

Martin Pingel¹, Burkhard Golla¹, Maren Birkenstock²,
Christine Krämer², Lisa Holz², Norbert Röder², Diana Sietz³,
Sebastian Klimek³

Ableitung und Priorisierung agrarraum-spezifischer Indikatoren-Sets für ein Monitoring der Biodiversität in Agrarlandschaften

¹Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

²Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, Braunschweig

³Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig



Berichte aus dem Julius Kühn-Institut

232

Kontaktadressen/ Contacts

Dr. Martin Pingel

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Institut für Strategien und Folgenabschätzung

Stahnsdorfer Damm 81

14532 Kleinmachnow

E-Mail: martin.pingel@julius-kuehn.de

Telefon +49 (0) 3946 47-1890

Telefax +49 (0) 3946 47-5203

Wir unterstützen den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen.

Die Berichte aus dem Julius Kühn-Institut erscheinen daher als OPEN ACCESS-Zeitschrift.

We advocate open access to scientific knowledge.

Reports from the Julius Kühn Institute are therefore published as open access journal.

Berichte aus dem Julius Kühn-Institut sind online verfügbar unter https://www.openagrar.de/receive/zimport_mods_00000017

Reports from the Julius Kühn Institute are available free of charge under

https://www.openagrar.de/receive/zimport_mods_00000017

Herausgeber / Editor

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg, Deutschland

Julius Kühn Institute, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Quedlinburg, Germany



ISSN 1866-590X

ISBN 978-3-95547-161-3

DOI 10.5073/20251219-095701-0



© Der Autor/ Die Autoren 2026.

Dieses Werk wird unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).



© The Author(s) 2026.

This work is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Ableitung und Priorisierung agrarraum-spezifischer Indikatoren-Sets für ein Monitoring der Biodiversität in Agrarlandschaften

Derivation and prioritisation of agricultural land system-specific indicator sets for monitoring biodiversity in agricultural landscapes

Autor(en): Pingel, Martin^{1*}; Golla, Burkhard¹; Birkenstock, Maren²; Krämer, Christine²; Holz, Lisa²; Röder, Norbert²; Sietz, Diana³; Klimek, Sebastian³

¹Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

²Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, Braunschweig

³Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig

*martin.pingel@julius-kuehn.de

Vorwort

Der vorliegende Bericht ist der vierte und letzte Teil einer Berichtsreihe von vier Berichten, die zusammen den Abschlussbericht „Typologie von Agrarräumen und angepasste Politikziele, Zielbilder und Indikatoren-Sets zur Umsetzung eines Biodiversitätsmonitorings in der Landwirtschaft in Deutschland“ des Verbundprojekts „Entwicklung der grundlegenden Standards für die Umsetzung eines Biodiversitätsmonitorings in der Landwirtschaft (BM–Landwirtschaft)“ darstellen (Projektlaufzeit: 14.05.2019 – 15.09.2023). Die Förderung erfolgte aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank. Das Projekt ist eine Zusammenarbeit der Partner Thünen-Institut (Institut für Biodiversität und Institut für Lebensverhältnisse in Ländlichen Räumen) und Julius Kühn-Institut (Institut für Strategien und Folgenabschätzung). Das Verbundprojekt besteht aus vier Teilprojekten. Für jedes Teilprojekt liegt ein Bericht vor:

Teil 1: Pingel, M., Sinn, C., Holz, L., Klimek, S., Sietz, D., Birkenstock, M., Röder, N., Golla, B. (2026). Typisierung der Agrarräume Deutschlands. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 231.
<https://doi.org/10.5073/20251219-095049-0>.

Teil 2: Holz, L., Krämer, C., Birkenstock, M., Röder, N., Sietz, D., Pingel, M., Klimek, S., Golla, B. (2026). Bewertung der agrarraumspezifischen Wirksamkeit und Realisierbarkeit existierender Politikziele und -maßnahmen zum Schutz der Biodiversität. Thünen Working Paper 279. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. <https://doi.org/10.3220/253-2026-0>.

Teil 3: Sietz, D., Birkenstock, M., Golla, B., Krämer, C., Pingel, M., Holz, L., Röder, N., Klimek, S. (2026). Entwicklung transformativer Zielbilder zur Förderung der Biodiversität und ihrer Ökosystemleistungen in Agrarlandschaften. Thünen Working Paper 280. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. <https://doi.org/10.3220/253-2026-1>.

Teil 4: Pingel, M., Golla, B., Birkenstock, M., Krämer, C., Holz, L., Röder, N., Sietz, D., Klimek, S. (2026). Ableitung und Priorisierung agrarraumspezifischer Indikatoren-Sets für ein Monitoring der Biodiversität in Agrarlandschaften. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 232.
<https://doi.org/10.5073/20251219-095701-0>.

Die Berichte verweisen aufeinander, können aber auch einzeln, unabhängig von der genannten Reihenfolge gelesen werden. Das erste Kapitel ist in allen vier Berichten identisch und enthält die Einführung in die Problemstellung, die Begründung der Notwendigkeit einer agrarraumspezifischen Ausrichtung des Biodiversitätsmonitorings sowie Ziele und Aufbau des Projektes BM-Landwirtschaft. Ab Kapitel 2 wird auf die spezifische Methodik und Durchführung des jeweiligen Teilprojekts eingegangen.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Vorwort | 2 |
| Zusammenfassung | 5 |
| Abstract | 6 |
| 1 Biodiversitätsmonitoring in der Landwirtschaft in Deutschland | 7 |
| 1.1 Notwendigkeit einer agrarraumspezifischen Ausrichtung des Biodiversitätsmonitorings | 7 |
| 1.2 Wirksamkeit und Realisierbarkeit bestehender Politikziele und-maßnahmen | 8 |
| 1.3 Zielbilder für eine Transformation von Agrarlandschaften | 8 |
| 1.4 Ableitung und Priorisierung agrarraumspezifischer Indikatoren-Sets..... | 8 |
| 1.5 Ziel und Aufbau des Projektes | 9 |
| 1.6 Struktur des Abschlussberichts..... | 9 |
| 2 Agrarraumtypen und Zielbilder | 10 |
| 2.1 Die Typisierung der Agrarräume im Überblick | 10 |
| 2.2 Vorstellung der Agrarraumtypen..... | 12 |
| 2.2.1 Agrarraumtyp A: Großflächiger intensiver Ackerbau | 12 |
| 2.2.2 Agrarraumtyp C: Intensive Schweine- und Geflügelhaltung | 13 |
| 2.2.3 Weitere Agrarraumtypen | 14 |
| 2.3 Zielbilder für eine biodiversitätsfreundliche Umgestaltung der Agrarräume | 18 |
| 2.3.1 Zielbild für Agrarraumtyp A: Struktureiche Landschaft und angepasster Marktfruchtanbau | 19 |
| 2.3.2 Zielbild für Agrarraumtyp C: Flächengebundene Tierproduktion und angepasster Marktfruchtanbau | 21 |
| 3 Grundlagen für die Auswahl von Indikatoren und Methodik für die Priorisierung von agrarraumspezifischen Indikatoren-Sets | 22 |
| 3.1 Was sind Indikatoren? | 22 |
| 3.2 Indikatoren-Modelle als Grundlage für die Ableitung von Treiber – Statusbeziehungen | 23 |
| 3.3 Methodik für die Auswahl von Indikatoren und die Priorisierung von agrarraumspezifischen Indikatoren-Sets | 26 |
| 3.3.1 Überblick | 26 |
| 3.3.2 Zustandsindikatoren..... | 26 |
| 3.3.3 Treiberindikatoren | 33 |
| 3.3.4 Agrarraumspezifische Priorisierung | 38 |
| 4 Übergeordnetes, bundesweites Indikatoren-Set | 38 |
| 4.1 Zustandsindikatoren | 39 |
| 4.2 Treiberindikatoren..... | 42 |
| 4.2.1 Landschaftsstruktur..... | 43 |
| 4.2.2 Nutzungsintensität | 44 |
| 5 Agrarraumspezifische Priorisierung von Treiberindikatoren | 46 |
| 5.1 Agrarraumspezifische Priorisierung für ausgewählte Agrarraumtypen | 46 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.1.1 | Agrarraumtyp A (Großflächiger, intensiver Ackerbau)..... | 46 |
| 5.1.2 | Agrarraumtyp C (Intensive Schweine- und Geflügelhaltung)..... | 47 |
| 5.2 | Priorisierung der Treiberindikatoren für die weiteren Agrarraumtypen..... | 48 |
| 6 | Schlussfolgerungen und Ausblick | 50 |
| 6.1 | Schlussfolgerungen..... | 50 |
| 6.2 | Ausblick..... | 51 |
| | Literatur | 52 |
| | Abkürzungsverzeichnis..... | 62 |
| | Abbildungsverzeichnis..... | 63 |
| | Tabellenverzeichnis..... | 64 |
| | Danksagung..... | 65 |

Zusammenfassung

Die intensive Landbewirtschaftung, einhergehend mit einem hohen Einsatz an synthetischen Düngern und Pflanzenschutzmitteln sowie einem Verlust an Struktur- und Lebensraumvielfalt, ist ein wesentlicher Treiber des Rückgangs der Artenvielfalt in den Agrarlandschaften Deutschlands. Bisher existiert keine umfassende Datengrundlage zu Zustand und Trends der Biodiversität in Agrarlandschaften sowie den wesentlichen Treibern von Biodiversitätsveränderungen. Etablierte bundesweite Monitoring-Programme betrachten nur wenige ausgewählte Artengruppen (z. B. Vögel und Tagfalter) oder bestimmte Lebensräume (*Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert*, High Nature Value Farmland) und berücksichtigen dabei nicht die möglichen Ursachen von Veränderungen der Artenvielfalt und -zusammensetzung. Zudem fehlt eine agrarraumspezifische Herangehensweise, welche die regional differenzierten Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Landwirtschaft und Biodiversität einbezieht.

Das Ziel von BM-Landwirtschaft war es daher, ein übergeordnetes bundesweites Set von bestehenden und in Entwicklung befindlichen Zustands- und Treiberindikatoren anhand von agrarraumspezifischen Leitbildern zusammenzustellen und diese für die Agrarräume Deutschlands zu priorisieren. Dazu wurden zunächst, unter Einbeziehung bestehender und geplanter Monitoring-Programme, Artengruppen und Lebensräume identifiziert, die für ein bundesweites Monitoring der Artenvielfalt in Agrarlandschaften relevant sind. Dazu zählen Vögel und Tagfalter, Gefäßpflanzen, Laufkäfer und Spinnen, Wild- und Honigbienen sowie Regenwürmer. Zudem wurden relevante Treiberindikatoren zusammengetragen, die die Dimensionen der landwirtschaftlichen Intensivierung, insbesondere die Nutzungsintensität und die Landschaftsstruktur, abbilden und einen direkten Einfluss auf die Artenvielfalt und Abundanz von Organismen in Agrarlandschaften ausüben.

Für die Treiberindikatoren wurde schließlich eine regionale Priorisierung vorgenommen. Grundlage für die Priorisierung, die in einem Workshop gemeinsam mit Expert*innen aus Wissenschaft, Politik und Administration erarbeitet wurde, war die Typisierung der Agrarräume Deutschlands und die darauf aufbauenden agrarraumspezifischen Zielbilder. Für die acht Agrarraumtypen Deutschlands wird in diesem Bericht eine Priorisierung der Treiberindikatoren vorgenommen. Im Fokus für die Priorisierung der Treiberindikatoren stehen dabei die Agrarraumtypen „Großflächiger intensiver Ackerbau“ und „Intensive Schweine- und Geflügelhaltung“.

Die zusammengestellten Indikatoren-Sets dienen als konzeptionelle Grundlage für die Ausgestaltung eines zukünftigen Monitorings der Biodiversität in Agrarlandschaften. Dabei stellt die regionale agrarraumspezifische Perspektive eine Innovation dar, da sie eine gezielte räumliche Lenkung von agrarumweltpolitischen Maßnahmen für eine verbesserte Förderung der Biodiversität ermöglicht.

Stichwörter: Agrarlandschaft; Agrarraumtypen; Biodiversität; Indikatoren; Monitoring

Abstract

Intensive agricultural practices, accompanied by high use of synthetic fertilizers and pesticides, as well as a loss of structural and habitat diversity, are major drivers biodiversity decline in Germany's agricultural landscapes.

At present, no comprehensive data are available on the status and the trends of biodiversity in agricultural landscapes. Current national monitoring programs focus on selected taxa, such as butterflies or birds, or on specific habitats, such as the monitoring of High Nature Value Farmland. These programs also lack integration of monitoring of potential drivers of change in farmland biodiversity. In addition, they lack an agricultural land system-specific approach that takes into account regionally different cause-effect relationships between agricultural practices and biodiversity.

The goal of the BM-Landwirtschaft project was therefore to compile a nationwide set of existing and emerging state and driver indicators based on agricultural land system-specific guiding principles and to prioritize them for Germany's agricultural land system types. To this end, taxonomic groups and habitats considered relevant for a national monitoring of biodiversity in agricultural landscapes were identified as state variables, including birds, butterflies, vascular plants, ground beetles, spiders, wild and honey bees, and earthworms. Additionally, relevant driver indicators were considered that reflect the dimensions of agricultural intensification, particularly land use intensity and landscape structure, and have a direct impact on species diversity and abundance in agricultural landscapes.

A regional prioritization of the driver indicators was finally carried out. The basis for the prioritization, which was developed in a workshop with experts from science, policy, and administration, was the typology of the agricultural land systems of Germany and the land system-specific guiding principles. This report prioritizes the driver indicators for eight agricultural land system types in Germany, with a focus on the "Large-scale intensive arable farming" and "Intensive pig and poultry farming" types.

The compiled indicator sets serve as a conceptual basis for the design of future biodiversity monitoring programs in agricultural landscapes. The regional, agricultural land system-specific perspective represents an innovation, as it supports tailored agri-environmental policy measures for improved biodiversity conservation.

Keywords: agricultural landscape; agricultural land system types; biodiversity; indicators; monitoring

1 Biodiversitätsmonitoring in der Landwirtschaft in Deutschland

1.1 Notwendigkeit einer agrarraumspezifischen Ausrichtung des Biodiversitätsmonitorings

In Deutschland werden rund 50 % der Fläche landwirtschaftlich genutzt. Damit kommt der Landwirtschaft eine bedeutende Rolle für die Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt zu. Die Intensivierung und Spezialisierung der Nahrungsmittelproduktion der vergangenen Jahrzehnte haben die Landwirtschaft in Deutschland und weltweit grundlegend umgestaltet. Zwar konnten dadurch die Erträge an Grundnahrungsmitteln oft vervielfacht werden, sie haben aber in Hochleistungsregionen wie Europa, China und Nordamerika bereits Ertragsplateaus erreicht (Cassman & Grassini, 2020). Gleichzeitig hat der damit einhergehende hohe Einsatz an synthetischen Düngern und Pestiziden sowie der Verlust an Struktur- und Lebensraumvielfalt den Rückgang der Artenvielfalt in Agrarlandschaften massiv vorangetrieben (Beckmann et al., 2019; EEA, 2019; IPBES, 2019). So sind assoziierte Ökosystemleistungen, auf die die Landwirtschaft angewiesen ist, wie die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen, die biologische Schädlingskontrolle, das Nährstoffrecycling und das Wasserrückhaltevermögen oft stark beeinträchtigt worden (Tscharntke et al., 2005; Power, 2010; Emmerson et al., 2016). In Deutschland liegt derzeit keine umfassende und solide Datenbasis auf nationaler Ebene vor, die es erlaubt, den Zustand, die Trends und die Treiber von Biodiversitätsveränderungen in Agrarlandschaften wissenschaftlich belastbar zu bewerten. Daher kann die Wirksamkeit von agrarumweltpolitischen Maßnahmen, die die Biodiversität in Agrarlandschaften fördern sollen, nur sehr eingeschränkt beurteilt werden. Daraus ergibt sich die Frage, wie die zugrundeliegenden Faktorenkomplexe gezielt erfasst und aussagekräftige Indikatoren für ein umfassendes Biodiversitätsmonitoring in der Landwirtschaft auf nationaler Ebene abgeleitet werden können?

Agrarlandschaften in Deutschland spiegeln die hohe Heterogenität der Topographie, der Böden und der Klimaregionen wider und sind geprägt durch die Art und Intensität der landwirtschaftlichen Produktion. Dabei unterscheidet sich die Intensität der Bewirtschaftung in Bezug auf den Einsatz von Düngemitteln, Pestiziden und Viehdichten zwischen Betrieben und Regionen. Des Weiteren können Klima, Relief und Bodenbeschaffenheit die landwirtschaftliche Produktion begünstigen oder ihr enge Grenzen setzen. Aber auch historische und sozioökonomische Parameter beeinflussen die Art und Intensität der landwirtschaftlichen Produktion (Poschlod, 2017). Neben der Nutzungsintensität unterscheiden sich Agrarlandschaften hinsichtlich der Landbedeckung (z. B. Anteil Acker- und Grünland) und der Landschaftsstruktur, wie die Dichte an Grenzlinien zwischen Agrarflächen und der Größe landwirtschaftlicher Flächen. Diese hohe Vielfalt macht es unmöglich, einheitliche, über alle Agrarlandschaften hinweg zutreffende Antworten oder Bewertungen auf ökologische, ökonomische oder soziale Fragen und Problemstellungen zu finden. Jedoch zeigen sich in dieser Vielfalt räumlich wiederkehrende Muster (Dou et al., 2021; Wolff et al., 2021), die aus typischen Wirkungszusammenhängen zwischen Komponenten der Biodiversität, der Nutzungsintensität und der Landschaftsstruktur resultieren (Meier et al., 2022). Diese Muster bieten die Chance, agrarumweltpolitische Maßnahmen auf typische Ursache–Wirkungsbeziehungen auszurichten und Maßnahmen in solchen Regionen zu priorisieren, in denen sie die größte ökologische Wirkung entfalten können (Sietz et al., 2022; Oberlack et al., 2023). Um diese Chance zu nutzen, besteht die dringende Notwendigkeit, die Agrarräume in Deutschland gemäß der Faktorenkomplexe, die die vielfältigen Interaktionen zwischen Biodiversität und Landwirtschaft charakterisieren, zu klassifizieren.

1.2 Wirksamkeit und Realisierbarkeit bestehender Politikziele und -maßnahmen

Aktuell bestehende Politikziele und -maßnahmen sind kaum an agrarräumliche Gegebenheiten ausgerichtet, sondern werden als gleichermaßen gültig und relevant für alle Agrarräume behandelt. Dadurch werden die spezifischen Ursache-Wirkungsbeziehungen der unterschiedlichen Agrarräume zur Erreichung von Politikzielen und -maßnahmen nicht adressiert. Wirksamkeit und Realisierbarkeit der Politikziele und -maßnahmen werden dadurch stark eingeschränkt und eine zielgerichtete Politikumsetzung ist nicht möglich, da die Wirkung von bestimmten politischen Maßnahmen zum Teil stark vom regionalen Kontext abhängen. Dies zeigt sich unter anderem daran, dass der Trend des Biodiversitätsverlusts bislang nicht durch naturschutz- oder agrarumweltpolitische Ziele und Maßnahmen aufgehalten oder gar umgekehrt werden konnte (Kleijn et al., 2011; Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina et al., 2020). Die Vielzahl an Politikzielen und -maßnahmen, die den Schutz der Biodiversität in der Agrarlandschaft adressieren, erschwert darüber hinaus einen systematischen Überblick und die Darstellung von Synergien oder Konflikten zwischen einzelnen Politikzielen und -maßnahmen. Eine Systematisierung und Zusammenfassung von Politikzielen und -maßnahmen ist somit notwendig, um in einem weiteren Schritt deren Wirksamkeit und Realisierbarkeit in den unterschiedlichen Agrarräumen zu bewerten und damit einen Beitrag zu agrarräumlich differenzierten Politikgestaltung zu leisten.

1.3 Zielbilder für eine Transformation von Agrarlandschaften

Klar definierte Zielbilder, die hier synonym zum Begriff Leitbild (Lendi, 1995; Zimmermann, 2009) verwendet werden, sind eine wesentliche Voraussetzung dafür, biodiversitätsfördernde Maßnahmen effektiv umzusetzen und das Monitoring auf relevante Ursache-Wirkungsbeziehungen abzustimmen (Dieker et al., 2021). Die Zielbilder zeigen, wie sich Biodiversität und Landwirtschaft in Deutschland in der Zukunft idealerweise ergänzen. Sie beschreiben einen angestrebten Zustand von Biodiversität und Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft, der aus einer Transformation, d. h. im Kontext dieses Projektes einer biodiversitätsorientierten Umgestaltung von Agrarsystemen und Agrarlandschaften, resultiert. Eine Beschreibung agrarräumlich-differenzierter Zielbilder existiert für Deutschland bislang nicht. Es ist daher erforderlich, agrarraumspezifische Zielbilder zu definieren, die die Heterogenität der Agrarräume angemessen widerspiegeln. Diese angepassten Zielbilder ermöglichen es, eine Vorstellung davon zu entwickeln, wie ein Agrarraum und der jeweilige landwirtschaftliche Sektor sich im Sinne des Biodiversitätsschutzes bis 2030 entwickeln sollen. Hierdurch wird es möglich, agrarumweltpolitische Maßnahmen und das Monitoring auf agrarraumspezifische Ursache-Wirkungsbeziehungen auszurichten.

1.4 Ableitung und Priorisierung agrarraumspezifischer Indikatoren-Sets

Eng verbunden mit der limitierten Lenkung von Agrarumweltmaßnahmen ist auch die Nutzung weniger und bundesweit einheitlicher Indikatoren zur Beschreibung von Zustand, Trends und Treibern der Biodiversität. Viele agrarische Lebensräume, Organismengruppen und biodiversitätsrelevante Einflussgrößen (Treiber) werden nicht umfassend und hinreichend detailliert erfasst. Die bisher etablierten Monitoring-Programme mit Bezug zu Agrarlandschaften verwenden national oder länderspezifisch einheitliche Indikatoren für sehr unterschiedliche Typen von Agrarräumen. Aus den daraus berichteten Trends lässt sich keine wissenschaftlich verlässliche Beratung für eine zukünftige Ausrichtung und Ausgestaltung der Agrarumweltpolitik ableiten. Ein wesentlicher Vorteil eines agrarraumspezifischen Ansatzes besteht daher darin, dass zukünftig Indikatoren im Monitoring eingesetzt werden können, die stärker auf die jeweiligen Charakteristika von Agrarräumen und die agrarraumspezifischen Zielbilder ausgerichtet sind. Damit können Ursachen für Trendentwicklungen differenzierter erfasst und die Agrarumweltpolitik besser informiert werden.

1.5 Ziel und Aufbau des Projektes

Ziel des Projektes BM-Landwirtschaft war es, die grundlegenden Standards in Vorbereitung der konkreten Umsetzung eines Biodiversitätsmonitorings in der Landwirtschaft in Deutschland zu entwickeln. Diese umfassen:

- eine Typologie der Agrarräume Deutschlands,
- die agrarraumspezifische Bewertung der Wirksamkeit und Erreichbarkeit bestehender Politikziele und-maßnahmen,
- die Entwicklung agrarraumspezifischer, transformativer Zielbilder
- sowie die Ableitung und Priorisierung agrarraumspezifischer Sets von Indikatoren zur Überprüfung der Zielerreichung.

Eine wesentliche Grundlage zur Erreichung der Projektziele war die Beteiligung und Mitwirkung externer Expert*innen aus Wissenschaft, Politik und Administration. Dazu wurde eine Online-Workshop-Reihe mit sechs Veranstaltungen zwischen Januar 2021 und März 2023 durchgeführt. Insgesamt beteiligten sich 27 Expert*innen, davon gut die Hälfte regelmäßig. Alle Expert*innen beschäftigen sich schon seit Jahren mit der Biodiversität in Agrarlandschaften des deutschsprachigen Raumes, sei es aus der Perspektive des Monitorings oder der Bewertung und Gestaltung des förder- bzw. ordnungspolitischen Rahmens aus ökologischer oder ökonomischer Perspektive. Die Beteiligung der Expert*innen an den Workshops gewährleistet eine hohe inhaltliche Qualität und soll eine breite Akzeptanz der im Projekt entwickelten Methodik und Produkte sicherstellen.

Um Synergien zu nutzen, greift das Projekt BM-Landwirtschaft auf Indikatoren aus bestehenden und geplanten Monitoring-Programmen zurück (Dauber et al., 2016; Geschke et al., 2019). Über die gesamte Projektlaufzeit erfolgte zudem eine enge Abstimmung mit dem Verbundvorhaben „Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften“ (MonViA, <https://agrarmonitoring-monvia.de>), welches im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft durchgeführt wird. Während in dem vorliegenden Projekt die konzeptionellen Grundlagen für ein Biodiversitätsmonitoring in der Landwirtschaft erarbeitet wurden, strebt MonViA eine langfristige Umsetzung des Monitorings an. In der MonViA Pilotphase (2019–2023) wurden standardisierte Erfassungsmethoden und innovative Indikatoren zur Politikberatung entwickelt (MonViA Verbundprojekt, 2024).

Damit liefert das Projekt BM-Landwirtschaft eine wesentliche Grundlage, um ein umfassendes bundesweites Biodiversitätsmonitoring aufzubauen. So können die Zweckmäßigkeit agrarumweltpolitischer Entscheidungen und Auswirkungen veränderter Landbewirtschaftung auf die Biodiversität wissenschaftlich fundiert bewertet werden. Aus den langfristig erfassten Trends lassen sich Empfehlungen für die Weiterentwicklung agrar- und umweltpolitischer Maßnahmen und der zukünftigen Ausgestaltung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU ableiten. Damit unterstützen die Ergebnisse des Projekts eine erfolgreiche Umgestaltung von Agrarsystemen und Agrarlandschaften, so dass sie wesentlich dazu beitragen können, die Biodiversität in Landwirtschafts- und Ernährungssystemen zu erhalten und zu fördern.

1.6 Struktur des Abschlussberichts

Der aus vier Teilen bestehende Abschlussbericht stellt die methodischen Ansätze und die Ergebnisse des Projektes vor. Er umfasst die Typisierung der Agrarräume Deutschlands (Teil 1 des Abschlussberichts; Pingel et al., 2026), die es zukünftig erlauben soll, agrarraumspezifische Aussagen zum Zustand und zur Entwicklung der biologischen Vielfalt sowie der wesentlichen Einflussgrößen (Treiber) treffen zu können. Auf Grundlage der daraus resultierenden Typologie wurden bestehende Politikziele und -maßnahmen (z. B. definiert in Biodiversitätsstrategien der EU und Deutschlands, EU-Strategie Farm-

to-Fork, Ackerbaustrategie 2030, Klimaschutzprogramm) agrarräumlich differenziert betrachtet und daraus Schlussfolgerungen für die Politikgestaltung gezogen (Teil 2 des Abschlussberichts; Holz et al., 2026). Weiterhin wurde die Typologie der Agrarräume genutzt, um agrarraumspezifische Zielbilder zu entwickeln, die handlungsleitend wirksam sein sollen (Teil 3 des Abschlussberichts; Sietz et al., 2026). Sie helfen, Agrarumweltmaßnahmen effektiv umzusetzen und das Monitoring auf relevante Ursache–Wirkungsbeziehungen abzustimmen. Um prüfen zu können, inwiefern die angestrebten agrarraumspezifischen Zielbilder erreicht werden, wurden agrarraumspezifische Sets von Indikatoren für das Monitoring abgeleitet (Teil 4 des Abschlussberichts, vorliegender Bericht). Dabei wurden bestehende und in Planung befindliche Monitoring-Programme und daraus abgeleitete Indikatoren berücksichtigt.

2 Agrarraumtypen und Zielbilder

2.1 Die Typisierung der Agrarräume im Überblick

Die Typologie der Agrarräume Deutschlands basiert auf einer Cluster-Analyse von 18 Eingangsvariablen, die die Landbedeckung, Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität sowie die biophysikalischen Faktoren Klima und Relief umfassten (Tabelle 1). Das Set an Variablen wurde mit den Expertinnen und Experten der projektbegleitenden Workshop-Reihe abgestimmt. Alle Daten haben die räumliche Auflösung eines hexagonalen Rasters mit einer Zellgröße von 100 Hektar. In die Cluster-Analyse gingen alle Rasterzellen mit einem Mindestanteil an Offenland von 5 % (ca. 86 % der Fläche Deutschlands) ein. In Vorbereitung der Cluster-Analyse wurden die Variablenwerte normiert, so dass die Eingangsvariablen innerhalb und zwischen den Agrarraumtypen vergleichbar sind. Dabei wurde jede Variable so normiert, dass der bundesweite Mittelwert bei Null liegt und die bundesweite Standardabweichung bei Eins (z-Transformation). Der Teil 1 des Abschlussberichts stellt die Methodik zur Entwicklung der Agrarraumtypen ausführlich dar (Pingel et al., 2026).

Die Cluster-Analyse resultierte in acht Agrarraumtypen, die anhand der Mediane der Eingangsvariablen charakterisiert wurden. Sie umfassen sowohl Ackerbau-, Tierhaltungs- und Grünland-dominierte Typen als auch Mosaik-Typen (Abbildung 1). Im Folgenden werden zwei ausgewählte Agrarraumtypen ausführlich beschrieben. Alle weiteren Typen werden kurz vorgestellt. In den ausgewählten Agrarraumtypen „Großflächiger, intensiver Ackerbau“ und „Intensive Schweine- und Geflügelhaltung“ besteht aufgrund starker Beeinträchtigungen der Arten- und Lebensraumvielfalt durch eine hohe Nutzungsintensität ein besonderer Transformationsbedarf (s. Teil 3 des Abschlussberichts; Sietz et al., 2026). Um die Verständlichkeit zu verbessern, wurden in der hier folgenden Beschreibung der Agrarraumtypen die realen Werte der Eingangsvariablen in der ursprünglichen Maßeinheit verwendet.

Tabelle 1: Übersicht über die verwendeten Eingangsvariablen für die Typologie der Agrarräume Deutschlands.

| Domäne | Variablen | Einheit | Bezugszeitraum | Datengrundlage |
|---------------|----------------|-----------------------------------|----------------|---|
| Landbedeckung | Ackerland | Flächenanteil der Rasterzelle (%) | 2016 | ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |
| | Sonderkulturen | Flächenanteil der Rasterzelle (%) | 2016 | ATKIS Basis-DLM ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |
| | Grünland | Flächenanteil der Rasterzelle (%) | 2016 | ATKIS Basis-DLM ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |
| | Wald | Flächenanteil der Rasterzelle (%) | 2016 | ATKIS Basis-DLM ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |

| Domäne | Variablen | Einheit | Bezugszeitraum | Datengrundlage |
|---------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|---|
| | Siedlungen | Flächenanteil der Rasterzelle (%) | 2016 | ATKIS Basis-DLM ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |
| | Halb-natürliche Habitate | Flächenanteil der Rasterzelle (%) | 2016 | ATKIS Basis-DLM ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |
| Landschaftsstruktur | Shannon Index der Landbedeckung | - | 2016 | ATKIS Basis-DLM ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |
| | Grenzliniendichte | m/ha | 2016 | ATKIS Basis-DLM ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |
| | Mittlere Feldblockfläche | ha | 2016 | ATKIS Basis-DLM ATKIS Basis-DLM (BKG, 2017) |
| Nutzungintensität | Variable Kosten einjährige Marktfrüchte | Euro/ha | 2014-2018 | Röder et al., 2022, S. 185-202 |
| | Variable Kosten für Sonderkulturen | Euro/ha | 2014-2018 | Röder et al., 2022, S. 185-202 |
| | Variable Kosten für Schweine- und Geflügelhaltung | Euro/ha | 2014-2018 | Röder et al., 2022, S. 185-202 |
| | Variable Kosten für Milchvieh- und Mastbullenhaltung | Euro/ha | 2014-2018 | Röder et al., 2022, S. 185-202 |
| | Variable Kosten für extensive Weidewirtschaft | Euro/ha | 2014-2018 | Röder et al., 2022, S. 185-202 |
| Klima | Jahresmitteltemperatur | ° C | 2000-2019 | DWD, Climate Data Center |
| | Temperatur-Saisonalität | ° C | 2000-2019 | DWD, Climate Data Center |
| | Potentielle Verdunstung im März | mm | 2000-2019 | DWD, Climate Data Center |
| Geomorphologie | Reliefheterogenität | - | | DGM200 (BKG, 2019) |

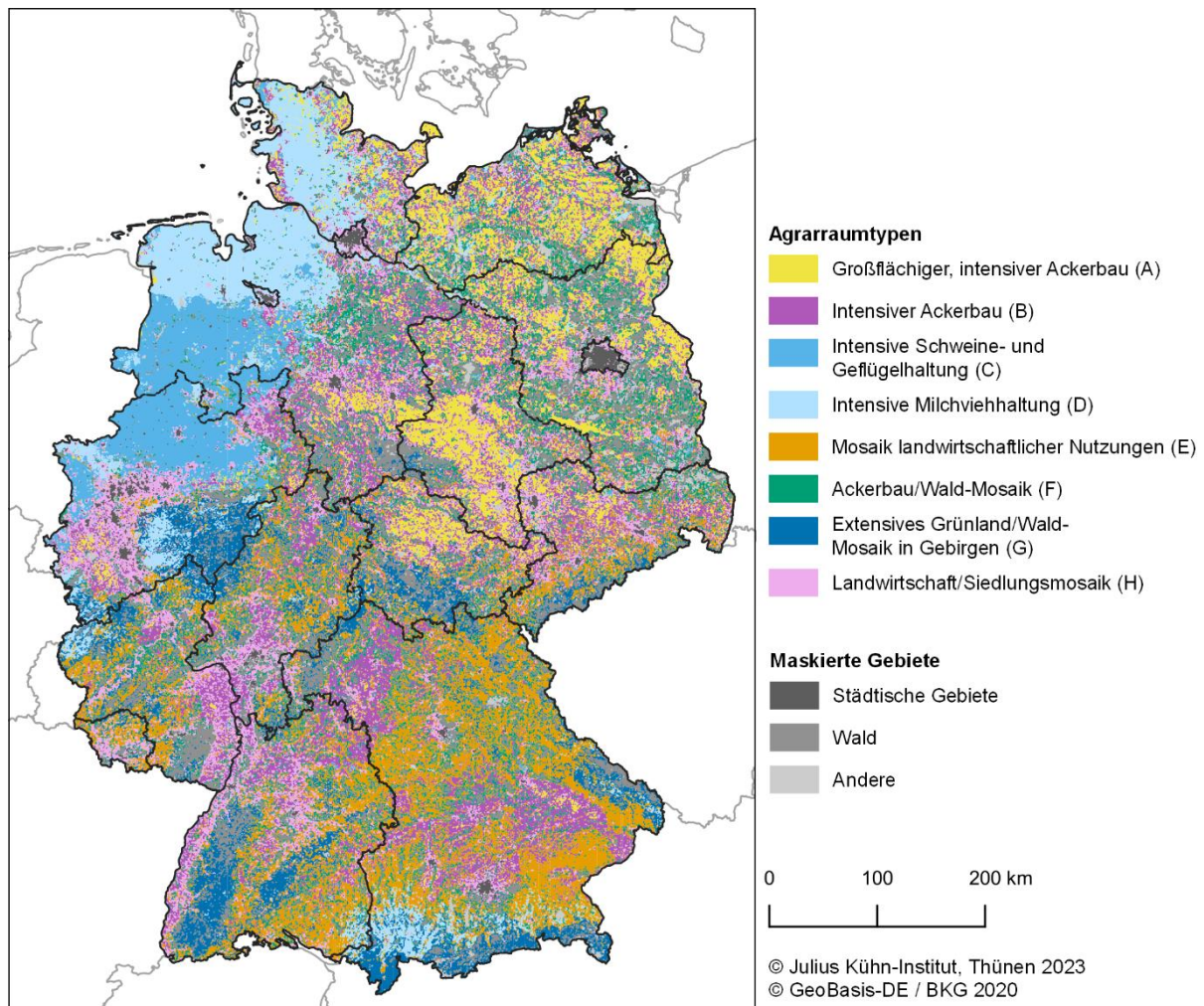


Abbildung 1: Karte Deutschlands mit räumlicher Verteilung der Agrarraumtypen (A-H). Graue Gebiete sind Gebiete mit Offenlandanteil < 5 % oder mit fehlenden Werten in den Eingangsvariablen. Projektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832).

2.2 Vorstellung der Agrarraumtypen

Im Folgenden werden die Eigenschaften und geographische Lage der Agrarraumtypen A „Großflächiger, intensiver Ackerbau“ und C „Intensive Schweine- und Geflügelhaltung“ ausführlich beschrieben, da diese im Fokus der Diskussion über die Priorisierung von Treiberindikatoren standen. In beiden gewählten Agrarraumtypen besteht aufgrund starker Beeinträchtigungen der Arten- und Lebensraumvielfalt ein besonderer Transformationsbedarf (s. Teil 3 des Abschlussberichts; Sietz et al., 2026). Die weiteren Agrarraumtypen werden kurz vorgestellt.

2.2.1 Agrarraumtyp A: Großflächiger intensiver Ackerbau

Kurzfassung: Die Gebiete des Agrarraumtyps A sind vom intensivsten Marktfruchtanbau in ausgeräumten Landschaften geprägt (Abbildung 2a). In solchen strukturarmen Gebieten, die von einjährigen Kulturen mit hoher Nutzungsintensität geprägt sind, ist die Lebensraumvielfalt und Artenvielfalt stark reduziert. Entsprechend ist das Potential zur Bereitstellung regulierender und unterstützender Ökosystemleistungen (z. B. Bestäubung von Kulturpflanzen, Schädlingsregulierung) massiv eingeschränkt. Der Agrarraumtyp A befindet sich vorwiegend in Mittel- und Nordost-Deutschland mit günstigen Bedingungen für die landwirtschaftliche Produktion (Abbildung 2b).

Detaillierte Charakterisierung: Der mittlere Flächenanteil von Ackerland innerhalb dieses Agrarraumtyps beträgt 85 %. Dies stellt vergleichend mit allen weiteren Typen den höchsten Wert dar. Die Landschaftsstruktur ist sehr homogen. Sie weist die geringste Vielfalt an Landbedeckungstypen, die größten Feldblöcke (Mittelwert: 63 ha) und sehr wenige Rand- und Saumstrukturen (Mittelwert Grenzliniendichte: 67 m/ha) auf. Somit ist dieser Agrarraumtyp durch eine sehr geringe Lebensraumvielfalt (z. B. geringes Angebot an Nahrungs- und Rückzugshabitaten für Bestäuber und andere Nützlinge) geprägt. Entsprechend ist die Artenvielfalt stark beeinträchtigt und das Potential zur Bereitstellung regulierender und unterstützender Ökosystemleistungen (z. B. Bestäubung von Kulturpflanzen, Schädlingsregulierung) massiv eingeschränkt. Die großen Feldblöcke ohne erosionsmindernde Strukturen bergen ein erhöhtes Risiko für Erosion.

Der Agrarraumtyp ist durch den intensivsten Marktfruchtbau, d. h., die höchsten variablen Kosten für den Anbau einjähriger Marktfrüchte (insb. Weizen, Raps und Zuckerrübe) geprägt. Die hohe Nutzungsintensität geht mit einer Reihe negativer Auswirkungen auf die Artenvielfalt einher (z. B. hoher Einsatz an Düngern, Pflanzenschutzmitteln und Maschinen, Wegfall von Brachen). Die Lebensraumeignung der Ackerflächen für Pflanzen und Tiere ist gering.

Diese Regionen bieten durch fruchtbare Lössböden, vergleichsweise geringere Frühjahrs-Verdunstung und die geringe Terrainrauigkeit günstige Bedingungen für die landwirtschaftliche Produktion. Die nahezu vollständige Aufgabe der Tierhaltung (insb. Rinder) führt weitgehend zum Wegfall des Feldfutterbaus. Das sogenannte Restgrünland (Mittelwert: 5 %) unterliegt einem sehr geringen Nutzungsdruck und bietet oft erhebliches naturschutzfachliches Aufwertungspotential.

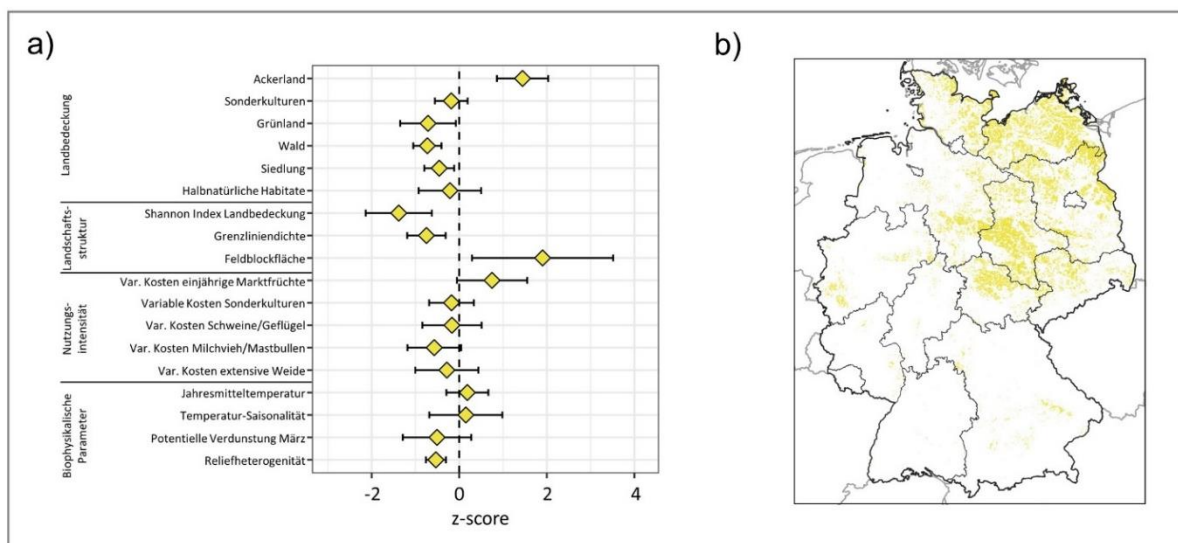


Abbildung 2: Eigenschaften des Agrarraumtyps A basierend auf bundesweit normierten Variablen (a) sowie dessen räumliche Verbreitung (b). Die Rauten in Darstellung (a) zeigen den Mittelwert einer Variablen für den jeweiligen Agrarraumtyp, die horizontalen Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. Die gestrichelte, vertikale Linie stellt den bundesweiten Mittelwert dar. Die räumliche Verbreitung (b) ist durch gelbe Flächen dargestellt. Zur Orientierung sind die Grenzen der Bundesländer eingezeichnet.

2.2.2 Agrarraumtyp C: Intensive Schweine- und Geflügelhaltung

Kurzfassung: Die Gebiete des Agrarraumtyps C sind durch intensive Tierhaltung, vor allem Schweine- und Geflügelhaltung, geprägt (Abbildung 3a). Die hohe Intensität der Landnutzung geht mit Stickstoffüberschüssen einher und bedingt eine geringe Lebensraumeignung für Tier- und Pflanzenarten. Die Gebiete sind mäßig strukturiert. Durch die vorhandenen Anteile an Grünland und Wald ergeben sich

Lebensraumpotentiale für Arten, die regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen erbringen können. Der Agrarraumtyp C befindet sich in Nordwestdeutschland (Abbildung 3b).

Detaillierte Charakterisierung: Der Ackerlandanteil ist in diesem Agrarraumtyp hoch (59 %). Die Vielfalt der Landbedeckungstypen liegt im Vergleich aller Agrarraumtypen im mittleren Bereich. Auch die Feldblockgröße (Mittelwert: 11 ha) und die Rand- und Saumstrukturen (Mittelwert Grenzliniendichte: 124 m/ha) liegen im mittleren Bereich. Durch die geringen aber vorhandenen Anteile an Grünland (13 %) und Wald (13 %) ergeben sich Lebensraumpotentiale für Arten, die regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen erbringen können.

Dieser Typ wird insbesondere durch intensive Tierhaltung, d. h. vor allem Schweine- und Geflügelhaltung sowie teilweise Milchvieh- und Mastbullenhaltung und intensiven Marktfruchtanbau geprägt. Die intensive Tierhaltung bedingt neben den hohen variablen Kosten (Veredlung von Fleisch und anderen tierischen Produkten 3302 €/ha, Rinderhaltung 773 €/ha) auch hohe Investitionskosten. Diese Investitionen betreffen vor allem Gebäude. Die Gebäude können beim Wegfall des Nutzungszweckes z. B. bei Reduzierung der Tierhaltung, wenn überhaupt nur zu einem geringen Restwert veräußert werden. Das heißt, für die kurz- und mittelfristigen Produktionsentscheidungen sind diese sogenannten „versunkene“ Kosten nicht relevant. Dies führt dazu, dass kurzfristige Extensivierungsmaßnahmen mit sehr hohen Kosten verbunden sind. Als wichtiger externer Faktor der agrarischen Nutzung sind hohe Nährstoffemissionen durch Stickstoff und Phosphate in die Luft, das Wasser und den Boden zu nennen. Insbesondere die Stickstoffüberschüsse führen für viele Tier- und Pflanzenarten zu einer deutlichen Verschlechterung der Lebensraumeignung.

Das Klima ist stark ozeanisch geprägt mit milden Wintern und kühlen Sommern. Im Vergleich zu den anderen Agrarraumtypen ergibt sich hieraus eine relativ lange Vegetationsperiode.

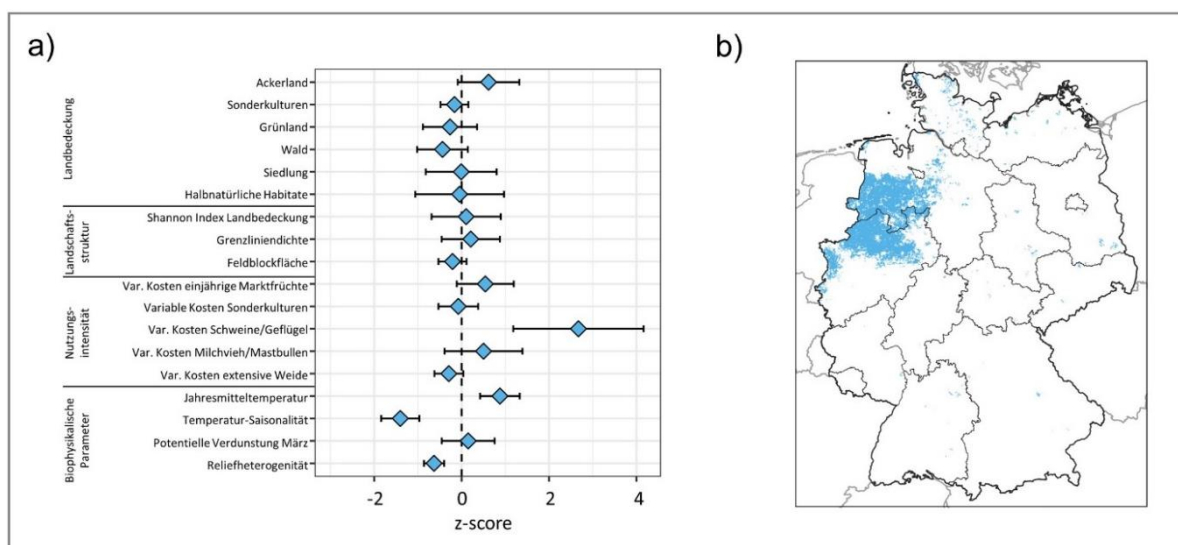


Abbildung 3: Eigenschaften des Agrarraumtyps C basierend auf bundesweit normierten Variablen (a) sowie dessen räumliche Verbreitung (b). Die Rauten in Darstellung (a) zeigen den Mittelwert einer Variablen für den jeweiligen Agrarraumtyp, die horizontalen Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. Die gestrichelte, vertikale Linie stellt den bundesweiten Mittelwert dar. Die räumliche Verbreitung (b) ist durch blaue Flächen dargestellt. Zur Orientierung sind die Grenzen der Bundesländer eingezeichnet.

2.2.3 Weitere Agrarraumtypen

Der Agrarraumtyp B (Intensiver Ackerbau) umfasst Gebiete, die einen hohen Anteil an Ackerflächen mit intensivem Marktfruchtanbau aufweisen (Abbildung 4). Diese Gebiete sind durchschnittlich strukturreich, mit einer mittleren Vielfalt an Landbedeckungstypen, jedoch überdurchschnittlich vielen

Rand- und Saumstrukturen. Daraus ergibt sich gegenüber dem Agrarraumtyp A eine relativ gute Ausstattung an Lebensräumen, die Nützlingsarten als Nahrungs- und Rückzugshabitate dienen können. Der intensive Marktfruchtanbau einjähriger Kulturen wirkt sich jedoch durch den vergleichsweise hohen Einsatz an synthetischen Düngern und Pestiziden, sowie dem hohen Grad an Spezialisierung negativ auf die Artenvielfalt aus. Es ergibt sich daraus ein limitiertes Potential, regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen bereitzustellen. Der Agrarraumtyp B kommt bundesweit gestreut vor, oft in Nachbarschaft mit den Typen A und H (Abbildung 1).

Im Gegensatz zum intensiven Ackerbau ist der **Agrarraumtyp D (Intensive Milchviehhaltung)** vergleichend mit den anderen Typen durch eine sehr intensive Milchviehhaltung geprägt, was sich in den hohen variablen Kosten pro Hektar für diese Produktionsrichtung widerspiegelt (mittlere variable Kosten: 1237 Euro/ha) (Abbildung 4). Diese hohe Intensität der Tierproduktion geht mit hohen Viehdichten einher und erfordert große Mengen an Futtermitteln, die sich im höchsten Grünlandanteil aller Typen ausdrücken (mittlerer Grünlandanteil: 50 %). Aus dieser Form der Tierproduktion ergeben sich sehr hohe Stickstoff- und Phosphatmissionen, die den Boden, das Wasser und die Luft stark beeinträchtigen. Die hohen Stickstoffüberschüsse, sowie die hohe Beweidungs- und Mahd-Frequenzen verschlechtern die Lebensraumqualität des Grünlandes. Die Emissionen beeinträchtigen außerdem umliegende Landschaftsstrukturen sehr stark und verschlechtern deren Lebensraumeignung. Daraus ergibt sich ein limitiertes Vermögen der wildlebenden Arten, regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen zu erbringen, jedoch weniger stark als im Agrarraumtyp C. Der Ackerbau spielt eine untergeordnete Rolle. Der Agrarraumtyp D hat zwei Verbreitungsschwerpunkte: im Nord-Westen Deutschlands (West-SH und Nord-NI) und im Süden (Allgäu, Alpenvorland, BY). Der Typ tritt außerdem am Niederrhein und im Bergischen Land auf (NW) (Abbildung 1).

Der Agrarraumtyp E (Mosaik landwirtschaftlicher Nutzungen) ist durch überdurchschnittliche Grünlandanteile im Mosaik mit Wald und Ackerflächen geprägt (Abbildung 4). Diese Gebiete zeigen die im bundesweiten Vergleich strukturreichsten Landschaften. Sie sind durch die höchste Vielfalt an Landbedeckungstypen, die höchste Grenzliniendichte sowie die im Mittel kleinsten Feldblöcke gekennzeichnet. Die strukturreichen Landschaften bieten ein großes Potential für wildlebende Arten des Offenlandes mit verschiedenen Lebensraumansprüchen. Das Grünland wird überdurchschnittlich intensiv zur Milchvieh- und Mastbullenhaltung genutzt. Daraus ergeben sich auch hier Einschränkungen der Lebensraumeignung für wildlebende Tier- und Pflanzenarten und der Bereitstellung von Ökosystemleistungen. Im Zusammenhang mit der höchsten Strukturvielfalt der Landschaften sind diese Einschränkungen jedoch geringer ausgeprägt als im Typ D. Der Agrarraumtyp E befindet sich vor allem in der südlichen Hälfte Deutschlands (Abbildung 1).

Im Unterschied zu den agrarisch dominierten Typen ist der **Agrarraumtyp F (Ackerbau/Wald-Mosaik)** durch den höchsten Waldanteil, jedoch auch durch die geringsten Rand- und Saumstrukturen sowie eine relativ geringe Vielfalt an Landbedeckungstypen geprägt (Abbildung 4). Ackerbau und Grünlandnutzung sind nur sehr untergeordnet von Bedeutung, mit mäßig intensivem Ackerbau und Tierhaltung. Diese walddominierten Gebiete mit mittlerer Nutzungsintensität weisen ein anderes Artenspektrum als die agrarisch dominierten Typen auf. Sie bieten vor allem geeignete Lebensräume für Ökotonarten, die im Übergangsbereich Wald-Offenland leben, wie z. B. Fledermäuse, die eine wichtige Rolle für die biologische Schädlingsregulierung in der Landwirtschaft spielen können. Arten offener Lebensräume finden in diesem Agrarraumtyp weniger geeignete Habitate. Die Erhaltung und Förderung dieser Ökotonarten hängt daher nicht nur von Agrarumweltmaßnahmen, sondern auch von walddspezifischen Maßnahmen in der Waldrandzone und innerhalb des Waldes ab. Der Agrarraumtyp F kommt bundesweit gestreut vor, oft in Nachbarschaft mit den mit Typen A und E (Abbildung 1)

Der Agrarraumtyp G (Extensives Grünland/Wald-Mosaik in Gebirgen) ist durch einen hohen Waldanteil und einen mittleren Grünlandanteil geprägt (Abbildung 4). Die Nutzungsformen Wald und Grünland bilden ein Mosaik aus, welches den Lebensraumanprüchen vieler Wald- und Grünlandarten gerecht wird. Die hier stark ausgeprägte extensive Weidehaltung und das geringe Düngungsniveau begünstigen eine hohe Artenvielfalt und das Vorkommen spezialisierter und gefährdeter Pflanzen- und Tierarten. Hinsichtlich der Topographie weisen die Gebiete dieses Agrarraumtyps ein sehr heterogenes Relief auf, welches die Intensität der Landnutzung prägt, da steilere Lagen mit mehr Aufwand bewirtschaftet werden müssen und die Mechanisierung erschwert oder unmöglich wird. In den Gebieten dieses Agrarraumtyps besteht die Gefahr der Nutzungsaufgabe. In der Folge verbu-schen Grünlandflächen, wodurch die Artenvielfalt gefährdet ist. Der Agrarraumtyp deckt vorwiegend die Mittelgebirge und Alpen ab (Abbildung 1).

Der Agrarraumtyp H (Landwirtschaft-/Siedlungsmosaik) unterscheidet sich ebenfalls stark von den landwirtschaftlich geprägten Typen. Er ist vor allem durch Siedlungen, den höchsten Anteil intensiv genutzter Sonderkulturen und eine hohe Vielfalt an Landbedeckung gekennzeichnet (Abbildung 4). Die Gebiete sind zudem im bundesweiten Vergleich durch kleine Feldblöcke gekennzeichnet. Sonderkulturen wie Obst, Wein und Gartenbaukulturen können insbesondere spezialisierten Tier- und Pflanzenarten geeignete Lebensräume bieten. Allerdings gehen die vermarkteten Sonderkulturen wie Obst und Wein häufig mit einem hohen Einsatz an synthetischen Düngern und Pestiziden einher und sind durch einen relativ hohen Grad der Mechanisierung gekennzeichnet, welches die Artenvielfalt und damit assoziierte Ökosystemleistungen (insbesondere Bestäubung und Schädlingsregulierung) stark beeinträchtigt. Der Agrarraumtyp H tritt gestreut vor allem im Westen und Südwesten Deutschlands auf (Abbildung 1).

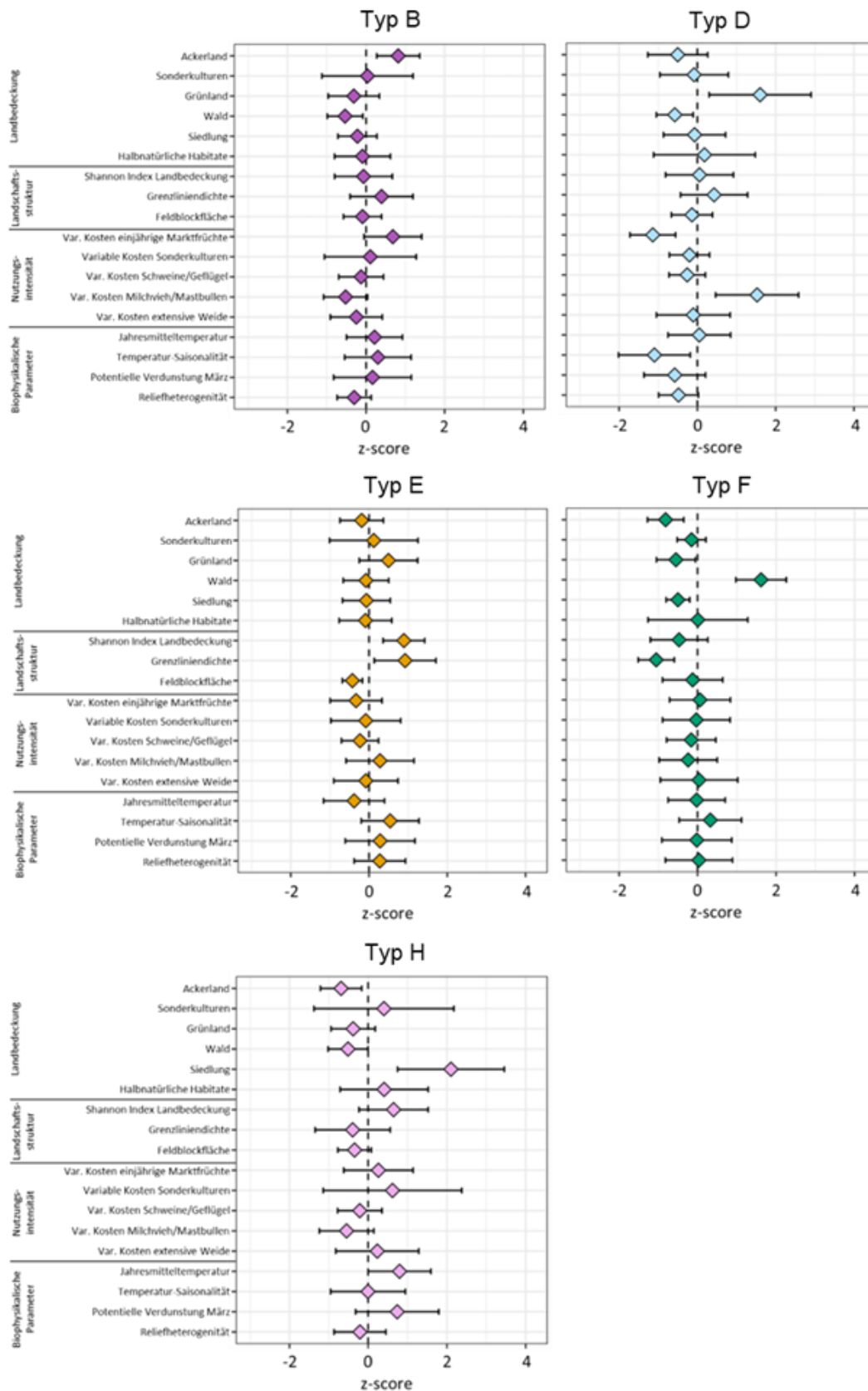


Abbildung 4: Eigenschaften der Agrarraumtypen B und D bis H basierend auf bundesweit normierten Variablen. Die Rauten zeigen den Mittelwert einer Variablen für den jeweiligen Agrarraumtyp, die horizontalen Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. Die gestrichelte, vertikale Linie stellt den bundesweiten Mittelwert dar.

2.3 Zielbilder für eine biodiversitätsfreundliche Umgestaltung der Agrarräume

Die im Projekt BM-Landwirtschaft in Teil 3 des Abschlussberichts entwickelten agrarraumstypenspezifischen Zielbilder beschreiben, wie Biodiversität, assoziierte Ökosystemleistungen und landwirtschaftliche Produktion im Jahr 2030 idealerweise zusammenwirken, nachdem die Agrarlandschaften biodiversitätsfreundlich umgestaltet wurden (Sietz et al., 2026). Sie zeigen außerdem wesentliche Stellschrauben auf, um eine Transformation hin zum Zielbild einzuleiten. Die wichtigsten Stellschrauben zur Erreichung der jeweiligen agrarraumstypenspezifischen Zielbilder sind in Tabelle 2 dargestellt. Exemplarisch werden die Zielbilder der Agrarraumtypen A und C im Folgenden ausführlich beschrieben. Für eine detaillierte Darstellung aller Zielbilder sowie der Methodik zur Entwicklung der Zielbilder wird auf den Teil 3 des Abschlussberichts verwiesen.

Tabelle 2: Zusammenfassung der wesentlichen Stellschrauben zur Erreichung der agrarraumstypenspezifischen Zielbilder für die Agrarraumtypen A bis H.

| Agrarraumtyp | Wesentliche Stellschrauben zur Erreichung der Zielbilder |
|--|---|
| A: Großflächiger, intensiver Ackerbau | <ul style="list-style-type: none"> • strukturreiche Landschaften mit halbnatürlichen Lebensräumen und langjährigen Landschaftselementen • kleine Ackerschläge • reduzierter Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel durch Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes und der Digitalisierung • reduzierter Einsatz mineralischer Düngemittel • angepasste und weite Fruchtfolgen • reduzierte Bodenbearbeitung |
| B: Intensiver Ackerbau | <ul style="list-style-type: none"> • reduzierter Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel durch Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes und der Digitalisierung • reduzierter Einsatz mineralischer Düngemittel • Schaffung und Aufwertung von halbnatürlichen Lebensräumen und Landschaftselementen • angepasste und weite Fruchtfolgen |
| C: Intensive Schweine- und Geflügelhaltung | <ul style="list-style-type: none"> • reduzierte Besatzdichten und flächengebundene Tierhaltung, dadurch Minimierung von Nährstoffüberschüssen • reduzierter Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel und mineralischer Düngemittel in Grünland und Ackerbau • Schaffung und Aufwertung von halbnatürlichen Lebensräumen und Landschaftselementen |
| D: Intensive Milchviehhaltung | <ul style="list-style-type: none"> • reduzierte Besatzdichten und flächengebundene Tierhaltung, dadurch Minimierung von Nährstoffüberschüssen • Reduzierung der Mahdhäufigkeit und zeitliche und räumliche Diversifizierung der Mahdtermine • Erhaltung und ökologische Aufwertung von halbnatürlichen Lebensräumen und Landschaftselementen • verstärkte weidebasierte Tierhaltung |
| E: Mosaik landwirtschaftlicher Nutzungen | <ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung und Förderung der Mosaiklandschaft |

| Agrarraumtyp | Wesentliche Stellschrauben zur Erreichung der Zielbilder |
|---|---|
| F: Ackerbau/Wald-Mosaik | <ul style="list-style-type: none"> • reduzierter Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel und mineralischer Düngemittel in Grünland und Ackerbau • Grünlandbewirtschaftung standortangepasst mit geringerer Mahdhäufigkeit und geringerer Tierbesatzdichte • Erhaltung und ökologische Aufwertung von halbnatürlichen Lebensräumen und Landschaftselementen |
| G: Extensives Grünland-/Wald-Mosaik in Gebirgen | <ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung der standortangepassten, extensiven Grünlandnutzung • kraftfutterreduzierte Milcherzeugung • Stopp der Nutzungsaufgabe und Unternutzung von Grünland • räumlich und zeitlich gestaffelte Mahdtermine, angepasste Mahdhäufigkeiten |
| H: Landwirtschaft-/Siedlungsmosaik | <ul style="list-style-type: none"> • reduzierter Einsatz mineralischer Düngemittel in Grünland, Ackerbau und Sonderkulturen • reduzierter Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Wein-, Obst- und Gemüsebau durch Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes • Schaffung gehölzdominierter Landschaftselemente als Saumstrukturen von Nutzflächen |

2.3.1 Zielbild für Agrarraumtyp A: Struktureiche Landschaft und angepasster Marktfruchtanbau

Im Jahr 2030 sind diese aktuell strukturarmen und ackerbaulich sehr intensiv genutzten Gebiete durch vielfältige Lebensräume gekennzeichnet, die zahlreichen wildlebenden Arten Nahrungs-, Vermehrungs- und Rückzugshabitate bieten (Abbildung 5). Gleichzeitig werden die Ackerflächen mäßig intensiv bewirtschaftet und das Restgrünland ist ökologisch aufgewertet.

Die Agrarlandschaft ist reich an Lebensräumen bestehend aus diversen Landschaftselementen wie Hecken, Feldrainen, Säumen, Feldgehölzen und Kleingewässern. Diese sind als langjährige Strukturelemente angelegt. Die ehemals sehr großen Schläge wurden verkleinert und bieten damit zahlreiche Rand- und Saumstrukturen. Noch bestehende Strukturelemente wurden erhalten und ökologisch aufgewertet. Die Landschaftselemente bieten wertvolle Lebensräume für eine Reihe von wildlebenden Arten, die in den ackerbaulich geprägten Räumen wesentliche regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen erbringen. Dazu gehören Nützlinge, die u. a. zur Bestäubung von Kultur- und wildlebenden Pflanzen (z. B. Wildbienen), zur biologischen Schädlingsbekämpfung (z. B. Laufkäfer) und zur Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit (z. B. Regenwürmer) beitragen. Weiterhin unterstützt die Vielfalt an Landschaftselementen die bessere Vernetzung von Lebensräumen (z. B. als Trittsteine und Korridore) und trägt wesentlich zur Reduzierung von Bodenerosion bei.

Der dominierende Marktfruchtanbau weist eine mittlere Nutzungsintensität auf, da synthetische

Dünger und chemische Pflanzenschutzmittel nur begrenzt eingesetzt werden. Der Anteil an Mischbetrieben, die Ackerbau und Tierhaltung kombinieren, wurde erhöht und dadurch betriebliche Nährstoffkreisläufe besser geschlossen. Der vermehrte Einsatz organischer Dünger wie Stallmist und Rindergülle führt zu einer Einsparung an Mineraldüngern. Durch die konsequente Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes wurden besonders gefährliche Pestizide durch weniger kritische Wirkstoffe oder alternative, nicht-chemische Pflanzenschutzverfahren ersetzt. Durch die Kombination mit technischen Innovationen im Zuge der Digitalisierung (z. B. Sensorik, Robotik) werden agrochemische Erzeugnisse nur noch minimal genutzt und Anbausysteme diversifiziert. Damit konnte der Rückgang charakteristischer Arten (z. B. Agrarvögel, Insekten, Bodenorganismen) aufgehalten und teilweise umgekehrt werden. Gleichzeitig werden sensible Lebensräume außerhalb von Agrarlandschaften wie beispielsweise Naturschutzgebiete und die dort lebenden Arten wirksam(er) vor Pestizid- und Nährstoffeinträgen geschützt. Angepasste, weite Fruchtfolgen fördern die Regulierung von Schädlingen und tragen durch Vorfruchteffekte zur Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und damit zu verminderten Düngergaben bei. Langfristig soll der Einsatz synthetischer Dünger (insbesondere von Stickstoff) und chemischer Pflanzenschutzmittel auf Ausnahmefälle beschränkt werden. Das Anlegen ein/mehrjähriger Blühstreifen und -flächen sowie Brachen und die Einschränkung maschineller Bodenbearbeitung unterstützen diese positiven Effekte auf die Artenvielfalt. Die reduzierte Bodenbearbeitung trägt zu einem verbesserten Schutz vor Erosion bei und erhöht die Wasserhaltefähigkeit des Bodens.

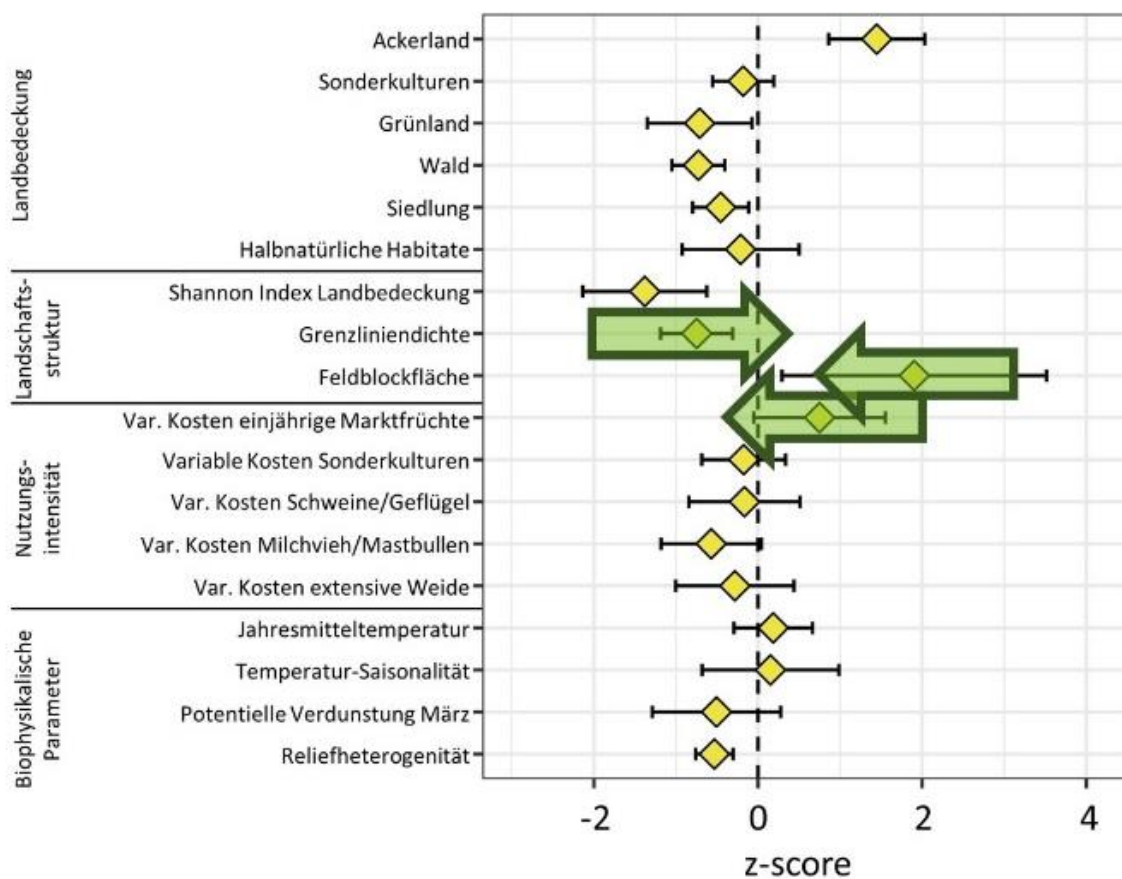


Abbildung 5: Veranschaulichung der wesentlichen Entwicklungspfade (dargestellt durch die Richtung der Pfeile) zur Erreichung des Zielbilds für Agrarraumtyp A: Strukturreiche Landschaft und angepasster Marktfruchtanbau.

2.3.2 Zielbild für Agrarraumtyp C: Flächengebundene Tierproduktion und angepasster Marktfruchtanbau

Im Jahr 2030 sind die Bestandsgrößen und Tierzahlen in den derzeit sehr intensiven Tierhaltungsregionen reduziert, weitestgehend an die Fläche des Pflanzenbaus gebunden und regional gleichmäßiger verteilt (Abbildung 6). Nährstoffüberschüsse sind minimiert. Im Ackerbau und Grünland werden synthetische Dünger und chemische Pflanzenschutzmittel nur eingeschränkt eingesetzt. Die Agrarlandschaft ist reich an Strukturelementen.

Die artgerechte, regional angepasste Haltung von Schweinen und anderen Nutztieren verbessert das Tierwohl und die Tiergesundheit. Nährstoffkreisläufe sind regional geschlossen und zulässige Tierbesatzdichten werden von Tierwohl-, Klima- und anderen Umweltzielen abgeleitet. Dadurch werden Nährstoffüberschüsse vermieden und es wird nur so viel Wirtschaftsdünger produziert, wie pflanzenbaulich effizient verwertet werden kann. Der anfallende Wirtschaftsdünger wird effizient verteilt, so dass die Nährstoffe gut recycelt und regionale Überschüsse vermieden werden. Die damit wirksam begrenzten Nährstoffeinträge, insbesondere von Stickstoff, in Gewässer, Böden und die Luft fördern die Lebensraumeignung für viele Tier- und Pflanzenarten (z. B. Insekten, Agrarvögel). In der Nutztierhaltung werden biozidfreie Methoden zur Kontrolle von krankheitsübertragenden Insekten, Nagetieren und anderen Schädlingen dem Einsatz von Bioziden vorgezogen. Damit sind Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen weniger Giften ausgesetzt und reichern weniger Schadstoffe über die Nahrungsnetze an.

Die positiven Effekte der technisch optimierten und tiergerechten Nutztierhaltung werden durch eine pflanzenbetonte Ernährung, die auf einen ausgewogenen Konsum von tierischen Lebensmitteln setzt, unterstützt. Tierische Produkte wie Milch, Fleisch und Eier werden nur noch in begrenztem Maße durch Verbraucher*innen nachgefragt und eine hohe Qualität wird vorausgesetzt. Die Flächenbindung der Tierhaltung hat zur Folge, dass weniger Futtermittel importiert und damit weniger Flächen in anderen Ländern beansprucht werden.

Die Wiederherstellung und Wiedervernässung von Mooren schafft Lebensraum für viele seltene und spezialisierte Tier- und Pflanzenarten und unterschützt die Ziele des Klimaschutzes. Ökonomisch tragfähige Konzepte für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Moorböden wurden entwickelt und umgesetzt.

Im Ackerbau ist das Produktionsniveau regional angepasst. Insbesondere werden synthetische Dünger und chemische Pflanzenschutzmittel nur beschränkt eingesetzt und alternative Methoden zur Schädlingsregulierung genutzt (z. B. integrierter Pflanzenschutz). Die biodiversitätsorientierte Bewirtschaftung sowohl von Acker- als auch Grünland schafft wesentliche Voraussetzungen dafür, ökologische Prozesse in der Agrarlandschaft zu fördern.

Zusätzlich werten vielfältige Landschaftselemente wie Hecken, Feldraine, Säume, Feldgehölze und Kleinstgewässer die Agrarlandschaft ökologisch auf. In neu entstehenden und ökologisch aufgewerteten Nahrungs-, Vermehrungs- und Rückzugshabitaten siedeln sich diverse Tier- und Pflanzenarten wieder an. Sie können sowohl regulierende als auch unterstützende Ökosystemleistungen erbringen.

ein Biodiversitätsmonitoring sind, um Aussagen über den Zustand und die Veränderung der Bestandteile der biologischen Vielfalt sowie relevanter Einflussgrößen zu treffen. Mit Indikatoren lassen sich Fortschritte und bestehende Defizite beim Schutz, der Wiederherstellung und der nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften aufzeigen. Indikatoren müssen daher Zusammenhänge zwischen dem Zustand und der Entwicklung der Biodiversität in Agrarlandschaften und den Ursachen von Biodiversitätsveränderungen darstellbar machen. Sie müssen eine hohe und bundesweite Aussagekraft aufweisen, mit standardisierten Methoden gut zu erfassen sein, sowie eine hohe Kommunizierbarkeit, Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit aufweisen (Weber et al., 2004). Die oben genannten Definitionen verdeutlichen aber auch, dass es keinen alleinigen Indikator für Biodiversität geben kann, sondern dass die Auswahl von geeigneten Indikatoren von der jeweiligen Frage und der zu bewertenden Komponente der biologischen Vielfalt abhängt (Duelli & Obrist, 2003a).

Zudem wird die Auswahl der Indikatoren von dem zugrundeliegenden Wertesystem geleitet (Duelli & Obrist, 2003a). In diesem Zusammenhang wird zwischen deskriptiven und normativen Indikatoren unterschieden (Heink & Kowarik, 2010). Deskriptive Indikatoren sind Messgrößen, die relativ einfach zu untersuchen sind und die als Anzeiger für einen schwieriger zu erfassenden Sachverhalt genutzt werden können, wie z. B. dem Vorhandensein bestimmter Pflanzenarten (sogenannter Kennarten) auf einer Grünlandfläche zur Beschreibung des qualitativen Zustands eines Grünland-Ökosystems. Dahingegen sind normative Indikatoren mit der Festlegung eines bestimmten Umweltziels verbunden, wie z. B. der zukünftige Zustand bzw. ein angestrebter Zielwert einer Populationsgröße von Vögeln. Damit ermöglichen normative Indikatoren Aussagen darüber, ob ein gewünschter Umweltzustand letztlich erreicht wurde (Heink & Kowarik, 2010). Beispielsweise werden im Rahmen der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) mithilfe von normativen Indikatoren Fortschritte bei der Umsetzung der Maßnahmen und Erfolge bei der Erreichung der naturschutzfachlichen Ziele der Strategie gemessen (BMUV, 2007). Dazu werden Zielwerte für spezifische Indikatoren quantifiziert und mit einem konkreten Zieljahr versehen, wie beispielsweise für den NBS-Indikator „Artenvielfalt und Landschaftsqualität“. Normative Indikatoren sind oft das Ergebnis politischer Entscheidungsprozesse und daher abhängig von den jeweils geltenden Wertvorstellungen und politischen Zielen. Sie sollten deshalb nicht mit deskriptiven Indikatoren verwechselt werden. Zudem sind Zielwerte, die sich auf historische Vergleichsdaten stützen, oft mit Unsicherheiten behaftet, da häufig standardisiert erhobene Referenzwerte über historische Populationszustände bzw. Populationsgrößen fehlen (Soga & Gaston, 2018).

3.2 Indikatoren-Modelle als Grundlage für die Ableitung von Treiber – Statusbeziehungen

Für eine effiziente Politikberatung ist es notwendig, Indikatoren in einen schlüssigen und transparenten Zusammenhang zu bringen. Das Driver-Pressure-State-Impact-Response-(DPSIR-)Modell ist ein international anerkanntes System (EEA, 1999; Spangenberg et al., 2009), welches es ermöglicht, Indikatoren sinnvoll zu strukturieren und zu organisieren. Dieses Modell ermöglicht die vereinfachte Darstellung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen beispielsweise der Art und Intensität der Landnutzung und der Artenvielfalt spezifischer Artengruppen. In dem DPSIR-Modell beschreiben „Drivers“ (Treiber) die übergeordneten indirekten Antriebsindikatoren (z. B. internationaler Agrarhandel, Einkaufs- und Konsumverhalten der Menschen), welche auf die Biodiversität wirken. „Pressures“ (Belastungsindikatoren) beschreiben konkrete Ursachen, welche direkt auf die Biodiversität wirken. „State“ (Zustandsindikatoren) bilden den Zustand bestimmter Komponenten der biologischen Vielfalt ab. „Impact“ (Auswirkungsindikatoren) beschreiben Konsequenzen, die sich aus den Veränderungen der biologischen Vielfalt ergeben. „Response“ (Maßnahmenindikatoren) zeigen auf,

mit welchen Maßnahmen die Politik auf Veränderungen der biologischen Vielfalt reagiert. Das DPSIR-Modell bildet die Grundlage für die Indikatoren der NBS (BMUV, 2007). Dieses Modell wurde jedoch trotz seines generellen Nutzens als ein Instrument zur Entscheidungshilfe (Tscherning et al., 2012) wegen seiner vereinfachten Darstellung von Kausalitäten häufig kritisiert (Niemeijer & Groot, 2008).

Da in dem Projekt BM-Landwirtschaft die Zusammenhänge zwischen den direkten Treibern und dem Zustand bzw. der Entwicklung bestimmter Komponenten der biologischen Vielfalt im Vordergrund stehen, wurde zur Strukturierung und Organisation der Indikatoren ein vereinfachtes und modifiziertes System des DPSIR-Modells verwendet. Das verwendete Response-Pressure-State-Benefit-(RPSB)-Modell beginnt im Gegensatz zu dem DPSIR-Modell mit den Maßnahmenindikatoren („Policy Responses“) und nicht mit übergeordneten indirekten Antriebsindikatoren („Drivers“), um zu betonen, dass die Ausrichtung der Politikmaßnahmen bzw. eine effiziente Politikberatung im Fokus des Monitorings steht (Sparks et al., 2011). Das RPSB-Modell (siehe Abbildung 7) erleichtert damit das Verständnis der Beziehungen zwischen agrarumweltpolitischen Maßnahmen („Policy Responses“), den Belastungen bzw. den direkten Treibern von Biodiversitätsänderungen („Pressures upon biodiversity“), dem Zustand der biologischen Vielfalt („State of biodiversity“) und dem Nutzen („Benefits from biodiversity“), den die Landwirtschaft aus einer hohen Biodiversität zieht. Das RPSB-Modell kann auf der nationalen und regionalen Ebene umgesetzt werden und stellt daher nach Ansicht des Projektteams einen geeigneten Rahmen für ein bundesweites Monitoring der Biodiversität in Agrarlandschaften dar. Die explizite Berücksichtigung des Nutzens der Biodiversität für die Menschen („Benefits from Biodiversity“) ermöglicht zudem die Einbeziehung von Ökosystemleistungen.

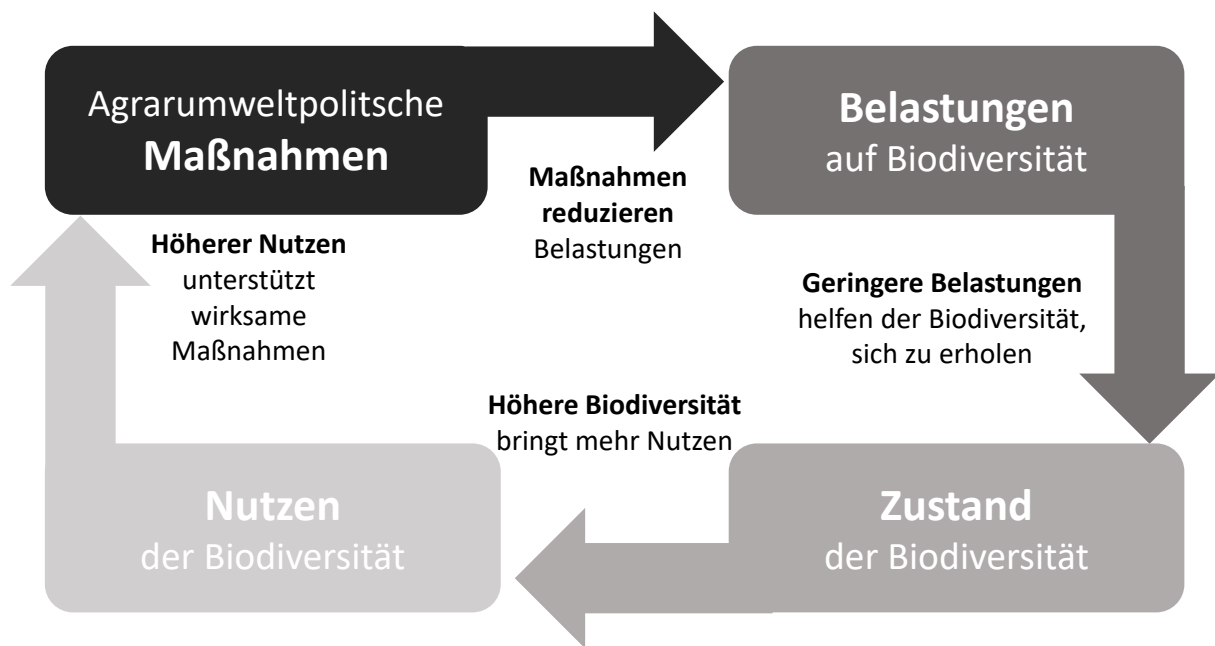


Abbildung 7: Schematische Darstellung des Pressure-State-Benefit (RPSB) Modells (verändert nach Sparks et al., 2011). Im Projekt BM-Landwirtschaft liegt der Fokus auf den Belastungen bzw. den direkten Treibern von Biodiversitätsänderungen („Belastungen auf Biodiversität“) und dem Zustand der biologischen Vielfalt („Zustand der Biodiversität“).

Das Millennium Ecosystem Assessment setzt Ökosystemleistungen mit dem Nutzen („benefits“) gleich, welchen Menschen von Ökosystemen beziehen (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Die Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt ist die Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme und trägt dadurch direkt und indirekt zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen bei (IPBES, 2019). In diesem Zusammenhang hat eine hohe Vielfalt funktioneller Artengruppen in

der Landwirtschaft eine hohe Relevanz für die Bereitstellung und Aufrechterhaltung von Ökosystemleistungen (Power, 2010). So beeinflussen eine hohe Anzahl und Abundanz von bestäubenden Insekten und natürlichen Feinden von Schädlingen die Bereitstellung von Ökosystemleistungen, wie die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen und die biologische Schädlingsregulierung, in Agrarlandschaften positiv (Dainese et al., 2019). Die Bereitstellung von Ökosystemleistungen hängt wesentlich von einigen wenigen häufigen Arten ab (Winfree et al., 2015). Die Synthese von Dainese et al. (2019) zeigt, dass eine Vereinheitlichung der Landschaftsstruktur mit einer verringerten Anzahl und Abundanz von bestäubenden Insekten und natürlichen Feinden von Schädlingen und damit mit einer geringeren Bereitstellung von Ökosystemleistungen einhergeht. Zudem gibt es Nachweise dafür, dass halbnatürliche Lebensräume, wie Blühstreifen und Hecken, die Abundanz von häufig vorkommenden, bestäubenden Insekten und damit die Bestäubung von räumlich benachbarten bestäuberabhängigen Kulturen erhöht (Blaauw & Isaacs, 2014). Eine hohe funktionelle Vielfalt bestäubender Insekten kann zudem die Ernteerträge von Kulturen wie Winterraps steigern (Woodcock et al., 2019). Generell ist eine hohe biologische Vielfalt für die Stabilität dieser Leistungen notwendig (Tilman et al., 2006; Winfree & Kremen, 2009). Eine hohe biologische Vielfalt trägt zum Erlebnis- und Erholungswert von Agrarlandschaften und damit zum menschlichen Wohlbefinden bei. Beispielsweise wurde festgestellt, dass artenreiches Grünland, d. h., bunt blühende Wiesen und Weiden, einen hohen ästhetischen Wert hat (Lindemann-Matthies et al., 2010).

In diesem Bericht des Projekts BM-Landwirtschaft stehen die Zustandsindikatoren („Zustand der Biodiversität“, Abbildung 7) und die direkten Treiber von Biodiversitätsveränderungen (Treiberindikatoren, „Belastungen auf Biodiversität“) im Fokus. Der Nutzen („Nutzen der Biodiversität“) einer erhöhten Arten- und Lebensraumvielfalt in Agrarlandschaften für die Landwirtschaft wird nicht über Indikatoren nach dem RPSB-Modell dargestellt. Nach Auffassung des Projektteams ermöglicht die derzeitige Verfügbarkeit von Daten keine bundesweite Ableitung der für die Landwirtschaft relevanten Ökosystemleistungen (siehe auch Heink et al., 2016). Neben der Datenverfügbarkeit besteht zudem bisher kein Konsens in der Fachliteratur über die bestgeeignete Methode zur Quantifizierung von spezifischen Ökosystemleistungen (Boerema et al., 2017). Es wird daher in dem Projekt BM-Landwirtschaft vereinfachend davon ausgegangen, dass ein „besserer“ Zustand der biologischen Vielfalt, d. h., eine höhere Arten- und Lebensraumvielfalt, mit einem höheren Potential für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen und damit einem höheren Nutzen für die Landwirtschaft einhergeht. Beispielsweise führt eine Verringerung der Belastungen durch angepasste, weite Fruchtfolgen im Marktfruchtanbau zu einer höheren Lebensraumeignung der Ackerflächen für natürliche Feinde von Schädlingen (Redlich et al., 2018). Dies fördert wiederum das Potential zur Regulierung von Schädlingen („Nutzen der Biodiversität“) und kann zudem durch Vorfruchteffekte zur Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit beitragen (Tamburini et al., 2020). Als ein weiteres Beispiel kann durch die Etablierung von langjährigen Strukturelementen in strukturarmen Agrarlandschaften, wie Hecken, Feldrainen und Säumen, Lebensraum für eine Reihe von wildlebenden Arten geschaffen werden und damit der Zustand der Artenvielfalt verbessert werden (Montgomery et al., 2020). Dieser zusätzliche Lebensraum fördert blütenbesuchende Insekten (z. B. Wildbienen) und damit das Potential für die Bestäubung von Kultur- und wildlebenden Pflanzen („Nutzen der Biodiversität“) (Morandin et al., 2016). Zudem unterstützt eine hohe Strukturvielfalt die Vernetzung von Lebensräumen (z. B. als Trittsteine und Verbindungskorridore) und trägt wesentlich zur Reduzierung von Bodenerosion bei (Montgomery et al., 2020). Diese exemplarisch dargestellten Ursache-Wirkungs-Beziehungen wurden für die Entwicklung transformativer Zielbilder verwendet (siehe Abschnitt 2.3 und Teil 3 des Abschlussberichts; Sietz et al., 2026).

Indikatoren zu Politikmaßnahmen („Agrarumweltpolitische Maßnahmen“) zur Reduzierung der Belastungen wurden im Rahmen dieses Berichts ebenfalls nicht bearbeitet. Um diesen Bereich zu adressieren, wurde als Teilziel des Projektes BM-Landwirtschaft eine agrarraumspezifische Bewertung der

Wirksamkeit und Realisierbarkeit existierender Politikziele und –maßnahmen zum Schutz der Biodiversität vorgenommen (siehe Teil 2 des Abschlussberichts; Holz et al., 2026). Aus den spezifischen, existierenden Politikzielen und -maßnahmen lassen sich aus Sicht des Projektteams Indikatoren für agrarumweltpolitische Maßnahmen ableiten. Die Ergebnisse des zweiten Teils des Abschlussberichts zeigen aber auch, dass es für einige Bereiche der Landwirtschaft derzeit keine hinreichend operationalisierten Ziele existieren (z. B. für die Erhaltung, Förderung und nachhaltige Nutzung von artenreichem Grünland).

3.3 Methodik für die Auswahl von Indikatoren und die Priorisierung von agrarraumspezifischen Indikatoren-Sets

3.3.1 Überblick

Der agrarraumspezifischen Priorisierung von Indikatoren ging zunächst die Recherche und Abstimmung eines übergeordneten, bundesweiten Sets von Zustands- und Treiberindikatoren voraus. Für die Recherche wurden bestehende und geplante Monitoring-Programme auf bundesweiter Ebene herangezogen. Die Kriterien und Programme für die Auswahl geeigneter Indikatoren ist in den Abschnitten 3.3.2 bis 3.3.3 beschrieben.

Im zweiten Schritt wurde das übergeordnete, bundesweite Set an Zustands- und Treiberindikatoren im Rahmen eines Workshops diskutiert. Der Workshop fand am 19.01.2023 als dreistündige Online-Veranstaltung mit elf Expert*innen aus dem Agrarumweltbereich statt (siehe Abschnitt 1.5). Ziel war es, das Indikatoren-Set auf Vollständigkeit und Plausibilität zu überprüfen und, wo notwendig, Ergänzungen vorzunehmen. In Abschnitt 4 erfolgt eine detailliertere Beschreibung der Zustands- und Treiberindikatoren.

Im dritten Schritt erfolgte eine agrarraumspezifische Priorisierung der Treiberindikatoren. Diese orientiert sich an den Zielbildern, um zu gewährleisten, dass die wichtigsten regionalen Einflussgrößen auf den Zustand und die Entwicklung der Arten- und Lebensraumvielfalt in der Agrarlandschaft abgebildet werden und damit die Politikberatung und Lenkung von Politikmaßnahmen unterstützt wird. Der konzeptionelle Ansatz und das Vorgehen der Priorisierung ist in Abschnitt 3.3.4 dargelegt.

3.3.2 Zustandsindikatoren

Um Aussagen zum Zustand und der Entwicklung der Artenvielfalt in Agrarlandschaften zu treffen, ist es erforderlich, mehrere Artengruppen zu erfassen (Westgate et al., 2014). Zahlreiche Studien haben belegt, dass eine einzelne Artengruppe, wie beispielsweise Vögel, weder als universeller noch als besonders guter Prädiktor für den Artenreichtum anderer Artengruppen geeignet ist (Vessby et al., 2002; Wolters et al., 2006). Da es weder kosteneffizient noch praktisch umsetzbar ist, viele unterschiedliche Gruppen von Taxa über entsprechende Monitoring-Programme zu erfassen, ist es notwendig, sich auf eine kleinere Anzahl von taxonomischen Gruppen festzulegen (Weber et al., 2004; Tälle et al., 2023). In diesem Zusammenhang hat eine Untersuchung von Sauberer et al. (2004) in österreichischen Agrarlandschaften gezeigt, dass insbesondere Pflanzen und Vögel als gute Surrogat-Taxa für den Gesamtartenreichtum geeignet sind. Die Biodiversität umfasst neben der Artenvielfalt die Vielfalt der Lebensräume sowie die genetische Vielfalt. Daher wurden im Projekt BM-Landwirtschaft auch Zustandsindikatoren für die Vielfalt der Lebensräume berücksichtigt. Eine Studie von Billeter et al. (2008), die in 25 Agrarlandschaften von jeweils 16 km² Größe in sieben europäischen Ländern durchgeführt wurde, hat die Beziehungen zwischen den Artenzahlen unterschiedlicher Organismengruppen und zwischen Artenreichtum und Landschaftsparametern untersucht. Diese Studie zeigte, dass der Anteil an halbnatürlichen Lebensräumen auf Landschaftsebene ein gutes Surrogat, d. h. stellvertretendes Maß, für den Gesamtartenreichtum unterschiedlicher Artengruppen darstellt.

Indikatoren für die genetische Vielfalt von Nutztieren und -pflanzen wurden im Rahmen des Projektes BM-Landwirtschaft trotz der hohen Relevanz für die Ernährungssicherheit und die nachhaltige Entwicklung (Jones et al., 2021) nicht berücksichtigt. Indikatoren für die genetische Vielfalt von Nutztieren und -pflanzen könnten jedoch im Rahmen zukünftiger Forschung in das Indikatoren-Set integriert werden (siehe Abschnitt 6).

Die wesentlichen Kriterien im Projekt BM-Landwirtschaft für die Auswahl von Artengruppen und Lebensräumen zur Ableitung von Zustandsindikatoren waren (1) die Relevanz der Artengruppen und Lebensräume für die Erbringung von Ökosystemleistungen in Agrarlandschaften, (2) deren Sensitivität gegenüber Umweltveränderungen, die sich z. B. aus der Art und Intensität der Landnutzung ergeben, und (3) praktische Faktoren, wie die öffentliche Popularität und die Eignung der Artengruppen für die Erfassung sowie das Vorhandensein von, gegebenenfalls in Planung befindlichen, bundesweiten Monitoring-Programmen. Das Kriterium der öffentlichen Popularität von Artengruppen spiegelt die Beobachtbarkeit und das damit verbundene Vorhandensein von großen Netzwerken von Mitarbeiter*innen und Freiwilligen und damit Datenpotentiale wider. Gute Beispiele für großräumig durchgeführte und standardisierte Monitoring-Programme in Deutschland sind beispielsweise das Vogelmonitoring (Mitschke et al., 2005; Sudfeldt, 2012) und das Tagfalter-Monitoring (Kühn et al., 2014).

Tabelle 3: Kriterien im Projekt BM-Landwirtschaft für die Auswahl von Artengruppen und Lebensräumen zur Ableitung von Zustandsindikatoren für die Arten- und Lebensraumvielfalt. (Erläuterung: „x“: Kriterium ist erfüllt, „(x)“: Kriterium ist teilweise erfüllt, „“: Kriterium ist nicht erfüllt bzw. Kriterium ist nicht anwendbar.)

| | Relevanz für Ökosystemleistungen | Sensitivität gegenüber landwirtschaftlicher Intensivierung | Beliebtheit der Artengruppen | Bestehende und geplante Monitoring-Programme |
|---|---|---|-------------------------------------|---|
| Gefäßpflanzen | x | x | x | (x) |
| Laufkäfer und Spinnen | x | x | | (x) |
| Wildbienen und Honigbienen | x | x | (x) | (x) |
| Tagfalter | x | x | x | x |
| Regenwürmer | x | x | | (x) |
| Vögel | (x) | x | x | x |
| (qualitativ hochwertige) Lebensräume | x | x | | x |

Basierend auf diesen Kriterien und unter Berücksichtigung von Ergebnissen thematisch verwandter Forschungsprojekte (Herzog & Franklin, 2016; Lüscher et al., 2016; Herzog et al., 2017; Schindler et al., 2017) wurden durch das Projektteam mehrere Artengruppen für ein Monitoring der Artenvielfalt in Agrarlandschaften in Deutschland vorgeschlagen (siehe Tabelle 3). Neben den als relevant erachteten Artengruppen wurden durch das Projektteam auch die Lebensräume oder Ökosysteme als Ebene der Biodiversität berücksichtigt.

Bei der Auswahl von Artengruppen und Lebensräumen (siehe Tabelle 3) wurden vorrangig solche Monitoring-Programme berücksichtigt, die bundesweite Aussagen zum Zustand und der Entwicklung

häufiger Arten in Agrarlandschaften ermöglichen und deren Erfassung auf bundesweit repräsentativen, zufällig verteilten Probeflächen basiert bzw. geplant ist (siehe Tabelle 4). In diesem Zusammenhang stellen die bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen (folgend BRS-Flächen genannt) des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) eine geeignete Stichprobenkulisse dar. Die Stichprobenauswahl der BRS-Flächen erfolgte durch das Statistische Bundesamt in Form einer doppelt geschichteten Zufallsstichprobe (Heidrich-Riske, 2004). Innerhalb jeder Schicht bzw. jedem Stratum (Objektarten des ATKIS Basis-DLM und Standorttypen nach Schröder et al., 2001) wurden quadratische, ein Quadratkilometer (= 100 ha) große, untereinander überlappungsfreie Probeflächen zufällig ausgewählt. Der Gesamtstichprobenumfang für das Bundesprogramm wurde auf 1.000 Stichprobenflächen („Bundestichprobe“ bzw. „Grundstichprobe“) festgelegt. Für die bundeslandinternen Programme wurden zusätzlich zur Grundstichprobe insgesamt 1.637 weitere Stichprobenflächen („Erweiterungstichprobe der Bundesländer“) gezogen. Insgesamt stehen damit 2.637 BRS-Flächen zur Verfügung. Auf den BRS-Flächen bzw. einer Auswahl dieser Flächen wird seit 2004 das *Monitoring häufiger Brutvogelarten* (MhB) durchgeführt, welches durch den Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) koordiniert wird (Mitschke et al., 2005). Auch das *Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert* (HNW-Farmland-Monitoring) wird auf den BRS-Flächen durchgeführt (Hünig & Benzler, 2017). Zudem ist geplant, die BRS-Flächen für das *Monitoring häufiger Insekten* im Rahmen des bundesweiten Insektenmonitorings sowie das *Ökosystem-Monitoring* zu nutzen (Ackermann et al., 2020; BfN, 2023). Für ein künftiges Monitoring von Gefäßpflanzen auf den BRS-Flächen wurden bereits grundsätzliche Anforderungen formuliert (Bruelheide et al., 2022). Eine Untersuchung von Dauber et al. (2016) hat gezeigt, dass die BRS-Flächen Gradienten in den Agrarumweltbedingungen deutschlandweit abbildet und daher für die Umsetzung eines Monitorings der Biodiversität in Agrarlandschaften grundsätzlich geeignet ist. Bruelheide et al. (2022) heben jedoch hervor, dass auf Grund von Änderungen in der Landnutzung die Flächenrepräsentativität der BRS-Flächen in Bezug auf die jeweils aktuellen Anteile der Straten von Zeit zu Zeit überprüft werden sollte. Im Rahmen des Projektes BM-Landwirtschaft wurde die Repräsentanz der BRS-Flächen in Bezug auf die acht Agrarraumtypen geprüft. Die BRS-Flächen sind annähernd flächenproportional auf die Agrarraumtypen verteilt (siehe Teil 1 des Abschlussberichts; Pingel et al., 2026), d. h., der Anteil der Stichprobenflächen in einem Agrarraumtyp an der Gesamtzahl entspricht in etwa dem Flächenanteil des Agrarraumtyps an der Gesamtfläche. Neben Monitoring-Programmen die auf den bundesweit repräsentativen, zufällig verteilten Probeflächen basieren bzw. geplant sind, wurden im Projekt BM-Landwirtschaft Konzepte für Monitoring-Programmen und daraus abgeleitete Zustandsindikatoren berücksichtigt, die im Rahmen des Verbundprojektes MonViA entwickelt wurden (siehe Abschnitt 1.5).

Monitoring-Programme, die auf seltene und regional vorkommende Arten ausgerichtet sind, wurden nicht berücksichtigt. Auch wurden Monitoring-Programme im Kontext der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL, 92/43/EWG) und der EG-Vogelschutzrichtlinie (EG-Vogelschutz-RL, 2009/147/EG) nicht berücksichtigt. Beide Richtlinien begründen das Schutzgebietssystem „NATURA 2000“, ein zusammenhängendes Netzwerk von Schutzgebieten mit besonderer gemeinschaftlicher Bedeutung für die Erhaltung gefährdeter Arten und Lebensräume. Um einen günstigen Erhaltungszustand der Arten bzw. Lebensraumtypen sicherzustellen, müssen für diese Schutzgüter spezifische Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen umgesetzt werden. Da ein Großteil der in den Anhängen der Richtlinien aufgeführten Tier- und Pflanzenarten selten, bedroht oder nur in einem kleinen Verbreitungsgebiet vorkommend ist, wurden diese Monitoring-Programme nicht einbezogen. Zudem bestehen in vielen dieser Natura 2000-Gebiete, in denen sich Lebensraumtypen oder Habitate von geschützten Arten befinden, Bewirtschaftungsauflagen für die Landwirtschaft, um die spezifischen Erhaltungsziele zu erreichen. Diese Erhaltungsziele beschreiben die konkreten Maßnahmen, mit denen im jeweiligen Gebiet die dort vorkommenden Arten und Lebensraumtypen erhalten werden sollen

bzw. in welche Richtung sie entwickelt werden sollen. Die Maßnahmen zur Erreichung der naturschutzfachlichen Erhaltungsziele sind häufig sehr gebietspezifisch. Zudem sind die im Projekt BM-Landwirtschaft entwickelten agrarraumspezifischen Zielbilder (siehe Abschnitt 2.3 und Teil 3 des Abschlussberichtes; Sietz et al., 2026) nicht unbedingt deckungsgleich mit den naturschutzfachlichen Erhaltungszielen.

Für die Artengruppen Gefäßpflanzen, Laufkäfer und Spinnen, Wildbienen und Honigbienen und Regenwürmer gibt es derzeit kein bundesweites, standardisiertes Monitoring-Programm. Ein Monitoring der Artengruppen Laufkäfer und Spinnen, Wildbienen und Honigbienen sowie Tagfalter ist jedoch im Rahmen des bundesweiten Insektenmonitorings auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen geplant bzw. in Entwicklung. Zudem wurden im Rahmen von MonViA (siehe: <https://agrarmonitoring-monvia.de>) unter anderem Konzepte für das bundesweite Trendmonitoring der in Tabelle 3 aufgeführten Artengruppen Gefäßpflanzen (Ackerunkräuter, Ulber et al., 2025), Wildbienen und Honigbienen und Regenwürmern während der Pilotphase (2019-2023) entwickelt (s. Abschnitt 4.1 und MonViA-Indikatorenbericht (MonViA Verbundprojekt, 2024)).

Die aus den vorgeschlagenen Artengruppen bzw. Lebensräumen (siehe Tabelle 3) abgeleiteten Zustandsindikatoren für die Arten- und Lebensraumvielfalt werden in Abschnitt 4.1. genauer erläutert.

Tabelle 4: Bestehende und in Planung bzw. konzeptioneller Entwicklung befindliche bundesweite Monitoring-Programme für ausgewählte Artengruppen und terrestrische Lebensräume in Deutschland.

| | Monitoring-Programm | Federführung, Koordination | Raumbezug, Stichprobenkulisse | Indikatoren | Quelle |
|---|---|---|---|---|--|
| (a) Bestehende Monitoring-Programme für Artengruppen | | | | | |
| Vögel | <i>Monitoring häufiger Brutvögel</i> (MhB) | Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (DDA) | Deutschland; bundesweit repräsentative Stichprobenflächen; Linienkartierung, Abgrenzung von Revieren | Artenvielfalt und Abundanz; Bestandstrends für 99 häufige Brutvogelarten | https://www.dda-web.de/monitoring/mhb/programm/ ; Mitschke et al., 2005; Sudfeldt, 2012; Kamp et al., 2021 |
| Tagfalter | <i>Tagfalter-Monitoring Deutschland</i> (TMD) | Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ); Gesellschaft für Schmetterlingsschutz e.V. (GfS) | Deutschland; Strecken (Transekte) ungleichmäßig über Deutschland verteilt (keine festgelegten Stichprobenflächen); Transekt-Zählung | Artenvielfalt und Abundanz; Bestandstrends für ausgewählte Tagfalterarten | https://www.ufz.de/tagfalter-monitoring/ ; Kühn et al., 2014 |
| (b) In Planung bzw. in konzeptioneller Entwicklung befindliche Monitoring-Programme für Artengruppen | | | | | |
| Tagfalter | Bundesweites Insektenmonitoring: <i>Monitoring häufiger Insekten</i> (Empfehlung für Minimalprogramm) | Bundesamt für Naturschutz (BfN); Bundesländer | Deutschland; bundesweit repräsentative Stichprobenflächen; Transekt-Zählung | Artenvielfalt und Abundanz; Trends von Tagfaltern und Wilderchen auf Landschaftsebene | https://www.bfn.de/insektenmonitoring/ ; BfN, 2023 |
| Laufkäfer und Spinnen | Bundesweites Insektenmonitoring: <i>Monitoring häufiger Insekten</i> (Empfehlung für Minimalprogramm) | Bundesamt für Naturschutz (BfN); Bundesländer | Deutschland; bundesweit repräsentative Stichprobenflächen; Bodenfallen | Artenvielfalt und Abundanz; Trends von Laufkäfern und bodenlebenden Spinnen in Grünland, Acker und Wald | https://www.bfn.de/insektenmonitoring/ ; BfN, 2023 |

| | Monitoring-Programm | Federführung, Koordination | Raumbezug, Stichprobenkulisse | Indikatoren | Quelle |
|----------------------------|---|---|--|---|---|
| Wildbienen und Honigbienen | Bundesweites Insektenmonitoring: <i>Monitoring häufiger Insekten</i> (Empfehlung für Erweiterungsbaustein „Flugaktive Insekten im Offenland“) | Bundesamt für Naturschutz (BfN); Bundesländer | Deutschland; bundesweit repräsentative Stichprobenflächen; Malaisefallen | (Indikatoren sind nicht bekannt) | https://www.bfn.de/insektenmonitoring ; BfN, 2023 |
| Gefäßpflanzen | Konzept für ein floristisches Monitoring der Unkrautdiversität auf Ackerflächen | MonViA | Deutschland; geplant ca. 500 Ackerflächen; Transekt- und Plotterhebungen | Artenvielfalt und Abundanz; Trends von Unkräutern auf bewirtschafteten Ackerflächen | MonViA-Indikatorenbericht; Diversität der Ackerunkräuter (MonViA Verbundprojekt, 2024) |
| Wildbienen | Konzept für ein Wildbienen-Monitoring (Hummeln und hohlraumnistende Wildbienen) | MonViA | Deutschland; LUCAS-Gitter (Eurostat, 2024); Transekt-Zählung (Hummeln), Nisthilfen (hohlraumnistende Wildbienen) | Artenvielfalt und Abundanz; Trends von Hummeln und hohlraumnistenden Wildbienen | MonViA-Indikatorenbericht; Wildbienen (MonViA Verbundprojekt, 2024); |
| Honigbienen | Konzept für ein Monitoring der Honigbienenvitalität | MonViA | Deutschland; Imkerabfragen, Stockwaagendaten, Populations-schätzungen | Honigbienenvitalität (Demographie, Leistung, Gesundheit und Nahrungsnutzung der Honigbiene); Trends der Honigbienenvitalität | MonViA-Indikatorenbericht; Honigbienen (MonViA Verbundprojekt, 2024) |
| Regenwürmer | Konzept für ein Trendmonitoring der Regenwurm-gemeinschaften | MonViA | Deutschland; Feldbeprobung (Austrieb mit 0,01% Allylisothiocyanat (AITC), ohne Handauslese) | Bundesweites Trendmonitoring der Regenwurm-gemeinschaften; Abundanz und Biomasse der Leitart <i>Lumbricus terrestris</i> , Gesamtabundanz aller Arten, Artenanzahl, Verteilung juveniler und adulter Tiere, Verteilung ökologischer Gruppen | MonViA-Indikatorenbericht; Regenwürmer (MonViA Verbundprojekt, 2024) |

| | Monitoring-Programm | Federführung, Koordination | Raumbezug, Stichprobenkulisse | Indikatoren | Quelle |
|---|--|---|--|---|---|
| (c) Bestehende Monitoring-Programme für Lebensräume | | | | | |
| Lebensräume | <i>Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert</i> (HNV-Farmland-Monitoring) | Bundesländer; Bundesamt für Naturschutz (BfN) | Deutschland; bundesweit repräsentative Stichproben-flächen; Erfassung und Bewertung von Nutzflächen und Landschaftselementen der Agrarlandschaft | Anteil der Landwirtschaftsfläche mit hohem Naturwert an der gesamten Agrarlandschaftsfläche; Zustand und Entwicklung von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert | https://www.bfn.de/monitoring-von-landwirtschafts-flaechen-mit-hohem-naturwert ; Hünig & Benzler, 2017 |
| (d) In Planung bzw. in konzeptioneller Entwicklung befindliche Monitoring-Programme für Lebensräume | | | | | |
| Lebensräume | <i>Ökosystem-Monitoring</i> (ÖSM) | Bundesamt für Naturschutz (BfN); Bundesländer | Deutschland; bundesweit repräsentative Stichprobenflächen; flächendeckende Erfassung und Bewertung von Biotopen und ihren Merkmalen | Zustand und Veränderungen der Biotope | https://www.bfn.de/oeko-system-monitoring ; Ackermann et al., 2020 |

3.3.3 Treiberindikatoren

Dem RPSB-Modell folgend, geben Treiberindikatoren Auskunft über die Ursachen von Veränderungen der Biodiversität in Agrarlandschaften (Sparks et al., 2011). Die Entwicklung von Artengruppen wird dabei häufig nicht nur von einer Ursache, sondern durch ein multikausales Gefüge mehrerer Treiber bestimmt, die miteinander interagieren. Treiber und Gefüge von Treibern können sowohl positive als auch negative Auswirkungen haben. Insbesondere die Ausprägung und Wechselwirkung zwischen Landschaftsstruktur und Landnutzung beeinflusst die Artenvielfalt in Agrarlandschaften (Meier et al., 2022).

In Vorbereitung auf die Expertinnen-Workshops hat das Projektteam eine Auswahl von Treiberindikatoren auf Basis von vier Kriterien getroffen: Demnach sollen Treiberindikatoren (1) die Trends der landwirtschaftlichen Intensivierung und Extensivierung abbilden; sie sollen (2) an die im Projekt BM-Landwirtschaft entwickelten agrarraumspezifischen Zielbilder angepasst sein, und geeignet sein, den Fortschritt zur Erreichung der agrarraumspezifischen Zielbilder zu überprüfen. Im Sinne des RPSB-Modells sollen die Treiberindikatoren (3) durch politische Instrumente und Maßnahmen („Agrarumweltpolitische Maßnahmen“, Abbildung 7) direkt beeinflussbar sein. Schließlich sollen die Treiberindikatoren (4) flächendeckend für die Agrarlandschaft und unabhängig von Stichprobenkulissen berichtet werden können und so gestaltet sein, dass ihre Erhebung nach Möglichkeit ohne signifikanten zusätzlichen, terrestrischen Kartierungsaufwand durchführbar ist. Der Vorteil einer flächendeckenden Erhebung besteht insbesondere darin, dass sich so auch kleinräumige Veränderungen und regionale Trends sichtbar machen lassen. Dies ermöglicht eine regionalspezifische Reaktion durch agrarumweltpolitische Maßnahmen und so eine effektive und effiziente Politiklenkung.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Daten als Grundlage für Treiberindikatoren kann beispielsweise die Erfassung von Landschaftsstrukturen durch Fernerkundung, ergänzt durch amtliche Geofachdaten und betriebliche Daten, erfolgen (Tabelle 5). Methoden der Fernerkundung umfassen beispielsweise die Nutzung optischer Satellitenbilder (z. B. Sentinel-2, Drusch et al., 2012) oder *Light detection and ranging* (LiDAR, Lucas et al., 2019) und daraus resultierende Landnutzungs- und Landbedeckungsklassifikationen (Pandey et al., 2021). Amtliche Geofachdaten wie das ATKIS Basis-DLM (BKG, 2023) sowie Informationen aus dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) stellen ebenfalls eine wichtige Quelle für bundesweit verfügbare Geodaten dar (Lüker-Jans et al., 2016).

Auch Nutzungsintensitäten in Acker- und Grünland, wie die Weite der Fruchtfolge oder die Mahdintensität, können mittels fernerkundungsbasierter Methoden abgeleitet werden. Darüber hinaus sind Daten zur tatsächlichen Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft wie die Erhebungen zur „Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis“ (<https://papa.julius-kuehn.de/>) und agrarstatistischen Erhebungen, wie sie durch die Statistischen Ämter des Bundes und der Länder durchgeführt werden (<https://agraratlas.statistikportal.de>) für ein multidimensionales Bild der Nutzungsintensität essentiell. Da Betriebserhebungen häufig nicht räumlich hochaufgelöst oder aggregiert vorliegen, wurden Methoden der flächendeckenden Modellierung und des „Downscaling“ entwickelt, um flächendeckende Daten auf Ebene von z. B. Gemeindegrenzen zu erzeugen (Gocht & Röder, 2014; Neuenfeldt et al., 2020). Eine regionalisierbare Datenlage, insbesondere zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Düngemitteln und Bodenbearbeitung ist aber für die Entwicklung von Treiberindikatoren zur Nutzungsintensität im Pflanzenbau sehr wichtig.

Das Projektteam kam in Zusammenarbeit mit den Expert*innen der Workshopreihe zu der Auffassung, dass der räumliche Bezug und die Auflösung der Treiberindikatoren an die Kulisse und das hexagonale Raster der Typisierung der Agrarräume angeglichen werden sollte (s. Abschnitt 2.1). Die kleinste Berichtseinheit wäre somit eine Hexagon-Zelle mit einer Größe von 100 Hektar. Auf diese

Weise können die Treiberindikatoren mit den Agrarräumen in Zusammenhang gebracht und auf dieser räumlichen Ebene zusammenfassend berichtet werden. Außerdem bietet das hexagonale Raster langfristig stabile Bezugseinheiten, welche bei der Nutzung anderer Raumeinheiten wie Landkreise oder Gemeinden nicht gewährleistet wäre.

Der Entwurf für ein übergeordnetes, bundesweites Set von Treiberindikatoren wurde in enger Abstimmung mit dem Verbundprojekt MonViA abgeleitet, wobei die methodische Entwicklung konkreter Indikatoren nicht Gegenstand des Projektes BM-Landwirtschaft ist, sondern im Rahmen von MonViA angegangen wurde. In MonViA wurden im Themenbereich „Lebensraumvielfalt“ Indikatoren entwickelt und vorgeschlagen, die die oben genannten Kriterien erfüllen (MonViA Verbundprojekt, 2024). Aktuell setzen Defizite bei der Erhebung und Bereitstellung von räumlich und zeitlich hochauflösenden, flächendeckenden Daten, insbesondere zur Intensität der Landnutzung, der Verfügbarkeit Grenzen. Dies wurde bei der Recherche der Treiberindikatoren diskutiert und mögliche Verfügbarkeitslücken werden in Abschnitt 4.2 beispielhaft angesprochen.

Tabelle 5: Auswahl von Fachdaten und Forschungsdaten zur Landbedeckung und Landnutzung, die die Entwicklung von flächendeckenden Treiberindikatoren unterstützen können.

| Datensatz | Erläuterung | Verfügbarkeit und räumliche Auflösung | Quelle und Auswahl von Anwendungsbeispielen |
|--|--|--|--|
| (a) Amtliche und betriebliche Geofachdaten | | | |
| ATKIS Digitales Landschaftsmodell (Basis-DLM) | Flächendeckende Beschreibung topographischer Objekte auf Basis eines bundeseinheitlichen Datenmodells. | Bundesweite Verfügbarkeit; oberhalb einer objektspezifischen Erfassungsgrenze werden die Objekte flächengenau erfasst | BKG, 2023 |
| Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVe-KoS) | Daten aller landwirtschaftlichen Betriebe, die einen Förderantrag stellen. Erhoben werden alle förderrelevanten Merkmale eines Betriebes, z. B. die Flächennutzungsart der Einzelflächen und deren Größe einschließlich Fördermaßnahmen. | Ab 2023 ist die Datenverfügbarkeit und Nutzbarkeit für die Ressortforschung gegeben, da eine eindeutige Rechtsgrundlage für die Nutzung der Daten für die Politikberatung, Forschung und Umweltmonitoring gegeben ist. Die Daten vor 2023 können lediglich über das Forschungsprivileg der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) bzw. zweckgebunden für die Klimaberichterstattung genutzt werden. | Zur Ausgestaltung und Rechtsgrundlage: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/financing-cap/assurance-and-audit/managing-payments_de Anwendungsbeispiele: Lüker-Jans et al., 2016; Leonhardt et al., 2023; Jänicke et al., 2024, |
| (b) Agrarstrukturerhebung, Betriebserhebungen sowie daraus abgeleitete Produkte | | | |
| Agrarstrukturerhebung, Landwirtschaftszählung | Erhebungen von Informationen zur Betriebsstruktur, wirtschaftliche und soziale Situation und Beiträgen zu Landmanagement und Umweltschutz entsprechend des Agrarstatistikgesetzes. | in aggregierter Form verfügbar; zur räumlichen Darstellung werden die Angaben aus den Erhebungen geografischen Gitterzellen zugeordnet, die mindestens 100 Hektar groß sind | https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/ |

| Datensatz | Erläuterung | Verfügbarkeit und räumliche Auflösung | Quelle und Auswahl von Anwendungsbeispielen |
|--|--|--|---|
| Thünen-Agraratlas | Daten zur Landnutzung und Tierhaltung auf Basis der Agrarstrukturhebung, Darstellung auf Ebene administrativer Einheiten | öffentlich verfügbar; räumliche Aggregation auf Ebene von Gemeindegrenzen | Neuenfeldt et al., 2020 |
| Wirkungsmonitoring zur Umsetzung der Düngeverordnung | Verknüpfung landwirtschaftlicher Emissionen (Betriebsdaten) und Immissionen (Messstellen-Daten) zur Bewertung der Düngeverordnung, Fokus auf Nitrat- und Phosphorbelastungen, Regionalisierung, Modellierung langfristiger Auswirkungen. | Wirkungsmonitoring im Aufbau, verfügbar sind derzeit insbesondere Umweltdaten (Messstellen für Nitrat im Grundwasser, Phosphorbelastung in Flüssen), Regionalisierte Modelle: AGRUM-DE | Wirkungsmonitoring https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser/ueberwachung-bewertung/wirkungsmonitoring-zur-umsetzung-der AGRUM-DE: https://www.thuenen.de/de/institutsuebergreifende-projekte/agrum-deutschland |
| PAPA-Erhebung, Netzwerk Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz | nicht-regionalisierte Erhebung zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln für verschiedene Kulturen in wechselnden Vergleichsbetrieben | Nur bundesweit aggregierte Daten auf Basis einzelner Kulturen und Kulturgruppen | https://papa.julius-kuehn.de/ https://www.nap-pflanzenschutz.de/indikatorenforschung/erfassung-der-realen-pflanzenschutzmittelanwendungen |
| (c) Fernerkundungsbasierte Methoden und Produkte | | | |
| Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung basierend auf multispektralen Satellitenbildern | Geodatenprodukte aus Daten bildgebender Satellitenaufnahmen (insbesondere Sentinel-1 und -2), die verschiedene Parameter der Landbedeckung und landwirtschaftlichen Flächennutzung abbilden | unterschiedliche räumliche Auflösungen abhängig vom Fernerkundungsmethode (bis zu 5 m Bodenauflösung) | Kulturartenklassifikationen (Preidl et al., 2020; Blickensdörfer et al., 2022), Mahdhäufigkeit (Schwieder et al., 2022) Abgrenzung von landwirtschaftlichen Parzellen (Tetteh et al., 2021), Detektion von Brachen (Estel et al., 2015), Gehölzelemente (Copernicus Land Monitoring Service, 2018) |

| Datensatz | Erläuterung | Verfügbarkeit und räumliche Auflösung | Quelle und Auswahl von Anwendungsbeispielen |
|------------------------------|--|---|--|
| <i>LiDAR-Sensorik</i> | Fernerkundungsbasierte 3D-Messdaten, die die topographische Situation, u. a. auch Vegetation, durch im Raum verteilte Messpunkte beschreiben | derzeit in acht Bundesländern zugänglich. Ab 2026 bundesweit im Rahmen des Projekt Digitaler Zwilling Deutschland (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2024) | Perić et al., 2022; MonViA Verbundprojekt, 2024 |

3.3.4 Agrarraumspezifische Priorisierung

Die Berücksichtigung der regionalspezifischen Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen der Nutzungsintensität, der Landschaftsstruktur und der Arten- und Lebensraumvielfalt stellt eine essentielle Voraussetzung für ein zielgerichtetes, effektives Monitoring der Biodiversität in Agrarlandschaften dar. Der agrarraumspezifische Ansatz von BM-Landwirtschaft stellt eine Innovation gegenüber bisherigen bundesweiten Programmen zur Erfassung der Artenvielfalt dar. Die Typisierung der Agrarräume (siehe Abschnitte 2.1 und 2.2 sowie Teil 1 des Abschlussberichts; Pingel et al., 2026) liefert die Grundlage für die räumlich differenzierte Herangehensweise. Die agrarraumspezifischen Zielbilder bauen auf den Agrarraumtypen auf und beschreiben, wie Biodiversität, assoziierte Ökosystemleistungen und landwirtschaftliche Produktion im Jahr 2030 idealerweise zusammenwirken, nachdem die Agrarlandschaften biodiversitätsfreundlich umgestaltet wurden (siehe Abschnitt 2.3 und Teil 3 des Abschlussberichts; Sietz et al., 2026). Das in diesem Bericht vorgestellte bundesweite Set von Zustands- und Treiberindikatoren dient vorrangig dazu, Aussagen darüber zu ermöglichen, ob sich die Agrarraumtypen auf dem Weg hin zu einer nachhaltigen und biodiversitätsfördernden landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise befinden oder nicht. Um aufzuzeigen, ob sich die Agrarraumtypen hin zum anvisierten Zielbild entwickeln, ist es erforderlich, die Treiberindikatoren anhand der Zielbilder agrarraumspezifisch zu priorisieren.

Die Indikatoren sind ein Instrument zur Information von Politik und Gesellschaft und zur Beratung von Entscheidungsträgern. Das Konzept der Priorisierung, wie es in BM-Landwirtschaft entwickelt wurde, sollte daher als Mittel einer effektiven und zielgerichteten Beratung verstanden werden.

Durch das Hervorheben bestimmter Treiberindikatoren soll die Aufmerksamkeit von Politik und Gesellschaft auf die agrarraumspezifischen Problemlagen gerichtet werden, die sich durch die Besonderheiten der Landwirtschaft in den jeweiligen Regionen ergeben. Auf Grundlage von fünf bis sechs Treiberindikatoren pro Agrarraumtyp könnten Politikziele und -maßnahmen für jeden Agrarraumtyp entwickelt werden. Eine regelmäßige Analyse und Berichterstattung der jeweiligen Treiberindikatoren erlaubt eine zielgerichtete Erfolgskontrolle, ob sich die fokussierten Treiber in eine gewünschte Richtung entwickeln.

Der Priorisierungsansatz sieht dabei aber nicht vor, dass bestimmte Treiberindikatoren nur in bestimmten Agrarräumen erhoben werden sollen. Der flächendeckende Erhebungsansatz für Treiberindikatoren und die damit verbundene Methodik soll die Verfügbarkeit von Daten auf bundesweiter Ebene und damit im Prinzip für jeden Agrarraumtyp sicherstellen. Dies ermöglicht die notwendige Flexibilität für die Anpassung von Zielbildern, Politikzielen und -maßnahmen.

Im Workshop zur Priorisierung der Treiberindikatoren wurde sich auf die zwei Agrarraumtypen A (Großflächiger, intensiver Ackerbau) und C (Intensive Schweine- und Geflügelhaltung) beschränkt (siehe Abschnitt 5.1). Die Workshop-Teilnehmenden sollten sich dabei an den Zielbildern dieser Agrarraumtypen orientieren und Aussagen dazu machen, welche Treiberindikatoren notwendig sind, um den Fortschritt zur Erreichung des Zielbildes zu bewerten. Die Diskussion erfolgte in zwei parallelen Gruppen. In jeder Gruppe wurden die beiden ausgewählten Agrarraumtypen bearbeitet. Für die weiteren sechs Agrarraumtypen erfolgte die Priorisierung der Treiberindikatoren durch das Projektteam. Diese wird in diesem Bericht zusammenfassend dargestellt (siehe Abschnitt 5.2).

4 Übergeordnetes, bundesweites Indikatoren-Set

In diesem Abschnitt werden die Zustands- und Treiberindikatoren vorgestellt, die die Grundlage für ein bundesweites Monitoring der Biodiversität in der Agrarlandschaft bilden können. Das Indikatoren-Set wurde auf Basis der in Abschnitt 3 beschriebenen Kriterien, Monitoring-Programme und Da-

tenverfügbarkeiten entwickelt und mit den Expert*innen der BM-Landwirtschaft-Workshopreihe abgestimmt. Im folgenden Abschnitt wird die Auswahl der Indikatoren näher erläutert und die Diskussion mit den Expert*innen zusammenfassend beschrieben.

4.1 Zustandsindikatoren

Im Folgenden werden die durch das Projektteam vorgeschlagenen Artengruppen bzw. Lebensräume (Tabelle 3) sowie bestehende und in Planung bzw. konzeptioneller Entwicklung befindliche Monitoring-Programme (Tabelle 4) zur Ableitung von Zustandsindikatoren für die Arten- und Lebensraumvielfalt genauer erläutert.

Gefäßpflanzen: Gefäßpflanzen sind Primärproduzenten, stellen eine Vielzahl an Ökosystemleistungen in Agrarlandschaften bereit und reagieren empfindlich auf Änderungen in der Art und Intensität der Acker- oder Grünlandnutzung. Sie bieten einer Vielzahl an Tierarten Nahrung, Brutplatz oder Deckung und sind Ausgangspunkt von Nahrungsketten und Nahrungsnetzen (Scherber et al., 2010). Zudem sind einige spezialisierte Insekten, wie beispielsweise der Wiesenknopf-Ameisenbläuling, zur Eiablage direkt von spezifischen Pflanzenarten abhängig.

In Deutschland gibt es derzeit kein umfassendes, standardisiertes Monitoring von Gefäßpflanzen in Agrarlandschaften (Tabelle 4; Stenzel et al., 2021; Bruelheide et al., 2022). Es werden jedoch im Rahmen des *Monitorings der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert* (HNV-Farmland-Monitoring; Tabelle 4) einige spezifische Gefäßpflanzen (Kennarten des Grünlands sowie der Äcker und Weinberge) erfasst. In MonViA wurde ein Konzept für ein bundesweites Monitoring der Unkrautvegetation auf Ackerflächen zur Erfassung der Diversität der Ackerunkräuter entwickelt und dessen praktische Umsetzung auf ausgewählten Praxisflächen getestet (Tabelle 4; MonViA Verbundprojekt, 2024; Ulber et al., 2025).

Laufkäfer und Spinnen: Laufkäfer (*Carabidae*) und Webspinnen (*Araneae*) sind wichtige Prädatoren in Agrarökosystemen. Ein Großteil der Arten lebt räuberisch und ernährt sich von anderen Insektenarten und deren Larven. Daher spielen sie als Nützlinge eine wichtige Rolle bei der natürlichen Regulierung von Schädlingen in landwirtschaftlichen Kulturen. Zudem verzehren Laufkäfer einen großen Teil der ausfallenden Unkrautsamen (Samenfresser) (Kulkarni et al., 2015). Laufkäfer sind mit ca. 570 Arten in Deutschland vertreten (Schuch et al., 2020). Webspinnen gelten mit mindestens 1.200 Arten als die wichtigste Arthropodengruppe (Schuch et al., 2020). Sowohl Laufkäfer als auch Webspinnen benötigen für die Überwinterung ungestörte, halbnatürliche Lebensräume (wie z. B. Hecken, Brachen und Feld- und Wegränder) in der Umgebung der Ackerflächen. Beide Artengruppen reagieren empfindlich auf die Art und Intensität der Landnutzung (z. B. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und hohe Stickstoffdüngung).

In Deutschland gibt es derzeit kein umfassendes, standardisiertes Monitoring von Laufkäfern und Webspinnen in Agrarlandschaften. Im Rahmen des geplanten bundesweiten Insektenmonitorings des BfN ist jedoch als Empfehlung für das Minimalprogramm eine Erfassung von Laufkäfern und bodenlebenden Spinnen im Grünland und Acker über Bodenfallen vorgesehen (Tabelle 4; BfN, 2023).

Wildbienen und Honigbienen: Wild- und Honigbienen spielen eine wichtige Rolle bei der Bestäubung von Blüten- und Kulturpflanzen in Agrarlandschaften (Garibaldi et al., 2013). Wildbienen sind durch ihren Körperbau, insbesondere ihres Rüssels, an bestimmte Blütenformen angepasst. Während Honigbienen und Hummeln als staatenbildende Insekten in einem Volk zusammenleben, lebt der überwiegende Anteil der Wildbienen solitär. Bienen sind auf ein vielfältiges, kontinuierliches Pollen- und Nektarangebot im Frühling und Sommer angewiesen. Daher benötigen sie Landschaftselemente mit blühenden Pflanzen (z. B. Hecken, Feldgehölze) oder Blühflächen und artenreiches Grünland als Nahrungsquelle. Als Nistplätze sind Wildbienen ferner auf spezifische Habitate angewiesen. Viele Arten

benötigen offene Bodenstellen an Ackersäumen oder Feld- und Hohlwegen, andere Arten nutzen Totholz oder Stängel abgestorbener Kräuter als Nistplatz. Bienen reagieren daher sehr sensitiv auf Veränderungen im Blühangebot und Nistmöglichkeiten in Agrarlandschaften (Albrecht et al., 2020).

In Deutschland gibt es derzeit kein umfassendes, standardisiertes Monitoring von Wild- und Honigbienen in Agrarlandschaften. Im Rahmen des geplanten bundesweiten Insektenmonitorings des BfN wird als Erweiterungsbaustein eine Erfassung flugaktiver Insekten im Offenland über Malaisefallen empfohlen (Tabelle 4; BfN, 2023). In MonViA wurde für das Wildbienen-Monitoring in Agrarlandschaften (Hummeln und hohlraumnistende Wildbienen) ein Monitoring-Programm basierend auf dem europaweiten LUCAS-Gitter erarbeitet, Erfassungsmethoden sowie Indikatoren entwickelt und gemeinsam mit Ehrenamtlichen getestet (<https://wildbienen.thuenen.de/>). Mit dem Wildbienen-Monitoring in Agrarlandschaften soll eine wissenschaftlich belastbare Datengrundlage geschaffen werden, um bundesweit Veränderungen in Wildbienenbeständen und ihren Habitaten zu beschreiben. Auch für die bundesweite Erfassung weiterer nicht-hohlraumnistender Wildbienen sowie von Zustand und Trend der Honigbienen vitalität wurden in MonViA Methoden und Indikatoren entwickelt und getestet (Tabelle 4; MonViA Verbundprojekt, 2024).

Tagfalter: Tagfalter zählen wie Wildbienen zu den Bestäubern von Kultur- und Wildpflanzen und erfüllen somit eine wichtige Funktion in Agrarökosystemen. Viele Tagfalterarten sind typische Bewohner der offenen Agrarlandschaft und sind dort auf blütenreiche Wiesen, Weiden, extensiv genutzte Ackerflächen sowie Strukturelemente wie Säume, Randstreifen und Hecken angewiesen (Warren et al., 2021). Zudem benötigen viele Arten zum Aufbau stabiler Populationen eine ausreichende Größe der Lebensräume und eine Vernetzung über geeignete Trittsteinbiotope (Öckinger et al., 2010). Spezialisierte Arten des Grünlands reagieren empfindlich auf Veränderungen in der Grünlandbewirtschaftung (Öckinger et al., 2006).

Im Rahmen des *Tagfalter-Monitorings Deutschland* (TMD) werden mithilfe von Ehrenamtlichen unter der Koordination des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) seit 2005 Schmetterlinge erfasst (Kühn et al., 2014). Hierbei werden von den Ehrenamtlichen festgelegte Transekte nach standardisierter Methodik regelmäßig begangen und die beobachteten Schmetterlinge notiert (Tabelle 4). Zudem ist durch das geplante bundesweite Insektenmonitoring des BfN eine standardisierte Erfassung von Tagfaltern auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen vorgesehen (Tabelle 4; BfN, 2023).

Regenwürmer: Regenwürmer sind wichtige Nützlinge in landwirtschaftlichen Böden. Sie übernehmen wichtige Funktionen in Agrarökosystemen, in dem sie die Bodenfruchtbarkeit verbessern, zum Aufbau der Bodenstruktur, einer guten Durchlüftung und Wasseraufnahme des Bodens beitragen. Dadurch unterstützen Regenwürmer die Produktion von landwirtschaftlichen Produkten erheblich (Fonte et al., 2023). Sie reagieren empfindlich auf Veränderungen in der Bodenbearbeitung. Beispielsweise werden Regenwürmer durch eine pfluglose Bodenbearbeitung gefördert, wohingegen die Aktivität von Regenwürmern durch vermehrtes Pflügen und Pestizideinsatz verringert wird.

In Deutschland gibt es derzeit kein umfassendes, standardisiertes Monitoring von Regenwürmern auf Landwirtschaftsflächen. In MonViA wurde für das bundesweite Trendmonitoring der Regenwurmgemeinschaften ein Konzept entwickelt und beispielhaft an zwei Standorten in Deutschland getestet (Tabelle 4; MonViA Verbundprojekt, 2024).

Vögel: Vögel sind sowohl in Deutschland als auch auf europäischer Ebene als Indikatoren für den Zustand der Biodiversität in staatlichen und überstaatlichen Indikatorensystemen fest verankert. Die Vögel der Agrarlandschaft (sogenannte Agrarvögel) reagieren empfindlich auf Veränderungen sowohl in der Art und Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung als auch der Landschaftsstruktur (Hertzog et al., 2023; Rigal et al., 2023). Viele Agrarvögel benötigen vor allem extensiv genutzte Flächen und

Brachen als Brut- und Nahrungsflächen. Zudem profitieren Vogelarten, die im Randbereich von Feldern brüten, von kleinen Feldern und einer hohen Kulturartenvielfalt. Vögel sind zudem relativ einfach zu beobachten und es sind große Netzwerke von ehrenamtlich tätigen Ornithologinnen und Ornithologen für das Monitoring vorhanden.

Im Rahmen des bundesweiten *Monitorings häufiger Brutvögel* (MhB) wird durch ein umfassendes, standardisiertes Monitoring der Status und die Trends ausgewählter Vogelarten erfasst (Tabelle 4; Sudfeldt, 2012; Kamp et al., 2021). Das MhB wird vom Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) e.V. koordiniert und ermöglicht eine verlässliche und repräsentative Ableitung der bundesweiten Trendentwicklungen häufiger Brutvogelarten in Agrarlandschaften. Die standardisierten Erfassungen werden seit 2004 jährlich auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen durchgeführt (Mitschke et al., 2005). Dabei werden die Brutvögel entlang einer etwa drei Kilometer langen Route jährlich an vier Terminen zwischen dem 10. März und 20. Juni erfasst. Für die Erfassung stehen insgesamt 2.637 Stichprobenflächen zur Verfügung.

Lebensräume: Extensiv genutzte Landwirtschaftsflächen weisen häufig eine höhere Vielfalt an Gefäßpflanzen auf als intensiv genutzte Flächen (Klimek et al., 2007; Kleijn et al., 2009) und stellen damit wichtige Lebensräume in Agrarlandschaften dar. Es gibt Nachweise dafür, dass extensiv genutzte, artenreiche Grünlandflächen im Vergleich zu intensiv genutzten Grünlandflächen mehrere Ökosystemleistungen bereitstellen (Bengtsson et al., 2019). Auch Landschaftselemente (wie beispielsweise Hecken, Feldraine, Blühstreifen und -flächen) sowie Brachen wirken sich positiv auf die Artenvielfalt vieler Organismengruppen aus und stellen wichtige Lebensräume in Agrarlandschaften dar. Blühstreifen erhöhen beispielsweise die Regulierung von Schädlingen in benachbarten Ackerflächen (Albrecht et al., 2020).

Im Rahmen des *Monitorings von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert* (HNV-Farmland-Monitoring) auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen wird seit 2009 der Zustand und die Entwicklung von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert quantitativ und qualitativ erfasst (Tabelle 4; Hünig & Benzler, 2017). Nach einer einheitlichen Methodik werden innerhalb der Stichprobenflächen alle Offenlandstrukturen, welche eine hohe Arten- oder Strukturvielfalt aufweisen, erfasst. Dazu werden die Nutzflächen sowie Landschafts- und Strukturelemente qualitativ bewertet. Beispielsweise wird zur qualitativen Bewertung von Grünland, Ackerland, Brachen und Weinbergen das Vorhandensein bestimmter Pflanzenarten verwendet. Das *Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert* ermöglicht damit Aussagen über den qualitativen Zustand von Landwirtschaftsflächen sowie Landschafts- und Strukturelementen. Zudem ist durch das *Ökosystem-Monitoring* des BfN eine systematische und flächendeckende Erfassung von Zustand und Veränderungen der Biotope auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen vorgesehen (Tabelle 4; Ackermann et al., 2020).

Die Teilnehmenden des Workshops haben die Auswahl der Artengruppen als geeignet für ein übergeordnetes, bundesweites Set an Zustandsindikatoren bestätigt. Die Expert*innen haben darüber hinaus vorgeschlagen, auch Amphibien als semi-aquatische Organismengruppe mit aufzunehmen. Amphibien werden von der FFH-Richtlinie als erfassungspflichtig aufgeführt. Als gefährdete Gruppe haben Sie einen hohen Schutzstatus und sind daher für den Naturschutz sehr relevant. Das Projektteam hat sich jedoch dagegen entschieden, Amphibien als weitere Artengruppe in das Indikatoren-Set aufzunehmen, da die Kriterien für die Auswahl von Artengruppen (siehe Abschnitt 3.3.2) nicht erfüllt werden. Aus Sicht der Agrarlandschaft haben die Amphibien nach Auffassung des Projektteams nur eine relativ geringe Bedeutung für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen für die Landwirtschaft. Zudem gehören die Amphibien zu den Wirbeltiergruppen mit den höchsten Anteilen bestandsgefährdeter Arten. Artengruppen mit einem hohen Anteil bestandsgefährdeter Arten und teilweise sehr spezifischen Lebensraumansprüchen sollten daher durch Monitoring-Programme mit dem

Fokus auf den Naturschutz erfasst werden. BM-Landwirtschaft konzentrierte sich bei diesem Indikatoren-Set auf Artengruppen mit großer Verbreitung und hoher Abundanz.

Für die Zustandsindikatoren haben die Expert*innen zudem die hohe Bedeutung eines Indikators für den Zustand und die Entwicklung qualitativ hochwertiger Lebensräume bestätigt. In der Diskussion wurde durch die Workshop-Teilnehmenden die Relevanz des *Monitorings der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert* (HNV-Farmland-Monitoring, Tabelle 4) betont, da durch dieses Monitoring neben rein quantitativen Ergebnissen auch Informationen über den qualitativen Zustand der Lebensräume bzw. der HNV-Farmland-Elemente bereitgestellt werden.

4.2 Treiberindikatoren

Im Rahmen des Workshops bewerteten die Expert*innen die Vorschläge des Projektteams zu Treiberindikatoren der Dimensionen Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität, diskutierten Empfehlungen für Anpassungen oder genauere Spezifikationen einzelner Indikatoren und regten darüber hinaus die Ergänzung weiterer Indikatoren an. Nach Abschluss des Workshops wurden die Beiträge der Teilnehmenden systematisch aufgearbeitet und innerhalb des Projektteams diskutiert. Diese Diskussionen, ergänzt durch zusätzliche Recherchen und den Austausch mit dem Verbundvorhaben MonViA, mündeten in der Festlegung eines finalen Sets bundesweiter Treiberindikatoren, das nachfolgend genauer dargestellt und erläutert wird (Tabelle 6).

Tabelle 6: Übergeordnetes, bundesweites Set für Treiberindikatoren für Landschaftsstruktur (a) und Nutzungsintensität (b) sowie mögliche Datengrundlagen und MonViA-Module, die Methodiken zu diesen Indikatoren entwickeln. Zu den Datengrundlagen, siehe Erläuterungen Tabelle 5.

| Indikator | mögliche Datengrundlagen | MonViA-Module (nach MonViA Verbundprojekt, 2024) |
|---|---|--|
| a) Landschaftsstruktur | | |
| Flächenanteil halbnatürlicher, nicht-gehölzdominierter Lebensräume | ATKIS Basis-DLM, InVeKoS, Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung, LiDAR-Sensorik | Kleinstrukturen und Landschaftselemente |
| Flächenanteil gehölzdominierter Landschaftselemente | ATKIS Basis-DLM, InVeKoS, Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung, LiDAR-Sensorik | Kleinstrukturen und Landschaftselemente |
| Landbedeckungs-vielfalt | ATKIS Basis-DLM, InVeKoS, Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung, | Landschaft |
| Kulturartenvielfalt | Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung | Landnutzung |
| Parzellengröße | ATKIS Basis-DLM, Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung; InVeKoS | Landschaft, Landnutzung |
| Grenzliniendichte | ATKIS Basis-DLM, Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung | Kleinstrukturen und Landschaftselemente |
| Konnektivität (Integral Index of Connectivity) | ATKIS Basis-DLM, InVeKoS, Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung, LiDAR-Sensorik | - |
| b) Nutzungsintensität | | |
| Stickstoff-Einsatz | Wirkungsmonitoring zur Umsetzung der Düngeverordnung | Nutzungsintensität |

| Indikator | mögliche Datengrundlagen | MonViA-Module (nach MonViA Verbundprojekt, 2024) |
|---|--|--|
| Pflanzenschutzmittel-Einsatz, Risikoindex für aquatische und terrestrische Nichtzielorganismen | PAPA-Erhebung, Netzwerk Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz | - |
| Bodenbearbeitung im Ackerland | Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung | Nutzungsintensität |
| Besatzdichte | Agrarstrukturhebung, Landwirtschaftszählung, Thünen-Agraratlas | Nutzungsintensität |
| Mahdhäufigkeit im Grünland | Fernerkundliche Kartierung von Offenlandnutzung | Nutzungsintensität |

4.2.1 Landschaftsstruktur

Bei der Betrachtung der Landschaftsstruktur wird zwischen der Komposition und der Konfiguration der Landschaft differenziert (Fahrig et al., 2011), wobei beide Aspekte im Indikatoren-Set Berücksichtigung finden. Im Kontext der Landschaftskomposition spielen halbnatürliche Lebensräume für den Zustand und die Entwicklung von Arten und Artengruppen der Agrarlandschaft eine herausragende Rolle (Duelli & Obrist, 2003b; Aguilera et al., 2020; Raderschall et al., 2021). Die Workshop-Teilnehmenden unterstrichen die Wichtigkeit von halbnatürlichen Lebensräumen und schlugen vor, eine konkrete Auswahl an zu berücksichtigenden Lebensräumen vorzunehmen. Ferner wurde empfohlen, auch kleinräumige Landschafts- und Strukturelemente wie Solitärbäume und Kleinstgewässer wie Sölle mit aufzunehmen. Solche kleinräumigen Landschaftselemente erfüllen insbesondere in Gebieten mit großflächigem, intensivem Ackerbau, wie in Teilen Mecklenburg-Vorpommerns, eine entscheidende ökologische Funktion. Das Projektteam übernahm diese Vorschläge.

Für die methodische Herangehensweise sollte nach Auffassung des Projektteams eine Differenzierung in halbnatürliche, nicht-gehölzdominierte Lebensräume (z. B. Säume, Kleingewässer, Moore, Sümpfe, Heiden, sowie „Eh da-Flächen“, d. h. Offenlandflächen in Agrarlandschaften, die weder einer landwirtschaftlichen noch einer naturschutzfachlichen Nutzung unterliegen) und gehölzdominierte Landschaftselemente (z. B. Feldgehölze, Hecken, Baumreihen oder Gebüsche) vorgenommen werden (Tabelle 6). Für die Einbeziehung kleinräumiger Lebensräume und Landschaftselemente erscheint es zudem sinnvoll, geeignete Pufferzonen für punkt- und linienförmige Strukturen zu definieren (Möisja et al., 2016). Eine Untersuchung der tatsächlichen Flächengrößen von kleinräumigen Landschaftselementen sollte Gegenstand von terrestrischen Kartierungen sein. Diese könnten dann eine plausible Festlegung von Pufferzonen für linien- und punktförmige Landschaftselemente informieren.

Eine weitere Anregung der Expert*innen war die Integration der Qualität halbnatürlicher Lebensräume. Dies ist vor dem Hintergrund sehr großer Unterschiede hinsichtlich der Lebensraumeignung von Landschaftselementen und nicht-bewirtschafteten Flächen für Tier- und Pflanzenarten nachvollziehbar (Deubert et al., 2014). Die Einbeziehung von Parametern oder „Scores“ zur Lebensraumqualität ist jedoch nach Auffassung des Projektteams aus konzeptioneller und methodischer Sicht nur schwer umsetzbar: Das RPSB-Modell als konzeptionelle Basis für die Strukturierung von Indikatoren in BM-Landwirtschaft (siehe Abschnitt 3.2), erfordert eine klare Abgrenzung zwischen Treiber- und Zustandsindikatoren. Die Lebensraumqualität stellt nach Ansicht des Projektteams einen Zustandsindikator dar, der beispielsweise durch das *Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert* (Indikator „Anteil der Landwirtschaftsfläche mit hohem Naturwert an der gesamten Agrarlandschaftsfläche“) und das geplante *Ökosystem-Monitoring* berücksichtigt wird (siehe Abschnitte 3.3.2

und 4.1). Die Einschätzung der Lebensraumqualität basiert hier auf dem Vorhandensein bestimmter Pflanzenarten und Vegetationsstrukturen, die wiederum von Treiberindikatoren im engeren Sinne beeinflusst werden. Deshalb besteht aus Sicht des Projektteams die Gefahr möglicher Zirkelschlüsse bei der Beschreibung kausaler Zusammenhänge, wenn die Lebensraumqualität selbst als Treiberindikator geführt werden würde. Auch aus methodischer Sicht sind das *Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert* (HNV-Farmland-Monitoring) und das geplante *Ökosystem-Monitoring*, die auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen durchgeführt werden, aufgrund des hohen Aufwands der Erfassung und Bewertung der Lebensraumqualität nicht für eine flächendeckende Erhebung geeignet. Die Entwicklung neuer Scoring-Methoden und daraus abgeleiteter Indikatoren für die Lebensraumqualität wird jedoch durch das Projektteam als wichtig und zielführend angesehen.

Die Indikatoren Landbedeckungsvielfalt und Kulturartenvielfalt spiegeln die Heterogenität von Landnutzungen in einem Bezugsraum wider. Während sich die Landbedeckungsvielfalt auf Landbedeckungsklassen wie Ackerland, Grünland, Dauerkulturen, Wald, Gehölz, Heiden, Moore, Siedlungen bezieht, gehen in den Indikator Kulturartenvielfalt die Anzahl und die Anteile von (Acker-)Kulturen ein. Der Indikator Kulturartenvielfalt ist daher vor allem in ackerbaulich dominierten Regionen aussagekräftig. In solchen Regionen kann eine hohe Vielfalt von Kulturen zu einer Erhöhung der Artenvielfalt führen (Sirami et al., 2019; Raderschall et al., 2022).

Im Hinblick auf die Landschaftskonfiguration umfasst das übergeordnete, bundesweite Indikatoren-Set solche Parameter, die die Größe von einheitlich bewirtschafteten Nutzflächen (Parzellengröße) und die Dichte von Grenzlinien zwischen verschiedenen Nutzungen beschreiben. Landschaften mit vielen kleinen Parzellen fördern ein heterogenes Nutzungsmosaik, welches Arten des Offenlandes eine Vielzahl an alternativen Lebensräumen in Raum und Zeit bietet (Fahrig et al., 2015; Dainese et al., 2019). An den Grenzen von Nutzflächen bestehen häufig Säume, die Übergänge zwischen verschiedenen Nutzungen darstellen und oft relativ breit und strukturreich sind, da hier eine intensive Nutzung aus praktischen oder rechtlichen Gründen oft nicht möglich ist. Wirtschaftswege, Feldraine oder Böschungen an Parzellengrenzen stellen oft kleinräumige Lebensräume in Agrarlandschaften dar.

Die Expert*innen brachten auch die Konnektivität von Lebensräumen als weiteren Indikator für die räumliche Konfiguration der Agrarlandschaft ein. Unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Daten zur Landbedeckung und Landnutzung plädiert das Projektteam dafür, einen Indikator für Landschaftskonnektivität zu entwickeln, der an die graphenbasierten Konnektivitäts-Metriken wie dem „Integral Index of Connectivity (IIC)“ angelehnt ist (Pascual-Hortal & Saura, 2006; Keeley et al., 2021).

4.2.2 Nutzungsintensität

Die Nutzungsintensität in der Landwirtschaft beschreibt, wie intensiv landwirtschaftliche Flächen bewirtschaftet werden. Während die Nutzungsintensität mehrdimensional ist und durch verschiedene Indikatoren erfasst werden kann (Erb et al., 2013), beschränkt sich das im Rahmen des Projekts BM-Landwirtschaft erstellte Set auf Indikatoren, die auf die Quantifizierung von stofflichen und energetischen Inputs abzielt (Tabelle 6).

Einer der wichtigsten Indikatoren für die Nutzungsintensität ist der Einsatz von Stickstoff, der in Form von synthetischen, mineralischen Düngemitteln oder als organische Mittel wie Kompost, Gärreste oder Gülle eingesetzt wird. Der Düngemiteleinsatz korreliert mit den Erträgen und ist daher ein sehr guter Proxy für die landwirtschaftliche Intensivierung (Gagic et al., 2017). Sowohl für Nutzflächen als auch für halbnatürliche und natürliche Lebensräume konnte gezeigt werden, dass der Stickstoffein-satz in der Landwirtschaft im Zusammenhang mit dem Verlust der Artenvielfalt von Gefäßpflanzen

steht (Kleijn et al., 2009; Bobbink et al., 2010; Midolo et al., 2019).

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und die Praktiken der Bodenbearbeitung sind weitere zentrale Faktoren in ackerbaulich geprägten Agrarlandschaften, und sollten deshalb im Indikatoren-Set berücksichtigt werden. Eine europaweite Studie konnte die negativen Effekte des Einsatzes von Insektiziden und Fungiziden auf verschiedene Artengruppen der Agrarlandschaft zeigen (Geiger et al., 2010). Laut einer Übersichtsstudie wirkt sich der intensive Einsatz Glyphosat-basierter Herbizide negativ auf die Wildpflanzenflora und die damit verbundene Vielfalt an Arthropoden aus (Schütte et al., 2017). Im Kontext des Nationalen Aktionsplans (NAP) Pflanzenschutz werden auf nationaler Basis eine Reihe von Indikatoren berichtet, die sich unter anderem auf Daten aus Betriebsnetzwerken stützen (Tabelle 5; Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz, 2024). Es handelt sich dabei um aggregierte Daten, die keine Rückschlüsse auf Raumeinheiten unterhalb der Bundesländer zulassen. Genauere Daten zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf Betriebsebene liegen derzeit nicht in einem für die Forschung nutzbaren Format und in einer notwendigen Vollständigkeit vor, um einen hochaufgelösten Indikator zu entwickeln.

Auf Anregung der Expert*innen wurde ein Indikator zur Intensität der Bodenbearbeitung im Ackerbau aufgenommen. Dieser könnte durch den Anteil an Brachen, die Dauer der Bodenruhe und die Häufigkeit der Bodenbearbeitung oder den Anteil und die Dauer von Bodenbegrünung operationalisiert werden. Fernerkundliche Methoden sind für die Erfassung dieses Indikators nach Auffassung des Projektteams besonders geeignet.

Für Grünlandgebiete ist neben dem Stickstoffeinsatz die Einbeziehung weiterer Intensitätsindikatoren essenziell. Die Besatzdichte sowie die Häufigkeit der Mahd und der erste Mahdtermin von Grünland, welche durch fernerkundliche Methoden erfasst werden kann, sind dafür geeignete Indikatoren.

Eine weitere Anregung der Expert*innen war die Aufnahme des Anteils und der Verteilung von Schutzgebieten sowie der „sensiblen Gebiete“ im Sinne der Verordnung zur nachhaltigen Verwendung von Pflanzenschutzmitteln („Sustainable Use Regulation, SUR“)¹ in das Set der Treiberindikatoren. Der Flächenanteil von Schutzgebieten kann je nach betrachteter Schutzgebietskategorie ein Indikator für die Eignung einer Landschaft als Lebensraum für gefährdete sowie häufige Tiere und Pflanzen sein. Unter Verwendung von Daten des *Tagfalter-Monitorings Deutschland* (Tabelle 4) wurde beispielsweise gezeigt, dass die Anzahl an Tagfalterarten innerhalb von Natura-2000 Gebieten höher war als außerhalb dieser Gebiete, jedoch wurden sowohl innerhalb als auch außerhalb dieser Schutzgebiete negative Bestandsentwicklungen in dem Zeitraum 2005 bis 2015 festgestellt (Rada et al., 2019). Häufig geht die Ausweisung von Naturschutzgebieten mit Bewirtschaftungsauflagen für die Landwirtschaft und damit einer Verringerung der Nutzungsintensität einher (z. B. Reduktion von Düngung und Pflanzenschutzmitteln, Verringerung von Viehdichten). Damit kann eine Ausweisung von Schutzgebieten und „sensiblen Gebieten“ zu Veränderungen des Zustandes der Artenvielfalt in den Gebieten, aber auch in benachbarten Bereichen führen. Da der Flächenanteil von Schutzgebieten jedoch keine direkten Aussagen zur Art und Intensität der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zulässt, sollte dieser nach Auffassung des Projektteams nicht als Treiberindikator verwendet werden. Vielmehr handelt es sich im Kontext des RPSB-Modells (siehe Abschnitt 3.2) um einen Maßnahmenindikator („Agrarumweltpolitische Maßnahmen“, Abbildung 7).

¹ Der Verordnungsvorschlag wurde am 22.11.2023 im Plenum des EU Parlamentes abgelehnt. Der weitere Gesetzgebungsprozess ist noch unklar (Stand: 15.07.2024).

5 Agrarraumspezifische Priorisierung von Treiberindikatoren



5.1 Agrarraumspezifische Priorisierung für ausgewählte Agrarraumtypen

Die Expert*innen nahmen im Rahmen des Workshops eine Priorisierung der Treiberindikatoren beispielhaft für die Agrarraumtypen A und C vor. Die Expert*innen wurden darum gebeten, Treiberindikatoren aus dem bundesweiten, übergeordneten Set auszuwählen und auf das jeweilige agrarraumspezifische Zielbild abzustimmen bzw. zu priorisieren. Die Charakterisierung der Agrarraumtypen sowie die Zielbilder sind in den Abschnitten 2.2 und 2.3 dargestellt.

5.1.1 Agrarraumtyp A (Großflächiger, intensiver Ackerbau)

Das Zielbild für den Agrarraumtyp A skizziert die Transformation des intensiven, großflächigen Ackerbaus hin zu einem angepassten Marktfruchtbau in strukturreichen Landschaften. Die Teilnehmenden des Workshops wählten Indikatoren aus den Dimensionen Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität aus, um die Erreichung des Zielbildes zu bewerten (Tabelle 7).

Tabelle 7: Agrarraumspezifisches Set priorisierter Treiberindikatoren für den Agrarraumtyp A: Großflächiger, intensiver Ackerbau. Die Priorisierung für die beiden Dimension Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität ist durch die Reihenfolge in der Tabelle abgebildet. Die Priorisierung der Treiberindikatoren für Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität ist durch die Reihenfolge innerhalb der jeweiligen Dimension abgebildet. Die Symbole stellen die angestrebte Richtung der Entwicklung der Treiberindikatoren zur Erreichung der formulierten Zielbilder dar.

| Dimension | Priorisierte Treiberindikatoren | Angestrebte Richtung der Entwicklung | |
|---------------------|--|---|---|
| | |  |  |
| Landschaftsstruktur | Flächenanteil halbnatürlicher, nicht-gehölzdominierter Lebensräume | X | |
| | Parzellengröße | | X |
| | Flächenanteil gehölzdominierter Landschaftselemente | X | |
| | Grenzliniendichte | X | |
| | Kulturartenvielfalt | X | |
| | Konnektivität | X | |
| Nutzungsintensität | Pflanzenschutzmittel-Einsatz, Risikoindex für aquatische und terrestrische Nichtzielorganismen | | X |
| | Stickstoff-Einsatz | | X |
| | Bodenbearbeitung im Ackerland | | X |

Für die Landschaftsstruktur wurden der Anteil halbnatürlicher Lebensräume und insbesondere der Anteil kleinräumiger Landschaftselemente als die vorrangig zu priorisierenden Treiberindikatoren hervorgehoben. Kleinräumige Landschaftselemente wie Einzelbäume und Sölle spielen insbesondere in ackerbaulich geprägten, homogenen Landschaften eine wichtige ökologische Rolle, da sie als Lebensräume in unmittelbarer Nähe zu Nutzflächen einen vergleichsweise ungestörten Lebensraum

bieten und Ökosystemleistungen wie die natürliche Schädlingskontrolle unterstützen. Die Kulturar-
tenvielfalt wurde ebenfalls als Schlüsselindikator angesehen, da durch eine Erhöhung der Vielfalt der
angebauten Nutzpflanzen ein wesentlicher Beitrag zur Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt ge-
leistet werden kann, ohne landwirtschaftlich genutzte Flächen aus der Produktion zu nehmen. Dar-
über hinaus wurden Indikatoren, die die Konfiguration der Landschaft beschreiben, wie Parzellen-
größe, Grenzliniendichte und Konnektivität als geeignet für die Überprüfung der Erreichung des Ziel-
bildes angesehen.

Für die Nutzungsintensität identifizierten die Workshop-Teilnehmenden den Einsatz von Stickstoff in
Form von Mineraldüngern und den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln als Indikatoren, die eine zent-
rale Rolle als Treiber der Artenvielfalt in diesem Agrarraumtyp spielen. Sie empfahlen außerdem, die
Bodenbearbeitung im Ackerland als weiteren wichtigen Indikator zu priorisieren, um die Bedeutung
des Bodens als Lebensraum für die Bodenfauna und zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen her-
vorzuheben. Diese ausgewählten Indikatoren sollen die Herausforderungen und Risiken adressieren,
die mit dem hohen Input von Produktionsmitteln und Energie im intensiven Marktfruchtbau verbun-
den sind. Zudem können sie positive Trends bei der Reduktion von Inputs aufzeigen, die sich aus An-
passungen der Produktionsweise im Sinne des integrierten oder ökologischen Pflanzenbaus sowie
aus technischen Entwicklungen der Digitalisierung und Automatisierung ergeben.



5.1.2 Agrarraumtyp C (Intensive Schweine- und Geflügelhaltung)

Das Zielbild für den Agrarraumtyp C adressiert die hohe Intensität der Tierhaltung, insbesondere der
Schweine- und Geflügelhaltung, und die damit verbundenen hohen Stickstoffbelastungen sowie den
intensiven Futterbau als wesentliche Hebel, um den Rückgang der Arten- und Lebensraumvielfalt
umzukehren. Als Konsequenz wird ein Umbau hin zu einer flächengebundenen Tierproduktion und
einem angepassten Marktfruchtbau beschrieben.

Die Expertinnen und Experten des Workshops identifizierten für diesen Agrarraumtyp die Besatz-
dichte, den Stickstoff-Einsatz und die Mahdhäufigkeit des Grünlands als Schlüsselindikatoren für die
Nutzungsintensität (Tabelle 8). Indikatoren zur Nutzungsintensität des Ackerbaus, der laut Zielbild
ebenfalls in eine naturverträgliche, angepasste Nutzung überführt werden sollte, wurden dagegen
von den Workshop-Teilnehmenden nicht genannt. Die Reduktion agrochemischer Inputs wurde im
Zielbild zwar explizit adressiert, von den Teilnehmenden des Workshops jedoch nicht aufgegriffen.

Hinsichtlich der Landschaftsstruktur wurden alle Indikatoren des übergeordneten, bundesweiten Sets
von den Teilnehmenden als gleich wichtig eingestuft. In Bezug auf die Landschaftsstruktur liegt der
Agrarraumtyp für die Landschaftsvielfalt und Parzellengröße im bundesweiten Durchschnitt (siehe
Abschnitt 2.3.2, Abbildung 6). Im Zielbild und in der Wahrnehmung der Workshop-Teilnehmenden
wurde dem nordwestdeutschen Raum, in dem dieser Agrarraumtyp vorkommt, eine relativ gute Aus-
stattung an halbnatürlichen Lebensräumen und Landschaftselementen zugeschrieben, die es jedoch
zu erhalten und ökologisch aufzuwerten gilt. Daher sollten die Treiberindikatoren für diesen Agrar-
raumtyp die verschiedenen Aspekte der Landschaftskomposition und -konfiguration sowie produk-
tive und nicht produktive Flächen gleichermaßen berücksichtigen, um zukünftige Entwicklungen hin
zu einer nachhaltigen und biodiversitätsfördernden landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise ab-
zubilden. In Bezug auf den Indikator Kulturartenvielfalt wurde jedoch angemerkt, dass diese vor dem
Hintergrund der Dominanz von Mais in den tierhaltungsintensiven Regionen von besonderer Bedeu-
tung sein könnte.

Tabelle 8: Agrarraumspezifisches Set priorisierter Treiberindikatoren für den Agrarraumtyp C: Intensive Schweine- und Geflügelhaltung. Die Priorisierung für die beiden Dimension Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität ist durch die Reihenfolge in der Tabelle abgebildet. Die Priorisierung der Treiberindikatoren für Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität ist durch die Reihenfolge innerhalb der jeweiligen Dimension abgebildet. Die Symbole stellen die angestrebte Richtung der Entwicklung der Treiberindikatoren zur Erreichung der formulierten Zielbilder dar.

| Dimension | priorisierte Treiberindikatoren | angestrebte Richtung der Entwicklung | |
|---------------------|--|--|---|
| | |  |  |
| Nutzungsintensität | Besatzdichte | | X |
| | Stickstoff-Einsatz | | X |
| | Mahdhäufigkeit | | X |
| Landschaftsstruktur | Kulturartenvielfalt | X | |
| | Flächenanteil halbnatürlicher, nicht-gehölzdominierter Lebensräume | X | |
| | Parzellengröße | | X |
| | Konnektivität | X | |
| | Flächenanteil gehölzdominierter Landschaftselemente | X | |
| | Grenzliniendichte | X | |

5.2 Priorisierung der Treiberindikatoren für die weiteren Agrarraumtypen

Für die Agrarraumtypen B sowie D – H erfolgte die Priorisierung der Treiberindikatoren durch das Projektteam (Tabelle 9). Die ausgewählten Treiberindikatoren orientieren sich eng an den agrarraumspezifischen Zielbildern. Es wurde eine Rangfolge absteigender Relevanz entwickelt, die in der Tabelle 9 durch die Reihenfolge der Dimensionen und Treiberindikatoren angegeben ist.

Die Dimension der Nutzungsintensität wird in allen weiteren Zielbildern als sehr wichtig angesehen, wobei die Zielbilder eine Verringerung bzw. Anpassung der Nutzungsintensität vorsehen. Die Indikatoren dieser Dimension sollten daher in den hier diskutierten Agrarraumtypen eine hohe Gewichtung erfahren im Vergleich zur Dimension der Landschaftsstruktur. In den Ackerbau- und Sonderkulturdominierten Agrarraumtypen B, F und H steht dabei der Pflanzenschutzmitteleinsatz und das damit verbundene Risiko für Nichtzielorganismen, der Einsatz mineralischer Stickstoffdünger und die Bodenbearbeitung im Ackerland im Mittelpunkt. In den durch Tierhaltung geprägten Agrarraumtypen D, E und G zielen die Indikatoren zur Nutzungsintensität dagegen auf die Anpassung der Tierbesatzdichte ab. Die anzustrebende Entwicklung muss jedoch differenziert betrachtet werden: Während in der Region der intensiven Milchviehhaltung (Typ D) eine Verringerung der Besatzdichten anzustreben ist, sieht das Zielbild für Typ E eher eine Beibehaltung der moderaten Besatzdichten vor. Im Agrarraumtyp G sollte zur Erreichung des Zielbilds eine Strategie der standortangepassten und dem Pflanzenbestand entsprechenden Viehbesatzdichte in der Weidehaltung anstreben werden, um das artenreiche Grünland der Mittelgebirge und Alpen zu erhalten.

Hinsichtlich der Landschaftsstruktur sind bei allen Agrarraumtypen die Indikatoren zu halbnatürlichen, nicht-gehölzdominierten Lebensräumen sowie zu gehölzdominierten Landschaftselementen

von hoher Relevanz, wobei für die Entwicklung der Fokus bei den intensiveren Typen auf eine Erhöhung der Quantität gelegt werden sollte, während es bei anderen Agrarraumtypen eher auf den Erhalt, den Schutz vor Einträgen und damit eine ökologische Aufwertung ankommt. In den Ackerbau geprägten Agrarraumtypen ist weiterhin der Indikator Kulturartenvielfalt relevant. Hinsichtlich der Landschaftsstruktur nimmt der Agrarraumtyp E eine besondere Stellung ein. Dieser ist bereits von einem Mosaik von Landbedeckung und Bewirtschaftung (Ackerbau, Grünland, Forst) und relativ kleinen Schlägen geprägt. Diese Indikatoren (Landbedeckungsvielfalt, Parzellengröße) sollten hier prioritär sein, damit diese günstigen Verhältnisse erhalten bleiben.

Tabelle 9: Agrarraumspezifische Sets von Treiberindikatoren für die anderen sechs Agrarraumtypen (Typen B, D bis H). Die Priorisierung für die beiden Dimension Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität ist durch die Reihenfolge in der Tabelle abgebildet. Die Priorisierung der Treiberindikatoren für Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität ist durch die Reihenfolge innerhalb der jeweiligen Dimension abgebildet.

| Agrarraumtyp | Dimension | priorisierte Treiberindikatoren |
|--|---------------------|---|
| B: Intensiver Ackerbau | Nutzungsintensität | Pflanzenschutzmittel-Einsatz, Risikoindex für aquatische und terrestrische Nichtzielorganismen Stickstoff-Einsatz Bodenbearbeitung im Ackerland |
| | Landschaftsstruktur | Flächenanteil halbnatürlicher, nicht-gehölzdominierter Lebensräume Kulturartenvielfalt Parzellengröße Flächenanteil gehölzdominierter Landschaftselemente Konnektivität |
| D: Intensive Milchviehhaltung | Nutzungsintensität | Besatzdichte Stickstoff-Einsatz Mahdhäufigkeit |
| | Landschaftsstruktur | Flächenanteil halbnatürlicher, nicht-gehölzdominierter Lebensräume Flächenanteil gehölzdominierter Landschaftselemente |
| E: Mosaik landwirtschaftlicher Nutzungen | Nutzungsintensität | Mahdhäufigkeit Stickstoff-Einsatz Pflanzenschutzmittel-Einsatz, Risikoindex für aquatische und terrestrische Nichtzielorganismen Bodenbearbeitung im Ackerland Besatzdichte |
| | Landschaftsstruktur | Landbedeckungsvielfalt Kulturartenvielfalt |

| Agrarraumtyp | Dimension | priorisierte Treiberindikatoren |
|---|---------------------|---|
| | | Parzellengröße |
| F: Ackerbau/Wald-Mosaik | Nutzungsintensität | Stickstoff-Einsatz Pflanzenschutzmittel-Einsatz, Risikoindex für aquatische und terrestrische Nichtzielorganismen Bodenbearbeitung im Ackerland |
| | Landschaftsstruktur | Flächenanteil gehölzdominierter Landschaftselemente Flächenanteil halbnatürlicher, nicht-gehölzdominierter Lebensräume Kulturartenvielfalt |
| G: Extensives Grünland-/Wald-Mosaik in Gebirgen | Nutzungsintensität | Besatzdichte, Mahdhäufigkeit (Mahdtermine) |
| | Landschaftsstruktur | Landbedeckungsvielfalt (Grünlanderhalt) Flächenanteil halbnatürlicher, nicht-gehölzdominierter Lebensräume |
| H: Landwirtschaft-/Siedlungsmosaik | Nutzungsintensität | Stickstoff-Einsatz Pflanzenschutzmittel-Einsatz, Risikoindex für aquatische und terrestrische Nichtzielorganismen Bodenbearbeitung im Ackerland |
| | Landschaftsstruktur | Flächenanteil gehölzdominierter Landschaftselemente Flächenanteil halbnatürlicher, nicht-gehölzdominierter Lebensräume |

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

6.1 Schlussfolgerungen

Die im Projekt BM-Landwirtschaft zusammengestellten Indikatoren-Sets stellen eine konzeptionelle Grundlage für die Ausgestaltung eines zukünftigen bundesweiten Monitorings der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften dar. Dabei dienten sowohl die Typisierung der Agrarräume Deutschlands (s. Teil 1 des Abschlussberichts; Pingel et al., 2026) als auch die agrarraumspezifischen Zielbilder (s. Teil 3 des Abschlussberichts; Sietz et al., 2026) als Grundlage für die Auswahl und Priorisierung von Indikatoren. Die ausgewählten Indikatoren bilden sowohl den Zustand von Artengruppen und Lebensräumen als auch die direkten Treiber von Biodiversitätsveränderungen ab. Die im Projekt BM-Landwirtschaft vorgenommene agrarraumspezifische Priorisierung von Treibern ermöglicht Aussagen darüber, ob sich die Agrarraumtypen auf dem Weg hin zu einer nachhaltigen und biodiversitätsfördernden landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise befinden oder nicht. Die Indikatoren stellen damit „Wegweiser“ dar, die es ermöglichen, die Entwicklung hin zu den formulierten Zielbildern nachzuvollziehen. Damit wird eine Überprüfung der Zielbilderreichung gewährleistet. Zudem können durch den agrarraumspezifischen Ansatz Ursachen für Trendentwicklungen differenzierter erfasst und die Agra-

rumweltpolitik hinsichtlich einer gezielteren räumlichen Lenkung von agrarumweltpolitischen Maßnahmen für eine verbesserte Förderung der Biodiversität besser informiert werden.

Die agrarraumspezifische Priorisierung von Treiberindikatoren stellt eine Neuerung im Monitoring der biologischen Vielfalt in Deutschland dar. Bisher werden Indikatoren häufig nur bundesweit oder auf Basis von administrativen Grenzen berichtet und analysiert, ohne die regionalen Unterschiede der Agrarlandschaften zu berücksichtigen. Die Priorisierung von Treibern kann dazu beitragen, regionale und agrarraumspezifische Zusammenhänge klarer zu erkennen. Dies umfasst die Beziehung zwischen Standortbedingungen, landwirtschaftlicher Produktion, den damit verbundenen Treibern wie Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität sowie deren Auswirkungen auf die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften. Durch diese räumlich differenzierte Betrachtungsweise steigt das Potential, maßgeschneiderte und damit effektivere Politikmaßnahmen zu entwickeln und auf Ebene der Agrarräume zu implementieren.

Eine weitere Innovation in BM-Landwirtschaft ist die Einbindung des RPBS-Modells als kausales Indikatorensystem dar. Bisher existiert in Deutschland kein Monitoring zur biologischen Vielfalt, welches es ermöglicht den Zustand der Biodiversität mit deren Treibern direkt in Beziehung zu setzen. Insbesondere wurden Daten zu Artenvielfalt und Populationen erhoben, ohne begleitende Daten zu möglichen Ursachen der Entwicklung von Arten und Populationen systematisch mitzuerfassen. Das von BM-Landwirtschaft vorgeschlagene übergeordnete, bundesweite Indikatoren-Set verfolgt die konsequente Trennung von Zustands- und Treiberindikatoren und stellt diese als gleichermaßen wichtig nebeneinander. Des Weiteren berücksichtigt das Indikatoren-Set sowohl die Landschaftsstruktur als auch die Nutzungsintensität als gleichermaßen wichtige landwirtschaftsbezogene Treiber-Dimensionen, die jedoch agrarraumspezifisch unterschiedlich zu gewichten sind.

6.2 Ausblick

Das im Projekt BM-Landwirtschaft erarbeitete bundesweite Set an Zustands- und Treiberindikatoren kann im Rahmen zukünftiger Forschung um zusätzliche Indikatoren erweitert werden. Beispielsweise könnten Indikatoren für die genetische Vielfalt von Nutztieren und Kulturpflanzen integriert werden. Die Vielfalt der einheimischen Nutztierassen und der im Anbau befindlichen Nutzpflanzen haben als genetische Ressourcen eine hohe Bedeutung für resiliente Agrar- und Ernährungssysteme. Derzeit verfügbare Indikatoren zur genetischen Vielfalt werden jedoch vorwiegend auf Bundesebene berichtet (MonViA Verbundprojekt, 2024). Daher sind derzeit keine agrarraumspezifischen Aussagen zur genetischen Vielfalt möglich.

Auch könnten zukünftig Indikatoren für agrarumweltpolitische Maßnahmen integriert werden. Im Rahmen des Verbundprojekts MonViA wurden Indikatoren entwickelt, die insbesondere solche Maßnahmen berücksichtigen, die im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) ko-finanziert werden (z. B. Indikator: Maßnahmen zum Erhalt oder der Steigerung der Landschaftsheterogenität, MonViA Verbundprojekt, 2024). Für diese Maßnahmenindikatoren liegen jedoch derzeit keine bundesweit aufbereiteten InVeKoS-Daten vor. Zukünftig sollte aber eine gezielte Bereitstellung, Sammlung und Auswertung dieser Daten möglich sein, um diese Indikatoren berechnen und agrarräumlich differenziert berichten zu können.

Des Weiteren könnten Indikatoren zu Bodenmikroorganismen zukünftig berücksichtigt werden. Mikroorganismen stellen durch ihre Aktivität wichtige Leistungen für die nachhaltige Nutzbarkeit landwirtschaftlicher Böden bereit. Im Kontext des Verbundprojekts MonViA wurde ein Verfahren für ein Mikrobiom-Monitoring konzeptionell und experimentell entwickelt und für ein flächendeckendes Monitoring bereitgestellt (MonViA Verbundprojekt, 2024). Zudem befindet sich derzeit das bundes-

weite Bodenmonitoringzentrum beim Umweltbundesamt im Aufbau, die sich u.a. der Umsetzung eines Bodenbiodiversitätsmonitorings annehmen werden.

Um mögliche Ursachen von Biodiversitätsveränderungen belastbarer analysieren zu können, könnten zukünftig Indikatoren für die Nutzungsintensität (insbesondere der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Stickstoff in der Landwirtschaft) basierend auf räumlich und zeitlich höher aufgelösten Daten berichtet und in das Indikatoren-Set integriert werden.

Zudem kann durch das erarbeitete Indikatoren-Set zukünftig das Monitoring zur Umsetzung und Zielerreichung nationaler Strategien und Aktionspläne, Förderinstrumente und internationaler Abkommen sowie ordnungsrechtlicher Ansätze zur biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften unterstützt werden.

Literatur

Ackermann, W., D. Fuchs, J. Tschiche, 2020: Ökosystem-Monitoring auf bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen (ÖSM-I): Abschlussbericht des gleichnamigen F+E-Vorhabens (FKZ: 3516 82 1100). BfN-Skripten, 586. Bonn, Bundesamt für Naturschutz (BfN), 190 S., DOI: 10.19217/skr586.

Aguilera, G., T. Roslin, K. Miller, G. Tamburini, K. Birkhofer, B. Caballero-Lopez, S.A.-M. Lindström, E. Öckinger, M. Rundlöf, A. Rusch, H.G. Smith, R. Bommarco, 2020: Crop diversity benefits carabid and pollinator communities in landscapes with semi-natural habitats. *Journal of Applied Ecology* **57** (11), 2170–2179, DOI: 10.1111/1365-2664.13712.

Albrecht, M., D. Kleijn, N.M. Williams, M. Tschumi, B.R. Blaauw, R. Bommarco, A.J. Campbell, M. Dainese, F.A. Drummond, M.H. Entling, D. Ganser, G. Arjen de Groot, D. Goulson, H. Grab, H. Hamilton, F. Herzog, R. Isaacs, K. Jacot, P. Jeanneret, M. Jonsson et al., 2020: The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters* **23** (10), 1488–1498, DOI: 10.1111/ele.13576.

Beckmann, M., K. Gerstner, M. Akin-Fajiye, S. Ceaușu, S. Kambach, N.L. Kinlock, H.R.P. Phillips, W. Verhagen, J. Gurevitch, S. Klotz, T. Newbold, P.H. Verburg, M. Winter, R. Seppelt, 2019: Conventional land-use intensification reduces species richness and increases production: A global meta-analysis. *Global Change Biology* **25** (6), 1941–1956, DOI: 10.1111/gcb.14606.

Bengtsson, J., J.M. Bullock, B. Egoh, C. Everson, T. Everson, T. O'Connor, P.J. O'Farrell, H.G. Smith, R. Lindborg, 2019: Grasslands-more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere* **10** (2), e02582, DOI: 10.1002/ecs2.2582.

BfN, 2023: Einheitlicher Methodenleitfaden "Insektenmonitoring": mit weiterentwickelter Methodik für die Erfassung von Insekten und Umweltvariablen (Kapitel 7, Bearbeitungsstand: Januar 2023), Bundesamt für Naturschutz (BfN), 67 S., URL: <https://www.bfn.de/insektenmonitoring>. Zugriff: 5. Februar 2024.

Billetter, R., J. Liira, D. Bailey, R.O.B. Bugter, P. Arens, I. Augenstein, S. Aviron, J. Baudry, R. Bukáček, F. Burel, M. Cerny, G. de Blust, R. de Cock, T. Diekötter, H. Dietz, J. Dirksen, C. Dormann, W. Durka, M. Frenzel, R. Hamersky et al., 2008: Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* **45** (1), 141–150, DOI: 10.1111/j.1365-2664.2007.01393.x.

BKG, 2017: Digitales Basis-Landschaftsmodell (Ebenen) (Basis-DLM), URL: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitales-basis-landschaftsmodell-ebenen-basis-dlm-ebenen.html>.

BKG, 2019: Digitales Geländemodell Gitterweite 200 m (DGM200), URL: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitales-gelandemodell-gitterweite-200-m-dgm200.html>. Zugriff: 15. November

2020.

BKG, 2023: Digitales Basis-Landschaftsmodell (Ebenen) (Basis-DLM), URL: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/digitale-landschaftsmodelle/digitales-basis-landschaftsmodell-ebenen-basis-dlm-ebenen.html>. Zugriff: 2. Februar 2024.

Blaauw, B.R., R. Isaacs, 2014: Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology* **51** (4), 890–898, DOI: 10.1111/1365-2664.12257.

Blickensdörfer, L., M. Schwieder, D. Pflugmacher, C. Nendel, S. Erasmí, P. Hostert, 2022: Mapping of crop types and crop sequences with combined time series of Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 data for Germany. *Remote Sensing of Environment* **269**, 112831, DOI: 10.1016/j.rse.2021.112831.

BMUV, 2007: Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt - Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), 180 S., URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nationale_strategie_biologische_vielfalt_2015_bf.pdf.

Bobbink, R., K. Hicks, J. Galloway, T. Spranger, R. Alkemade, M. Ashmore, M. Bustamante, S. Cinderby, E. Davidson, F. Dentener, B. Emmett, J.-W. Erisman, M. Fenn, F. Gilliam, A. Nordin, L. Pardo, W. de Vries, 2010: Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications* **20** (1), 30–59, DOI: 10.1890/08-1140.1.

Boerema, A., A.J. Rebelo, M.B. Bodi, K.J. Esler, P. Meire, 2017: Are ecosystem services adequately quantified? *Journal of Applied Ecology* **54** (2), 358–370, DOI: 10.1111/1365-2664.12696.

Bruelheide, H., F. Jansen, U. Jandt, R. Klenke, T. Sperle, V. Grescho, A. Bonn, M. Winter, 2022: Mindestanforderungen an ein Monitoring von Gefäßpflanzenarten auf den bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen. *Natur und Landschaft* **97** (6), 289–299.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), 2024: Digitaler Zwilling Deutschland, URL: https://www.bkg.bund.de/DE/Forschung/Projekte/Digitaler-Zwilling/Digitaler-Zwilling_cont.html. Zugriff: 29. Januar 2024.

Cassman, K.G., P. Grassini, 2020: A global perspective on sustainable intensification research. *Nature Sustainability* **3** (4), 262–268, DOI: 10.1038/s41893-020-0507-8.

CBD, 2013: Identification, Monitoring, Indicators and Assessments, URL: <https://www.cbd.int/indicators/intro.shtml>. Zugriff: 7. März 2024.

Copernicus Land Monitoring Service, 2018: Small Woody Features, URL: <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/small-woody-features>.

Dainese, M., E.A. Martin, M.A. Aizen, M. Albrecht, I. Bartomeus, R. Bommarco, L.G. Carvalheiro, R. Chaplin-Kramer, V. Gagic, L.A. Garibaldi, J. Ghazoul, H. Grab, M. Jonsson, D.S. Karp, C.M. Kennedy, D. Kleijn, C. Kremen, D.A. Landis, D.K. Letourneau, L. Marini et al., 2019: A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances* **5** (10), eaax0121, DOI: 10.1126/sciadv.aax0121.

Dauber, J., S. Klimek, T. G. Schmidt, 2016: Konzept für ein Biodiversitätsmonitoring Landwirtschaft in Deutschland. Thünen Working Paper, 58. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), 40 S.

Deubert, M., M. Trapp, K. Ullrich, 2014: Eh da-Flächen in Agrarlandschaften und im Siedlungsbereich. Studie zur Erfassung und Bewertung quantitativer und qualitativer Flächenpotenziale. Neustadt, RLP AgroScience GmbH Institut für Agrarökologie (IfA), 104 S., URL:

<http://www.eh-da-flaechen.de/>.

Dieker, P., S. Klimek, J. Dauber, 2021: Zielbilder für Biodiversität in Agrarlandschaften. Geographische Rundschau (5), 36–39.

Dou, Y., F. Cosentino, Z. Malek, L. Maiorano, W. Thuiller, P.H. Verburg, 2021: A new European land systems representation accounting for landscape characteristics. Landscape Ecology, DOI: 10.1007/s10980-021-01227-5.

Drusch, M., U. Del Bello, S. Carlier, O. Colin, V. Fernandez, F. Gascon, B. Hoersch, C. Isola, P. Laberinti, P. Martimort, A. Meygret, F. Spoto, O. Sy, F. Marchese, P. Bargellini, 2012: Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment **120**, 25–36, DOI: 10.1016/j.rse.2011.11.026.

Duelli, P., M.K. Obrist, 2003a: Biodiversity indicators: the choice of values and measures. Agriculture, Ecosystems & Environment **98** (1-3), 87–98, DOI: 10.1016/S0167-8809(03)00072-0.

Duelli, P., M.K. Obrist, 2003b: Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. Basic and Applied Ecology **4** (2), 129–138, DOI: 10.1078/1439-1791-00140.

EEA, 1999: Environmental indicators: Typology and overview. Technical Report, 25. Copenhagen, DK, Environment Agency Austria (EAA), 19 S., URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>. Zugriff: 18. März 2024.

EEA, 2019: The European Environment - State and Outlook 2020: Knowledge for transition to a sustainable Europe, 499 S., DOI: 10.2800/96749.

Emmerson, M., M.B. Morales, J.J. Oñate, P. Batáry, F. Berendse, J. Liira, T. Aavik, I. Guerrero, R. Bommarco, S. Eggers, T. Pärt, T. Tschardtke, W. Weisser, L. Clement, J. Bengtsson, 2016: Chapter Two - How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services. Advances in Ecological Research (eds A.J. Dumbrell, R.L. Kordas & G. Woodward), pp. 43–97. Academic Press. DOI: 10.1016/bs.aecr.2016.08.005

Erb, K.-H., H. Haberl, M.R. Jepsen, T. Kuemmerle, M. Lindner, D. Müller, P.H. Verburg, A. Reenberg, 2013: A conceptual framework for analysing and measuring land-use intensity. Current Opinion in Environmental Sustainability **5** (5), 464–470, DOI: 10.1016/j.cosust.2013.07.010.

Estel, S., T. Kuemmerle, C. Alcántara, C. Levers, A. Prishchepov, P. Hostert, 2015: Mapping farmland abandonment and recultivation across Europe using MODIS NDVI time series. Remote Sensing of Environment **163**, 312–325, DOI: 10.1016/j.rse.2015.03.028.

Eurostat, 2024: LUCAS - Land use and land cover survey, URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=LUCAS_-_Land_use_and_land_cover_survey. Zugriff: 7. August 2024.

Fahrig, L., J. Baudry, L. Brotons, F.G. Burel, T.O. Crist, R.J. Fuller, C. Sirami, G.M. Siriwardena, J.-L. Martin, 2011: Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. Ecology Letters **14** (2), 101–112, DOI: 10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x.

Fahrig, L., J. Girard, D. Duro, J. Pasher, A. Smith, S. Javorek, D. King, K.F. Lindsay, S. Mitchell, L. Tischendorf, 2015: Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. Agriculture, Ecosystems & Environment **200**, 219–234, DOI: 10.1016/j.agee.2014.11.018.

Gagic, V., D. Kleijn, A. Báldi, G. Boros, H.B. Jørgensen, Z. Elek, M.P.D. Garratt, G.A. de Groot, K. Hedlund, A. Kovács-Hostyánszki, L. Marini, E. Martin, I. Pevero, S.G. Potts, S. Redlich, D. Senapathi, I. Steffan-Dewenter, S. Świtek, H.G. Smith, V. Takács et al., 2017: Combined effects of agrochemicals

and ecosystem services on crop yield across Europe. *Ecology Letters* **20** (11), 1427–1436, DOI: 10.1111/ele.12850.

Garibaldi, L.A., I. Steffan-Dewenter, R. Winfree, M.A. Aizen, R. Bommarco, S.A. Cunningham, C. Kremen, L.G. Carvalheiro, L.D. Harder, O. Afik, I. Bartomeus, F. Benjamin, V. Boreux, D. Cariveau, N.P. Chacoff, J.H. Dudenhöffer, B.M. Freitas, J. Ghazoul, S. Greenleaf, J. Hipólito et al., 2013: Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science (New York, N.Y.)* **339** (6127), 1608–1611, DOI: 10.1126/science.1230200.

Geiger, F., J. Bengtsson, F. Berendse, W.W. Weisser, M. Emmerson, M.B. Morales, P. Ceryngier, J. Liira, T. Tsharntke, C. Winqvist, S. Eggers, R. Bommarco, T. Pärt, V. Bretagnolle, M. Plantegenest, L.W. Clement, C. Dennis, C. Palmer, J.J. Oñate, I. Guerrero et al., 2010: Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* **11** (2), 97–105, DOI: 10.1016/j.baae.2009.12.001.

Geschke, J., K. Vohland, A. Bonn, J. Dauber, M.O. Gessner, K. Henle, J. Nieschulze, D. Schmeller, J. Settele, N. Sommerwerk, F. Wetzel, 2019: Biodiversitätsmonitoring in Deutschland: Wie Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft ein nationales Monitoring unterstützen können. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* **28** (3), 265–270, DOI: 10.14512/gaia.28.3.6.

Gocht, A., N. Röder, 2014: Using a Bayesian estimator to combine information from a cluster analysis and remote sensing data to estimate high-resolution data for agricultural production in Germany. *International Journal of Geographical Information Science* **28** (9), 1744–1764, DOI: 10.1080/13658816.2014.897348.

Heidrich-Riske, H., 2004: Bericht zur Durchführung der Ziehung einer räumlichen Stichprobe für das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Monitoring von Vogelarten in Deutschland“ des Bundesamtes für Naturschutz. Modul I: Zustand der Normallandschaft., Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Heink, U., J. Hauck, K. Jax, U. Sukopp, 2016: Requirements for the selection of ecosystem service indicators – The case of MAES indicators. *Ecological Indicators* **61**, 18–26, DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.09.031.

Heink, U., I. Kowarik, 2010: What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators* **10** (3), 584–593, DOI: 10.1016/j.ecolind.2009.09.009.

Hertzog, L.R., S. Klimek, N. Röder, C. Frank, H.G.S. Böhner, J. Kamp, 2023: Associations between farmland birds and fallow area at large scales: Consistently positive over three periods of the EU Common Agricultural Policy but moderated by landscape complexity. *Journal of Applied Ecology* **60** (6), 1077–1088, DOI: 10.1111/1365-2664.14400.

Herzog, F., J. Franklin, 2016: State-of-the-art practices in farmland biodiversity monitoring for North America and Europe. *Ambio* **45** (8), 857–871, DOI: 10.1007/s13280-016-0799-0.

Herzog, F., G. Lüscher, M. Arndorfer, M. Bogers, K. Balázs, R. Bunce, P. Dennis, E. Falusi, J.K. Friedel, I.R. Geijzendorffer, T. Gomiero, P. Jeanneret, G. Moreno, M.-L. Oschatz, M.G. Paoletti, J.-P. Sarthou, S. Stoyanova, E. Szerencsits, S. Wolfrum, W. Fjellstad et al., 2017: European farm scale habitat descriptors for the evaluation of biodiversity. *Ecological Indicators* **77** (1), 205–217, DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.01.010.

Holz, L., C. Krämer, M. Birkenstock, N. Röder, D. Sietz, M. Pingel, S. Klimek, B. Golla, 2026: Bewertung der agrarraumspezifischen Wirksamkeit und Realisierbarkeit existierender Politikziele und -maßnahmen zum Schutz der Biodiversität. Thünen Working Paper, 279. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, DOI: 10.3220/253-2026-0.

- Hünig, C., A. Benzler, 2017:** Das Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert in Deutschland. Bonn-Bad Godesberg, BfN-Skripten, 476. URL: https://bfnet.bund.de/frontdoor/deliver/index/docId/244/file/Skript_476.pdf.
- IPBES, 2019:** Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, 60 S., DOI: 10.5281/ZENODO.5657041.
- Jänicke, C., M. Wesemeyer, C. Chiarella, T. Lakes, C. Levers, P. Meyfroidt, D. Müller, M. Pratzner, P. Rufin, 2024:** Can we estimate farm size from field size? An empirical investigation of the field size to farm size relationship. *Agricultural Systems* **220**, 104088, DOI: 10.1016/j.agsy.2024.104088.
- Jones, S.K., N. Estrada-Carmona, S.D. Juventia, M.E. Dulloo, M.-A. Laporte, C. Villani, R. Remans, 2021:** Agrobiodiversity Index scores show agrobiodiversity is underutilized in national food systems. *Nature Food* **2** (9), 712–723, DOI: 10.1038/s43016-021-00344-3.
- Kamp, J., C. Frank, S. Trautmann, M. Busch, R. Dröschmeister, M. Flade, B. Gerlach, J. Karthäuser, F. Kunz, A. Mitschke, J. Schwarz, C. Sudfeldt, 2021:** Population trends of common breeding birds in Germany 1990–2018. *Journal of Ornithology* **162** (1), 1–15, DOI: 10.1007/s10336-020-01830-4.
- Keeley, A.T., P. Beier, J.S. Jenness, 2021:** Connectivity metrics for conservation planning and monitoring. *Biological Conservation* **255**, 109008, DOI: 10.1016/j.biocon.2021.109008.
- Kleijn, D., F. Kohler, A. Báldi, P. Batáry, E.D. Concepción, Y. Clough, M. Díaz, D. Gabriel, A. Holzschuh, E. Knop, A. Kovács, E.J.P. Marshall, T. Tschardtke, J. Verhulst, 2009:** On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings. Biological Sciences* **276** (1658), 903–909, DOI: 10.1098/rspb.2008.1509.
- Kleijn, D., M. Rundlöf, J. Scheper, H.G. Smith, T. Tschardtke, 2011:** Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? *Trends in Ecology & Evolution* **26** (9), 474–481, DOI: 10.1016/j.tree.2011.05.009.
- Klimek, S., A. Richter gen. Kemmermann, M. Hofmann, J. Isselstein, 2007:** Plant species richness and composition in managed grasslands: The relative importance of field management and environmental factors. *Biological Conservation* **134** (4), 559–570, DOI: 10.1016/j.biocon.2006.09.007.
- Kühn, E., M. Musche, A. Harpke, R. Feldmann, B. Metzler, M. Wiemers, N. Hirneisen, J. Settele, 2014:** Tagfalter-Monitoring Deutschland. *Oedippus*, 27, GfS - Gesellschaft für Schmetterlingsschutz e.V., URL: <https://www.ufz.de/tagfalter-monitoring/index.php?de=41769>.
- Kulkarni, S.S., L.M. Dossdall, C.J. Willenborg, 2015:** The Role of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Weed Seed Consumption: A Review. *Weed Science* **63** (2), 355–376, DOI: 10.1614/WS-D-14-00067.1.
- Lendi, M., 1995:** Leitbilder in der räumlichen Entwicklung. Hannover (Handwörterbuch der Raumordnung), Seiten 608–614. URL: https://www.arl-net.de/system/files/l_s0543-0624.pdf.
- Leonhardt, H., S. Hüttel, T. Lakes, M. Wesemeyer, S. Wolff, 2023:** Use Cases of the Integrated Administration and Control System's Plot-Level Data: Protocol and Pilot Analysis for a Systematic Mapping Review. *German Journal of Agricultural Economics* **72** (3-4), DOI: 10.30430/gjae.2023.0385.
- Lindemann-Matthies, P., X. Junge, D. Matthies, 2010:** The influence of plant diversity on people's perception and aesthetic appreciation of grassland vegetation. *Biological Conservation* **143** (1), 195–202, DOI: 10.1016/j.biocon.2009.10.003.
- Lucas, C., W. Bouten, Z. Koma, W. Kissling, A. Seijmonsbergen, 2019:** Identification of Linear Vegetation Elements in a Rural Landscape Using LiDAR Point Clouds. *Remote Sensing* **11** (3), 292,

DOI: 10.3390/rs11030292.

Lüker-Jans, N., D. Simmering, A. Otte, 2016: Analysing Data of the Integrated Administration and Control System (IACS) to Detect Patterns of Agricultural Land-Use Change at Municipality Level. *Landscape Online* **48**, 1–24, DOI: 10.3097/LO.201648.

Lüscher, G., Y. Ammari, A. Andriets, S. Angelova, M. Arndorfer, D. Bailey, K. Balázs, M. Bogers, R.G.H. Bunce, J.-P. Choisis, P. Dennis, M. Díaz, T. Dyman, S. Eiter, W. Fjellstad, M. Fraser, J.K. Friedel, S. Garchi, I.R. Geijzendorffer, T. Gomiero et al., 2016: Farmland biodiversity and agricultural management on 237 farms in 13 European and two African regions. *Ecology* **97** (6), 1625, DOI: 10.1890/15-1985.1.

Meier, E.S., G. Lüscher, E. Knop, 2022: Disentangling direct and indirect drivers of farmland biodiversity at landscape scale. *Ecology Letters* **25** (11), 2422–2434, DOI: 10.1111/ele.14104.

Midolo, G., R. Alkemade, A.M. Schipper, A. Benítez-López, M.P. Perring, W. de Vries, 2019: Impacts of nitrogen addition on plant species richness and abundance: A global meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography* **28** (3), 398–413, DOI: 10.1111/geb.12856.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005: Ecosystems and human well-being: Synthesis Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC, Island Press, 137 S., ISBN: 1-59726-040-1.

Mitschke, A., Sudfeldt, Christoph, H. Heidrich-Riske, R. Dröschmeister, 2005: Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands - Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. *Vogelwelt* **126**, 127–140.

Mõisja, K., E. Uuemaa, T. Oja, 2016: Integrating small-scale landscape elements into land use/cover: The impact on landscape metrics' values. *Ecological Indicators* **67**, 714–722, DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.03.033.

Montgomery, I., T. Caruso, N. Reid, 2020: Hedgerows as Ecosystems: Service Delivery, Management, and Restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **51** (1), 81–102, DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-012120-100346.

MonViA Verbundprojekt, 2024: MonViA Indikatorenbericht 2024 - Bundesweites Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften. Überarbeitete Version Dezember 2024. Bonn, URL: <https://www.agrarmonitoring-monvia.de/monvia/monitoring-der-biologischen-vielfalt>.

Morandin, L.A., R.F. Long, C. Kremen, 2016: Pest Control and Pollination Cost-Benefit Analysis of Hedgerow Restoration in a Simplified Agricultural Landscape. *Journal of economic entomology* **109** (3), 1020–1027, DOI: 10.1093/jee/tow086.

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, 2020: Biodiversität und Management von Agrarlandschaften – Umfassendes Handeln ist jetzt wichtig. Stellungnahme. Halle (Saale), 80 S.

Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz, 2024: Indikatoren und Deutscher Pflanzenschutzindex, URL: <https://www.nap-pflanzenschutz.de/indikatorenforschung/indikatoren-und-deutscher-pflanzenschutzindex>. Zugriff: 31. Juli 2024.

Neuenfeldt, S., A. Gocht, N. Röder, 2020: Thünen-Agraratlas: Disaggregierte Darstellung der landwirtschaftlichen Nutzung auf Basis der Daten der Statistischen Ämter der Länder. vorläufige Ergebnisse, Thünen-Institut, URL: <https://atlas.thuenen.de/atlanten/agraratlas>. Zugriff: 29. April 2025.

Niemeijer, D., R.S. de Groot, 2008: Framing environmental indicators: moving from causal chains to

causal networks. *Environment, Development and Sustainability* **10** (1), 89–106, DOI: 10.1007/s10668-006-9040-9.

Noss, R.F., 1990: Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology* **4** (4), 355–364, DOI: 10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x.

Oberlack, C., S. Pedde, L. Piemontese, T. Václavík, D. Sietz, 2023: Archetypes in support of tailoring land-use policies. *Environmental Research Letters* **18** (6), 60202, DOI: 10.1088/1748-9326/acd802.

Öckinger, E., A.K. Eriksson, H.G. Smith, 2006: Effects of grassland abandonment, restoration and management on butterflies and vascular plants. *Biological Conservation* **133** (3), 291–300, DOI: 10.1016/j.biocon.2006.06.009.

Öckinger, E., O. Schweiger, T.O. Crist, D.M. Debinski, J. Krauss, M. Kuussaari, J.D. Petersen, J. Pöyry, J. Settele, K.S. Summerville, R. Bommarco, 2010: Life-history traits predict species responses to habitat area and isolation: a cross-continental synthesis. *Ecology Letters* **13** (8), 969–979, DOI: 10.1111/j.1461-0248.2010.01487.x.

Pandey, P.C., N. Koutsias, G.P. Petropoulos, P.K. Srivastava, E. Ben Dor, 2021: Land use/land cover in view of earth observation: data sources, input dimensions, and classifiers—a review of the state of the art. *Geocarto International* **36** (9), 957–988, DOI: 10.1080/10106049.2019.1629647.

Pascual-Hortal, L., S. Saura, 2006: Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology* **21** (7), 959–967, DOI: 10.1007/s10980-006-0013-z.

Perić, Z., A.N. Geiger, S. Nordheim, 2022: Beobachtung der Landschaftselemente anhand von LiDAR-Daten. In: Fuchs-Kittowski, F., A. Abecker, F. Hosenfeld, H. Ortleb, M. Klafft (Hrsg.). *Tagungsband des 28. Workshops "Umweltinformationssysteme – Wie trägt die Digitalisierung zur Nachhaltigkeit bei?" (UIS 2021)*, Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 169–182.

Pingel, M., C. Sinn, L. Holz, S. Klimek, D. Sietz, M. Birkenstock, N. Röder, B. Golla, 2026: Typisierung der Agrarräume Deutschlands. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut* 231, DOI: 10.5073/20251219-095049-0.

Poschlod, P., 2017: Geschichte der Kulturlandschaft: Entstehungsursachen und Steuerungsfaktoren der Entwicklung der Kulturlandschaft, Lebensraum- und Artenvielfalt in Mitteleuropa. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 1322 S., ISBN: 9783818600297.

Power, A.G., 2010: Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* **365** (1554), 2959–2971, DOI: 10.1098/rstb.2010.0143.

Preidl, S., M. Lange, D. Doktor, 2020: Introducing APiC for regionalised land cover mapping on the national scale using Sentinel-2A imagery. *Remote Sensing of Environment* **240**, 111673, DOI: 10.1016/j.rse.2020.111673.

Raderschall, C.A., R. Bommarco, S.A. Lindström, O. Lundin, 2021: Landscape crop diversity and semi-natural habitat affect crop pollinators, pollination benefit and yield. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **306**, 107189, DOI: 10.1016/j.agee.2020.107189.

Raderschall, C.A., O. Lundin, G. Aguilera, S.A. Lindström, R. Bommarco, 2022: Legacy of landscape crop diversity enhances carabid beetle species richness and promotes granivores. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **340** (60), 108191, DOI: 10.1016/j.agee.2022.108191.

Redlich, S., E.A. Martin, I. Steffan-Dewenter, 2018: Landscape-level crop diversity benefits biological pest control. *Journal of Applied Ecology* **55** (5), 2419–2428, DOI: 10.1111/1365-2664.13126.

- Rigal, S., V. Dakos, H. Alonso, A. Auniņš, Z. Benkő, L. Brotons, T. Chodkiewicz, P. Chylarecki, E. de Carli, J.C. Del Moral, C. Domşa, V. Escandell, B. Fontaine, R. Foppen, R. Gregory, S. Harris, S. Herrando, M. Husby, C. Ieronymidou, F. Jiguet et al., 2023:** Farmland practices are driving bird population decline across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **120** (21), e2216573120, DOI: 10.1073/pnas.2216573120.
- Röder, N., A. Ackermann, S. Baum, H. G. S. Böhner, B. Laggner, S. Lakner, S. Ledermüller, J. Wegmann, M. Zinnbauer, J. Strassemeyer, F. Pöllinger, 2022:** Evaluierung der GAP-Reform von 2013 aus Sicht des Umweltschutzes anhand einer Datenbankanalyse von In-VeKoS-Daten der Bundesländer. *Texte / Umweltbundesamt*, 75/2022. Dessau-Roßlau, Umweltbundesamt, 288 S.
- Sauberer, N., K.P. Zulka, M. Abensperg-Traun, H.-M. Berg, G. Bieringer, N. Milasowszky, D. Moser, C. Plutzer, M. Pollheimer, C. Storch, R. Tröstl, H. Zechmeister, G. Grabherr, 2004:** Surrogate taxa for biodiversity in agricultural landscapes of eastern Austria. *Biological Conservation* **117** (2), 181–190, DOI: 10.1016/S0006-3207(03)00291-X.
- Scherber, C., N. Eisenhauer, W.W. Weisser, B. Schmid, W. Voigt, M. Fischer, E.-D. Schulze, C. Roscher, A. Weigelt, E. Allan, H. Bessler, M. Bonkowski, N. Buchmann, F. Buscot, L.W. Clement, A. Ebeling, C. Engels, S. Halle, I. Kertscher, A.-M. Klein et al., 2010:** Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature* **468** (7323), 553–556, DOI: 10.1038/nature09492.
- Schindler, S., G. Banko, D. Moser, R. Grillmayer, K. P. Zulka, W. Rabitsch, U. Lamb, F. Essl, M. Stejskal-Tiefenbach, 2017:** Österreichisches Biodiversitäts-Monitoring: Kulturlandschaft: Konzept für die Erfassung von Status und Trends der Biodiversität. Wien, Umweltbundesamt, 156 S.
- Schröder, W., G. Schmidt, R. Pesch, H. Matejka, T. Eckstein, 2001:** Konkretisierung des Umweltbeobachtungsprogrammes im Rahmen eines Stufenkonzeptes der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder Teilvorhaben 3. Förderkennzeichen (UFOPLAN) 299 82 212 / 02, Umweltbundesamt, 446 S.
- Schuch, S., H. Ludwig, K. Wesche, 2020:** Erfassungsmethoden für ein Insektenmonitoring: Eine Materialsammlung. BfN-Skripten, 565. Bonn, 83 S.
- Schütte, G., M. Eckerstorfer, V. Rastelli, W. Reichenbecher, S. Restrepo-Vassalli, M. Ruohonen-Lehto, A.-G.W. Saucy, M. Mertens, 2017:** Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. *Environmental Sciences Europe* **29** (1), 5, DOI: 10.1186/s12302-016-0100-y.
- Schwieder, M., M. Wesemeyer, D. Frantz, K. Pfoch, S. Erasmí, J. Pickert, C. Nendel, P. Hostert, 2022:** Mapping grassland mowing events across Germany based on combined Sentinel-2 and Landsat 8 time series. *Remote Sensing of Environment* **269**, 112795, DOI: 10.1016/j.rse.2021.112795.
- Sietz, D., S. Klimek, J. Dauber, 2022:** Tailored pathways toward revived farmland biodiversity can inspire agroecological action and policy to transform agriculture. *Communications Earth & Environment* **3** (1), 1941, DOI: 10.1038/s43247-022-00527-1.
- Sietz, D., M. Birkenstock, B. Golla, C. Krämer, M. Pingel, L. Holz, N. Röder, S. Klimek, 2026:** Entwicklung transformativer Zielbilder zur Förderung der Biodiversität und ihrer Ökosystemleistungen in Agrarlandschaften. Thünen Working Paper 280. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, DOI: 10.3220/253-2026-1.
- Sirami, C., N. Gross, A.B. Baillod, C. Bertrand, R. Carrié, A. Hass, L. Henckel, P. Miguét, C. Vuillot, A. Alignier, J. Girard, P. Batáry, Y. Clough, C. Violle, D. Giralte, G. Bota, I. Badenhauer, G. Lefebvre, B. Gauffre, A. Vialatte et al., 2019:** Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across

agricultural regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **116** (33), 16442–16447, DOI: 10.1073/pnas.1906419116.

Soga, M., K.J. Gaston, 2018: Shifting baseline syndrome: causes, consequences, and implications. *Frontiers in Ecology and the Environment* **16** (4), 222–230, DOI: 10.1002/fee.1794.

Spangenberg, J.H., J. Martinez-Alier, I. Omann, I. Monterroso, R. Binimelis, 2009: The DPSIR scheme for analysing biodiversity loss and developing preservation strategies. *Ecological Economics* **69** (1), 9–11, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2009.04.024.

Sparks, T.H., S.H.M. Butchart, A. Balmford, L. Bennun, D. Stanwell-Smith, M. Walpole, N.R. Bates, B. Bomhard, G.M. Buchanan, A.M. Chenery, B. Collen, J. Csirke, R.J. Diaz, N.K. Dulvy, C. Fitzgerald, V. Kapos, P. Mayaux, M. Tierney, M. Waycott, L. Wood et al., 2011: Linked indicator sets for addressing biodiversity loss. *Oryx* **45** (3), 411–419, DOI: 10.1017/S003060531100024X.

Stenzel, S., A. Benzler, C. Hünig, M. Neukirchen, W. Züghart, 2021: Gefäßpflanzen im bundesweiten Naturschutz-Monitoring. *Natur und Landschaft* **96** (9+10), 434–443, DOI: 10.17433/9.2021.50153943.434-443.

Sudfeldt, C., 2012: Vogelmonitoring in Deutschland: Programme und Anwendungen. Bonn-Bad Godesberg, Bundesamt für Naturschutz, 257 S., ISBN: 9783784340197.

Tälle, M., T. Ranius, E. Öckinger, 2023: The usefulness of surrogates in biodiversity conservation: A synthesis. *Biological Conservation* **288**, 110384, DOI: 10.1016/j.biocon.2023.110384.

Tamburini, G., R. Bommarco, T.C. Wanger, C. Kremen, M.G.A. van der Heijden, M. Liebman, S. Hallin, 2020: Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances* **6** (45), DOI: 10.1126/sciadv.aba1715.

Tetteh, G.O., A. Gocht, S. Erasmı, M. Schwieder, C. Conrad, 2021: Evaluation of Sentinel-1 and Sentinel-2 Feature Sets for Delineating Agricultural Fields in Heterogeneous Landscapes. *IEEE Access* **9**, 116702–116719, DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3105903.

Tilman, D., P.B. Reich, J.M.H. Knops, 2006: Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature* **441** (7093), 629–632, DOI: 10.1038/nature04742.

Tscharntke, T., A.M. Klein, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter, C. Thies, 2005: Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* **8** (8), 857–874, DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.

Tscherning, K., K. Helming, B. Krippner, S. Sieber, S.G.y. Paloma, 2012: Does research applying the DPSIR framework support decision making? *Land Use Policy* **29** (1), 102–110, DOI: 10.1016/j.landusepol.2011.05.009.

Ulber, L., C. von Redwitz, F. Gottwald, S. Wheke, S. Meyer, 2025: Konzept für ein Monitoring des Zustands und der Entwicklung der Segetalflora in Deutschland. *Natur und Landschaft* **100** (1), 9–15, DOI: 10.19217/NuL2025-01-02.

Vessby, K., B. Söderström, A. Glimskär, B. Svensson, 2002: Species-Richness Correlations of Six Different Taxa in Swedish SeminatURAL Grasslands. *Conservation Biology* **16** (2), 430–439, DOI: 10.1046/j.1523-1739.2002.00198.x.

Warren, M.S., D. Maes, C.A.M. van Swaay, P. Goffart, H. van Dyck, N.A.D. Bourn, I. Wynhoff, D. Hoare, S. Ellis, 2021: The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **118** (2), DOI: 10.1073/pnas.2002551117.

- Weber, D., U. Hintermann, A. Zangger, 2004:** Scale and trends in species richness: considerations for monitoring biological diversity for political purposes. *Global Ecology and Biogeography* **13** (2), 97–104, DOI: 10.1111/j.1466-882X.2004.00078.x.
- Westgate, M.J., P.S. Barton, P.W. Lane, D.B. Lindenmayer, 2014:** Global meta-analysis reveals low consistency of biodiversity congruence relationships. *Nature Communications* **5**, 3899, DOI: 10.1038/ncomms4899.
- Winfrey, R., J.W. Fox, N.M. Williams, J.R. Reilly, D.P. Cariveau, 2015:** Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a real-world ecosystem service. *Ecology Letters* **18** (7), 626–635, DOI: 10.1111/ele.12424.
- Winfrey, R., C. Kremen, 2009:** Are ecosystem services stabilized by differences among species? A test using crop pollination. *Proceedings. Biological Sciences* **276** (1655), 229–237, DOI: 10.1098/rspb.2008.0709.
- Wolff, S., S. Hüttel, C. Nendel, T. Lakes, 2021:** Agricultural Landscapes in Brandenburg, Germany: An Analysis of Characteristics and Spatial Patterns. *International Journal of Environmental Research* **25** (4), 166, DOI: 10.1007/s41742-021-00328-y.
- Wolters, V., J. Bengtsson, A.S. Zaitsev, 2006:** Relationship among the species richness of different taxa. *Ecology* **87** (8), 1886–1895, DOI: 10.1890/0012-9658(2006)87[1886:RATSRO]2.0.CO;2.
- Woodcock, B.A., M.P.D. Garratt, G.D. Powney, R.F. Shaw, J.L. Osborne, J. Soroka, S.A.M. Lindström, D. Stanley, P. Ouvrard, M.E. Edwards, F. Jauker, M.E. McCracken, Y. Zou, S.G. Potts, M. Rundlöf, J.A. Noriega, A. Greenop, H.G. Smith, R. Bommarco, W. van der Werf et al., 2019:** Meta-analysis reveals that pollinator functional diversity and abundance enhance crop pollination and yield. *Nature Communications* **10** (1), 1481, DOI: 10.1038/s41467-019-09393-6.
- Zimmermann, H., 2009:** What is a „Leitbild“? Some Reflections on the Origin and use of the German Expression. In: Strubelt, W. (Hrsg.). *Guiding principles for spatial development in Germany*, Berlin, Heidelberg, Springer, S. 1–12, DOI: 10.1007/978-3-540-88839-0_2.

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------------|--|
| Basis-DLM | Digitales Basis-Landschaftsmodell |
| BKG | Bundesamt für Kartographie und Geodäsie |
| BMUV | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz |
| BRS | Bundesweit repräsentative Stichprobe |
| BY | Bayern |
| CBD | Convention on Biological Diversity |
| DGM200 | Digitales Geländemodell Gitterweite 200 m |
| DPSIR(-Modell) | Driver-Pressure-State-Impact-Response(-Modell) |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| EEA | European Environmental Agency |
| GAP | Gemeinsame Agrarpolitik |
| ha | Hektar |
| InVeKoS | Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem |
| LiDAR | Light Detection and Ranging |
| LUCAS | Land use and land cover survey |
| MhB | Monitoring häufiger Brutvögel |
| NBS | Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt |
| NI | Niedersachsen |
| NW | Nordrhein-Westfalen |
| PAPA | Panel für Pflanzenschutzmittelanwendungen |
| RPSB(-Modell) | Response-Pressure-State-Benefit(-Modell) |
| SH | Schleswig-Holstein |

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Karte Deutschlands mit räumlicher Verteilung der Agrarraumtypen (A-H).
- Abbildung 2:** Eigenschaften des Agrarraumtyps A basierend auf bundesweit normierten Variablen (a) sowie dessen räumliche Verbreitung (b).
- Abbildung 3:** Eigenschaften des Agrarraumtyps C basierend auf bundesweit normierten Variablen (a) sowie dessen räumliche Verbreitung (b).
- Abbildung 4:** Eigenschaften der Agrarraumtypen B und D bis H basierend auf bundesweit normierten Variablen.
- Abbildung 5:** Veranschaulichung der wesentlichen Entwicklungspfade zur Erreichung des Zielbilds für Agrarraumtyp A.
- Abbildung 6:** Veranschaulichung der wesentlichen Entwicklungspfade zur Erreichung des Zielbilds für Agrarraumtyp C.
- Abbildung 7:** Schematische Darstellung des Pressure-State-Benefit (RPSB) Modells (verändert nach Sparks et al., 2011).

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1:** Übersicht über die verwendeten Eingangsvariablen für die Typologie der Agrarräume Deutschlands.
- Tabelle 2:** Zusammenfassung der wesentlichen Stellschrauben zur Erreichung der agrarraum-spezifischen Zielbilder für die Agrarraumtypen A bis H.
- Tabelle 3:** Kriterien im Projekt BM-Landwirtschaft für die Auswahl von Artengruppen und Lebensräumen zur Ableitung von Zustandsindikatoren für die Arten- und Lebensraumvielfalt.
- Tabelle 4:** Bestehende und in Planung bzw. konzeptioneller Entwicklung befindliche bundesweite Monitoring-Programme für ausgewählte Artengruppen und terrestrische Lebensräume in Deutschland.
- Tabelle 5:** Auswahl von Fachdaten und Forschungsdaten zur Landbedeckung und Landnutzung, die die Entwicklung von flächendeckenden Treiberindikatoren unterstützen können.
- Tabelle 6:** Übergeordnetes, bundesweites Set von Treiberindikatoren für Landschaftsstruktur und Nutzungsintensität
- Tabelle 7:** Agrarraumspezifisches Set priorisierter Treiberindikatoren für den Agrarraumtyp A: Großflächiger, intensiver Ackerbau.
- Tabelle 8:** Agrarraumspezifisches Set priorisierter Treiberindikatoren für den Agrarraumtyp C: Intensive Schweine- und Geflügelhaltung.
- Tabelle 9:** Agrarraumspezifische Sets von Treiberindikatoren für die anderen sechs Agrarraumtypen (Typen B, D bis H).

Danksagung

Die Autor*innen des Berichts danken sehr herzlich allen beteiligten externen Expert*innen aus Wissenschaft, Politik und Administration für Ihre engagierte, konstruktive und kritische Mitarbeit an der Workshop-Reihe zum Verbundprojekt „Entwicklung der grundlegenden Standards für die Umsetzung eines Biodiversitätsmonitorings in der Landwirtschaft (BM-Landwirtschaft)“. Die Workshops waren ein zentraler Bestandteil des Verbundprojektes. Die Anregungen, Fragen und kritischen Hinweise der Expert*innen haben wesentlich zum Projekterfolg beitragen.

Besonderer Dank gilt zudem Jens Dauber, Petra Dieker, Niels Hellwig, Toni Kasiske und Tanja Rottstock für Ihre Mitwirkung an den Workshops sowie die Durchsicht und Kommentierung des Berichts.

