

Empfehlungen zu einer BMBF-Leitinitiative
„Nationale Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt“
V. Mosbrugger und 22 Ko-AutorInnen (siehe Anhang),
September 2018

Zusammenfassung

Trotz vielfältiger Bemühungen und nationaler wie internationaler Vereinbarungen schreitet der Artenverlust auch in Deutschland unverändert voran, mit weitreichenden Folgen für Ökosystemleistungen und Lebensqualität („*human well-being*“). Die bisher ergriffenen Maßnahmen zum Schutz der biologischen Vielfalt reichen ganz offensichtlich nicht aus bzw. sind unwirksam, der Handlungsbedarf ist groß. Das interdisziplinär zusammengesetzte Autoren-Team aus 23 ExpertInnen schlägt daher vor, eine langfristig angelegte BMBF-Leitinitiative **„Nationale Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt“** mit folgenden zentralen Eckpunkten einzurichten:

- 1) Die Leitinitiative ist ganzheitlich und transdisziplinär konzipiert; sie fokussiert entsprechend auf „*sozial-ökologische Systeme*“, also auf Wechselwirkungen zwischen Ökosystemen und Sozialsystemen,
- 2) und damit auf Modell-Regionen und Handlungsräume, die die Diversität sozial-ökologischer Systeme in Deutschland berücksichtigt.
- 3) Für diese Modell-Regionen und Handlungsräume werden wissenschaftsbasiert konkrete Systemlösungen erarbeitet,
- 4) um in Zusammenarbeit mit Entscheidungsträgern Transformationsprozesse einzuleiten.
- 5) Bei der Erarbeitung der Systemlösungen wird die internationale Vernetzung und Perspektive berücksichtigt.
- 6) Als innovatives integratives Konzept greift die Leitinitiative bestehende Wissensquellen, Aktivitäten und Initiativen unterschiedlicher Akteure, von der Wissenschaft bis Citizen Science, auf und entwickelt bundesweit ein breites Programm der Kommunikation und des Capacity Buildings.

Mit den Empfehlungen zur Ausgestaltung der Leitinitiative soll ein konzertierter Ansatz verfolgt werden, bei dem Fachwissen unterschiedlicher Disziplinen eingebracht wird, Vorhaben aufeinander abgestimmt und Synergien genutzt werden.

1. Herausforderung und Zielsetzung

Der Rückgang der Artenvielfalt¹ in Deutschland ist ungebremsst. Dies steht im Widerspruch zu nationalen Gesetzen und internationalen Vereinbarungen (BMUB 2007; Fischer et al. 2018) und gefährdet die Erbringung lebenswichtiger Ökosystemleistungen. Dass die bisher in Deutschland (und Europa) ergriffenen Maßnahmen wenig Effekt zeigen, ist angesichts deren geringen Umfangs und der großen Wissenslücken hinsichtlich des Prozesses des Artenverlustes nicht verwunderlich. Die direkten Ursachen des Artenrückgangs, wie etwa Landnutzungsänderung, Klimawandel und Schadstoffe, sind für manche Artengruppen und

¹ Zur besseren Verständlichkeit des Textes werden hier die Begriffe „Artenvielfalt“, „Artenverlust“ im Sinne von „Biodiversität“ bzw. „Biodiversitätsverlust“ verstanden, d.h. die verschiedenen hierarchischen Ebenen der Biodiversität von den Genen bis zu den Ökosystemen sind jeweils mitgedacht.

Lebensräume zwar bekannt, für andere aber kaum verstanden. Die indirekten gesellschaftlichen Ursachen des Rückgangs und die Handlungsmöglichkeiten, die sich verschiedenen Entscheidungsträgern bieten, um Artenvielfalt und Ökosystemleistungen zu erhalten und dadurch zur nachhaltigen Entwicklung im Sinne der UN-SDGs beizutragen, sind nur für wenige Sektoren erkannt (Diaz et al. 2015).

Die wissenschaftliche Herausforderung ist es **erstens**, die enormen Wissenslücken zu füllen, die in allen oben erwähnten Bereichen bestehen. Es gilt, Fragen zur effizienten Artenerfassung zu beantworten, die gleichzeitig verschiedene Artengruppen sowie die möglichen Treibernetzwerke eines Artenrückganges (Landnutzungs-, Klima- und Umweltparameter) und verschiedene Arten von materiellen, regulierenden und nicht-materiellen Ökosystemleistungen erfasst und bestehende Monitoringanstrengungen verschiedener Akteure aufgreift, integriert und unterstützt. Hierbei sind Erfassungs- und Analysemethoden einzusetzen, die eine Quantifizierung der relativen Häufigkeit (und Biomasse), möglichst auch der genetischen Diversität von Arten, aber auch von verschiedenen trophischen Gruppen (Herbivore, Detritivore, Carnivore) erlauben.

Es gilt **zweitens**, den Effekt verschiedener intensiv und weniger intensiv genutzter Landschaftsmosaik sowie von Biodiversitätsschutzmaßnahmen auf die Artenvielfalt sowie die Produktion von tierischer Biomasse (Sekundärproduktion) in klimatisch und naturräumlich verschiedenen Regionen zu verstehen, von den Bergregionen Süddeutschlands bis hin zur Küste. Es stellt sich die Frage nach dem notwendigen Flächenanteil für Schutzgebiete (Guntern et al. 2013) sowie der Flächengröße und -anordnung verschiedener Habitat- und Landnutzungstypen innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten. Die Rolle und ideale Form von ex-situ Erhaltungsmassnahmen und Wiederansiedlungen verschiedener Artengruppen und deren Umsetzung bis hin zur kontrovers diskutierten *Assisted Migration* sind weitere offene Fragen.

In Deutschland fehlt **drittens** eine Übersicht über die von Schutzgebieten und unterschiedlich genutzten Gebieten tatsächlich erbrachten und potentiell möglichen Ökosystemleistungen. Für die meisten Habitattypen, Artengruppen und Typen von Ökosystemleistungen ist der Zusammenhang zwischen Landnutzung, Artenvielfalt und der Bereitstellung von Ökosystemleistungen nicht bekannt, nur für Wald und Grünland ist dies recht gut untersucht. Auch die Beziehung zwischen Gesundheit – Natur – Ernährung ist nicht ausreichend erforscht. Ähnliches gilt für die Frage, welche Faktoren (z.B. Wissen, Werte, Wahrnehmung, ökonomische Anreize) Mensch-Umwelt-Beziehungen verändern können. Gleichzeitig ist die Bedeutung und die unterschiedlichen Wertdimensionen der meisten Typen von Ökosystemleistungen für verschiedene Stakeholdergruppen mit wenigen Ausnahmen, darunter die Produktion von Lebensmitteln, Biomasse und Holz, kaum bekannt. Genauso sind die volkswirtschaftlichen Kosten, die durch den Rückgang von Artenvielfalt und Ökosystemfunktionen entstehen (auch als *costs of policy inaction* bezeichnet) nur annäherungsweise beziffert.

Trotz der vielfältigen interdependenten Einflüsse ökonomischer, demographischer, sozialer, kultureller, historischer und politischer Faktoren auf die direkten Treiber des Artenverlusts sind diese indirekten gesellschaftlichen Treiber des Artenverlusts größtenteils nicht erkannt. Dies erschwert es, tiefgreifende Maßnahmen zur Erhaltung der Arten zu definieren und umzusetzen. In der Umsetzung gilt es aber, die relevanten lokalen, regionalen und nationalen Entscheidungsträger zusammenzubringen und Handlungsmöglichkeiten quer

über alle Sektoren zu nutzen und zu koordinieren, um den Artenverlust wirksam zu stoppen und den Abwärtstrend umzukehren.

Die hier vorgeschlagene langfristig angelegte Leitinitiative dient angesichts der skizzierten beträchtlichen Wissenslücken einerseits dazu, die notwendige breite Wissensbasis zu legen, um dem Artenverlust zu begegnen, vor allem mit Schwerpunkt auf Ziel- und Handlungswissen, und soll andererseits mit Entscheidungsträgern beispielhafte Transformationsprozesse einleiten. Das für die Leitinitiative vorgeschlagene Forschungskonzept, die zentralen Forschungsthemen für spätere Projektausschreibungen und die drei Phasen des Aufbaus, der Forschung und Umsetzung und schliesslich der Synthese und des Transfers werden nachfolgend skizziert.

2. Entwurf eines Forschungskonzeptes für eine Leitinitiative „Nationale Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt“: Systemlösungen für Modell-Regionen und Handlungsräume

Ausgehend von den oben geschilderten Herausforderungen wird für die hier vorgeschlagene Leitinitiative „**Nationale Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt**“ ein Forschungskonzept empfohlen, das auf Systemlösungen für konkrete Modell-Regionen und Handlungsräume von der regionalen zur nationalen Ebene und deren Umsetzung zielt. Darüber hinaus können Erkenntnisse für die repräsentativen Modellregionen durch Verknüpfung mit nationalen Monitoring- oder Erhebungsdaten auch deutschlandweit extrapoliert werden. Entsprechend sollte diese Leitinitiative breit angelegt sein und:

- a. ein kohärentes und ursachenbezogenes Langzeit-Biodiversitätsmonitoring-Konzept entwickeln und umsetzen; dieses sollte (i) bestehende Anstrengungen aufgreifen und regional ergänzen, sich aber breiter abstützen als nur auf wenige Indikator-Arten, (ii) Komponenten der Diversität (genetisch, taxonomisch, funktionell) und Abundanz erfassen und hierbei auch bisher vernachlässigte Gruppen berücksichtigen, (iii) die unmittelbaren Verursacher von Veränderungen sowie wichtige Ökosystemleistungen berücksichtigen, und (iv) dafür die erforderlichen Methoden und Technologien entwickeln und bereitstellen,
- b. die umfangreichen Daten der Ämter, Verbände und Wissenschaftseinrichtungen zu Biodiversitätstrends und deren Ursachen - bezogen auf definierte Handlungsräume auf unterschiedlichen Skalen - systematisch aufarbeiten, im Rahmen einer breiten quantitativen Synthese analysieren,
- c. retrospektivische und neu erhobene Daten in Szenarienmodelle integrieren sowie den Erfolg und Misserfolg bestehender Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität und ihrer Leistungen analysieren und basierend darauf nachhaltig wirksame Systemlösungen (Governancestrukturen, Instrumente, sektorale Maßnahmen) für die Handlungsräume erarbeiten.

Um sowohl den Biodiversitätsverlust einschließlich seiner gesellschaftlichen Ursachen und seiner Konsequenzen für den Menschen zu erfassen und eine Trendwende einzuleiten, wird empfohlen, dass diese nationale Leitinitiative das gesamte sozial-ökologische System in den Blick nimmt und konsequent einen inter- und transdisziplinären Ansatz verfolgt (vgl. Abb. 1). Neben den einschlägig relevanten Natur-, Agrar-, Ingenieur-, Sozial- und Geisteswissenschaften sind zudem die gesellschaftlichen Akteure frühzeitig sowohl in die Forschung als auch in die Entscheidungsprozesse einzubinden (vgl. Beispiele in Bieling & Pliening 2017). Entsprechend sollte die Initiative auch von einer breit angelegten Kommunikations- und Bildungsoffensive begleitet sein.

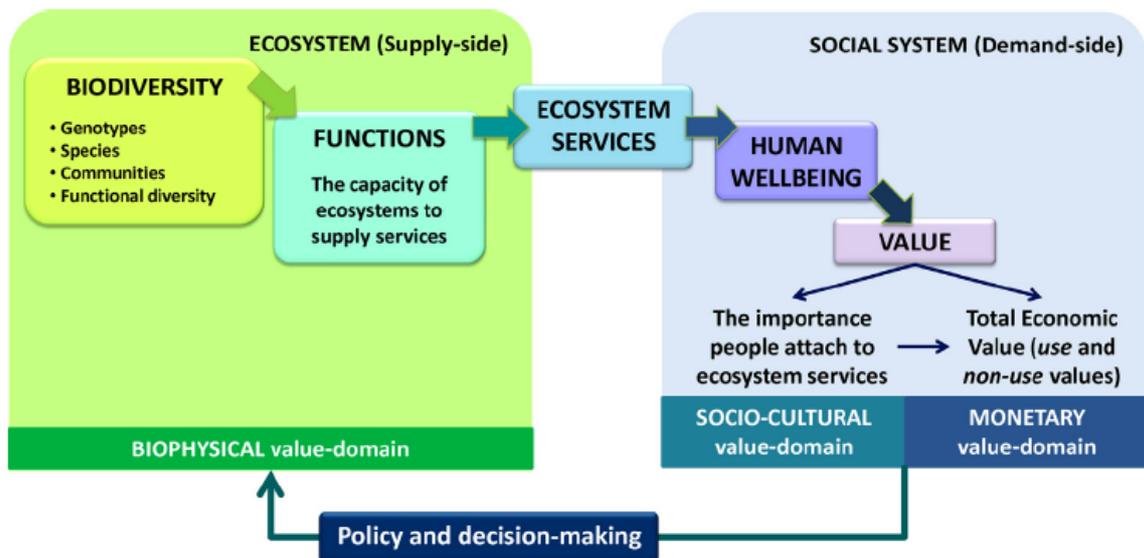


Abb. 1: Die hier vorgeschlagene Konzeption für eine Leitinitiative „**Nationale Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt**“ sieht vor, dass „sozial-ökologische Systeme“ mit ihren Wechselwirkungen zwischen Ökosystemen und Sozialsystemen und damit Modellregionen oder Handlungsräume im Zentrum stehen, für die Systemlösungen entwickelt werden.

(aus Martin-Lopez et al. 2014).

3. Zentrale Forschungsthemen

Basierend auf dem skizzierten Forschungskonzept werden nachfolgend die dafür zentralen Forschungsthemen und -fragen formuliert, die den thematischen Rahmen für Ausschreibungen darstellen sollen. Die Projektverbünde sollten sich dabei auf Modell-Regionen und Handlungsräume fokussieren (siehe Abschnitt 4) und alle für die Entwicklung von Systemlösungen und deren Umsetzung relevanten Forschungsthemen berücksichtigen. Im Kern geht es dabei um vier große Forschungsthemen, die nachfolgend näher beschrieben werden:

- Monitoring: Erfassung der Biodiversität, der Ökosystemleistungen sowie der möglichen Treiber des Biodiversitätsverlustes
- Analyse der ökologischen Komponente sozial-ökologischer Systeme
- Analyse der gesellschaftlichen Komponente sozial-ökologischer Systeme
- Integration, Entwicklung von Szenarien und Handlungsmöglichkeiten

Der Erfolg der Leitinitiative wird entscheidend davon abhängen, dass diese vier Forschungsthemen im Verbund gesehen und behandelt werden, so dass in der Tat konkrete Systemlösungen für sozial-ökologische Systeme entwickelt und in Zusammenarbeit mit Entscheidungsträgern umgesetzt werden können.

3.1 Monitoring: Erfassung der Biodiversität, der Ökosystemleistungen sowie der möglichen Treiber des Biodiversitätsverlustes

Die grundlegende Forschungsfrage ist die nach dem Vorkommen und der Häufigkeit von Arten (bzw. von biologischer Vielfalt) in Raum und Zeit. Dieses Monitoring bildet die Basis für alle weiterführenden Analysen, etwa nach Ausmaß, Ursachen und Folgen des Biodiversitätsverlustes (vgl. Abschnitte 3.2 – 3.5).

Es müssen jedoch auch die Treiber der Veränderungen von Biodiversität erfasst werden. Eine kausale Analyse der Triebkräfte muss in einer Kombination von a) experimentellen Studien in Modellregionen, die durch das Monitoring begleitet werden und b) großskalige repräsentative Erfassungen der Biodiversität über Deutschland hinweg erfolgen. Über die sog. SPUs (*service providing units*; Harrington *et al.*, 2010) können ferner Ökosystemleistungen analysiert werden. Die zu analysierenden Triebkräfte müssen auf nationaler Skala erfassbar sein. Dazu zählen unter anderem Lebensraumvielfalt, Landschaftsstruktur, Landnutzung (inkl. Quantifizierung von Intensität z.B. über Düngung und Pestizid-Einsatz), und Klimawandel. Essenziell für ein effizientes und großflächiges Monitoring sind auch neue Technologien, deren Entwicklung ebenfalls Gegenstand der Leitinitiative sein sollte.

Neben dem großflächigen Artenmonitoring ist das Monitoring auf Art und Populationsebene einschließlich der Erfassung der Populationsgröße, der Biomasse und der genetischen Diversität einer möglichst breiten Palette ökologisch funktionaler Gruppen (Arten), die durch bestimmte Taxa repräsentiert werden können, unter Einsatz aussagekräftiger und realisierbarer Methoden (Citizen Science, molekulare Erfassung der Artenvielfalt – GBOL, Populationsgenetik; Geiger *et al.*, 2016) wichtig.

Zusätzlich gilt es, eine Bestandsaufnahme an bereits bestehenden Monitoringaktivitäten in Deutschland (Erfassung der vorhandenen Aktivitäten und dafür eingesetzten Methoden, Möglichkeiten der Mobilisierung der Daten inklusive der Museumssammlungsdaten – DCOLL) durchzuführen und diese laufenden Aktivitäten in die Leitinitiative zu integrieren.

Das Monitoring muss durch eine Professionalisierung des Daten- und Probenmanagements (Biodiversitätsinformatik, Rechenzentren, Sammlungen) begleitet werden, um beispielsweise Bestandsdaten, Vorkommen, Veränderungen, Individualdokumentation, etc. für Metaanalysen zugänglich zu machen. Museumssammlungen spielen in dieser Hinsicht eine zentrale Rolle.

Für die identifizierten Arten (die sich über die Zeit hinweg erweitern lassen müssen) ist eine gezielte Suche nach seltenen Arten als Ergänzung essentiell, da diese mit einem flächendeckenden Ansatz häufig nicht erfasst werden können. Ebenso ist die dringend notwendige taxonomische Expertise auszubauen.

Ziel sollte letztlich sein, ein nationales Biomonitoring-Netzwerk zu etablieren, das die Grundlage für weiterführende Analysen der ökologischen und gesellschaftlichen Komponente der betrachteten sozial-ökologischen Systeme erlaubt (Abschnitte 3.2 – 3.5) und sich entsprechend an den für die Leitinitiative relevanten Modellregionen und Handlungsräumen (Abschnitt 4) orientiert. Bereits existierende Ansätze bilden hierfür eine wichtige Grundlage (z.B. behördliches Monitoring, LTER-D).

3.2 Analyse der ökologischen Komponente sozial-ökologischer Systeme

Auf der Grundlage der Monitoring-Ergebnisse sollte in der Leitinitiative die ökologische Komponente der sozial-ökologischen Systeme insbesondere im Hinblick auf folgende Forschungsfragen untersucht werden:

- Was sind Ausmaß und (biologisch-ökologische) Folgen des Biodiversitätsverlustes in Deutschland? Gibt es tipping-points?

- Was sind die spezifischen Ursachen des Biodiversitätsverlustes in Deutschland? Welche Rolle spielen invasive Arten?
- Welche Wirkung haben Maßnahmen zur Minderung des Biodiversitätsverlustes und zur Steigerung der Biodiversität?

Trotz einer Vielzahl von Studien lassen sich diese allgemeinen Forschungsfragen bislang nur für einige gut untersuchte Artengruppen (z.B. Wirbeltiere, Tagfalter, höhere Pflanzen) beantworten. Bezüglich des Ausmaßes und der Folgen des Biodiversitätsverlustes beschränken sich die meisten Studien auf die Betrachtung von Arten, während andere Komponenten der Biodiversität (genetische Vielfalt, Abundanz, Biomasse, Funktionalität, Interaktionen) unberücksichtigt bleiben; diese Komponenten sind jedoch für das Verständnis des Biodiversitätsverlustes und seiner Folgen essentiell. Ein besonderes Desiderat betrifft die Biodiversitätsdynamik in Böden, die kaum untersucht ist, jedoch wesentlich zur Sekundärproduktion von Lebensräumen beiträgt.

Während die generellen Ursachen des Biodiversitätsverlustes (z.B. Fragmentierung, Nährstoffanreicherung, Pestizide, Klimawandel) weitgehend bekannt sind, fehlt ein Verständnis zum Zusammenwirken verschiedener Belastungsfaktoren und verschiedener räumlicher Skalen. Ein systemisches Verständnis, welche Ursachen für den Biodiversitätsverlust interagierender Artengruppen in verschiedenen Ökosystemtypen verantwortlich sind und wie diese zusammenwirken, wurde bislang nicht erreicht. Daher ist es derzeit nicht möglich, Mechanismen zu verallgemeinern, Prognosen zur Entwicklung der Biodiversität zu treffen und entsprechend auch wirksame Maßnahmen zum Erhalt der Artenvielfalt zu entwickeln.

Tatsächlich ist das Wissen zur Wirkung von Maßnahmen bruchstückhaft, weil eine evidenzbasierte Evaluierung und eine umfassende Synthese fehlen. So gibt es beispielsweise nur wenige Untersuchungen zur Wirkung der von der EU-Agrarpolitik subventionierten Greening-Maßnahmen oder von Alternativen für den Einsatz von Pestiziden (z.B. biotechnologische Methoden). Auch ist über das Zusammenwirken verschiedener Maßnahmen auf Landschaftsebene wenig bekannt.

Es wird empfohlen, die oben genannten Fragen im Rahmen der Leitinitiative auf drei Ebenen zu untersuchen: (1) Vorhandene Daten und Ergebnisse sollten gebündelt werden, denn bislang ist ein Großteil der bei Behörden und Verbänden vorliegenden Daten nicht erschlossen. Trends und ihre Ursachen sollten im Rahmen der Analyse großräumig verteilter Daten untersucht und einer umfassenden Synthese unterzogen werden (nationales Assessment). (2) Das Zusammenwirken von Treibern und Maßnahmen auf die Diversität verschiedener Artengruppen sollte in Modellregionen langfristig untersucht werden. Diese umfassen verschiedene Ökosysteme/Landschaftstypen (Agrarlandschaften, Wälder, Gewässer, urbane Regionen, Küsten) idealerweise unter Berücksichtigung vorhandener Nutzungsgradienten oder in Form eines „*twinning*“ Ansatzes (jeweils strukturarme und -reiche Landschaftsräume). Innerhalb der Gebiete sollten Probeflächen entlang von bestehenden oder experimentell angelegten Belastungsgradienten ausgewählt werden, für die ein umfassendes standardisiertes Untersuchungsprogramm definiert wird, bezogen auf Umweltvariablen und Biodiversitätsparameter (verschiedene Artengruppen und „Komponenten“, von Genomik über Arten bis zur Funktionalität). (3) Innerhalb einzelner Modellregionen sollten Detailuntersuchungen zu speziellen Fragen, z.B. zu alternativen Strategien des Pflanzenschutzes, durchgeführt werden, die mit den Untersuchungen auf den beiden anderen Skalen eng interagieren.

Ergebnisse dieses Programms, das im Co-Design mit Behörden und Landnutzern entwickelt werden sollte, legen die komplexen Ursachen des Artenrückgangs offen, evaluieren die Wirkung von Maßnahmen, sind von der Modellregion zur nationalen Ebene skalierbar, dienen der Entwicklung von Szenarien und Modellen und können zu sozio-ökonomischen Prozessen (s.u.) in Bezug gebracht werden.

3.3 Analyse der gesellschaftlichen Komponente sozial-ökologischer Systeme

Im Hinblick auf die gesellschaftliche Komponente sozial-ökologischer Systeme stehen folgende Forschungsfragen im Vordergrund:

a: Wie viel Natur, welcher Artenschutz ist gesellschaftlich in Deutschland erwünscht und wünschenswert?

Die Beantwortung dieser Frage erfordert integrative Forschungs- und Bewertungsansätze, die sowohl individuelle als auch gesellschaftliche Wertvorstellungen aufgreifen. Soziale Differenzierung, die Unterscheidung von Lebensstilen, als auch demographische Veränderungen spielen hier ebenso eine große Rolle, um einen Zugang zu Alltagshandeln und damit verbundenen Entscheidungsprozessen zu bekommen. Neben den aus sozio-ökonomischer Sicht bedeutsamen Options-, Versicherungs- oder Skalenwerten geht es vor allem um Werte, die das Verhältnis von Natur und Gesellschaft widerspiegeln (sog. *social oder shared values, relational values, nature for the people*; vgl. Potthast 2014). Dabei werden sowohl Fragen der Akzeptanz (faktische Zustimmung) als auch der Akzeptabilität (begründete Zustimmungsfähigkeit) zu untersuchen und in Beziehung zu setzen sein. Die Forschung hierzu erfordert konzeptionell und empirisch innovative Ansätze. Konzeptionell geht es vor allem um die Berücksichtigung unterschiedlicher ethischer Aspekte, empirisch um neue und die Validierung bestehender Methoden der Wertermittlung, die z.B. ökonomische Bewertungsansätze mit deliberativen Verfahren verknüpfen und im Rahmen integrativer Entscheidungsunterstützungssysteme an die Politik weitergeben.

b: Welche Governance-Strukturen und Maßnahmen sind geeignet, um zur Erhaltung der Artenvielfalt in Deutschland wirkungsvoll beizutragen?

Es gibt bereits heute ein breites Spektrum an Instrumenten zur Erhaltung von Biodiversität und zur nachhaltigen Nutzung von Ökosystemleistungen (z.B. Regulierung, *payments for ecosystem services* – PES, etc.). Jedoch weisen diese Instrumente Mängel auf: (i) sie sind oft unzureichend, (ii) es bestehen Implementations- und Vollzugsdefizite, (iii) es werden nicht oder unzureichend die richtigen (Verursacher-)Sektoren und „Versorgungssysteme“ insgesamt adressiert. Forschungsfragen und -themen in diesem Bereich umfassen (i) die Einbeziehung von verhaltensbezogenen Ansätzen (z.B. „*Nudging*“, *Crowding out*-Effekte) in die Auswahl und das Design von Policy Mix-Instrumenten, (ii) geeignete Governance-Ansätze, die Barrieren einer instrumentellen Umsetzung von Politiken speziell von der Implementationsseite her bearbeiten. (iii) Eine besondere Rolle spielt zudem, wie große Datensätze aus dem Monitoring von Biodiversität in Deutschland besser für die Generierung von Handlungswissen und Governance von Biodiversität genutzt werden können. (iv) Ein wichtiger Aspekt ist weiterhin der Umgang mit Unsicherheiten. Das Auftreten und die Konsequenzen von *Tipping-Points* und *Regime Shifts* sind nur begrenzt vorhersagbar. Um diesen Herausforderungen angemessen begegnen zu können, werden innovative Ansätze der *Risk Governance* benötigt.

c: Wie können gesellschaftliche Zielkonflikte und Synergien zwischen verschiedenen Sektoren/Bereichen identifiziert und ausbalanciert werden?

Trade-offs treten vor allem auf, weil der Verlust von Biodiversität durch Verhalten in Bereichen jenseits des Natur- und Umweltschutzes verursacht wird (wie z.B. im Agrarsektor). Obwohl es zahlreiche Anhaltspunkte gibt, fehlen grundlegende Kenntnisse über Systemwirkungen und mögliche Entwicklungspfade in diesen Sektoren und „Versorgungssystemen“ sowie ihren Impacts.

Forschungsfragen und -themen liegen hier (i) in der Entwicklung und Modellierung integrativer Szenarien und Analysen und damit einhergehender Impacts, (ii) in der Kopplung von Modellen für die Analyse von Trade-offs zwischen Versorgungsleistungen (z.B. Agrarmodellen), anderen Ökosystemleistungen und der Biodiversitäts-Impact-Analyse von „Versorgungssystemen“ (z.B. Agrarsysteme; marine Ressourcen), (iii) sowie in der Analyse der Abhängigkeit von Trade-Offs von den Systemgrenzen und den sich daraus ergebenden Herausforderungen für Koordinationsstrukturen. Von Interesse wären hier auch Pilotregionen, die mit innovativen Ansätzen für multi-funktionale Versorgungssysteme experimentieren.

d: Wie kann dem hohen Handlungsdruck unter dem Aspekt Unsicherheit und Nicht-Wissen über den Zustand der Biodiversität begegnet werden?

Die Geschwindigkeit des Artenverlustes und die hohe Relevanz von Biodiversität für die Gesellschaft machen deutlich, dass bereits jetzt ein hoher Handlungsdruck unter gleichzeitigem Nicht-Wissen und/oder Unsicherheit sowohl über die Wirkung der einzelnen Treiber als auch deren Zusammenspiel besteht. Die Frage ist, wie trotzdem robuste Entscheidungen getroffen (Vorsorgeprinzip) und Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft identifiziert werden können. Ziel ist es, dass trotz Unsicherheit und Nicht-Wissen Entscheidungen zum Erhalt und zur Förderung von biologischer Vielfalt möglichst frühzeitig getroffen werden können. Relevante Forschungsthemen liegen in den Bereichen:

- i) Wissensvermittlung und -produktion: Welche Wissensbestände bestehen bei unterschiedlichen Akteuren (incl. Citizen Scientists)? Wie wird bestehendes Wissen weitergegeben? Welche formellen und/oder informellen Wege bestehen? Wie können die Wissensbestände zusammengefügt und als Entscheidungsgrundlagen nutzbar gemacht werden? (Vgl. Pettibone et al. 2018).
- ii) Umgang mit Unsicherheit und Nicht-Wissen: Wo besteht Unsicherheit und Nicht-Wissen im komplexen sozial-ökologischen System? Welche Rolle spielen unterschiedliche Akteure? Welche Relevanz haben verschiedene Akteurs-Ebenen: räumlich, zeitlich, sozial?
- iii) Sozial-ökologische Risikoabschätzung: Welche Risiken sind für wen zu erwarten? Wer profitiert/verliert? Welche Abhängigkeiten ergeben sich dabei innerhalb sozial-ökologischer Systeme? Welche Maßnahmen begünstigen oder hemmen einen bestimmten Trend/Treiber?

Ein besseres Verständnis über diese Themen ist ebenso eine wichtige Grundlage für die Entwicklung neuer Instrumente. Darüber hinaus sind diese Fragestellungen v.a. auch vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Treiber (Klimawandel, Landnutzungsänderung, demographischer Wandel) sowie deren Zusammenspiel zu analysieren und zu bewerten (z.B. klimabedingte Biodiversitätsrisiken).

3.4 Integration, Szenarien und Handlungsmöglichkeiten

Bei dieser Leitinitiative sollte die Integration von Forschungsergebnissen aus den Themenbereichen 3.1, 3.2 und 3.3 sowie das Erstellen von Szenarien eine zentrale Rolle spielen. Um die sowohl innerhalb der Forschungsverbünde als auch über die Projektverbünde hinweg anstehende komplexe Integrationsaufgabe zu unterstützen, müssen folgende Ebenen und Komponenten berücksichtigt werden.

1. Integration verschiedener räumlicher Ebenen, von der lokalen, über die regionale, bis auf die nationale Ebene; gegebenenfalls müssen mittelbare gesellschaftliche, ökonomische und technologische sowie unmittelbare, direkte Faktoren bzw. Treiber auf europäischer und internationaler Ebene einbezogen werden (z.B. internationale Märkte für Agrarerzeugnisse; Landnutzungswandel, Klimawandel, invasive Arten).
2. Integration naturwissenschaftlicher, sozialwissenschaftlicher und geisteswissenschaftlicher Ansätze und Methoden.
3. Integration verschiedener Lebensräume (z.B. Agrarlandschaften, Küsten) und Handlungsräume (z.B. einzel- bzw. volkswirtschaftliche Perspektive; individuelle Entscheidungen bzw. soziale Gruppen; Gemeinde, Kreis, Bundesland, Bund sowie europäischer und internationaler Rechtsrahmen).
4. Integration verschiedener Wissenssysteme (z.B. Grundlagenwissen, Entscheidungswissen, Handlungswissen).
5. Integration verschiedener Methoden, z.B. kleinräumige naturwissenschaftliche Experimente, sozial-ökologische Experimente in Landschaften oder mit relevanten Akteursgruppen, Monitoring, Beobachtungsdaten, ökologische, ökologisch-ökonomische und sozial-ökologische Modellierung, Fernerkundung, disziplinäre und integrierte Bewertungsmethoden, Governance- und Politikanalyse, Surveys, Interviews, Deliberative Verfahren.

Eine Integration auf diesen verschiedenen Ebenen ist notwendig, weil Handlungsoptionen für private und öffentliche Entscheidungsträger zur Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt das ganze sozial-ökologische System im Blick haben müssen und damit nicht nur eine räumliche Ebene, nicht nur einen Sektor, nicht nur einen Akteur und nicht nur einen methodischen Ansatz berücksichtigen können.

Ganz entscheidend ist – ungeachtet der notwendigen Schließung der enormen Wissenslücken – die Frage des Umgangs mit Unsicherheit, sowohl in empirischer als auch in normativer Hinsicht. Die Berücksichtigung von „*known unknowns*“ und der Umgang mit „*unknown unknowns*“ stellen ebenso wie die Berücksichtigung von wertebezogener Pluralität (und der Grenzen von Pluralität im demokratischen Rechtsstaat) eine Herausforderung dar, insbesondere bei der Wissensintegration und der Kommunikation.

Um die wissenschaftlichen Grundlagen für private und öffentliche Entscheidungsprozesse zur Verfügung stellen zu können, ist die Entwicklung von Szenarien von zentraler Bedeutung. Diese Szenarien eröffnen Entscheidungs- und Handlungsräume, ermöglichen eine transparente Darstellung der Forschungsergebnisse, verdeutlichen Synergien und Zielkonflikte (Trade-offs) zwischen verschiedenen Handlungsoptionen und erleichtern einen politischen und gesellschaftlichen Diskurs. Szenarien können dabei sowohl statistische als auch narrative Modelle alternativer zukünftiger Entwicklungen oder Wege zu alternativen „Zukunftszuständen“ sein.

Es wird erwartet, dass das Thema Integration, Szenarien und Handlungsmöglichkeiten in allen Projektverbänden der Leitinitiative eine wichtige Rolle spielt. Darüber hinaus sollte sich darum auch ein zentrales Koordinations- und Synthesezentrum (Abschnitt 8) kümmern, um die Integration über die verschiedenen Projektverbände zu bewältigen.

3.5 Offene übergreifende Themen

Auch wenn sich die Leitinitiative auf die Entwicklung von Systemlösungen für Modellregionen bzw. Handlungsräume konzentrieren sollte, wird empfohlen, einzelne übergreifende Themen und Problemstellungen auch unabhängig von spezifischen Systemlösungen, Modellregionen oder Handlungsräumen zu untersuchen und ggf. dafür auch Task Forces einzurichten.

Mögliche (und nicht abschließende) Beispiele dafür sind etwa:

- Entwicklung und Einsatz innovativer Techniken und Methoden zur automatisierten Datenerfassung und -analyse (inkl. Abundanz Erfassung)
- Methoden zur Abschätzung der Sekundärproduktion von Lebensräumen
- Bearbeitung relevanter, bislang aber schlecht untersuchter Organismengruppen (inkl. digitalen Bestimmungshilfen)
- Grundlagenuntersuchungen zu Biodiversitäts-abhängigen Tipping-Points von Ökosystemen
- Auswirkungen der Einwanderung von Arten (Wiederbesiedlung großer Beutegreifer, invasive Arten, etc.) auf Biodiversität und Gesellschaft
- Weiterentwicklung von Daten- und Verfahrenstandards, und Harmonisierung von Vorgehensweisen und Datenanalysen (Indikatoren)

4 Exemplarische Umsetzung in relevanten Modellregionen und Handlungsräumen

Die vorgeschlagenen zentralen Forschungsthemen der Leitinitiative (vgl. Abschnitt 3) sollen exemplarisch in relevanten Modellregionen und Handlungsräumen bearbeitet werden. Dabei müssen drei verschiedene Ebenen (geografisch, ökosystemar, sozial-ökologisch) integriert werden. Auf der geographischen Ebene kommt ein räumlich stratifizierter Ansatz von der lokalen über die regionale bis hin zur bundesweiten Ebene zum Tragen. Dabei sind die Untersuchungsgebiete so zu wählen, dass sie der geografischen Vielfalt Deutschlands Rechnung tragen sowie ein Up- und Downscaling von Erkenntnissen ermöglichen. Die ökosystemare Ebene deckt verschiedene Großökosysteme (Agrarlandschaften, Gewässer, Wälder, urbane Gebiete, Küstenzonen der Nord- und Ostsee²) sowie zusätzlich Großschutzgebiete als Referenzen des naturnahen Zustandes ab. Die dritte Ebene berücksichtigt die je nach Ökosystemtyp unterschiedlichen Akteure (Stakeholder), Richtlinien (z.B. CAP, WRRL, FFH-Richtlinie) und Programme (z.B. Bundesprogramm Ländliche Entwicklung, BMEL Meeresschutz). Die Leitinitiative sollte diese drei Ebenen kombinieren, um neben relevanten Beiträgen zur Grundlagenforschung konkretes Handlungswissen zu erzeugen und dieses in die Umsetzung zu bringen.

Der räumlich stratifizierte Ansatz (lokal, regional, bundesweit) bildet sowohl die Diversität von Genotypen, Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosystemen als auch die relevanten Umweltvariablen und -gradienten ab. Auf lokaler Ebene ist ein ganzheitliches

² Bezogen auf den marinen Raum sollte sich die hier konzipierte Leitinitiative auf die deutschen Küstenzonen beschränken und im Hinblick auf die Biodiversitätsthematik eng mit der „Deutschen Allianz für Meeresforschung“ zusammenarbeiten.

Langzeitmonitoring-Programm auf repräsentativen Flächen (Modellregionen) unter Berücksichtigung von Nutzungsgradienten und Ökosystemtypen anzustreben, das auch experimentelle Ansätze ermöglicht. Bereits bestehende Langzeitmonitoring-Programme (z.B. LTER-D, TMD – Tagfalter-Monitoring Deutschland) sollten berücksichtigt und eine stärkere Integration der Monitoringaktivitäten angestrebt werden. Für die regionale wie bundesweite Ebene werden ebenfalls die unterschiedlichen Ökosystemtypen (terrestrisch, limnisch, marin) abgebildet. Vorhandene (Monitoring-) Daten und Monitoringprogramme (z.B. Wasserrahmenrichtlinien-Monitoring, FFH-Monitoring) sollten genutzt und sinnvoll ergänzt werden. Dies kann durch zusätzliche Untersuchungen oder Experimente erfolgen. Auf allen drei geographischen Ebenen sind auch moderne Methoden (z.B. remote sensing, eDNA) zu berücksichtigen.

Auf den drei eingangs beschriebenen Ebenen (geografisch, ökosystemar, sozial-ökologisch) werden jeweils sozial-ökologische und -ökonomische Aspekte berücksichtigt. Hierzu gehört auch, das geplante Untersuchungsprogramm mit den entsprechenden lokalen, regionalen oder bundesweit tätigen Akteuren frühzeitig abzustimmen, um vorhandenes Wissen zu bündeln sowie handlungsrelevante Aspekte bereits von vornherein einzubinden. Letzteres ermöglicht die Ableitung konkreter Maßnahmen.

5 Datenintegration und -mobilisierung

Die für eine umfassende Bewertung der Artenvielfalt benötigten Daten zeichnen sich durch ortsverteilte Vorhaltung, Heterogenität und Dynamik aus. Zum Beispiel werden nutzbare Beobachtungsdaten, Habitatinformationen sowie Wetter- oder Umweltdaten in unterschiedlicher zeitlicher oder räumlicher Auflösung durch verschiedenste Akteure erfasst. Auf Bund- und Länderebene geschieht dies regelmäßig im Rahmen der Berichtspflicht, ein Teil wird im Rahmen von Forschungsprojekten erhoben. Schließlich steuern noch bürgerwissenschaftliche Aktivitäten einen großen Anteil bei. Für eine integrative Nutzung fehlen bisher die technischen Infrastrukturen als auch inhaltliche Voraussetzungen, sodass der Wert dieser Datensätze bei weitem nicht ausgeschöpft werden kann.

Hier setzt die Datenmobilisierung an, mit dem Ziel, bisher nicht systematisch gespeicherte Daten in Datenbanksysteme zu überführen und bereits in individuellen Datenbanksystemen vorliegende Daten zentral zugreifbar zu machen. Der Fokus der Datenmobilisierung zielt damit auf die Wiederverwendung (*re-use*) von Daten im FAIR-Prinzip (*findable, accessible, interoperable, re-usable*, vgl. Wilkinson et al. 2016) ab.

Während für Vorkommens- und Beobachtungsdaten international vernetzte Infrastrukturen (GBOF-D) sowie für statische bzw. abgeschlossene Datensätze bereits Archivierungs- und Zugriffsmöglichkeiten wie GFBio existieren, werden dynamisch wachsende Daten weiterhin in diversen Formaten, (Datenbank-)Systemen und Formen der Beschreibung gesammelt und gespeichert. Diese dezentralen Datenbestände müssen vernetzbar und durch zentrale Suchportale erschließbar gemacht werden. Hier kann auf bereits existierenden Schnittstellen, Abfrageprotokollen und Datenbank-Wrapper aufgebaut werden. Zugriffrechte müssen dabei durch die Datenproduzenten regelbar sein. Inhaltlich müssen Daten semantisch interpretierbar und somit interoperabel gemacht werden. Auch hier kann auf etablierte Daten- und Beschreibungsstandards (ABCD, *Darwin core*) oder Terminologieservices aufgebaut werden. Eine umfassende Datenmobilisierung, also die Bereitstellung zur Nachnutzung von „eigenen“ Daten an Datenplattformen erfordert aber auch die Entwicklung eines Klimas der Datenteilung bei Wissenschaftlern/-innen wie bei bürgerwissenschaftlich und ehrenamtlich aktiven Personen. Hier müssen Anreizsysteme entwickelt werden, die die Weitergabe und (Nach-)Nutzung von Daten nicht pauschal, sondern entsprechend der individuellen Motivation zur Datenerhebung würdigt (siehe Groom et al. 2017).

6 Capacity Building

Capacity Building zur Erhaltung der biologischen Vielfalt adressiert verschiedene Ebenen, von der individuellen bis zur institutionellen. Eine zentrale Herausforderung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt ist die Diskrepanz zwischen Wissen, Einstellungen und Handeln. Die Leitinitiative soll die epistemischen und operativen Fähigkeiten unterschiedlicher Akteure aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft stärken, die Lücke zwischen Umweltwissen und Umwelthandeln zu überbrücken.

Dafür ist es zuerst nötig, das entsprechende Wissen über Vielfalt der Arten und ihrer Formen, ihre Interaktionen sowie ihre ökologische, ökonomische und kulturelle Bedeutung für die unterschiedlichen Akteure und Zielgruppen zur Verfügung zu stellen, reichend von Kindergärten, Schulen, Museen und Universitäten über die politische Verwaltung bis hin zu wirtschaftlichen und politischen Entscheidungsträgern. Dabei spielt nicht nur ein grundlegendes Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse eine Rolle, sondern insbesondere auch die fokussierte Bereitstellung entscheidungsrelevanter Information, normatives und evaluatives Orientierungswissen sowie Handlungswissen, um die Handlungskapazität auf individueller und institutioneller Ebene zu stärken.

7 Kommunikation und Dialog

Der Erhalt und die Förderung der Artenvielfalt in Deutschland sind nur möglich, wenn die Themen biologische Vielfalt, Bedeutung der Vielfalt für den Menschen, Ursachen des Verlusts und Handlungsoptionen für den Erhalt als gesellschaftlich und politisch relevantes Thema in der breiten Öffentlichkeit wahrgenommen werden. Die Leitinitiative muss deshalb dazu beitragen, ein gemeinsames sektor- und disziplinenübergreifendes Verständnis von biologischer Vielfalt, ihrer Bedeutung und ihren Werten zu erlangen und die Kommunikation mit Entscheidungsträgern aus Wirtschaft und Politik weiter zu intensivieren. Die Leitinitiative sollte ein Kommunikationskonzept erarbeiten, das zu einem breiten Verständnis über systemische Zusammenhänge beiträgt und gleichzeitig ethische und kulturelle Reflexionen einbindet. Diese Kommunikation sollte die Vermittlung von (wissenschaftlichem) Wissen gewährleisten und darüber hinaus unterschiedliche Wissenskontexte (Erfahrungswissen, Orientierungswissen, Handlungswissen, Expertenwissen) berücksichtigen. Um die Interessen und Hintergründe unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen anzusprechen, sollte ein breites Spektrum an Vermittlungsmethoden eingesetzt werden, die von klassischer Öffentlichkeitsarbeit über Ausstellungen in Museen und an öffentlichen Orten bis zu Formaten wie Citizen Science reicht. Auch in der Kommunikation sollte eine breite und verbindliche Ansprache unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen durch Zusammenarbeit wissenschaftlicher Institutionen (z.B. Universitäten, Forschungsmuseen) und unter Einbindung verschiedener gesellschaftlicher Akteure, wie Behörden, NGOs erfolgen. Insbesondere sollten experimentelle partizipative Verfahren und Formate gesellschaftlicher Co-Produktion (z.B. Citizen-Science-Ansätze, Museen als Orte gesellschaftlicher Debatten) entwickelt werden.

9 Nächste Schritte

9.1 Forschung: Sofortmaßnahmen

Der Aufbau der Leitinitiative, wie hier skizziert, muss wohl durchdacht und organisiert sein und wird entsprechend eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen. Parallel zu einer Aufbauphase sollten bereits kleinere Pilot-Vorhaben ausgeschrieben werden, die im Sinne

der in Abschnitt 3.5 beschriebenen „Offene übergreifende Themen“ einen wichtigen Beitrag zur Leitinitiative erwarten lassen und dies mit vergleichsweise geringem Mittel- und Zeitaufwand. Nachfolgend seien dafür einige wenige Beispiele genannt.

Datensuche und -auswertung zum Artenrückgang, Assessment des Wissensstandes

Mobilisierung und Integration brachliegender, langfristiger Daten, wie sie u.a. bei wissenschaftlich orientierten Liebhabern (Ornithologen, Lepidoptero- und Coleopterologen), aber auch bei Behörden und in vielen Naturkundemuseen vorliegen. Statistische Neuauswertung dieser Daten kann mit Meta-Analysen publizierter Daten kombiniert werden, um Rückgangstendenzen zu quantifizieren und auf mögliche Ursachen zu schließen.

Zusammenstellung aller existierenden Biodiversitäts-Monitoringaktivitäten in Deutschland

Ein zentrales Element für die Leitinitiative sollte die Zusammenstellung aller bekannten und recherchierbaren Biodiversitäts-Monitoringaktivitäten in Deutschland sein. Ein solches Projekt sollte behördliches Monitoring (Bund und Länder) ebenso berücksichtigen wie Monitoringaktivitäten von NGOs, Citizen Science und Forschungseinrichtungen. Ziel sollte die Erstellung einer Meta-Datenbank sein, die möglichst alle Biodiversitäts-Monitoringaktivitäten umfasst sowie eine „Gap-Analyse“, die auf eventuelle Lücken hinweist. Hier sollte auf bisherigen Aktivitäten (z.B. DaEuMon) aufgebaut werden.

Versuch zum lokalen vs. Landschafts-Management

In der Öffentlichkeit wird von diversen Interessensgruppen die relative Bedeutung der Ursachen des Insektenrückgangs kontrovers diskutiert. Welche Faktoren haben die größte Bedeutung - die Monotonisierung (strukturelle Verarmung) der Kulturlandschaften, der Pestizideinsatz oder die Stickstoff-Überdüngung? Ist die Umstellung auf den organischen Landbau die wichtigste Sofortmaßnahme gegen das Artensterben oder ist es die Verkleinerung der Ackerflächen und die Anlage artenreicher Randstreifen? Dieser Frage könnte mit einem gut strukturierten Forschungsprojekt über fünf Jahre nachgegangen werden, bei dem zahlreiche Ergebnisse schon nach drei Jahren vorliegen sollten.

Verbessertes Risk-Assessment für Pestizide

Als Pestizide bezeichnete chemische Pflanzenschutzmittel gelten als ein Treiber hinter dem Artenschwund insbesondere bei Insekten. Aktuelle Forschungen an Bienen belegen, dass Insektizide, die wie die Neonikotinoide als Nervengifte wirken, auch im sublethalen Bereich das Lern- und Heimfindevermögen sowie die Krankheitsresistenz beeinflussen können. Das Orientierungsvermögen von Insekten hängt von funktionierenden Nervensystemen und Sinnesleistungen ab, welche einerseits das Finden von Nahrung, Geschlechtspartnern und geeigneten Habitaten ermöglichen und andererseits artspezifische Verhaltensweisen steuern. Der Eintrag von Pestiziden kann deshalb in stärkerem Umfang negativ auf Insekten wirken, als bisher bekannt ist. Um das Gefährdungspotenzial von Pestiziden auf Nichtzielorganismen besser beurteilen zu können, sollten für das Risk-Assessment subtilere Verfahren eingeführt werden, welche die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auch im sublethalen Bereich auf komplexe Parameter erfassen, wie z.B. Fortpflanzung, Paarungsverhalten, Lernvermögen, Mobilität und andere artspezifische Verhaltensweisen.

Zitierte Literatur:

BMUB (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Berlin.

Bieling, C. & Plieniger, T. (eds.) 2017: The Science and Practice of Landscape Stewardship. Cambridge University Press, Cambridge.

Diaz S et al. 2015: The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*: 1–16

Fischer M. et al. 2018: Summary for Policy Makers of the IPBES regional assessment on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia. Intergovernmental Science-Policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services

Geiger MF et al. (2016): How to tackle the molecular species inventory for an industrialized Nation: lessons from the first phase of the German Barcode of Life initiative GBOL (2012-2015). *Genome*, doi: 10.1139/gen-2015-0185

Groom, Q. et al. (2017): Is citizen science an open science in the case of biodiversity observations?. *J Appl Ecol*, 54: 612-617. doi:10.1111/1365-2664.12767

Guntern J. et al. 2013: Flächenbedarf für die Erhaltung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen in der Schweiz. Forum Biodiversität Schweiz, Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT), Bern. 234 Seiten.

Harrington R. et al. (2010): Ecosystem services and biodiversity conservation: concepts and a glossary. *Biodiversity and Conservation* 19: 2773-2790. DOI 10.1007/s10531-010-9834-9.

Martin-Lopez, B. et al. (2014): Trade-offs across value domains in ecosystem services assessment. *Ecological Indicators* 37: 220-228.

Pettibone, L. et al. (2018): Transdisciplinary Sustainability Research and Citizen Science: Options for Mutual Learning. *GAIA* 27/2 (2018): 222 – 225.

Potthast, Thomas (2014): The values of biodiversity. In: Lanzerath, Dirk & Minou Friele (eds.) *Concepts and Values in Biodiversity*. Routledge, London: 131-146.

Wilkinson, M.D. et al. (2016): The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data* 3, <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.

Autorinnen und Autoren:

Prof. Katrin Böhning-Gaese, Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum

Prof. Markus Fischer, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung & Universität Bern, Biodiversitäts-Exploratorien

Prof. Dr. Peter Haase, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Abt. Fließgewässerökologie und Naturschutzforschung

Prof. Bernd Hansjürgens, UFZ, Terrestrische Umwelt, Dpt. Ökonomie

Prof. Daniel Hering, Universität Duisburg-Essen, Bewertung und Renaturierung von Fließgewässern und Auen

PD Dr. Marco Heurich, Professur für Wildtierökologie und Wildtiermanagement Universität Freiburg

Prof. Dr. Dr.-Ing. Peter Kämpfer, Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Mikrobiologie der Recycling-Prozesse

Prof. Dr. Dr. h.c. Volker Mosbrugger, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung

Prof. Bernhard Misof, ZFMK Bonn, Molekulare Biodiversitätsforschung

Prof. Bernhard Müller, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR), Dresden

Prof. Thomas Nauss, Universität Marburg, Umweltinformatik

Dr. Jens Nieschulze, Universität Göttingen, Forschungsreferent für Datenmanagement Universität Göttingen

Prof. Claudia Pahl-Wostl, Universität Osnabrück: Sozio-Ökologie, Umweltsystemforschung, Ressourcenmanagement

Prof. Henrique Miguel Pereira, Deutsches Zentrum für Integrative Biodiversitätsforschung (iDiv), Halle-Jena-Leipzig

Prof. Hans-Otto Pörtner, AWI Biosciences, Integrative Ecophysiology

Prof. Thomas Potthast, Universität Tübingen, Ethik, Theorie und Geschichte der Biowissenschaften

Prof. Irene Ring, TU Dresden, Internationales Hochschulinstitut Zittau, Ökosystemare Dienstleistungen

Prof. Stefan Scheu, Universität Göttingen, Tierökologie

Prof. Josef Settele, UFZ, Biozönoseforschung

Prof. Teja Tschardt, Universität Göttingen, Agrarökologie

Prof. Andreas Vilcinskas, Universität Gießen, Angewandte Entomologie, IME Bioressourcen

Prof. Johannes Vogel, Museum für Naturkunde Berlin, Biodiversität, Evolutionsbiologie der Pflanzen

Prof. Christian Wirth, Universität Leipzig, Spezielle Botanik und Funktionelle Biodiversität