Verteilung der Bodenbiodiversität nicht widerspiegeln und kaum zu ihrer Förderung beitragen, muss diese besser in zukünftige Flächenschutzplanungen integriert werden {8.7.2.1}. Die globalen, EU-weiten und nationalen Zielsetzungen zur Erweiterung der Schutzgebietsfläche könnten zusammen mit den Zielen zur Wiederherstellung der Natur (EU-Nature Restoration Law) das Schutzgebietsnetzwerk aller Lebensräume inklusive der Böden stärken, sofern die Managementpläne eingehalten werden {9.2.1.5, 11.3, 11.4, 11.6}.

E3. Gezieltes Flächenmanagement ist eine wesentliche Maßnahme für den Erhalt und die Förderung der biologischen Vielfalt in allen Lebensräumen ●. Flächenmanagement muss an die zu fördernden Lebensräume und Arten angepasst werden und kann sich von dem Erhalten historischer Nutzungsformen über Extensivierung bzw. Anpassungen der Landschaftsnutzung bis zur Nutzungsunterlassung erstrecken ●. Ein großer Flächenanteil Deutschlands wird bewirtschaftet, nicht nur auf Flächen ohne Schutzstatus, sondern auch in vielen Schutzgebieten {2.3.3, 2.5.1}. Gezieltes Flächenmanagement ist daher eine zentrale Maßnahme zur Schaffung qualitativ hochwertiger Lebensräume für die biologische Vielfalt in allen Lebensräumen sowohl außerhalb als auch innerhalb von Schutzgebieten (Abb. 58) {2.5.2.2, 3.6.3.2, 4.6.3.2, 5.6.3.2, 6.6.3.2, 7.6.3.2, 7.6.4.2, 8.7.2.2}. Flächenmanagement als Maßnahme zur Biodiversitätsförderung muss in erster Linie negative Einflüsse reduzieren, indem Nutzungsformen angepasst bzw. unterlassen werden, um sowohl integrativ wertvolle Bestandteile der Kulturlandschaft als auch

segregativ natürliche Prozesse zu fördern {2.5.2.2, Anhang A2.3}. Im Agrar- und Offenland wirkt sich z. B. die Kultivierung von Wildblumenwiesen positiv auf Insektengemeinschaften aus {3.6.3.2}. Zudem kann mit einer konservierenden Bodenbearbeitung und der Aufrechterhaltung einer permanenten Bodenbedeckung ein wichtiger Beitrag für die Bodenbiodiversität in Agrarlandschaften geleistet werden {Box 3.1, 8.7.2.3}. Da viele Waldarten zumindest zeitweise an Totholz gebunden sind, ist das Belassen von Alt- und Biotopbäumen sowie Totholz eine wichtige Managementmaßnahme zur Biodiversitätsförderung in Waldlebensräumen {4.4.3.3, 4.6.3.2}. Im Hinblick auf die biologische Vielfalt in aquatischen Lebensräumen ist vor allem das Management angrenzender Landflächen entscheidend und sollte einen Eintrag von Schad- und Nährstoffen in die Gewässer sowie Lärm insbesondere in Küstengewässern minimieren {5.6.3.2, 6.6.3.2}. Für die biologische Vielfalt in Küstengewässern ist außerdem eine nachhaltige Gestaltung des Fischfangs bezüglich Fangmengen und -methoden entscheidend, wie etwa die Einschränkung der grundberührenden Fischerei {6.6.3.2}. In urbanen Räumen kann die biologische Vielfalt z. B. durch eine standortangepasste Mahdhäufigkeit auf Grünflächen gefördert werden {7.6.4.2}. Zur Förderung bestimmter Arten und Lebensräume kann die Einstellung jeglicher Nutzung erforderlich sein, z. B. um eine natürliche Waldentwicklung zu ermöglichen, wovon Arten profitieren, welche an alte Bäume und Totholz gebunden sind {4.6.3.1}. Im Gegensatz dazu sollten in Kulturlandschaften, in welchen Habitate durch historische Nutzungsformen geschaffen wurden, diese Nutzungsformen zum Erhalt der biologischen Vielfalt fortgeführt werden. Im Wald beispielsweise zeichnen sich durch historische Nutzungsformen geprägte Habitate wie Nieder-, Mittel- und Hutewälder durch ein Nebeneinander an lichten und dunklen Bestandsstrukturen aus, die den Sukzessionsphasen eines natürlichen Waldzyklus ähneln und somit Arten mit verschiedensten Eigenschaften Lebensräume bieten {4.6.3.2}. Ähnliches gilt für Industrie- und Gewerbebrachen in urbanen Räumen, wo sich nach Stilllegung eine sog. Industrienatur mit unterschiedlichsten Vegetationsphasen entwickeln konnte {7.6.4.2}. Grundsätzlich muss das Flächenmanagement zur Biodiversitätsförderung an das jeweilige Habitat angepasst stattfinden und ist sowohl außerhalb als auch innerhalb vieler Schutzgebiete notwendig {2.5.2.2, Anhang A2.3}. Für Flächen außerhalb von Schutzgebieten müssen zudem neue nachhaltige Landnutzungssysteme gefördert werden, die Nutzung und Biodiversitätsschutz vereinen {3.3.3, 4.3.3, 5.3.3, 5.6.2, 6.3.3, 7.6.1, 9.2.3.2, Box 11.1}.

E4. Einmalige Maßnahmen können positive Impulse für biologische Vielfalt in allen Lebensräumen setzen ●. Das Einbringen von landschaftlichen Strukturelementen muss von einem Pflegekonzept begleitet werden, da Impuls- und Managementmaßnahmen häufig ineinandergreifen ●. Renaturierungsmaßnahmen und die Wiederansiedlung von Arten können die biologische Vielfalt maßgeblich fördern, sind jedoch auch mit Unsicherheiten verbunden ●. Neben Managementmaßnahmen und Flächenschutz können auch Impulsmaßnahmen wertvolle Beiträge zur Biodiversitätsförderung leisten und eine naturnahe Entwicklung bzw. eine naturverträgliche Nutzung von Lebensräumen initiieren (Abb. 58) {2.5.2.2, 3.6.3.3, 4.6.3.3, 5.6.3.2, 6.6.3.3, 7.6.3.2, 7.6.4.2, 8.7.2.3}. Impulsmaßnahmen initiieren eine Verbesserung der Habitatqualität in degradierten Lebensräumen und ermöglichen in manchen Fällen eine Wiederansiedlung von Arten {2.5.2.2}. Dabei ist zwischen der kleinräumigen Schaffung von Strukturelementen, wie etwa der Anlage von künstlichen Nisthilfen oder Hecken, und groß angelegten Renaturierungs- sowie Wiederansiedlungsprojekten zu unterscheiden. In Agrar- und Offenlandschaften steigert das Einbringen von Strukturelementen wie Hecken und Gebüsch die Lebensraumvielfalt, wodurch z. B. die Insektenvielfalt gefördert wird. Zudem können solche Strukturelemente in ausgeräumten Landschaften als Trittsteinbiotope dienen und somit einen Biotopverbund herstellen, der die Migration landgebundener Arten unterstützt {3.6.3.3}. In urbanen Räumen kann die Anlage von Gründächern mit tiefreichenden Substraten und heterogenen Mikrostrukturen die lokale Vielfalt, beispielsweise von Arthropoden und Weichtieren, fördern, Trittsteine zwischen Biotopen schaffen und damit eine wichtige Ergänzung zu städtischen Lebensräumen am Boden darstellen {7.6.4.2, 8.7.2.3}. In den meisten Fällen muss das Einbringen von Strukturelementen von einem Pflegekonzept begleitet werden, um eine längerfristige Förderung der biologischen Vielfalt zu leisten {2.5.2.2, 5.6.3.2, 7.6.3.2}. Projekte zur Renaturierung von Ökosystemen und Wiederansiedlung von Arten sind teils umstritten, da sie mit einem erheblichen logistischen und finanziellen Aufwand verbunden sind. Zudem ziehen sie häufig ein kontinuierliches Management nach sich. Ihr Erfolg lässt sich nur schwer vorhersagen und kann manchmal erst nach Jahren bewertet werden {5.6.3.2, 6.6.4}. Ein Beispiel für Misserfolg und Erfolg bei einer Wiederansiedlung ist der Luchs im bayerisch-böhmischen Grenzgebiet: Aufgrund einer zu geringen Anzahl von freigesetzten Tieren konnte sich der Luchs zunächst nicht etablieren. Erst

eine erneute Freisetzung auf tschechischer Seite setzte die Grundlage für die heutige Population von > 100 Tieren {4.6.3.3}. In Wäldern, die ausreichend Lebensraum und Nahrung bieten, sind Wiederansiedlungsimpulse ausgerotteter Tierarten relativ aussichtsreich, sofern die



Abbildung 57: Großflächige Renaturierung von Offenlandschaften. Nach der Stilllegung des Tagebaus Jänschwalde in Brandenburg (Foto: Adobe Stock) kommen dort infolge von standortvorbereitenden Maßnahmen und Wiederansiedlungen gebietsheimischer Pflanzen wieder seltene Arten wie die Pfingstnelke vor (Fotos: Christian Wirth). → E4

Akzeptanz in der Gesellschaft vorhanden und die Ursache des lokalen Aussterbens nicht mehr akut ist {4.6.3.3, 5.3.2.2}. Bei Renaturierungsmaßnahmen in Binnengewässern lag ein Hauptaugenmerk auf dem Bau bzw. der Verbesserung von Kläranlagen, wodurch sich die Wasserqualität im Lebensraum verbesserte {5.6.3.2}. Renaturierungsprojekte zur Herstellung einer natürlichen Gewässerentwicklung (z. B. Reaktivierung von Mäandern) sowie zur Verbesserung der Durchgängigkeit, sowohl im Längsverlauf als auch durch Wiederanbindung der Aue (wie von der WRRL vorgesehen), können nachgewiesenermaßen erheblich die biologische Vielfalt fördern {5.6.3.2}. In den letzten 20 Jahren ist es etwa gelungen, > 7000 ha Überflutungsfläche zurückzugewinnen {2.5.2.2}. Erste Forschungsprojekte zu Wiederansiedlungen in Küstengewässern stimmen positiv, dass z. B. die Wiederansiedlung der Europäischen Auster gelingen kann {6.6.3.3}. Die Renaturierung von Salzwiesen und Salzgrasländern schafft nicht nur Lebensräume für Spezialisten und Rückzugsorte für eine Reihe weiterer Tierarten, sondern trägt auch zum Küstenschutz und zu einer positiven Bodenentwicklung bei {6.6.3.3, 8.7.2.3}. Im Anschluss an die Umsetzung einer Impulsmaßnahme sollte der Erfolg kontinuierlich geprüft werden, was aktuell häufig nicht vorgesehen ist oder finanziert wird (E5).

E5. Viele Maßnahmen und Instrumente zur Förderung der biologischen Vielfalt werden gar nicht evaluiert oder nicht umfassend und langfristig genug. Ihre Wirksamkeit ist deswegen nur für spezifische Arten oder Artengruppen, für vereinzelte Gebiete und für kurze Zeiträume belegt. Die Übertragung von Erkenntnissen auf andere Kontexte und längere Zeiträume ist somit nur begrenzt möglich ●. Um dies zu ändern, sind mehr anlassbezogene, langfristige Erfolgskontrollen von Maßnahmen notwendig. Nur so kann das Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen verbessert und können bessere, datenbasierte Entscheidungen getroffen werden ●. Für eine gezielte Förderung der biologischen Vielfalt ist es notwendig, durchgeführte Maßnahmen auf ihren Erfolg zu prüfen und, basierend auf dieser Evidenz, über weitere Maßnahmen zu entscheiden {2.5.3, 3.6.4, 4.6.4, 5.6.3, 6.6.4, 7.6.4, 8.7.3}. Dabei müssen die Fragen adressiert werden, wie sich die Maßnahme auf verschiedene Artengruppen auswirkt, welche Rolle der landschaftliche Kontext spielt und über welchen Zeitraum Maßnahmen wirken {2.5.3}. Eine anlassbezogene Erfolgskontrolle erfolgt idealerweise als systematisches Monitoring, bei dem der Status von Zielarten und Lebensräumen vor und nach

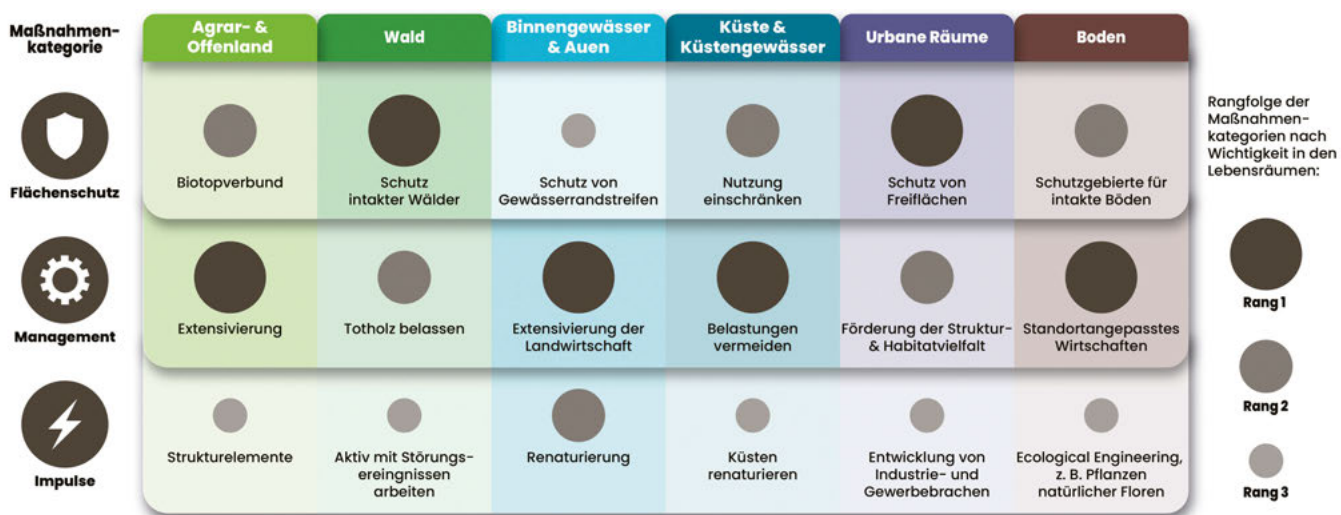


Abbildung 58: In allen Lebensräumen stehen verschiedene Maßnahmen zum Schutz und zur Förderung der Biodiversität bereit, die sich in die Kategorien Flächenschutz, Managementmaßnahmen und Impulsmaßnahmen unterteilen. In einer Befragung im Jahr 2023 ordneten Expert:innen des *Faktencheck Artenvielfalt* die drei Maßnahmenkategorien nach Wichtigkeit der Wirkung für den von ihnen behandelten Lebensraum (je dunkler hinterlegt, desto wichtiger) und nannten besonders relevante Beispiele. Management- und Flächenschutzmaßnahmen gelten in der Regel als wichtiger als Impulsmaßnahmen, jedoch mit Unterschieden zwischen Lebensräumen. Während Flächenschutzmaßnahmen in Wäldern und urbanen Räumen als besonders relevant eingestuft werden, sind Impulsmaßnahmen in Binnengewässern und Auen ein zentrales Element. → E2 – E4

der Maßnahmendurchführung erfasst wird {2.5.3, 6.6.4, 8.8.3} und deren Daten öffentlich nach FAIR-Prinzipien zugänglich gemacht werden (siehe H). Je nach Maßnahme braucht es ein Langzeitmonitoring über mehrere Jahre hinweg, um den Erfolg der Impulsmaßnahme abschätzen zu können, da sich Veränderungen in der biologischen Vielfalt in der Regel über eine Reihe von Entwicklungsschritten vollziehen {4.6.3.3, 5.6.3.2, 6.6.4}. Für einige Schutzgebietskategorien ist eine regelmäßige Evaluation der Flächen vorgeschrieben: FFH-Gebiete werden alle sechs Jahre, deutsche Nationalparks alle zehn Jahre neu bewertet {2.1.1, 2.5.3, 6.6.4}. Bei Management- und Impulsmaßnahmen außerhalb von Schutzgebieten sind Erfolgskontrollen jedoch nicht standardisiert und unterscheiden sich teilweise stark voneinander, wodurch die Vergleichbarkeit eingeschränkt ist {2.5.3, 4.6.3.3, 4.6.4}. Zwar werden in einigen Lebensräumen standardisierte Zustandserfassungen durchgeführt (z. B. Binnengewässer nach WRRL und Küstengewässer nach OSPAR und HELCOM), jedoch lassen sich aus solchen Erfassungen grundsätzlich nur indirekte Rückschlüsse auf die Wirkung von spezifischen Maßnahmen ziehen {5.6.2, 6.6.4}. Anhand von systematischen, anlassbezogenen Erfolgskontrollen, welche auch den unmittelbaren sozioökonomischen und ökologischen Kontext berücksichtigen, könnten Erfolge und Misserfolge von Maßnahmen zur Biodiversitätsförderung besser eingeschätzt, Maßnahmen zielgerichtet verbessert und ergebnisorientiert finanziell entlohnt werden {11.9}.

F Transformationspotenziale

F1. Eine fundamentale, systemweite Neuorganisation, ein transformativer Wandel, zählt zu den notwendigen Voraussetzungen, um langfristig dem Biodiversitätsverlust entgegensteuern zu können. Prozesse, um den transformativen Wandel zur Nachhaltigkeit zu fördern, benötigen einen umfassenden gesellschaftspolitischen Rahmen. Die zunehmenden menschlichen Eingriffe aufgrund von industriell-technischen und konsumbetonten Lebensweisen führen dazu, dass es zu einer potenziell unumkehrbaren Verschlechterung von Ökosystemen mit weitreichenden Folgen für gesellschaftliche Lebensbedingungen kommt. Zum transformativen Wandel gehört – selbstverständlich auf der Basis von allgemeinen Menschenrechten und Demokratie – das Hinterfragen und ggf. Ersetzen bestehender Systeme, Praktiken und Institutionen (z. B. Normen, Anreizstrukturen, Wirtschaftsweisen). Ungeklärt ist bislang, wie ein transformativer Wandel im Einzelnen aussehen und gelingen kann. In der Literatur besteht dahingehend Einigkeit, dass dieser nicht exakt vorhersehbar, im Detail planbar und auch nicht genau steuerbar ist. Zugleich besteht ein zunehmendes Verständnis über Anforderungen und unterstützende Faktoren, um notwendige Wandlungsprozesse anzustoßen und in die gewünschte Richtung auszurichten {10.1}.

Der gesellschaftspolitische Rahmen umfasst (a) die Orientierung an einer geteilten überzeugenden Zu-

kunftsvorstellung; (b) Wissen darüber, wie gesellschafts-politische (Teil-)Systeme verändert werden können, und Wissen über den Umgang mit Unsicherheiten; (c) den Umgang mit Dynamiken, die den sich verändernden Entwicklungspfad innewohnen; (d) das Ermöglichen selbstbestimmten Handelns und das Schaffen von Räumen für die kreative Beteiligung unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen. Wichtig ist weiterhin eine Vielfalt an und das komplexe Zusammenwirken von staatlichen und nichtstaatlichen Steuerungsstrukturen, die sogenannte Governance {10.1}. Die für den Wandel notwendige transformative Governance muss dabei gleichzeitig inklusiv, informiert, anpassungsfähig, integriert und rechenschaftspflichtig sein {10.2.2}.

F2. Visionen des gesellschaftlichen Wandels beinhalten unterschiedliche Begründungen für den Schutz von biologischer Vielfalt ●. Dabei muss der Biodiversitätsschutz kein ausschließliches und alleiniges Ziel sein – eine sozialökologische Perspektive ist aber stets wichtig ⊖. Es ist hilfreich, eine frühzeitige und gemeinsame Entwicklung von Zukunftsvorstellungen des gesellschaftlichen Wandels räumlich groß und integrativ (sozialökologisch) zu denken ●. In Szenarien und Modellen zur Biodiversitätsentwicklung in verschiedenen Lebensräumen wird deutlich, dass intrinsische (Selbstwert), instrumentelle (Nutzwert) und relationale (Natur-Mensch-Beziehung) Werte und entsprechende Begründungen für Biodiversitätsschutz gemeinsam eine Rolle spielen ●. Drei darauf basierende Begründungen für Biodiversitätsschutz (»Natur für Natur«, »Natur für Gesellschaft« und »Natur als Kultur«) sind bedingt

miteinander vereinbar ⊖. Biologische Vielfalt kann in gesellschaftlichen Wandlungsprozessen in unterschiedlichen Rollen auftreten: bei politischen Umbruchsituationen (z.B. Regierungswechseln) als Argument für eine Neuausrichtung oder im Zuge eines ökonomischen Wandels als ein Aspekt einer anderen Wirtschaftsform oder Lebensweise. Beim Biodiversitätsschutz können unterschiedliche Teilziele verfolgt werden, wie die Erhaltung oder Verbesserung eines Ökosystemzustands, die Wiederansiedlung einer Art nach Rückgang oder lokaler Ausrottung, die Absicherung natürlicher Regenerationsprozesse oder der Stopp eines Negativtrends. Eine Entwicklung von Visionen des gesellschaftlichen Wandels sollte räumlich groß (Landschaftsebene) und integrativ (sozialökologisch) gedacht werden {10.3.1}.

Die drei Beweggründe für Biodiversitätsschutz »Natur für Natur«, »Natur für Gesellschaft« und »Natur als Kultur« werden im Nature Futures Framework (NFF) des Weltbiodiversitätsrats IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) dargestellt. In der Begründung »**Natur für Natur**« spielt der intrinsische Wert der Natur die zentrale Rolle. Es wird also der Selbstwert der Vielfalt der Arten, der Lebensräume und der Ökosysteme betont, die die natürliche Welt bilden, sowie die Fähigkeit der Natur, eigenständig zu funktionieren. Die Natur besitzt dabei starke Rechte, die gesellschaftlich anerkannt und vertreten werden. Die Begründung »**Natur für Gesellschaft**« hebt den umfassenden Nutzen hervor, den die Natur für den Menschen und die Gesellschaft hat. Zentral sind Begriffe wie Ökosystemleistungen, Naturkapital, grüne Infrastruktur und naturbasierte Lösungen. Die Begründung »**Natur als Kultur**« betont, dass Natur und Menschen in starkem Bezug zueinander leben, wobei Gesellschaften, Kulturen und Traditionen durch die Gestaltung von Kulturlandschaften eng mit der Natur verflochten sind. Diese drei grundsätzlichen Sichtweisen schließen sich nicht gegenseitig aus, sondern sind eng miteinander verzahnt. Sie sind die drei Beweggründe für alle Instrumente, mit denen biologische Vielfalt geschützt und gefördert werden kann (G1) {Box 10.1}.

F3. Positive Veränderungen im Sinne der biologischen Vielfalt sind allerdings oft auch durch die effektive Nutzung von Gelegenheitsfenstern (Windows of Opportunity) geprägt ●. Wenn Biodiversitätsschutz ein zentrales Ziel ist, werden indirekte Treiber häufig benannt und teilweise angegangen ⊖. Um Differenzen zwischen Akteuren zu überwinden, ist eine Auseinandersetzung v.a. mit Nichtwissen und Kontroversen förderlich ●. In vielen Fallstudien, in



Abbildung 59: Gemeinschaftsgärten in den Städten sind Orte der Erholung, sozialen Interaktion und Umweltbildung und zeigen, wie wichtig die Natur für die Gesellschaft ist (Foto: Jori Maylin Marx). → F2

denen Biodiversitätsschutz als Ziel formuliert war, wurden indirekte Treiber benannt und zumindest teilweise und auf einer kleinen Skala adressiert. Insgesamt sind positive Veränderungen im Sinne der biologischen Vielfalt meist nicht durch Innovation und Einführung von neuen Nachhaltigkeitslösungen entstanden. Auch das aktive Verlassen (Exnovation) alter, nicht nachhaltiger Pfade ist selten zu beobachten. Veränderungen sind in vielen Fallstudien vielmehr ein Ergebnis der effektiven Nutzung von Gelegenheitsfenstern. Typischerweise werden Biodiversitätsgewinne hier als Nebenprodukt (Co-Benefit) erreicht {10.3.3}. Biodiversitätsziele werden dann seltener erreicht, wenn sie mit anderen Nutzungsinteressen konkurrieren {10.6}.

Die Verbreitung von mehr Wissen über die Bedeutung von biologischer Vielfalt führt nicht notwendigerweise zu mehr Akzeptanz und Handlungsbereitschaft, sondern kann auch Widerstände und Handlungsblockaden hervorrufen. Wissenschaftliche Erkenntnisse sind zentraler Bezugspunkt in der Begründung der Notwendigkeit und der Art und Weise des Wandels oder auch im Wandlungsprozess selbst. Weniger formalisierte Wissensformen wie Praxiswissen sind v.a. dann relevant, wenn Handlungs- und Entscheidungsprobleme benannt oder konkrete praxistaugliche Verfahren entwickelt werden {10.3.3}.

F4. Gesellschaftliche Wandlungsprozesse erfahren häufig gesellschaftliche Widerstände, auch im Rahmen planungsrechtlicher Verfahren, denen aber mit Beteiligungsmöglichkeiten oder/und finanziellen Anreizen entgegengewirkt werden kann ●. Netzwerkbildung und Zusammenschlüsse helfen ebenfalls, Widerständen zu begegnen ⊖. Wichtige Ansätze zur Stärkung der Governance von Wandlungsprozessen sind Öffentlichkeitsarbeit, Bildung für nachhaltige Entwicklung, integrierte Nutzungskonzepte mit alternativen Einkommensquellen und sektorübergreifender Zusammenarbeit, Aufbau neuer institutioneller Strukturen sowie gesetzliche Rahmenbedingungen ●. Das Aufzeigen des gesellschaftlichen und ökonomischen Mehrwerts ist hilfreich, um Widerstände zu verringern oder zu vermeiden {10.3.1, 10.3.5}. Eine finanzielle Unterstützung wie Kompensationszahlungen und Förderprogramme für Landwirt:innen und andere Landeigentümer:innen als Ausgleich und zur Abmilderung bei unvermeidlichen Nachteilen verbessern auch die Akzeptanz ursprünglicher Gegner:innen der gesellschaftlichen Wandlungsprozesse für die biologische Vielfalt. Auch das Entstehen neuer Einkommensquellen in der Verbindung von Naturschutz und Tourismus ist hilfreich. Die Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen fördert die biologische Vielfalt und schafft häufig einen



Abbildung 60: Der Baumkronenpfad im Nationalpark Hainich (Thiemsburg) ist ein Publikumsmagnet mit positiver Wirkung auf den regionalen Tourismus. Hier wird aktuell, wissenschaftsnah und interaktiv über biologische Vielfalt, Klimawandel sowie Lösungsmöglichkeiten für diese Herausforderungen informiert. Foto: Pixabay-Hans Linde). → F4

Zugewinn für den Tourismus durch ein attraktiveres Umfeld {10.3.5}. Ein Zusammenschluss als Bündelung von gleichen Interessen zu Dachmarken, Dachverbänden, Netzwerken, Gesellschaften und Genossenschaften erweist sich als sinnvoll, um den Einfluss auf die Politik und die politische Handlungsfähigkeit von gesellschaftlichen Gruppen zu erhöhen {10.3.4, 10.3.5}.

Starke Öffentlichkeitsarbeit, gekoppelt mit Ansätzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung, wird in den meisten Fallstudien als maßgeblich für den Erfolg beschrieben. Bildung im Bereich biologische Vielfalt schafft das Verständnis für die zugrunde liegenden Zusammenhänge, Bildung für nachhaltige Entwicklung vermittelt alternative Verhaltens- und Handlungsweisen für alle Altersschichten vom Kindergarten bis zur Erwachsenenbildung. Neben Veränderungen im eigenen Handeln werden Akteure in die Lage versetzt, Sichtweisen zu vertreten, an andere Personen weiterzugeben und so möglicherweise zu einem Wechsel von Denkmustern beizutragen. Der Aufbau neuer Verwaltungskapazitäten, aber auch nicht staatliche Strukturen wie Vereine und Initiativen finden sich in allen untersuchten Fallstudien als Motor der Wandlungsprozesse. Neben aller Freiwilligkeit und Beteiligung sind gesetzliche und ordnungsrechtliche Instrumente in den meisten Fallstudien wichtige Hebel {10.3.5}.

F5. Die Einbeziehung von Ökosystemen und ihren Leistungen, aber auch von Biodiversitätskennziffern, insbesondere in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) für Deutschland, wäre ein Meilenstein bei der ökonomisch-ökologischen Berichterstattung und darauf begründeten politischen Entscheidungen ⊖. Klassische Wirtschaftsberichter-

stattung berücksichtigt soziale und ökologische Folgekosten nur unzureichend {10.4.1.2}. Naturkapital und intakte Ökosysteme als notwendiger Teil des materiellen Wohlstands und der gesellschaftlichen Deckung menschlicher Grundbedürfnisse müssen neben Produktivkapital und Sozialkapital sowie einer guten Regierungsführung (nachhaltige Governance) in der Berichterstattung mitbetrachtet werden {10.4.1.1}. Zudem wurden 2023 mit der CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive der EU) erweiterte Berichtspflichten für Unternehmen und Finanzinstitute bezüglich ihrer Auswirkungen auf und Abhängigkeiten von Ökosystemen und deren Leistungen einschließlich Arten eingeführt {10.4.1.2}.

F6. Rechtsbasierte Ansätze können Biodiversitätsschutz verbindlicher machen ●. Umweltschutz einschließlich Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt kann verbindlicher gemacht werden, indem er an hochrangige Rechte, zum Teil auf Verfassungsebene, geknüpft wird {10.4.1.3, 10.4.1.4}. Artikel 20a des Grundgesetzes definiert den Schutz der Lebensgrundlagen als ein Staatsziel. Daher ist Deutschland verpflichtet, biologische Vielfalt und Klima in Abwägung mit anderen Staatszielen und den Grundrechten zu schützen {10.4.1.3}. Innovative rechtliche Regelungen wie ein Menschenrecht auf gesunde Umwelt bzw. Eigenrechte der Natur würden weitere Klagemöglichkeiten gegen den Biodiversitätsverlust schaffen, spielen aber bislang eine untergeordnete Rolle {10.4.1.4}.

F7. Eine nachhaltige und damit sozial und ökologisch ausgerichtete Raumentwicklung erfordert einen Wechsel von Perspektiven und Denkmustern der derzeitigen Planung hin zu einer integrierten, am Gemeinwohl orientierten und sozial gerechten Vorgehensweise ●. Eine wesentliche Grundlage hierfür ist die direkte Teilhabe aller gesellschaftlichen Akteure an raumwirksamen Entscheidungen. Es kann mit sektorübergreifenden Ansätzen gearbeitet werden, die Ökosystemleistungen erfassen und die aus der Flächeninanspruchnahme resultierenden Auswirkungen auf die Bevölkerung (z. B. Gesundheit, klimatische Auswirkungen, Erholung) aufzeigen. Hiermit unabdingbar verknüpft sind die Offenlegung und Kommunikation von Informationen sowie Beteiligungsverfahren, um gesellschaftlichen Konsens für den Schutz der biologischen Vielfalt sowie die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit neuer Verfahren zu erreichen. Über die Landschaftsplanung hinaus ist eine unmittelbare Einbindung in die querschnittsorientierte Raumordnung und Raum-



Abbildung 61: Biodiversität und Ökosysteme haben einen Wert für die Wirtschaft. Diesen Wert zu beziffern, ist jedoch komplex, weswegen er in der Berichterstattung vieler Unternehmen noch nicht auftaucht (Foto: Jori Maylin Marx). → F5

entwicklung nötig {10.4.2}. So ist beispielsweise das Instrument der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung im Sinne der Durchsetzung des Verschlechterungsverbots zu stärken und hinsichtlich eines Verbesserungsgebots auszubauen {10.5}.

F8. Alle gesellschaftlichen Akteure können einen transformativen Wandel unterstützen: zivilgesellschaftliche Organisationen, Bildungseinrichtungen, Wissenschaft, Unternehmen, Akteure in Politik und Verwaltung, aber auch jede:r Einzelne ●. Akteuren in Politik und Verwaltung kommt eine bedeutende Rolle bei der Unterstützung des transformativen Wandels zu ●. Zivilgesellschaftliche Organisationen, wie NGOs, Verbände oder Stiftungen, können, vor allem in größeren Zusammenschlüssen zu Netzwerken oder Initiativen, durch Öffentlichkeitsarbeit informieren, unterschiedliche Beteiligungsformate einbringen und eine starke gestaltende Rolle als Ideengeber und als »Überwachungsinstanz« spielen. Bildungseinrichtungen sind grundlegend, um alternative, nachhaltige Verhaltensweisen und Fähigkeiten zu vermitteln und diese durch Aus- und Weiterbildung von Berater:innen für Umweltthemen in die breite Gesellschaft zu tragen. Sozialwissenschaftliche Begleitforschung und ein systematisches, ökologisches Monitoring sind notwendig, um transformative Prozesse erfassen und bewerten zu können. Deutlich mehr Beachtung muss der systematischen Be-



Abbildung 62: Alle Bevölkerungsgruppen können in den transformativen Wandel einbezogen werden, auch wenn die Pfade dorthin nicht geradlinig sind (Foto: Jori Maylin Marx). → F7



Abbildung 63: Grünbrücke über eine Autobahn. Biodiversitätsschutz ist eine interdisziplinäre Aufgabe und muss z. B. auch in die Verkehrspolitik integriert werden (Foto: Sascha Roesner). → F8

trachtung der Auswirkungen unserer Lebensweise und von nationalem Biodiversitätsschutz auf andere Regionen der Welt zukommen {10.5}. Neben der erweiterten Berichterstattung können Unternehmen und Unternehmensverbände eigene Ideen und neue Geschäftsfelder zum Schutz von biologischer Vielfalt erschließen und dazu beitragen, Konflikte zu vermeiden {10.5, 10.4.1.2}. Gemeinwohlorientiertes Wirtschaften kann gefördert und nachhaltige Wertschöpfungsketten können gestärkt werden. Jede:r Einzelne ist aufgerufen, Eigeninitiative zu ergreifen, Bildungsangebote zu nutzen, zu experimentieren und sich ehrenamtlich für Biodiversitätsschutz zu engagieren {10.5}.

Akteuren in Politik und Verwaltung kommt eine bedeutende Rolle bei der Unterstützung des transformativen Wandels zu. Eine wichtige Rolle ist die Finanzierung von transformativen Möglichkeitsräumen wie Reallaboren sowie die Finanzierung von Bildung und wissenschaftlicher Begleitforschung. Politik und Verwaltung können aber auch selbst Gelegenheitsfenster suchen (z. B. im Rahmen von Klimaschutz- und Anpassungsstrategien). Dort können sie als Organisatoren und Moderatoren von gemeinschaftlichen Aushand-

lungsprozessen, beispielsweise von neuen Zukunftsvorstellungen oder integrierten Nutzungskonzepten, auftreten. Sie müssen als Vermittler Biodiversitätsziele auch in fachfremden Politikbereichen, wie Finanz- oder Verkehrspolitik, verankern. Um die Einbindung von Biodiversitätsbelangen in diesen Politikbereichen zu fördern, wären eine Stärkung des Biodiversitätsschutzes in der deutschen Gesetzgebung, eine Harmonisierung bestehender Gesetze im Sinne der Biodiversität und eine Identifikation und Änderung umweltschädlicher Gesetze und Subventionen entscheidend. Eine zentrale Aufgabe besteht dabei darin, einmal eingegangene Vereinbarungen tatsächlich umzusetzen und Möglichkeiten zu schaffen, die Um- und Durchsetzung zu überprüfen sowie ggf. zu sanktionieren {10.5}.

G Synthese: Positive Wirkungsketten für die biologische Vielfalt

G1. Eine Trendumkehr für die biologische Vielfalt in Deutschland kann am ehesten gelingen, wenn sie auf einer Kombination der drei zentralen Beweggründe basiert, sich für den Schutz der biologischen Vielfalt



Abbildung 64: Der Einsatz von Weidetieren, z. B. Pferden, für die Pflege von Offenlandschaften ist eine kulturell verankerte Maßnahme zum Erhalt von Lebensräumen für eine Vielzahl von Arten (Foto: Jörg Freyhof). → G1

einzusetzen. Die drei Hauptbegründungen des Nature Futures Framework (NFF) sind »Natur für Natur« (NfN), »Natur als Kultur« (NaK) und »Natur für Gesellschaft« (NfG, siehe F2). Aus diesen Beweggründen werden neue Instrumente für Biodiversitätsschutz aufgelegt und bestehende Instrumente neu ausgerichtet, die dann konkrete Maßnahmen in der Fläche nach sich ziehen. Indem die Maßnahmen biologische Vielfalt fördern, begünstigen sie darüber in den meisten Fällen auch indirekt wichtige Ökosystemleistungen. Die meisten Instrumente basieren auf einer Mischung aus allen drei Beweggründen, auch wenn meist eine Komponente überwiegt (für die verschiedenen Arten von Instrumenten siehe 25 und Abb. 54). Eine geschickte Ausgestaltung und Kommunikation des Instrumentenmix ermöglicht es, alle drei Beweggründe zu bedienen und die Kosten, die aus Maßnahmen resultieren, auszugleichen sowie Nachteile einzelner gesellschaftlicher Gruppen zu minimieren. Finanzielle, anreizbasierte Instrumente können dazu eingesetzt werden, um sowohl die biodiversitätsfördernden Maßnahmen selbst als auch die positiven Resultate dieser Maßnahmen zu entlohnen, wobei erfolgsorientierte Förderungen generell zu bevorzugen sind (s. E5). Sie können dazu beitragen, »Natur für Natur« (NfN) zu schützen, für den Menschen nutzbare Ökosystemleistungen bereitzustellen (NfG) sowie kulturell verankerte arten- oder landschaftsfördernde Praktiken und Produktionsformen zu fördern (NaK), die am Markt nicht konkurrenzfähig sind. Informationelle Instrumente fördern Bildungs- und Beratungsangebote, die einerseits den Nutzen von biologischer Vielfalt für den Menschen herausstellen und ein Wirtschaften mit biologischer Vielfalt fördern (NfG), andererseits unterstützen sie aber auch eine naturverbundene, ressourcenschonende Lebensweise und den Erhalt des Naturerbes (NaK). Schließlich fördern sie ein besseres Wissen über die biologische Vielfalt und ökologische Zusammenhänge sowie die Anerkennung des Selbstwerts der Natur (NfN). Ordnungsrechtliche Instrumente, wie Gesetze, politische Abkommen, Richtlinien, Verbote und Gebote, können ebenfalls durch alle drei Beweggründe eingesetzt werden. Sie stellen zugleich den Rahmen und sind Ergebnis gesellschaftlicher Wandelprozesse. Durch geschickte Kombination von Maßnahmen, etwa naturbasierte Lösungen unter Förderung heimischer Arten, Integration von Schutz und Nutzung (siehe Trittsteinkonzept {4.4.2.1}), idealerweise unter Beteiligung der Betroffenen entwickelt, können Instrumente so ausgestaltet werden, dass alle drei Beweggründe erfüllt und Konflikte befriedet oder sogar vermieden werden {11.2, 11.8}.

G2. Die Wirkungsketten mit positiven Effekten auf die biologische Vielfalt werden durch wichtige Rahmenbedingungen ermöglicht und befördert. Für diese ist ein transformativer Wandel notwendig, den alle gesellschaftlichen Akteure unterstützen: zivilgesellschaftliche Organisationen, Bildungseinrichtungen, Wissenschaft, Unternehmen, Akteure in Politik und Verwaltung, aber auch jeder Einzelne (siehe F1-F8). Besonders wichtig für die Stärkung der Beweggründe ist Bildung für nachhaltige Entwicklung, die den Menschen die Bedeutung von Biodiversität vermittelt und Handlungsalternativen aufzeigt. Mitbestimmung an den Entscheidungen, die zur Förderung und zum Schutz der biologischen Vielfalt getroffen werden, führen zu einer Identifikation mit den Maßnahmen. Schließlich wird ein verbindlicher rechtlicher Rahmen benötigt, innerhalb dessen die Umsetzung der für die Lebensräume skizzierten Wirkungsketten auch eingefordert werden kann {11.3}.

G3. Bereits heute gibt es für die verschiedenen Lebensräume wichtige Instrumente, die bislang nur teilweise erfolgreich sind und deren potenzielle Wirkungsketten in der Synthese beschrieben sind. Zudem gibt es Gemeinsamkeiten in der positiven Wirkung von Maßnahmen für die biologische Vielfalt über alle Lebensräume hinweg. So spielt die Extensivierung der Land-, Gewässer- und Meeresnutzung sowie von Parkanlagen in den Städten eine zentrale Rolle, weil durch die Schaffung von nährstoffarmen Bedingungen und das Anlegen vielfältiger Strukturen für zahlreiche Arten geeignete Lebensbedingungen geschaffen werden {11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.8}. Dies betrifft zum einen konkurrenzschwache Arten, zum anderen auf bestimmte Substrate und Strukturen spezialisierte Arten sowie solche, die mit diesen Arten z. B. durch Nahrungsnetze in Verbindung stehen. Strukturelle Vielfalt kann auch in allen Lebensräumen durch direkte Maßnahmen gefördert werden, was von der Anlage von Hecken in der Agrarlandschaft, Belassen von Totholz im Wald, der Schaffung unterschiedlicher Strömungsverhältnisse in Gewässern bis hin zu strukturreichen Gärten und Parkanlagen in Städten reicht. Auch Renaturierungsmaßnahmen spielen in allen Lebensräumen eine wichtige Rolle. Einerseits zielen sie auf die Wiederherstellung bestimmter, mittlerweile verloren gegangener Lebensraumtypen ab, die zum Erhalt bestimmter Tier- und Pflanzenarten notwendig sind. Andererseits befördern sie ebenso die Extensivierung der Landschaft und die Schaffung eines höheren Struktureichtums. In vielen Fällen zielt Renaturierung auf die Etablierung einer Eigendynamik ab,

wie es bei Rewilding mit großen Weidetieren oder bei der Wiederherstellung der Mäandrierung von Fließgewässern der Fall ist. Auch diese führt zu einer höheren Strukturvielfalt {11.9}.

G4. Eine ebenfalls zentrale Maßnahme, die die biologische Vielfalt aller Lebensräume fördert, ist die Reduktion der Nährstoffeinträge, vor allem von Stickstoffverbindungen und Phosphat, sowie von Säureeinträgen und anderen Schadstoffen auf der Landschaftsebene. Hiervon profitiert die biologische Vielfalt aller Lebensräume: in direkter Weise werden Arten im Offenland und Wald gefördert, welche auf nährstoffarme Böden angewiesen sind (siehe G3) {11.4, 11.5}. Indirekt profitiert auch die biologische Vielfalt von Gewässern und Meeren, weil ein geringerer Nährstoffeintrag zu vielfältigeren Nahrungsnetzen führt {11.6, 11.7}.

In dem Zusammenhang sind auch Maßnahmen zur Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln zu sehen, welche in der Land- und Forstwirtschaft verwendet werden, aber auch von Einträgen aus Kläranlagen {11.9}. Die Wirkungen dieser Pflanzenschutzmittel sind zwar artspezifisch, reduzieren aber die Fruchtbarkeit vieler Tierarten von bodenlebenden Mikroorganismen bis hin zu Wirbeltieren und können das Verhalten verändern {3.4.4, 11.9}. Es sind vor allem ordnungsrechtliche Instrumente, die für die Reduktion von Nährstoff- und Schadstoffeinträgen effektiv eingesetzt werden können. Gleichzeitig gilt es, bestehende Vollzugsdefizite zu beseitigen, die bislang verhindern, dass bestehende Gesetze auch eingehalten werden {11.9}.

G5. Etliche Maßnahmen, die sich bewährt haben, können weiterentwickelt und noch gezielter einge-

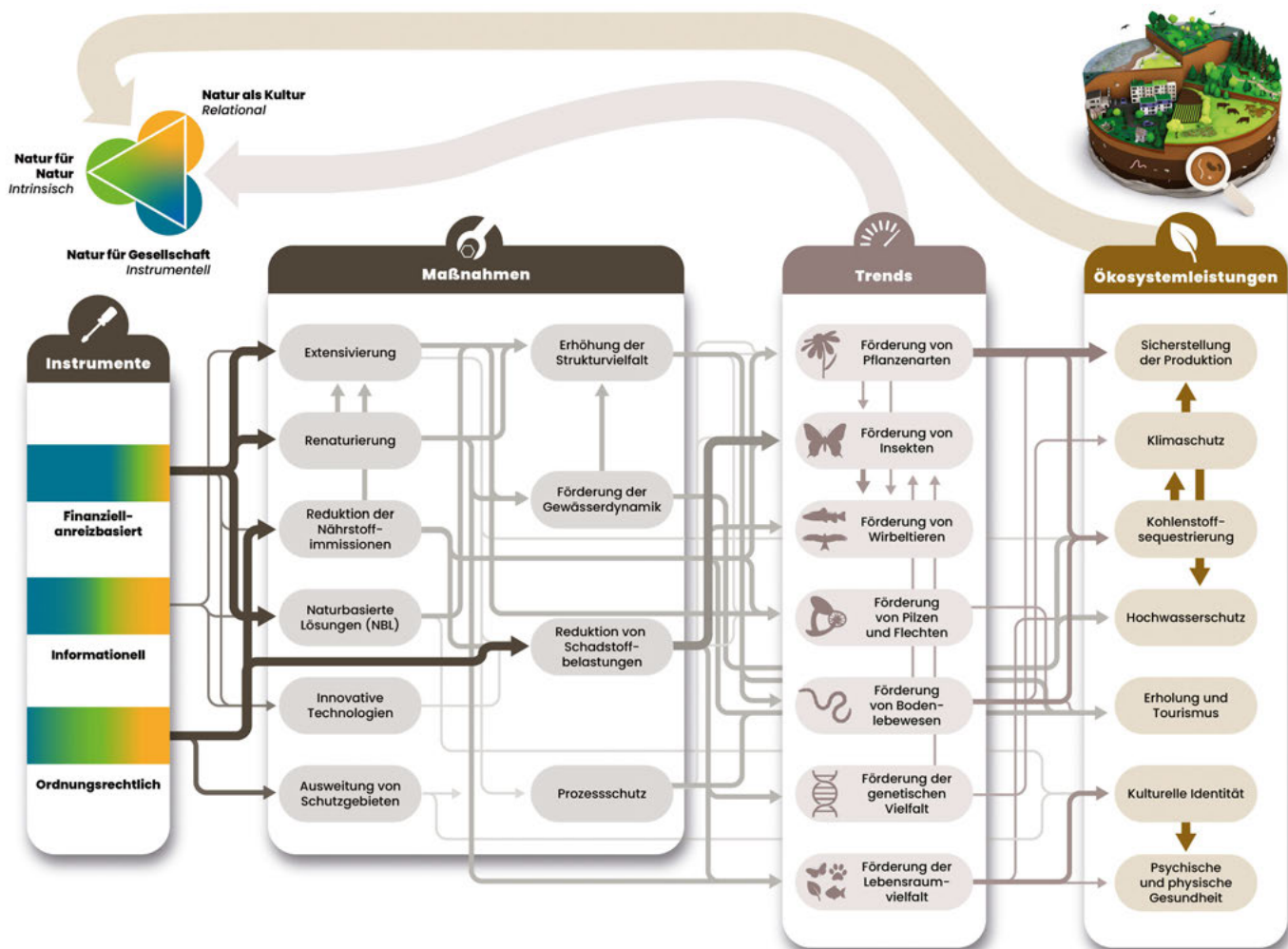


Abbildung 65: Wirkungsketten zur Verbesserung der biologischen Vielfalt über **alle Lebensräume** hinweg, ausgehend von den Beweggründen (NfG = »Natur für Gesellschaft«, NaK = »Natur als Kultur«, NfN = »Natur für Natur«) über die dadurch etablierten Instrumente, die über eher generelle Maßnahmen (linke Spalte) und eher spezifische Maßnahmen (rechte Spalte) ihren positiven Einfluss auf die biologische Vielfalt ausüben und somit auch die Bereitstellung von Ökosystemleistungen erhöhen. Es kommt zu positiven Rückkopplungen, wenn vom Menschen wahrnehmbare Verbesserungen des Zustandes der biologischen Vielfalt und der Ökosystemleistungen die Beweggründe verstärken. → G1–G5

setzt werden, um dem Biodiversitätsverlust entgegenzuwirken. **Naturbasierte Maßnahmen mit direkten positiven Wirkungen auf Ökosystemleistungen fördern auch die biologische Vielfalt.** Maßnahmen aus dem Bereich der naturbasierten Lösungen zielen auf Versorgungs- und Regulierungsleistungen ab, die von der Natur strukturell und/oder funktional inspiriert und unterstützt werden. Da diese unmittelbar einen direkten Nutzen für den Menschen haben, können naturbasierte Lösungen, wenn sie entsprechend vermittelt werden, die Motivation, Natur für den Menschen zu erhalten, verstärken (NfG) {11.9}. Sie spielen in allen Lebensräumen eine Rolle, z. B. in den Binnen- und Küstengewässern beim Hochwasser- und Erosionsschutz der Ufer und Küsten und in den Städten bei der Kühlungswirkung von Straßenbäumen und Gründächern {11.8, 11.9}.

Innovative Technologien können in allen Lebensräumen biodiversitätsfördernd eingesetzt werden {11.9}. In der Landwirtschaft können sie dazu dienen, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu vermindern, in den Binnengewässern dazu, die Nährstoff- und Schadstoffeinträge in Kläranlagen zu reduzieren, und in den Küstengewässern dazu, Fischfang biodiversitätsschonender zu gestalten {11.4, 11.7}. Es sind vor allem finanzielle, anreizbasierte Instrumente, aber auch solche informationeller Art, die neue Technologien mit positiven Biodiversitätseffekten fördern, denen allen als vorrangig Motivation der Nutzen für den Menschen zugrunde liegt (NfG) {11.9}.

Schließlich ist ordnungsrechtlich die Ausweisung von Schutzgebieten noch nicht ausgeschöpft. Es gibt in allen Lebensräumen noch zahlreiche Lebensraumtypen, die nicht explizit geschützt sind. Hier kann es zu einer weiteren Ausweitung des Schutzgebietssystems kommen, womit das Ziel der EU-Biodiversitätsstrategie erfüllt werden könnte, 10 % der Fläche unter strengen Schutz zu stellen. Einerseits gilt es, Puffer um die bestehenden, häufig sehr kleinen Schutzgebiete zu schaffen, um deren Habitatqualität zu verbessern. Andererseits kann die Qualität bestehender Schutzgebiete verbessert werden. Vorrangiges Ziel in Schutzgebieten kann einerseits Prozessschutz sein, wie in den Nationalparks oder den Naturwaldgebieten (NfN), aber auch der Erhalt von Lebensraumtypen, die auf menschliche Nutzung angewiesen sind (NaK) {11.9}. Die Ausweisung von Schutzgebieten stößt jedoch zunehmend auf gesellschaftliche Widerstände, die durch Bereitstellung von Informationen, Ermöglichung von unschädlichen Nutzungsformen durch Privatpersonen und geeignete Beteiligungsmöglichkeiten an der Ausgestaltung verringert werden können.



Abbildung 66: Großflächiger Anbau von Wildblumen für die Produktion von Regiosaatgut in der Nähe von Lommatzsch, Mittelsachsen, als Beispiel für einen Produktionszweig, der mit biologischer Vielfalt wirtschaftet (Foto: Christian Wirth).→ G6

G6. Während Maßnahmen mit direkter Wirkung auf Ökosystemleistungen und positiven Nebeneffekten auf die biologische Vielfalt gut vermittelbar sind, wird das Potenzial, direkt mit Biodiversität zu wirtschaften und dadurch Ökosystemleistungen zu erhöhen, noch längst nicht ausgeschöpft. So kann die Produktivität von Grünland durch artenreiche Kraut- und Grasmischungen {3.3.2.1} und von Wäldern durch Baumartenmischungen {4.3.2.1} erhöht werden. Bei Ackerkulturen führt eine Mischung von Kultursorten zu einer erhöhten Resistenz gegen Pathogene, während aber ein positiver Effekt auf den Ertrag noch nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden konnte {3.3.3}. Durch die Erhöhung der Vielfalt von Pflanzenarten und auch der genetischen Diversität kann die Produktion von Agrarflächen ebenso wie die der Wälder unter wechselnden Umweltbedingungen aufrechterhalten werden {2.2.1, B3, B7}. Damit könnte auch das Ziel der EU-Biodiversitätsstrategie erreicht werden, auf 30 % der Landesfläche vorrangig die biologische Vielfalt zu sichern, was sich ausschließlich durch eine Erhöhung des Netzes streng geschützter Gebiete vermutlich nicht erreichen lassen wird. Die Diversität an Bodenorganismen fördert die Kohlenstoffspeicherung und trägt damit zum Klimaschutz bei. Ebenso tragen artenreiche Wälder und Grünlandgesellschaften direkt zur Pufferung von klimatischen Extremen bei. Schließlich fördern die verschiedenen Lebensräume in Deutschland die kulturelle Identität der hier lebenden Menschen, und ebenso profitiert die physische und psychische Gesundheit der Menschen von der Vielfalt der Pflanzen- und Tierarten dieser Lebensräume {11.9}. Letztlich sind diese

positiven Effekte wichtige Rückkopplungsmechanismen, die die Motivation der Menschen stärkt, sich für die biologische Vielfalt einzusetzen.

H Wissenslücken und Forschungsbedarfe

Die umfassende Sichtung des Wissensstands im *Faktencheck Artenvielfalt* erlaubt es uns, Wissenslücken zu erkennen und daraus Forschungsbedarfe abzuleiten. Im Folgenden heben wir besonders diejenigen Wissenslücken (W1) hervor, die in mehreren Kapiteln identifiziert wurden {u. a. 3.2.4, 3.7.1, 4.2.4, 4.7.1, 5.2.4, 6.2.4, 7.2.4, Box 8.3, Kap. 9, 10.6}, und leiten daraus Forschungsbedarfe (Fb) ab. Diese sind auch inspiriert von einem kürzlich erschienenen Politikpapier des WBGU »Biodiversität – Jetzt dringend handeln für Natur und Mensch« aus dem Jahr 2024.

H1.1. Wissenslücken zur Erfassung und Erklärung von Trends der biologischen Vielfalt

Bedeutende Wissenslücken sehen alle Lebensraumkapitel inkl. dem Kapitel Bodenbiodiversität bei der Erfassung des Zustands der biologischen Vielfalt sowie ihrer Trends über die Zeit. Zudem bestehen große Defizite bei der Erfassung und Verfügbarkeit direkter Einflussgrößen (direkte anthropogene Treiber und Umweltvariablen), die den Zustand und die Änderung der biologischen Vielfalt erklären können:

W1-1: Bestehende Monitoringprogramme sind in Bezug auf die Erfassungsmethoden sowie ihre räumliche und zeitliche Ausgestaltung nicht oder ungenügend standardisiert.

W1-2: Vorhandene Daten sind nicht verfügbar, oder sie sind nur mit großem Aufwand zu akquirieren (z. B. jeweils einzeln aus den zuständigen Behörden der 16 Bundesländer).

W1-3: Kleinstlebewesen (z. B. Algen, Pilze, Bakterien, Archaeen, Einzeller) werden mit bestehenden Monitoringprogrammen nicht erfasst, obwohl sie an wichtigen Ökosystemleistungen (z. B. Selbstreinigung von Gewässern) maßgeblich beteiligt sind. Auch die Erfassung der Ökosystemleistungen ist nicht Gegenstand des Monitorings.

W1-4: Wichtige Lebensräume oder Teilsysteme, wie der Boden oder das Grundwasser, werden im Biodiversitätsmonitoring kaum berücksichtigt. Seltene Lebensräume (z. B. Binnensalzstellen, Felsfluren, Quellen, Brachflächen im urbanen Raum) sowie kleinere Ausprägungen von Lebensräumen (z. B. kleine Bäche, kleine Stillgewässer, Dörfer) sind in bestehenden Monitoringprogrammen unterrepräsentiert.

W1-5: Der Fokus bei den meisten Erfassungen liegt auf dem Artenreichtum. Wichtige weitere Facetten der biologischen Vielfalt wie Artenzusammensetzung, Häufigkeitsverteilungen, funktionelle sowie genetische Vielfalt werden im Monitoring nicht berücksichtigt.

W1-6: Langzeitdaten (> 20 Jahre an identischen Standorten) mit einer ausreichenden zeitlichen Auflösung, um Trends robust quantifizieren zu können, liegen selten vor.

W1-7: Biologische Vielfalt ist stark flächenabhängig. Bestehende Designs beschränken sich auf die Erfassung der lokalen biologischen Vielfalt auf der kleinsten räum-

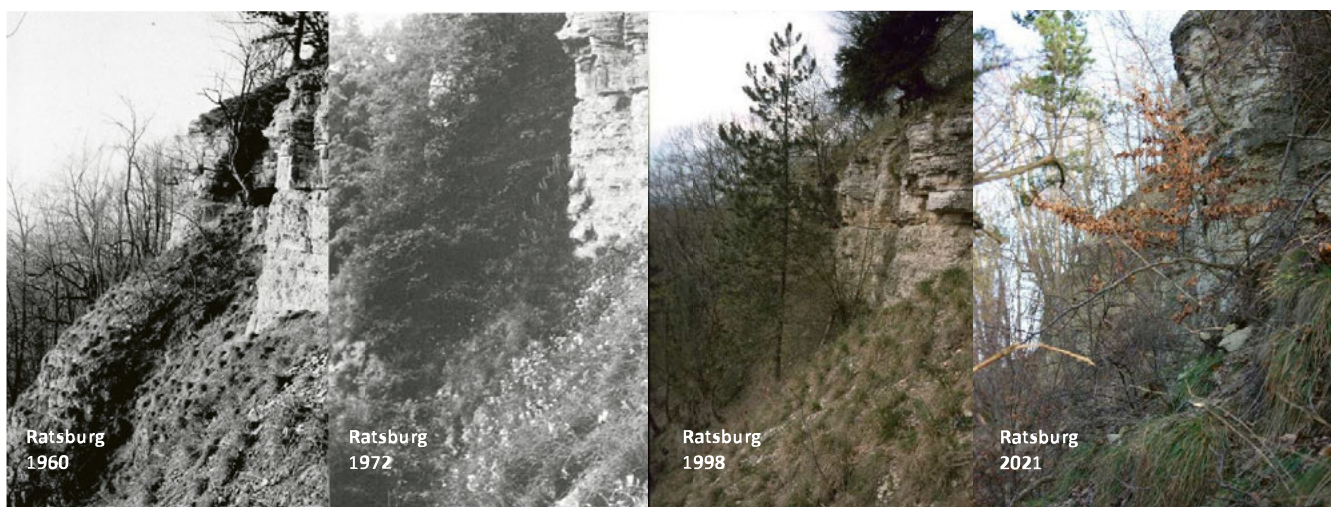


Abbildung 67: Mit Langzeitmessungen kann die Veränderung der Vegetation bestimmt werden, wie hier über 60 Jahre hinweg bei der Ratsburg nahe Göttingen (Fotos: Wulfard Winterhoff, Hartmut Dierschke, Marcus Schmidt, Wolfgang Schmidt). → H 1.1

lichen Skala (sog. Alpha-Diversität). Sie erlauben es nicht, die Flächenabhängigkeit der Muster der biologischen Vielfalt auf größeren Skalen zu bestimmen, deren Trend sich deutlich von demjenigen der Alpha-Diversität unterscheiden kann.

W1-8: Die zeitlichen Abstände zwischen Erfassungen der biologischen Vielfalt sind im Verhältnis zu den schnellen Dynamiken vieler Lebensgemeinschaften zu lang.

W1-9: Zur sicheren Bestimmung von Arten anhand morphologischer Merkmale sowie zur ökologischen Einordnung von Arten werden taxonomische Expert:innen benötigt. Ohne einen ausreichenden Nachwuchs besteht die Gefahr, dass taxonomische Expertise verloren geht und die Weiterführung bestehender Erfassungsprogramme dadurch beeinträchtigt wird.

W1-10: Daten wichtiger direkter anthropogener Treiber (Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Antibiotika und Düngemitteln, Kontamination mit Mikroplastik, Nut-

zung gentechnisch veränderter Organismen, Waldmanagement, Nachverdichtung im urbanen Raum usw.) werden nicht, unvollständig oder räumlich getrennt von der Erfassung der biologischen Vielfalt erhoben.

W1-11: Biologische Vielfalt wird durch eine Vielzahl von Umweltvariablen beeinflusst, die nicht unmittelbar auf menschlichen Einfluss zurückgehen (z. B. Witterungsschwankungen, natürliche Störungen). Um nun den Beitrag direkter anthropogener Treiber (W1-10) statistisch nachzuweisen und als Ursache zu benennen (»Attributierung«), müssen die Umweltvariablen bekannt sein und »herausgerechnet« werden. Die Erfassung dieser Umweltvariablen geschieht nur unvollständig oder nicht in derselben lokalen räumlichen Auflösung wie die Erfassung der biologischen Vielfalt.

H1.2 Forschungsbedarf zur Erfassung und Erklärung von Trends der biologischen Vielfalt

Fb-1: Es müssen im Zuge einer groß angelegten Datenoffensive Workflows zur Bereitstellung, Integration und



Abbildung 68: Wildbienen aus Sachsen-Anhalt aus dem Zentralmagazin der naturwissenschaftlichen Sammlung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Zu Präsentationszwecken ist pro Art nur ein Exemplar gezeigt. Foto: Markus Scholz. → H1.1

Auswertung bereits existierender (aber meist äußerst heterogener) Monitoringdaten weiterentwickelt werden. Um die Ausgangsdaten und Produkte nach FAIR-Prinzipien verfügbar zu machen, bedarf es verschiedener Anreize für Datenerfasser:innen (u. a. Einbindung, fachliche Unterstützung, Finanzierung).

Fb-2: Automatisierte Monitoringmethoden sollten zügig bis zur Einsatzreife entwickelt und standardisiert werden. Sie werden konventionelle Methoden nicht ersetzen, aber in entscheidenden Aspekten ergänzen. So werden sie die zeitliche Auflösung deutlich erhöhen (Wl-8), schwer bestimmbare oder kleine Arten erfassen (»Hidden Taxa«, Wl-3, Wl-4), ein weiteres Spektrum von Facetten der biologischen Vielfalt erheben (v. a. funktionelle und genetische Vielfalt; Wl-5) und zeitgleich wichtige Treiber und Umweltvariablen messen (Wl-10, Wl-11) (siehe auch FedA-Programm »BiodivKI« und Initiativen wie AMMOD und Nature 4.0 {2.1.5}).

Fb-3: Für das Verständnis von Änderungen der biologischen Vielfalt werden lange Zeitreihen benötigt. Hierfür ist eine historische Rekonstruktion von biologischer Vielfalt sinnvoll (Wl-6), u. a. mithilfe naturkundlicher Sammlungen, Sedimentanalysen und durch die systematische (automatisierte) Auswertung historischer Publikationen und Kulturprodukte (Fotografien, Literatur, Gemälde). Die wenigen bestehenden historischen Zeitreihen sollten prioritär fortgeführt und in zukünftige Monitoringprogramme integriert werden.

Fb-4: Ein theoriebasiertes, generisches und praktikables Monitoringdesign muss entwickelt werden, das artengruppen-, ökosystem- und skalenübergreifend Aussagen zu Status und Trends zulässt (Wl-7). Wesentliche Elemente eines solchen Designs werden in Gonzales et al. (2023) vorgestellt. Die statistische Aussagekraft (Power) eines solchen Designs sollte sowohl an vorhandenen (Fb-1) als auch an simulierten Daten getestet werden (siehe auch Leung & Gonzalez 2024). Es muss die Detektierbarkeit und das Verhalten unterschiedlicher Artengruppen berücksichtigen (z. B. Phänologie, Mobilität), und es bezieht auch die zukünftige Verfügbarkeit automatisierter Monitoringmethoden (Fb-2) und technologischer Weiterentwicklung ein.

Fb-5: Um die komplexen Zusammenhänge zu verstehen, die den Zustand und die Trends von biologischer Vielfalt auf verschiedenen Skalen (siehe Wl-7) beeinflussen, muss ein umfassender Satz an Treiber- und Umweltdaten in derselben räumlichen und zeitlichen

Auflösung wie die Erhebung der biologischen Vielfalt entstehen. Dieser sollte alle relevanten Wirkfaktoren repräsentieren und das komplexe Zusammenwirken von Treibern abbilden (Wl-10, Wl-11). Dies ermöglicht dann die Anwendung innovativer statistischer Auswertung, die in der Biodiversitätsforschung noch kaum zum Einsatz kommen, z. B. kausale Zeitreihenanalysen (Yuan & Shou 2022). Ferner müssen neue Co-Design-Ansätze verwirklicht werden, damit die relevanten Treiberdaten von Landnutzer:innen (siehe Wl-10 für Beispiele) in einer Zusammenarbeit auf Augenhöhe zur Verfügung gestellt werden. Nur so sind eine Attributierung von Ursachen zu Trends, das Entflechten multipler Treiber sowie die Entwicklung effektiver und effizienter Maßnahmen möglich.

Fb-6: Da ein Monitoring (Fb-3, Fb-4, Fb-5) niemals alle Ursache-Wirkungs-Beziehungen aufdecken kann, braucht es ergänzende experimentelle Untersuchungen, bei denen mögliche trendbestimmende Faktoren gezielt manipuliert werden. Korrelationen von Trends der biologischen Vielfalt, Treibern und Umweltvariablen können dadurch bestätigt werden. Zudem dienen Experimente auch dazu, die mechanistischen Zusammenhänge zu verstehen und Managementpraktiken für die Wiederherstellung von Lebensräumen zu optimieren. Beobachtungen und Experimente lassen sich in sogenannten Exploratorien kombinieren.

Fb-7: Die genannten Daten, Workflows und Zusammenhänge (Fb1–6) können die Basis für die Entwicklung eines Datenassimilationssystems bilden, das statistische und mechanistische Modelle sowie maschinelles Lernen verwendet, um aus den kontinuierlichen Datenströmen Kurz- und Langzeitprognosen zu erstellen. Dies kann z. B. für die Entwicklung von Frühwarnsystemen und Szenarien verwendet werden, welche die politische Entscheidungsfindung unterstützen.

H2.1 Wissenslücken zur Wirkung der biologischen Vielfalt auf Ökosystemleistungen

Ökosystemleistungen (ÖSL) sind in vielen Fällen naturbasierte Lösungen (NbL), die auf Wirkung der biologischen Vielfalt zurückgehen. Obwohl von unschätzbarem Wert für den Menschen und das menschliche Wohlergehen, sind ÖSL nicht Gegenstand eines bestehenden regelmäßigen Monitorings. Die Erforschung des Einflusses von biologischer Vielfalt auf ÖSL ist derzeit überwiegend ein Thema der Grundlagenforschung (»funktionelle Biodiversitätsforschung«). Der *Faktencheck Artenvielfalt* belegt, dass hier in den vergangenen

Jahrzehnten große Fortschritte gemacht worden sind. Allerdings sind Defizite benannt worden:

WI-11: An den Orten, an denen der Zustand und die Veränderungen der biologischen Vielfalt erfasst werden, werden selten Daten zu ÖSL erhoben.

WI-12: Daten zu kulturellen ÖSL liegen in geringerem Umfang vor, und es fehlt noch an getesteten Methoden zur standardisierten Erfassung von kulturellen ÖSL.

WI-13: Es liegen erst wenige Studien zur (meist positiven) Wirkung der biologischen Vielfalt auf die menschliche Gesundheit vor. Eine Generalisierung ist aber derzeit noch nicht möglich, und Anwendungen, z. B. in Form von Gesundheitsprogrammen und Gesetzen, stehen aus.

WI-14: Die Erkenntnisse der funktionellen Biodiversitätsforschung sind noch nicht in die Praxis übersetzt worden. Dies gilt insbesondere für den Ackerbau, die Forstwirtschaft und für urbane Biotopkomplexe. Insbesondere für Ackermischkulturen (z. B. Intercropping) fehlen verlässliche Studien zum Einfluss der biologischen Vielfalt auf den Ertrag und die Stabilität der Produktion. Es fehlen erprobte Rezepte zum gezielten Einsatz von biologischer Vielfalt zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit einer nachhaltig genutzten Landschaft.

H2.2 Forschungsbedarf zur Wirkung biologischer Vielfalt auf Ökosystemleistungen

Fb-8: Bestehende und neue Monitoringprogramme (Fb-1, Fb-4, Fb-5) sollten durch gezielte Methoden ergänzt werden, die wesentliche Kategorien von Ökosystemleistungen (nach CICES) repräsentieren (WI-11, WI-12). Dies ist potenziell sehr aufwendig. Feldmethoden müssen daher einfach, robust und kostengünstig sein (Proxy-Methoden für ÖSL). Fernerkundungsmethoden bieten ein großes Potenzial bei der Erfassung von ÖSL; Synergien mit etablierten Intensivmessflächen (z. B. eLTER) sind zu prüfen.

Fb-9: Für die Erfassung kultureller Ökosystemleistungen muss die interdisziplinäre Grundlagenforschung verstärkt werden (WI-12). Neben den klassischen sozialwissenschaftlichen Ansätzen (Befragungen, Fallstudien) können quantitative Textanalysen zur gesellschaftlichen Wahrnehmung und Nutzung von biologischer Vielfalt mit Methoden der Computerlinguistik erfolgen. Hierzu bieten sich vor allem Texte in sozialen Netzwerken an. Solche Ergebnisse können in ein Datenassimilationssystem einfließen (Fb7).



Abbildung 69: Mischkultur mit Winterweizen und Ackerbohne bringt praktische Vorteile in der Landnutzung, wie etwa im Ackerbau (Foto: aus Bonke & Musshoff 2020). → H2.1

Fb-10: Die Erforschung des Einflusses der biologischen Vielfalt auf die menschliche Gesundheit muss intensiviert werden (WI-13, WBGU 2024 »Mensch und Gesundheit zusammendenken«). Vielversprechende Ansätze sind die statistische Kopplung von Gesundheitsdaten großer Kohortenstudien mit Daten zur biologischen Vielfalt des Lebensumfeldes oder zur Einstellung der Proband:innen zur biologischen Vielfalt (Fb-9). Unmittelbare Reaktionen auf biologische Vielfalt können z. B. über direkte physiologische Messungen erfasst werden (z. B. Eye-Tracking, Herzschlag, Cortisolmessung). Ansätze hierzu sind in Erprobung (siehe auch FEdA-Programm »BiodivGesundheit«).

Fb-11: Die funktionelle Biodiversitätsforschung hat gezeigt, dass artenreiche Ökosysteme häufig leistungsfähiger und stabiler sind als artenarme Systeme. Eine auf Monokulturen basierende Wirtschaftsweise gleicht ökologische Defizite durch den intensiven Einsatz von Energie und Fremdstoffen (Dünger, Pflanzenschutzmitteln, Antibiotika) aus. Eine nachhaltige Landnutzung, die biologische Vielfalt als Produktionsfaktor einsetzt, muss neu entwickelt werden. Dies könnte nach dem Leitbild des »multifunktionalen Flächenmosaiks« einen Nettogewinn an biologischer Vielfalt auf der Gesamtfläche erzeugen (WBGU, 2024). Dafür braucht es ein groß angelegtes Versuchswesen, Reallabore (Fb-21) und technische Innovationen, z. B. in der Holzverarbeitung, Erntetechnik, der automatisierten Beikrautentfernung, Inokulierung mit Bodenbiodiversität sowie RNA-Interferenzmethoden zur Entwicklung artspezifischer Insektizide.

H3.1 Die Wirkung von Maßnahmen auf biologische Vielfalt und ÖSL

Verschiedene Programme zielen auf die Förderung biologischer Vielfalt ab (z. B. AUKM, chance.natur, Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz). Je nach Programm werden in geringem Umfang Mittel für eine Begleitforschung zur Verfügung gestellt. Defizite und Wissenslücken bestehen in folgender Hinsicht:

WI-15: Der größte Teil der Maßnahmen erfolgt ohne wissenschaftliche Evaluierung. So unterbleiben häufig eine Erfolgsvalidierung, die ergebnisbasierte Optimierung der Maßnahmen und damit der gesellschaftliche Lernprozess.

WI-16: Falls Begleitforschung durchgeführt wird, erfolgt diese typischerweise zeitgleich mit der Umsetzung der Maßnahme, also zu einer Zeit, in der nur der Ausgangszustand bewertet werden kann. Langzeituntersuchungen unterbleiben meistens. Mechanismen und Zeiträume, die notwendig sind, damit renaturierte Flächen von anspruchsvollen Arten besiedelt werden, sind daher oft unbekannt. Häufig fehlt es an Daten zum ökologischen und sozioökonomischen Kontext (siehe auch WI-10, WI-11), um zu analysieren, warum eine Maßnahme funktioniert oder nicht.

WI-17: Behördlich geförderte Dienstleistungen (z. B. kostengünstige Angebote für Metabarcoding von Bo-

den- oder Wasserproben), Beratungsangebote und Methoden zur einfachen Selbstevaluierung von kleineren Maßnahmen fehlen. Dadurch liegen kaum Informationen zu Maßnahmen in der privatwirtschaftlichen Sphäre vor (z. B. Landwirtschaft, Fischerei, Privatwald, Gebäudebegrünung, Privatgärten).

WI-18: Maßnahmenprogramme fokussieren häufig nur auf einzelne Arten/Gruppen/Lebensraumtypen. Umfassendere Aspekte der biologischen Vielfalt und ÖSL werden selten berücksichtigt.

WI-19: Die Ergebnisse von Maßnahmenevaluierungen werden nicht systematisch erfasst und nach FAIR-Prinzipien zur Verfügung gestellt. Faktoren, die zum Erfolg, zu Teilerfolgen und zum Scheitern von Maßnahmen führen, können so nicht ganzheitlich analysiert werden.

H3.2 Forschungsbedarf zur Wirkung von Maßnahmen für biologische Vielfalt

Fb-12: Maßnahmen früherer Jahre (z. B. Wiedervernäsung von Mooren, Unterschutzstellungen, Auenrevitalisierungen, Anpassung von Mahdregimen in Parks) mit guter Datenbasis für den Anfangszustand sollten mit einem gezielten Programm für eine wiederholte und umfassende Evaluierung nach einem repräsentativen Design ausgewählt und untersucht werden (WI-16), parallel zu Kontrollflächen ohne Maßnahmen.

Fb-13: Für die systematische Vorhaltung aller in der Vergangenheit durchgeführten und in der Zukunft geplanten Maßnahmen sowie ihrer Evaluationsergebnisse sollte eine Datenbank erstellt und öffentlich zugänglich gemacht werden (vorbildhaft: www.conservationevidence.com). Dies würde sicherstellen, dass Planungen im Naturschutz evidenzbasiert erfolgen können, und wäre eine immense Erleichterung für alle mit der Naturschutzplanung befassten Akteur:innen (WI-15, WI-19).

Fb-14: In Anlehnung an die Methoden in Fb-2, Fb-4, Fb-5 und Fb-8 und basierend auf FB-12, sollten für Landnutzer:innen, Behörden und Verbände Methoden und Toolkits zur Evaluierung von selbst durchgeführten Kleinmaßnahmen zur Verfügung gestellt werden (WI-17). Diese sollten kombiniert werden mit Serviceangeboten von regionalen Beratungsstellen und Labors, z. B. für Biodiversitätserhebungen in Bodenproben mit Metabarcoding (vergleichbar mit heutigen Angeboten für Nährstoffanalysen von Bodenproben durch Labors der Landwirtschaftskammer). Erhebungen der biologischen Vielfalt mit Citizen-Science-Projekten könnten einen



Abbildung 70: Bienenweide in Frankfurt am Main. Auf immer mehr städtischen Grünflächen wird das Mahdregime zugunsten der biologischen Vielfalt angepasst (Foto: Adobe Stock). → H3.1

Fokus auf Maßnahmenstandorte erhalten und somit die Evaluierung unterstützen. Dies sollte eingebunden werden in Pilotprojekte für eine ergebnisorientierte Gewährung von Fördergeldern (Fb-25).

H4.1 Wissenslücken zu indirekten Treibern und transformativem Wandel zur Förderung von biologischer Vielfalt

Ein transformativer gesellschaftlicher Wandel, der in der Gesamtwirkung die biologische Vielfalt fördert, integriert viele Facetten indirekter Treiber, u. a. ökonomische, juristische, technologische, politische und wertebasierte. Zu verstehen, wie deren Zusammenwirken effizient und dauerhaft biologische Vielfalt erhöhen kann, und die entsprechenden Prozesse zu gestalten, ist eine große Herausforderung. Folgende Wissenslücken bestehen:

WI-20: Transformativer Wandel benötigt eine positive Vision, die von möglichst vielen Menschen geteilt wird (»Orientierungswerte«), und Wissen, auf welchen unterschiedlichen Wegen diese Vision erreicht werden kann (»Orientierungswissen«). Es bleibt eine offene Frage, wie Orientierungswerte und -wissen für das Thema biologische Vielfalt in der Breite der Gesellschaft geschaffen und dauerhaft verankert werden können.

WI-21: Es fehlt eine systematische Erfassung von Auswirkungen neuer Governance-Ansätze und Instrumente (rechtlich, finanziell, informationell) auf biologische Vielfalt, aber auch auf sozialer und ökonomischer Ebene. Es ist unklar, wie finanzielle Instrumente an den Nachweis einer Verbesserung der biologischen Vielfalt gekoppelt werden können.

WI-22: Instrumente zur Förderung der biologischen Vielfalt leiden unter ausgeprägten Umsetzungsdefiziten (»Implementation Gap«). Auf welche Weise rechtliche, finanzielle und informationelle Instrumente und Planungsprozesse so ausbalanciert werden, dass die Anliegen des Schutzes der biologischen Vielfalt in der Konkurrenz mit anderen gesellschaftlichen Belangen nicht ausgehebelt werden, bleibt noch zu erforschen.

WI-23: Gesellschaftlicher Wandel verändert komplexe Wirkungsgefüge. Dies kann zu unerwarteten und unerwünschten Effekten führen (z. B. politische Umorientierung, gesellschaftliche Destabilisierung, Wirtschaftskrisen). Auf welche Weise ein partieller Ausstieg (Exnovation) aus nicht nachhaltigen Pfaden einer Transformation erfolgen kann ohne weitreichende negative Konsequenzen für Umwelt und Gesellschaft, ist unge-



Abbildung 71: 7. Plenarsitzung des IPBES, Paris 2019. Forschung zum transformativen Wandel benötigt einen Austausch von verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen mit der Politik. (Foto: IPBES).— H4.1

klärt. Eine Kausalanalyse (quantitative Aufklärung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen) bietet sich auch für sozioökonomische und Verhaltensdaten an (vgl. Fb-5).

H4.2 Forschungsbedarf zum Wirkungsgefüge indirekte Treiber, transformativer Wandel und biologische Vielfalt

Fb-21: Es braucht eine neue Form der Forschung auf Plattformen, in denen sowohl die biologische Vielfalt als auch die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und Rückkopplungen beobachtet werden können. Reallabore, in denen Natur- und Gesellschaftswissenschaftler:innen, Praktiker:innen und verschiedene gesellschaftliche Akteure einen transformativen Wandel erproben können (»Co-Design«, »Co-Produktion«), sind eines der wichtigsten Werkzeuge der transformativen Forschung. Damit das möglich ist, müssen in den Experimentierräumen temporäre Ausnahmeregelungen für Interventionen eröffnet werden, die andernfalls aus rechtlichen Gründen nicht möglich wären (»Sandboxing«, »Experimentierklausel«, siehe Reallabore-Gesetz). Erfolgreiche Programme hierzu gibt es derzeit noch nicht (WI-20, WI-21).

FB-22: Wichtig ist eine Begleitforschung zu Wandlungsprozessen. Sie identifiziert Synergien und Konflikte über Projekte/Prozesse hinweg und analysiert die Dynamik und Wirkung aktueller und neuer Programme (z. B. Gesetz zur Wiederherstellung der Natur, ANK), neuer Instrumente (z. B. Umweltökonomische Gesamtrechnung UGR in Unternehmen) und innovativer Finanzierungsmechanismen (neue Finanzprodukte z. B. Green Bonds, Dept-for-Biodiversity Swaps für verschuldete Länder,

biodiversitätsfreundliche Umwidmung umweltschädlicher Subventionen – siehe auch WBGU 2024, Böhring-Gaese & Bauer 2023). Sie versucht, allgemeine Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, und hat auch negative Fernwirkungen (sog. Telecoupling) auf die biologische Vielfalt in anderen Regionen der Erde im Blick (Wl-22, Wl-23).

Fb-23: Insbesondere im Bereich der transformativen Forschung braucht es den Aufbau von Forschungskapazitäten und methodische Innovation, der auch die Möglichkeiten der Digitalisierung nutzt (Fb-9).

Fb-24: Es fehlt an juristischer Forschung zum Potenzial neuer rechtlicher Regelungen, wie ein Menschenrecht auf gesunde Umwelt bzw. Eigenrechte der Natur.

Neben den juristischen Konsequenzen für Verfassungsrecht, Ordnungsrecht und Planungsrecht sind hier auch die wirtschaftlichen und sozialen Folgen einzubeziehen.

Fb-25: Forschung zu Möglichkeiten einer ergebnisorientierten Entlohnung von Biodiversitätsmaßnahmen ist notwendig. In Zukunft sollten zusätzliche Fördermittel an Landnutzer:innen ausgegeben werden, wenn sie nachweisen können, dass sich der Zustand der biologischen Vielfalt messbar verbessert hat. Dafür braucht es ein interdisziplinäres Forschungsprogramm, das praktikable Messmethoden und -technik, juristische Grundlagen und Faktoren für eine Akzeptanz untersucht (erste Ansätze siehe BiodiWert-Programm der FEdA-Initiative: CAP4GI, ECO₂SCAPE).

Sie finden die digitalen Anhänge zum *Faktencheck Artenvielfalt* unter dem Link www.oekom.de/zusatzmaterial-faktencheck oder scannen den nebenstehenden QR-Code.



Anhang

Abkürzungsverzeichnis

ANK	Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz
AUKM	Agrarumwelt- und -klimamaßnahmen
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BWI	Bundeswaldinventur
CBD	Convention on Biological Diversity
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
eDNA	environmental DNA/Umwelt-DNA
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
ENS	Effective Number of Species/Effektive Artenzahl
EU	Europäische Union
FEdA	Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt
FAIR	Findable, Accessible, Interoperable, Reusable/Auffindbar, Zugänglich, Interoperabel, Wiederverwendbar
FFH-RL	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
FSC	Forest Stewardship Council
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
HELCOM	Helsinki-Übereinkommen
HNV-Farmland	High Nature Value Farmland
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
KI	Künstliche Intelligenz
MhB	Monitoring häufiger Brutvögel
MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
MSY	Maximum Sustainable Yield/Maximal nachhaltiger Ertrag
NaBioWald	Nationales Biodiversitätsmonitoring im Wald
NaK	Natur als Kultur
NBS	Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt
NbL	Naturbasierte Lösungen
NFF	Nature Futures Framework
NfG	Natur für Gesellschaft
NfN	Natur für Natur
NGO	Non-Governmental Organization/Nichtregierungsorganisation
ÖSL	Ökosystemleistungen
OSPAR	Oslo-Paris-Übereinkommen
PCD	Policy Coherence for Development
UBA	Umweltbundesamt
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WVC	Weighted Vote Count/Gewichtete Stimmzählung

Definitionen

Biodiversität/ Artenvielfalt: Das Assessment heißt *Faktencheck Artenvielfalt*, deckt aber alle Facetten der biologischen Vielfalt ab (inklusive Artenvielfalt, funktionelle Vielfalt, genetische Vielfalt und Ökosystemvielfalt). Wir verwenden die Begriffe »Biologische Vielfalt« und »Biodiversität« synonym, Letzteren aufgrund seiner Kürze in zusammengesetzten Wörtern (z. B. »Biodiversitätsmonitoring«).

Direkte Treiber: Einflüsse, die von Menschen verursacht werden und direkte Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben, wie beispielsweise Umweltverschmutzung. Im Rahmen des *Faktencheck Artenvielfalt* wurden sie in die Kategorien Veränderung der Struktur der Landschaft, veränderte Land-/Meeresnutzung und direkte Ressourcenentnahme, Verschmutzung, Klimawandel und invasive Arten eingeteilt. → Kapitel 2.3

Disservices: Als Disservice werden Ökosystemleistungen oder -funktionen verstanden, die einen negativen Einfluss auf das Wohlbefinden der Menschen ausüben, wie beispielsweise durch Gräserpollen ausgelöste Allergien. Negative Auswirkungen entstehen häufig, wenn die Häufigkeit des Vorkommens einer Art einen bestimmten Schwellenwert übersteigt (z. B. eine Algenblüte oder Schäden an Dämmen durch Grabaktivitäten von Bisamen) und dies zu unerwünschten Nebeneffekten führt. → Kapitel 2.4.1

Indirekte Treiber: Indirekte Treiber beeinflussen menschliche Entscheidungen, die sich mittelbar auf die Biodiversität (d. h. biologische Vielfalt) auswirken. Zu den indirekten Treibern zählen politisch-rechtliche (z. B. Naturschutzpolitik), wirtschaftlich-technologische (z. B. neue Technologien) sowie gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Entwicklungen (z. B. Werte). Häufig können die Verbindungen zwischen indirekten Treibern und ihren Auswirkungen auf die biologische Vielfalt nicht unmittelbar beobachtet werden. → Kapitel 2.4, 9

Instrumente: Instrumente stellen durch politische Rahmenbedingungen geschaffene Möglichkeiten zur Förderung und zum Schutz der biologischen Vielfalt dar. Eine Unterteilung der Instrumente erfolgt in die Kategorien ordnungsrechtliche Instrumente (z. B. Bundesnaturschutzgesetz), finanziell anreizbasierte Instrumente (z. B. Entlohnung für Anlage eines Blühstreifens) und informationelle Instrumente (z. B. Bildungsangebote). Rechtliche Instrumente umfassen neben Gesetzen auch

Richtlinien, politische Abkommen, Verbote und Gebote. Bei den finanziell-anreizbasierten Instrumenten wird zwischen ergebnisorientiert oder maßnahmenorientiert unterschieden. Vor allem ordnungsrechtliche Instrumente können auch als indirekte Treiber von Veränderungen der biologischen Vielfalt wirken. → Kapitel 2.5

Invasive Arten: In Anlehnung an IPBES (2023) sind invasive Arten Tiere, Pflanzen und andere Organismen, von denen bekannt ist, dass sie sich i. d. R. durch menschliche Aktivitäten – absichtlich oder unabsichtlich – in neuen Regionen etabliert haben (und somit auch gebietsfremd sind). Sie zeigen eine expansive Ausbreitung und haben deswegen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, lokale Ökosysteme und Arten sowie Ökosystemleistungen. In der Definition von IPBES (2023; https://www.de-ipbes.de/files/IPBES_IAS_SPM_Uebersetzung_Kernaussagen.pdf) sind diese Auswirkungen negativ. Im Rahmen des *Faktencheck Artenvielfalt* betrachten wir invasive Arten hingegen als Treiber, unabhängig von der Art der Auswirkungen, so wie das auch bei anderen Treibern der Fall ist (z. B. kann eine Landnutzungsänderung auch negative wie positive Auswirkungen haben). Im Globalen Assessment des IPBES (IPBES 2019) wurden invasive Arten als einer der fünf wichtigsten direkten Treiber des Wandels der Natur weltweit neben Land- und Meeresnutzungsänderungen, der direkten Ausbeutung von Organismen, dem Klimawandel und der Umweltverschmutzung betrachtet. Einige bekannte invasiven Arten sind der Waschbär, der Kalikokrebs und die Herkulesstaude. → Kapitel 2.3.6, 4.4.6

Lebensräume im Faktencheck Artenvielfalt: Als Lebensräume im *Faktencheck Artenvielfalt* werden die vorrangig im Rahmen der Analysen und Recherchen ausgewerteten Hauptlebensräume Deutschlands angesehen: a) Agrar- und Offenland inkl. Hochmoore, b) Binnengewässer und Auen inkl. Niedermoore, c) Wald mit subalpinen Wäldern, d) Küste und Küstengewässer, e) urbane Räume und f) Bodenbiodiversität. Die Lebensräume des *Faktencheck Artenvielfalt* sind angelehnt an die Lebensraumtypen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und entsprechen in etwa den Ökosystemklassifikationen nach DESTATIS (2021) sowie Grunewald et al. (2020) bzw. sind leicht in diese überführbar. → Kapitel 3–8

Maßnahme: Als Maßnahmen definieren wir im Rahmen des *Faktencheck Artenvielfalt* physische Eingriffe mit unmittelbarer Wirkung in der Fläche, mit dem Ziel die biologische Vielfalt zu fördern. Die Unterteilung erfolgt in die Kategorien Impulsmaßnahmen, Flächen-

schutzmaßnahmen und Managementmaßnahmen. Impulsmaßnahmen beschreiben einmalige Eingriffe oder Installationen, wie beispielsweise den Bau einer Fischtreppe. Flächenschutzmaßnahmen stellen bestimmte Landschaftsgebiete dauerhaft unter Schutz. Managementmaßnahmen zielen auf die Änderung der Nutzung und der Bewirtschaftungsweise (z. B. regelmäßige Beweidung mit Schafen) innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten ab. → Kapitel 2.5

Nature Futures Framework (NFF): Das Nature Futures Framework wird im Rahmen des *Faktencheck Artenvielfalt* verwendet, um die Grundmotivationen für den Schutz der Biodiversität darzulegen. Es unterscheidet die drei Hauptbegründungen »Natur für Natur« (NfN), »Natur als Kultur« (NaK) und »Natur für Gesellschaft« (NfG). NfN bedeutet einen Schutz der Natur um ihrer selbst willen. NaK beschreibt den Willen, die Natur und die biologische Vielfalt in ihr zu schützen, um diese als Ort für kulturelle Identität, Ort der Erholung und der Bildung zu erhalten. NfG stellt den Nutzen der Natur für die Menschen in den Vordergrund und spielt beispielsweise bei der effizienten und nachhaltigen Nutzung von Ökosystemleistungen eine große Rolle. → Kapitel 10 & 11

Ökosystemleistungen (ÖSL): Als Ökosystemleistungen werden für den Menschen nutzbare Leistungen der Natur bezeichnet, wie die Bereitstellung von Meerestieren als Nahrungsmittel oder die Kühlungseffekte durch den Schattenwurf und die Verdunstung von Bäumen. Nicht alle diese Leistungen sind von der biologischen Vielfalt abhängig, jedoch werden im Rahmen des *Faktencheck Artenvielfalt* nur ÖSL mit einem Bezug zur biologischen Vielfalt betrachtet. Die Einteilung erfolgt nach der CICES-Klassifikation in die Kategorien versorgende Leistungen (z. B. Produktion von Nahrungsmitteln), Regulierung und Erhaltung (z. B. Schutz vor Erosion, Lärm) und kulturelle Leistungen (z. B. Erholung, Bildung). → Kapitel 2.2

Status & Trends: Status & Trends zeigen den aktuellen Zustand und die Entwicklung der Lebensräume des *Faktencheck Artenvielfalt* und der dort vorkommenden Organismengruppen auf und analysieren Wissenslücken und Defizite in Bezug auf diese Organismengruppen und/oder Biodiversitätsfacetten. Dafür wird als räumlicher und zeitlicher Rahmen überwiegend Deutschland in den letzten 30 Jahren genutzt. → Kapitel 2.1

Transformationspotenziale: Transformationspotenziale sind Handlungsoptionen unterschiedlicher Akteursgruppen (zivilgesellschaftliche Organisationen,

Bildungseinrichtungen, Wissenschaft, Unternehmen, Akteure in Politik und Verwaltung, aber auch jede:r Einzelne), die den transformativen Wandel für den Schutz und die Wiederherstellung der biologischen Vielfalt unterstützen. Dieser Wandel umfasst eine fundamentale, systemweite Reorganisation, welche bestehende Systeme, Praktiken und Institutionen infrage stellt, verändert und/oder ersetzt. Der Wandel ist weder planbar noch vorhersehbar und kann zumeist nur *ex post* festgestellt werden. → Kapitel 2.7 & 10

Methoden

Im Folgenden werden die Methode der Literaturrecherche beschrieben sowie unterschiedliche Analyseansätze präsentiert, die genutzt wurden, um Organismengruppen übergreifende Trends in der Biodiversität zu identifizieren sowie lebensraumübergreifend die Ökosystemleistungen und direkten Treiber eingehend zu untersuchen.

Literaturrecherche

Für den *Faktencheck Artenvielfalt* wurde über die verschiedenen Lebensräume eine vergleichende Literaturanalyse durchgeführt. Es wurde dabei englischsprachige und deutschsprachige Literatur berücksichtigt. Englischsprachige Literatur wurde gemäß den Empfehlungen für systematische wissenschaftliche Untersuchungen in der Ökologie (Foo et al. 2021; Gusenbauer & Haddaway 2020) im Web of Science und in Scopus gesucht. Um gezielt auf die Biodiversität abzielen, wurden passende Schlagwörter im Bereich der Biodiversität, des Lebensraumtyps und der Region definiert. Diese Wörter wurden mit den jeweiligen Themen (Trends, Treiber, Maßnahmen und Konsequenzen) in der Suche ergänzt (Details finden sich im Anhang A1.1). Nach jeder Suche wurde zunächst ein Screening durchgeführt, bei dem auf der Grundlage von Titel, Zusammenfassung und Schlüsselwörtern irrelevante Dokumente reduziert und von der weiteren Recherche ausgeschlossen wurden. Zusätzlich wurden die vollständigen Jahresindizes einer Liste von relevanten deutschsprachigen Zeitschriften anhand der Überschriften nach potenziell relevanten Artikeln durchsucht (siehe Anhang A1.1). Forschungsberichte wurden u. a. über die Webseiten von UBA, BfN, des Thünen-Instituts sowie über die Webseiten der Landesumweltämter und weiterer länderspezifischer Behörden identifiziert. Zudem wurden Recherchen über Google und Google Scholar durchgeführt, um relevante Publikationen aus dem deutschsprachigen Raum zu identifizieren. Die Bibliografien von relevanten Einträgen wurden exportiert und in die Literatur-

software Zotero importiert. Relevante Einträge wurden der Autorenschaft zur Verfügung gestellt, vollständig gelesen und die Informationen extrahiert (siehe Anhang A1.1 und Literaturdatenbank). Weitere Quellen bestanden z.B. in ausgewählten akademischen Abschlussarbeiten (Bachelor-/Masterarbeiten und Dissertationen). Weitere relevante Artikel wurden während des Schreibprozesses durch die Autorenschaft ergänzt.

Literatur- und Datenanalysen von Biodiversitätstrends (Weighted-Vote-Count-Analyse)

Biologische Vielfalt umfasst verschiedene Ebenen von den Beständen (Populationsgrößen) und genetischer Vielfalt einzelner Arten über die Vielfalt der Arten und ihrer Wechselwirkungen in Lebensgemeinschaften bis hin zur Vielfalt und Ausdehnung von Lebensräumen. Daher kann es keine einzelne Herangehensweise an die Analyse des Status und der Trends der biologischen Vielfalt in Deutschland geben. Der *Faktencheck Artenvielfalt* stellt sich dieser Herausforderung, indem er sowohl den Verlust von allen Facetten biologischer Vielfalt als auch die Entwicklung innerhalb von Lebensräumen analysiert. Der Verlust von Natur (und dessen Umkehrung durch Restaurierung) wird vor allem die Ausdehnung von Lebensräumen und Populationsbeständen verändern. Informationen zu Populationsbeständen stehen durch die entsprechenden Roten Listen zur Verfügung. Innerhalb von Habitaten erlaubt die wiederholte Beobachtung (Monitoring) eine Beschreibung der biologischen Vielfalt der Lebensgemeinschaft, wofür der *Faktencheck Artenvielfalt* die zeitliche Analyse von Trends in einem Weighted Vote Count zusammenfasst. Die verschiedenen Herangehensweisen können unterschiedliche Ergebnisse zeigen, da Monitoring oft abbricht, wenn ein Lebensraum stark verändert wird und daher den Verlust von Natur nicht einbezieht.

Zur Auswertung der zeitlichen Biodiversitätstrends wurde die Methode des Weighted Vote Count (gewichtete Stimmenzählung) genutzt, bei der der Trend (Vote) jeder einzelnen Studie oder jedes Datensatzes nach der Anzahl der Beobachtungsjahre dieser Studie gewichtet wird. Dadurch erhalten Studien mit einer größeren Anzahl an Beobachtungsjahren ein stärkeres Gewicht. Die zeitlichen Trends werden dann den Kategorien positiv, negativ, neutral, negativ zu positiv (Zunahme nach vorheriger Abnahme) und positiv zu negativ (Abnahme nach vorheriger Zunahme) zugeordnet. Wir kategorisieren Biodiversitätsmaße in drei Gruppen: Die Artenzahl repräsentiert die Anzahl verschiedener Taxa, unabhängig von Dominanz oder Seltenheit. Trenddaten aus Literaturanalysen werden übernommen, während für

rohdatenbasierte Analysen der zeitliche Trend der log-transformierten Artenzahl berechnet wird. Diversitätsmaße berücksichtigen die relative Artenabundanz in Lebensgemeinschaften, wobei für die vorliegenden Daten die Effektive Artenzahl (ENS) als Maß verwendet wird. ENS ist weniger als die absolute Abundanz von Unterschieden in Probenahme, Artenpoolgröße und räumlicher Aggregation beeinflusst. Dominanzbezogene Diversitätsmaße werden unter ENS zusammengefasst. Unabhängig von Artenzahl und Diversität können sich auch Individuenzahl und Biomasse verändern. Gesamtbiomasse und Abundanz (pro Flächenmaß oder Volumen) werden hier gemeinsam als Abundanz präsentiert. Trotz unterschiedlicher Maße zwischen Zeitreihen sind sie innerhalb derselben konsistent. In Abb. 25 sind neben den Trends der Roten Liste für die verschiedenen Organismengruppen die Ergebnisse des Weighted-Vote-Count-Analysen zu Biodiversitätstrends der Abundanz dargestellt. Die Ergebnisse zu Artenzahl und Effektiver Artenzahl finden sich in den jeweiligen Lebensraumkapiteln. Bei der Bewertung der Ergebnisse des WVC ist zu beachten, dass die Grunderwartung bei einer neutralen Entwicklung der Biodiversität nicht ein neutraler Trend, sondern ein transienter Anstieg der Biodiversität ist. Die Hintergründe und Simulationen finden sich publiziert in Kuczynski, Ontiveros & Hillebrand (2023). Zusammengefasst erfasst das Monitoring die Einwanderung und das lokale Aussterben von Arten, wobei in einer neutralen Situation die gesamte Zahl an Einwanderungen und Aussterbeereignissen gleich ist. Allerdings finden die beiden Prozesse nicht zeitgleich statt, da Aussterben ein langwieriger Prozess ist, der zudem oft erst durch die Einwanderung neuer Arten ausgelöst wird. Diese zeitliche Verzögerung des Artverlustes ist als »Extinction Debt« bekannt (Tilman et al. 1994). Im Kontext von Zeitreihenanalysen bedeutet es jedoch, dass Einwanderungen oft vor den Aussterbeereignissen auftreten und die Biodiversität in einer, wie oben erklärten, transienten Phase zunächst ansteigt, da die relative Zahl an Einwanderungen die der Aussterbeereignisse so lange übersteigt, wie veränderte Umweltbedingungen weitere Einwanderungen erlauben. Kuczynski et al. (2023) zeigten durch Simulationen, dass diese transiente Phase mehrere Jahrzehnte andauern kann und damit länger als die mediane Dauer der im WVC analysierten Zeitreihen. Für die Bewertung der Ergebnisse des WVC ist es daher von zentraler Bedeutung, diese leichte Verzerrung hin zu positiven Trends zu berücksichtigen: Eine ausgeglichene Balance zwischen ansteigenden und abnehmenden Trends der Biodiversität ist kein Grund zur Entwarnung, da neutrale und negative Trends eine

negative Abweichung von der Erwartung eines positiven Trends sind.

Biodiversität und Ökosystemleistungen

Die in Abb. 32 dargestellten Ergebnisse basieren auf einer Literaturanalyse zu drei Gruppen von Ökosystemleistungen: (1) Kohlenstoffkreislauf und Biomasseproduktion, (2) Stabilität und Resilienz im Klimawandel, (3) kulturelle Leistungen. Hierzu wurde über alle Lebensräume hinweg mit relevanten Suchbegriffen eine Suche in Web of Science durchgeführt. Die Suchergebnisse wurden über mehrere Stufen auf Relevanz überprüft und aus relevanten Artikeln der Einfluss der untersuchten Biodiversitätsfacetten auf die untersuchten Ökosystemleistungen extrahiert. Hierbei wurde der Einfluss der Biodiversität, je nach Facette, als positiv, negativ, neutral oder nicht linear bzw. vorhanden oder nicht vorhanden eingestuft. Jeder dieser Zusammenhänge zählt als eine Stimme (Vote). Die Ergebnisse wurden durch relevante Studien aus der Literaturanalyse der Lebensraumkapitel ergänzt. Review-Studien sowie reine Modell- oder Simulationsstudien und Studien mit nicht linearen Ergebnissen wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Insgesamt basiert Abb. 32 auf 501 Votes aus 367 Studien. Dabei kommen die meisten Votes aus Studien zum Wald (43 %) und Agrar- und Offenland (31 %). Aus den anderen Lebensräumen kommen kleinere Anteile (8 % Binnengewässer und Auen, 8 % Küste und Küstengewässer und 7 % urbane Räume). Um zu testen, ob signifikant mehr positive bzw. vorhandene Zusammenhänge zwischen Biodiversitätsfacetten und Ökosystemleistungen in den Studien berichtet wurden als neutrale und negative bzw. nicht vorhandene, wurde ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Die vollständige Methode sowie alle Ergebnisse der Analyse sind in Anhang 2.3 nachzulesen.

Dominanzhierarchie der direkten Treiber

Die Analyse der Dominanzhierarchien der fünf Kategorien direkter Treiber des *Faktencheck Artenvielfalt* basiert auf der 2022 veröffentlichten Studie von Jauregui et al., die diese Analyse auf globaler Skala durchgeführt haben. Die Literatur, die Grundlage unserer Analyse war, entstammt jenen Studien des Weighted Vote Counts zu Trends die auch Treiber untersuchten, der systematischen Literatursuche der Lebensraumkapitel (inklusive des Kapitels Bodenbiodiversität) sowie ausgewählter deutschsprachiger Literatur. Studien wurden verwendet, wenn sie folgende Kriterien erfüllten: Sie verglichen die Auswirkungen (a) von mindestens zwei der direkten Treiberkategorien (b) auf ein Biodiversitätsmaß (c) auf

mindestens ordinaler Skala (qualitativer Vergleich, d. h. Treiber nach ihrem Einfluss gerankt) und (d) wurden nach 2000 veröffentlicht. Nach diesem Verfahren wurden 44 Studien als geeignet eingestuft.

Der Einfluss jedes Treibers wurde auf einer ordinalen Skala durch die Vergabe von Rängen bewertet (ganze Zahlen, beginnend mit 1 für den Treiber mit dem höchsten Einfluss). Da die Vergleiche überwiegend qualitativ und nicht quantitativ waren, haben wir die daraus resultierenden Rangfolgen in Dominanzhierarchien zusammengefasst. Dafür haben wir die Rangfolgen der Treiber aus jeder Bewertung in Scores umgewandelt, die zusammengefasst werden konnten, um eine Gesamtrangfolge zu erstellen, die nicht von Unterschieden im Forschungsinteresse des jeweiligen Treibers beeinflusst wurde. Dabei wurden paarweise Vergleiche durchgeführt, wobei jeweils der wichtigere Treiber mit 1 und der weniger wichtige Treiber mit 0 bewertet wurde; gleich gerankte Treiber erhielten jeweils 0,5 Punkte. Diese Bewertung ist lediglich eine andere Darstellung der ursprünglichen Rangfolge und enthält genau die gleichen Informationen.

Um die Hierarchie der Treiber abzuleiten, haben wir zunächst die Scores der paarweisen Vergleiche summiert. Aus den resultierenden Matrizen haben wir die Dominanz jedes Treibers als seinen »normalisierten David's Score« berechnet (de Vries, Stevens & Vervaecke 2006). Ein in diesem Kontext vorteilhaftes Merkmal dieser Methode ist, dass ein Treiber trotz tendenzieller »Verluste« in einzelnen direkten Vergleichen trotzdem eine höhere Dominanz haben kann, wenn er gegenüber den anderen Treibern dominanter ist (de Vries 1998). Die minimal mögliche Dominanzpunktzahl beträgt 0 (für einen Treiber, der in jeder Studie weniger Auswirkungen hat als jeder andere Treiber), und die maximale Punktzahl bei N Treibern beträgt $N - 1$ (für einen Treiber, der in jeder Studie an erster Stelle steht). Konfidenzintervalle für Dominanzpunktzahlen wurden durch Bootstrapping bestimmt (10.000 Replikate). Diese Bootstraps wurden auch verwendet, um die Signifikanz von Dominanzunterschieden zwischen den Treibern zu testen. Außerdem wurde die Steilheit der Treiberhierarchien durch Regression der normalisierten David's Scores der Treiber gegen ihre Ränge berechnet. Diese kann zwischen 0 und 1 liegen (de Vries, Stevens & Vervaecke 2006). Über einen einseitigen Omnibus-test wurde getestet, ob alle Treiber gleich starken Einfluss haben, und dafür die berechnete Steilheit mit der Verteilung der Steilheitswerte aus 10.000 Permutationen verglichen. Jede Permutation hat die Struktur der Originaldaten beibehalten, und nur die Rangfolgen der untersuchten Treiber wurden variiert.

Literaturverzeichnis

- Bernhardt-Römermann M., Baeten L., Craven D., Frenne P. De, Hédli R., Lenoir J., Bert D., Brunet J., Chudomelová M., Decocq G., Dierschke H., Dirnböck T., Dörfler I., Heinken T., Hermy M., Hommel P., Jaroszewicz B., Keczyński A., Kelly D. L., Kirby K. J., Kopecký M., Macek M., Máliš F., Mirtl M., Mitchell F. J. G., Naaf T., Newman M., Peterken G., Petřík P., Schmidt W., Standovár T., Tóth Z., Calster H. V., Verstraeten G., Vladovič J., Vild O., Wulf M. & Verheyen K. (2015). Drivers of temporal changes in temperate forest plant diversity vary across spatial scales. *Global Change Biology* 21: 3726–3737
- Boehning-Gaese K., Bauer F. (2023) Vom Verschwinden der Arten. Der Kampf um die Zukunft der Menschheit. Klett-Cotta, Stuttgart. 256 S.
- Bowler D. E., Eichenberg D., Conze K., Suhling F., Baumann K., Benken T., Bönsel A., Bittner T., Drews A., Günther A., Isaac N. J. B., Petzold F., Seyring M., Spengler T., Trockur B., Willigalla C., Bruelheide H., Jansen F. & Bonn A. (2021). Winners and losers over 35 years of dragonfly and damselfly distributional change in Germany. *Diversity and Distributions* 27: 1353–1366
- Bruelheide H., Jansen F., Jandt U., Bernhardt-Römermann M., Bonn A., Bowler D., Dengler J., Eichenberg D., Grescho V., Harter D., Jugelt M., Kellner S., Ludwig M., Wesche K. & Lütt S. (2020). Using incomplete floristic monitoring data from habitat mapping programmes to detect species trends. *Diversity and Distributions*, 26(7), 782–794
- Destatis – Statistisches Bundesamt. Ökosystematlas. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Service/Statistik-Visualisiert/Oekosystematlas/_inhalt.html (aufgerufen am 29.08.2023)
- de Vries H. (1998): Finding a dominance order most consistent with a linear hierarchy: a new procedure and review. *Animal Behaviour* 55 (4): 827–843. DOI: 10.1006/anbe.1997.0708
- de Vries H., Stevens J. M. G. & Vervaecke H. (2006): Measuring and testing the steepness of dominance hierarchies. *Animal Behaviour* 71 (3): 585–592. DOI: 10.1016/j.anbehav.2005.05.015
- Diekmann M., Andres C., Becker T., Bennie J., Blüml V., Bullock J. M., Culmsee H., Fanigliulo M., Hahn A., Heinken T., Leuschner C., Luka S., Meißner J., Müller J., Newton A., Pepler-Lisbach C., Rosenthal G., van den Berg L. J. L., Vergeer P. & Wesche K. (2019). Patterns of long-term vegetation change vary between different types of semi-natural grasslands in Western and Central Europe. *Journal of Vegetation Science* 30: 187–202
- Eichenberg D., Bowler D. E., Bonn A., Bruelheide H., Grescho V., Harter D., Jandt U., May R., Winter M. & Jansen F. (2021). Widespread decline in Central European plant diversity across six decades. *Global Change Biology* 27: 1097–1110
- Foo Y. Z., O’Dea R. E., Koricheva J., Nakagawa S. & Lagisz M. (2021): A practical guide to question formation, systematic searching and study screening for literature reviews in ecology and evolution. *Methods in Ecology and Evolution* 12 (9): 1705–1720. DOI: 10.1111/2041-210X.13654
- Gonzalez A., Chase J. M. & O’Connor M. I. (2023): A Framework for the Detection and Attribution of Biodiversity Change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 378 (1881): 20220182. DOI: 10.1098/rstb.2022.0182
- Grunewald K., Schweppe-Kraft B., Syrbe R.-U., Meier S., Krüger T., Schorcht M. & Walz U. (2020): Hierarchical classification system of Germany’s ecosystems as basis for an ecosystem accounting – methods and first results. *One Ecosystem* 5: e50648. DOI: 10.3897/oneeco.5.e50648
- Gusenbauer M. & Haddaway N. R. (2020): Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources. *Research Synthesis Methods* 11 (2): 181–217. DOI: 10.1002/jrsm.1378
- Haase P., Bowler D. E., Baker N. J., Bonada N., Domisch S., Garcia Marquez J. R., Heino J., Hering D., Jähnig S. C., Schmidt-Kloiber A., Stubbington R., Altermatt F., Álvarez-Cabria M., Amatulli G., Angeler D. G., Archambaud-Suard G., Jorrín I. A., Aspin T., Azpiroz I., Bañares I., Ortiz J. B., Bodin C. L., Bonacina L., Bottarin R., Cañedo-Argüelles M., Csabai Z., Datry T., De Eyto E., Dohet A., Dörflinger G., Drohan E., Eikland K. A., England J., Eriksen T. E., Evtimova V., Feio M. J., Ferréol M., Floury M., Forcellini M., Forio M. A. E., Fornaroli R., Friberg N., Frugot J.-F., Georgieva G., Goethals P., Graça M. A. S., Graf W., House A., Huttunen K.-L., Jensen T. C., Johnson R. K., Jones J. I., Kiesel J., Kuglerová L., Larrañaga A., Leitner P., L’Hoste L., Lizée M.-H., Lorenz A. W., Maire A., Arnaiz J. A. M., McKie B. G., Millán A., Monteith D., Muotka T., Murphy J. F., Ozolins D., Paavola R., Paril P., Peñas F. J., Pilotto F., Polášek M., Rasmussen J. J., Rubio M., Sánchez-Fernández D., Sandin L., Schäfer R. B., Scotti A., Shen L. Q., Skuja A., Stoll S., Straka M., Timm H., Tyufekchieva V. G., Tziortzis I., Uzunov Y., Van Der Lee G. H., Vannevel R., Varadinova E., Várbíró G., Velle G., Verdonshot P. F. M., Verdonshot R. C. M., Vidinova Y., Wiberg-Larsen P., & Welti E. A. R. (2023). The recovery of European freshwater biodiversity has come to a halt. *Nature* 620: 582–588
- Habel J. C., Schmitt T., Gros P., & Ulrich W. (2022). Break-points in butterfly decline in Central Europe over the last century. *Science of The Total Environment*, 851, 158315
- Hallmann C. A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hoffland N., Schwan H., Stenmans W., Müller A., Sumser H., Hörren T., Goulson D. & De Kroon H. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12: e0185809
- Huwer A. & Wittig R. (2012). Changes in the species composition of hedgerows in the Westphalian Basin over a thirty-five-year period. *Tuexenia* 32: 31–53
- Immoor A., Zacharias D., Müller J., & Diekmann M. (2017). A re-visitation study (1948–2015) of wet grassland vegetation in the Stedinger Land near Bremen, North-western Germany. *Tuexenia* 37: 271–288

- IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform On Biodiversity And Ecosystem Services (2019): Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Zenodo. Bonn, Germany
- IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform On Biodiversity And Ecosystem Services (2023): IPBES Invasive Alien Species Assessment: Summary for Policymakers. IPBES secretariat. Bonn, Germany
- Jandt U., Bruelheide H., Jansen F., Bonn A., Grescho V., Klenke R. A., Sabatini F. M., Bernhardt-Römermann M., Blüml V., Dengler J., Diekmann M., Doerfler I., Döring U., Dullinger S., Haider S., Heinken T., Horchler P., Kuhn G., Lindner M., Metze K., Müller N., Naaf T., Peppler-Lisbach C., Poschlo P., Roscher C., Rosenthal G., Rumpf S. B., Schmidt W., Schrautzer J., Schwabe A., Schwartz P., Sperle T., Stanik N., Storm C., Voigt W., Wegener U., Wesche K., Wittig B. & M. Wulf M. (2022b). More losses than gains during one century of plant biodiversity change in Germany. *Nature*: 1–7
- Jaureguiberry P., Titeux N., Wiemers M., Bowler D. E., Coscieme L., Golden A. S., Guerra C. A., Jacob U., Takahashi Y., Settele J., Díaz S., Molnár Z. & Purvis A. (2022): The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances* 8 (45): eabm9982. DOI: 10.1126/sciadv.abm9982
- Kreyling J., Tanneberger F., Jansen F., van der Linden S., Aggenbach C., Blüml V., Couwenberg J., Emsens W.-J., Joosten H., Klimkowska A., Kotowski W., Kozub L., Lennartz B., Licznar Y., Liu H., Michaelis D., Oehmke C., Parake-nings K., Pleyl E., Poyda A., Raabe S., Röhl M., Rücker K., Schneider A., Schrautzer J., Schröder C., Schug F., Seeber E., Thiel F., Thiele S., Tiemeyer B., Timmermann T., Urich T., van Diggelen R., Vegelin K., Verbruggen E., Wilmking M., Wrage-Mönnig N., Wolejko, L., Zak D. & Jurasinski G. (2021): Rewetting does not return drained fen peatlands to their old selves. *Nature communications*, 12(1): 5693. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25619-y>
- Kuczynski L., Ontiveros V. J. & Hillebrand H. (2023): Biodiversity time series are biased towards increasing species richness in changing environments. *Nature Ecology & Evolution* 7 (7): 994–1001. DOI: 10.1038/s41559-023-02078-w
- Kutzelnigg, H. (1984). Veränderungen der Ackerwildkraut-flora im Gebiet um Moers/Niederrhein seit 1950 und ihre Ursachen. *Tuexenia. Mitteilungen der Floristisch-Soziolo-gischen Arbeitsgemeinschaft*, 4, 81–102
- Laussmann T., Dahl A., and Radtke A. (2021). Lost and found: 160 years of Lepidoptera observations in Wuppertal (Ger-many). *Journal of Insect Conservation* 25: 273–285
- Leung B. & Gonzalez A. (2024): Global monitoring for bio-diversity: Uncertainty, risk, and power analyses to support trend change detection. *Science Advances* 10 (7): ead1448. DOI: 10.1126/sciadv.ad1448
- Lüttgert L., Heisterkamp S., Jansen F., Klenke R., Kreft K.-A., Seidler G. & Bruelheide H. (2022). Repeated habitat map-ping data reveal gains and losses of plant species. *Eco-sphere* 13: e4244
- Matesanz S., Brooker R. W., Valladares F., & Klotz S. (2009). Temporal dynamics of marginal steppic vegetation over a 26-year period of substantial environmental change. *Journal of Vegetation Science* 20: 299–310
- Meyer S., Wesche K., Krause B., & Leuschner C. (2013c). Ver-änderungen in der Segetalflora in den letzten Jahrzehnten und mögliche Konsequenzen für Agrarvögel. *Julius-Kühn-Archiv*: 64–64
- Mitesser O., Rothacher J., Freund C., Wild C., Wolz M. & Menzel A. (2023). Weather explains the decline and rise of insect biomass over 34 years. *Nature*: 1–6
- Neumann C., Duboscq J., Dubuc C., Ginting A., Irwan A. M., Agil M., Widdig A. & Engelhardt A. (2011): Assessing do-minance hierarchies: validation and advantages of progres-sive evaluation with Elo-rating. *Animal Behaviour* 82 (4): 911–921. DOI: 10.1016/j.anbehav.2011.07.016
- Peppler-Lisbach C., Stanik N., Könitz N., & Rosenthal G. (2020). Long-term vegetation changes in *Nardus* grass-lands indicate eutrophication, recovery from acidification, and management change as the main drivers. *Applied Ve-getation Science* 23: 508–521
- Poptcheva K., Schwartz P., Vogel A., Kleinebecker T., & Hölzel N. (2009). Changes in wet meadow vegetation af-ter 20 years of different management in a field experiment (North-West Germany). *Agriculture, Ecosystems & Envi-ronment* 134: 108–114
- Poschlo P., Kos M., Roauer S., Seemann A., Wiesmann O., Zeltner G. H. & Kohler A. (2010). Long-term monitoring in rivers of South Germany since the 1970s—macrophytes as indicators for the assessment of water quality and its im-plications for the conservation of rivers. *Long-Term Ecolo-gical Research: Between Theory and Application*, 189–199
- Reinecke J., Klemm G. & Heinken T. (2014). Vegetation change and homogenization of species composition in temperate nutrient deficient Scots pine forests after 45 yr. *J Vegetation Science* 25, 113–121. <https://doi.org/10.1111/jvs.12069>
- Rigal S., Dakos V., Alonso H., Aunış A., Benkő Z., Brotons L., Chodkiewicz T., Chylarecki P., De Carli E., Del Moral J. C., Domşa C., Escandell V., Fontaine B., Foppen R., Gre-gory R., Harris S., Herrando S., Husby M., Ieronymidou C., Jiguet F., Kennedy, J., Klvaňová A., Kmecl P., Kuczyński L., Kurlavičius P., Kálás J. A., Lehtikoinen A., Lindström Å., Lorrillièr R., Moshøj C., Nellis R., Noble D., Eskildsen D. P., Paquet J.-Y., Péliissié M., Pladevall C., Portolou D., Reif J., Schmid H., Seaman B., Szabo Z. D., Szép T., Floren-zano G. T., Teufelbauer N., Trautmann S., Van Turnhout C., Vermouzek Z., Vikstrøm T., Voříšek P., Weiserbs A. & Devictor V. (2023). Farmland practices are driving bird population decline across Europe. *Proceedings of 9551 the National Academy of Sciences* 120: e2216573120
- Rishworth, G. M. et al. (2020). Cross-continental analysis of coastal biodiversity change. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 375, 20190452
- Rumpf S. B., Hülber K., Klonner G., Moser D., Schütz M., Wessely J., Willner W., Zimmermann N. E. & Dullinger S. (2018). Range dynamics of mountain plants decrease with elevation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: 201713936
- Seibold S., Gossner M. M., Simons N. K., Blüthgen N., Mül-ler J., Ambarlı D., Ammer C., Bauhus J., Fischer M., Habel J. C., Linsenmair K. E., Nauss T., Penone C., Prati D., Schall

- P., Schulze E.-D., Vogt J., Wöllauer S., & Weisser W. W. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574: 671–674
- Sinclair J. S., Welts E. A. R., Altermatt F., Aroviita J., Alvarez-Cabria M., Baker N. J., Barešová L., Barquín J., Bonacina L., Bonada N., Cañedo-Argüelles M., Csabai Z., de Eyto E., Dohet A., Dörflinger G., England J., Eriksen T. E., Evtimova V., Feio M. J., Ferréol M., Floury M., Eurie Forio M. A., Fornaroli R., Goethals P. L. M., Heino J., Hering D., Huttunen K.-L., Jähnig S. C., Johnson R. K., Kuglerová L., Kupilas B., L'Hoste L., Larrañaga A., Lorenz A. W., McKie B. G., Mutočka T., Osadčaja D., Paavola R., Palinauskas V., Pařil P., Pilotto F., Polášek M., Rasmussen J. J., Schäfer R. B., Schmidt-Kloiber A., Scotti A., Skuja A., Straka M., Stubbington R., Timm H., Tyufekchieva V., Tziortzis I., Vannevel R., Vár-bíró G., Velle G., Verdonshot R. C. M., Vray S. & Haase P. (2024) Multi-decadal improvements in the assessed quality of European stream invertebrate communities are inconsistently reflected in biodiversity metrics. *Nat. Ecol. Evol.* <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02305-4>
- Tilman D., May R. M., Lehman C. L. & Nowak M. A. (1994): Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371 (6492): 65–66. DOI: 10.1038/371065a0
- van Klink R., Bowler D. E., Gongalsky K. B. et al. (2023). Disproportionate declines of formerly abundant species underlie insect loss. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06861-4>
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2024): Biodiversität: Jetzt dringend handeln für Natur und Mensch. Politikpapier 13. Berlin: WBGU.
- Weiss F., von Wehrden H., & Linde A. (2024). Long-term drought triggers severe declines in carabid beetles in a temperate forest. *Ecography*, e07020
- Wittig B., Müller J. & Mahnke-Ritoff A. (2019). Talauen-Glattaferwiesen im Verdener Wesertal (Niedersachsen). *Tuexenia* 39: 249–265
- Yuan A. E. & Shou W. (2022): Data-driven causal analysis of observational biological time series. *eLife* 11: e72518. DOI: 10.7554/eLife.72518
- Zajicek P., Welts E. A. R., Baker N. J., Januschke K., Brauner O. & Haase P. (2021): No changes in ground beetle taxonomic and functional diversity, but in activity density in response to global change drivers across 40 sites in Germany over the last two decades. *Scientific Reports* 11: 17468

Über die Herausgeber:innen

Christian Wirth ist Pflanzenökologe und Biodiversitätsforscher an der Universität Leipzig und am Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Jena. Er ist Gründungsdirektor des Deutschen Zentrums für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig und leitet den Botanischen Garten in Leipzig. Er forscht zum Einfluss von Biodiversität auf Ökosystemfunktionen und zum Waldnaturschutz. Er berät die Bundesregierung als Pate im Forum #Zukunftsstrategie.

Helge Bruelheide ist Geobotaniker an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und Direktor des Botanischen Gartens in Halle. Er hat das Deutsche Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig als einer der Co-Direktoren mitbegründet und ist einer der Leiter des »sMon-Projekts«, das Biodiversitätstrends in Deutschland analysiert. Er forscht darüber hinaus über Biodiversitäts-Ökosystemfunktions-Beziehungen.

Nina Farwig ist Naturschutzökologin an der Philipps-Universität Marburg. In Forschung und Lehre verknüpft sie ökologische Grundlagenforschung mit anwendungsorientierten Naturschutzfragen. Dabei untersucht sie, inwiefern die biologische Vielfalt zur Stabilität von Ökosystemen beiträgt. Als Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik unterstützt sie die Bundesregierung bei der Gestaltung der Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung.

Jori Maylin Marx ist Ökosystemwissenschaftlerin an der Universität Leipzig und forscht zu den Auswirkungen von Klimawandel, Landnutzung und Biodiversitätsverlust auf Ökosysteme und die Rolle, die sie für den Menschen spielen. Durch ihren interdisziplinären Hintergrund legt sie einen besonderen Fokus auf die Verknüpfung von Wissenschaft mit Politik und Gesellschaft.

Josef Settele leitet am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) das Department »Naturschutzforschung« und ist Mitglied des Deutschen Zentrums für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig. Der promovierte Agrarwissenschaftler und passionierte Insektenforscher lehrt an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und ist im Weltbiodiversitätsrat IPBES und im »Sachverständigenrat für Umweltfragen« (SRU) aktiv.

Weitere Autoren im oekom verlag

Mario Enchelmaier

Sehnsucht Heimat

Auf der Suche nach neuen kulinarischen Wegen.

Mit Kochinspirationen vom Bodensee

Erscheinungstermin: 05.08.2024

144 Seiten, Broschur, vierfarbig mit Abbildungen

Preis: 22 €, ISBN 978-3-98726-106-0

Mario Enchelmaier erzählt von seinem Weg von der Sterneküche zum naturverbundenen, ganzheitlichen Kochen. Mit seinem alten Feuerherd reist er zu Lebensmittelproduzent*innen und kreiert schlichte Wohlfühlgerichte fürs Genießen in guter Gesellschaft.

Daniel Fuhrhop

Einfach anders wohnen

**Entrümpeln, Einrichten, Wohlfühlen: 66 praktische Ideen
für entspanntes Leben und Arbeiten zu Hause.**

Mit Tipps zu Wohnen auf wenig Platz & Homeoffice

Erscheinungstermin: 05.08.2024

144 Seiten, Klappenbroschur, vierfarbig mit Abbildungen

Preis: 16 €, ISBN 978-3-98726-101-5

Homeoffice-Chaos, Wohnung zu klein, Kinderbetreuung gesucht? Daniel Fuhrhops aktualisierte Neuauflage bietet praxisnahe Lösungen für mehr Raum und Wohlbefinden in Ihrem Zuhause – von der Entrümpelung über clevere Möbel bis zur Gründung einer Wohngenossenschaft.

Weitere Autoren im oekom verlag

Slow Food Deutschland e.V.

Slow Food Genussführer 2025/26

Die besten Restaurants und Gasthäuser in Deutschland

Erscheinungstermin: 02.09.2024

600 Seiten, gebunden

Preis: 38 €, ISBN 978-3-98726-097-1

Entdecken Sie mit dem neuen »Slow Food Genussführer« über 460 Gasthäuser und Restaurants, die für ehrliche, regionale Küche stehen. Echte Lebensmittel, handwerkliche Tradition und ein umweltbewusster Genuss warten auf Sie. Ein Muss für Feinschmecker!

Club of Rome (Hrsg.)

Earth for All Deutschland

Aufbruch in eine Zukunft für Alle

Erscheinungstermin: 14.10.2024

256 Seiten, Klappenbroschur, mit zahlreichen Abbildungen

Preis: 25 €, ISBN 978-3-98726-111-4

Der Club of Rome beleuchtet Deutschlands Pfade in die Zukunft: Machen wir weiter wie bisher, oder schaffen wir mutige Veränderungen? Die tiefgreifende Studie zeigt Wege auf, unsere Demokratie und unseren Wohlstand zu sichern – ein unverzichtbarer Denkanstoß.

Weitere Autoren im oekom verlag

Esther Gonstalla

Was wäre, wenn ...

Unsere Welt in verblüffenden Grafiken

Erscheinungstermin: 14.10.2024

112 Seiten, gebunden, mit Infografiken

Preis: 14 €, ISBN 978-3-98726-105-3

Ökostrom, Parkplatzsuche und der CO₂-Abdruck des Nachbardackels: Die preisgekrönte Infografikerin Esther Gonstalla präsentiert augenöffnende Fakten zu unserem Umgang mit der Natur und zerplückt mit viel Humor so manche vermeintliche Wahrheit in der Klimadebatte.

Mark Engler, Paul Engler

Dies ist ein Aufstand

Wie gewaltfreier Widerstand das 21. Jahrhundert prägt

Erscheinungstermin: 14.10.2024

400 Seiten, Broschur

Preis: 29 €, ISBN 978-3-98726-107-7

Bringt es etwas, für politische Veränderungen auf die Straße zu gehen? Mark und Paul Engler zeigen in ihrem Buch die beeindruckende Kraft hinter gewaltfreiem Widerstand – von Gandhi bis zur Letzten Generation. Ein inspirierender Leitfaden.

Weitere Autoren im oekom verlag

C. Kölling

Wälder in Bewegung

Eine Reise durch hundert Jahre Wald- und Klimazukunft

Erscheinungstermin: 02.05.2024

162 Seiten, Broschur

Preis: 22 €, ISBN 978-3-98726-104-6

Unsere Wälder sind dem Klimawandel kaum gewachsen. Um die Anpassungsprobleme zu beheben, müssen wir die Wälder mit Baumarten anreichern, die zum neuen Klima passen. Christian Kölling lädt ein auf eine Zeitreise zum Wald der Zukunft.

C. Kuhnitzsch

Horch mal, was da rauscht!

Flüsse, Bäche und ihre Geheimnisse

Erscheinungstermin: 02.07.2024

184 Seiten, Broschur

Preis: 24 €, ISBN 978-3-98726-088-9

Wasser ist die wichtigste Ressource unseres Planeten. Doch wie steht es um unsere Flüsse und Bäche? Das Buch präsentiert Fakten und Anregungen zur Welt unter und an der Wasseroberfläche. Eine Lektüre, nach der Sie ein Glas Leitungswasser mit ganz anderen Augen sehen werden.

»Entstanden ist ein beeindruckendes Referenz- und Nachschlagewerk, einzigartig in seiner räumlichen und inhaltlichen Detailtiefe, das wir dringend brauchen, um wirksame Maßnahmen zum Biodiversitätserhalt in Deutschland zu ergreifen.«

Volker Mosbrugger, Senckenberg Gesellschaft

Der Zustand der Natur verschlechtert sich weltweit – und damit auch ihre lebenswichtigen Beiträge für uns Menschen. So steht es im globalen Assessment des Weltbiodiversitätsrats IPBES. Gibt es eine Krise der biologischen Vielfalt auch bei uns in Deutschland? – Und wenn ja: Was sind die Gründe, und was können wir dagegen tun?

Diesen Fragen gehen 150 Autor:innen von 75 Institutionen und Verbänden im »Faktencheck Artenvielfalt« nach. Auch vor unserer Tür ist die biologische Vielfalt rückläufig. Wichtige Lebensräume schwinden, ehemals häufige Arten werden selten, viele Ökosysteme verarmen und sind einem rapiden Wandel unterworfen. Die Triebkräfte dahinter – ausgeräumte Landschaften, intensive Landnutzung, Einträge von Fremdstoffen, der Klimawandel – gehen von uns Menschen aus.

Aber es gibt auch gute Nachrichten: Als Hauptverursacher haben wir es selber in der Hand, diesen Trend umzukehren. Der »Faktencheck Artenvielfalt« zeigt ermutigende Beispiele auf und analysiert, was in der Praxis funktioniert und, wichtiger noch, unter welchen Bedingungen wir bereit sind, für die biologische Vielfalt aktiv zu werden. Eine gesellschaftliche Transformation hin zu einer Wirtschaftsweise mit und nicht gegen die biologische Vielfalt ist geboten – und möglich.

Diese Zusammenfassung (ISBN 978-3-98726-096-4) fasst die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Buch »Faktencheck Artenvielfalt« (ISBN 978-3-98726-095-7) für die gesellschaftliche Entscheidungsfindung in 38 Kernaussagen zusammen.

