



Indikatorenbericht 2024

Bundesweites Monitoring der biologischen
Vielfalt in Agrarlandschaften

MonViA Indikatorenbericht 2024

Bundesweites Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften.

Berichtserstellung / -koordination: Karina Klein, Sophie Ogan, Tanja Rottstock, Charlotte Tönshoff

Autorinnen und Autoren:

Andrea Ackermann, Abdulrahim Alkassab, Lisa Balzar, Holger Beer, Florian Beyer, Hannah G. S. Böhner, Felix Briem, Jens Dauber, Stefan Erasmi, Damien Finn, Elena Fruchtenicht, Heike Gerighausen, Alexander Gocht, Holger Göderz, Burkhard Golla, Henri Greil, Annett Gummert, Hannah Hamm, Matthias Hartmann, Niels Hellwig, Nadine Herwig, Annette Herz, Christoph Hoffmann, Bernd Hommel, Marvin Kaczmarek, Wiebke Kämper, Toni Kasiske, Philipp Kassel, Hella Kehlenbeck, Sebastian Klimek, André Krahner, Sandra Krengel-Horney, Lasse Krüger, Leonie Lakemann, Jörn Lehmhus, Niels Lettow, Christian Levers, Oleg Lewkowski, Lara Lindermann, Ricarda Lodenkemper, Stefan Lorenz, Dorothee J. Lüken, Karin Meinikmann, Kim A. Mohr, Markus Möller, Zvonimir Perić, Martin Pingel, Maximilian Pink, Jens Pistorius, Anett Richter, Tanja Riedel, Norbert Röder, Lena C. Ruf, Stefan Schröder, Marcel Schwieder, Sarah Sensen, Wiebke Sickel, Maximilian Sittinger, Frank Sommerlandt, Johanna Stahl, Jörn Strassemeyer, Christoph Tebbe, Johannes Uhler, Jannes Uhlott, Lena Ulber, Lisa-Marie Urso, Anna Vaupel, Christoph von Redwitz, Dieter von Hörsten, Haotian Wang, Jens Karl Wegener, Johanna Wider, Monika Winkler, Jingjing Yang

Weitere an der Erstellung von Berichtsteilen beteiligte Wissenschaftler: Petra Dieker, Swantje Grabener, Harmen P. Hendriksma

Gender-Hinweis

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Bericht das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Impressum

HERAUSGEBER

MonViA Konsortium

REDAKTION

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Informations- und Koordinationszentrum für biologische Vielfalt (IBV)
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn

LAYOUT

Karina Klein (BLE)

BERICHTSSTAND

Ende 2023

BILDNACHWEISE

Titelbild: Karina Klein, BLE

ZITIERVORSCHLAG

MonViA (2024). Herausgeber: MonViA-Konsortium. MonViA Indikatorenbericht 2024 - Bundesweites Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften. Überarbeitete Version Dezember 2024.
<https://www.agrarmonitoring-monvia.de/monvia/monitoring-der-biologischen-vielfalt>

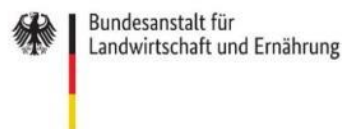
Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FÖRDERHINWEIS

Dies ist eine gemeinsame Publikation/Veröffentlichung im Rahmen des bundesweiten Monitorings der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften (MonViA), gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Im Auftrag des BMEL sind insgesamt 12 Fachinstitute des Thünen-Institutes und des Julius Kühn-Institutes sowie das Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung im Vorhaben aktiv.



Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	6
TEIL I - KONZEPTIONELLER RAHMEN	8
I 1. EINLEITUNG	9
I 2. ANSATZ ZUR ENTWICKLUNG EINES MONITORINGKONZEPTS	10
TEIL II - INDIKATORENSET ZUR MESSUNG DER BIOLOGISCHEN VIELFALT IN AGRARLANDSCHAFTEN	16
II 1. EINLEITUNG	17
II 2. MONVIA INDIKATORENSET „BIODIVERSITÄT IN AGRARLANDSCHAFTEN“	20
II 2.1 LEBENSRAUMVIELFALT	24
II 2.1.1 LANDSCHAFT	25
II 2.1.2 LANDNUTZUNG	32
II 2.1.3 NUTZUNGSINTENSITÄT	41
II 2.1.4 KLEINSTRUKTUREN UND LANDSCHAFTSELEMENTE	60
II 2.1.5 AGRARUMWELT-MAßNAHMEN	68
II 2.2 ORGANISMENVIELFALT	73
II 2.2.1 WILDBIENEN	74
II 2.2.3 NÜTZLINGE IN REFUGIALHABITATEN	89
II 2.2.4 SCHADINSEKTEN	108
II 2.2.5 INSEKTENDIVERSITÄT IM WEINBAU	111
II 2.2.6 BIODIVERSITÄT DER KLEINGEWÄSSER (GEWÄSSERINSEKTEN)	118
II 2.2.7 DIVERSITÄT DER ACKERUNKRÄUTER	133
II 2.2.8 REGENWÜRMER	136
II 2.2.9 BODENMIKROORGANISMEN	139
II 2.3 GENETISCHE VIELFALT	141
II 2.3.1 GENETISCHE VIELFALT EINHEIMISCHER NUTZTIERE	142
II 2.3.2 GENETISCHE KULTURPFLANZENVIELFALT IM ANBAU	145
II 2.3.3 GENETISCHE VIELFALT DER HONIGBIENE	149
TEIL III - METHODEN- UND TECHNOLOGIEENTWICKLUNG, MACHBARKEITSSSTUDIEN & KOOPERATIONSPROJEKTE	151
III 1. EINLEITUNG	152
III 2. METHODEN- UND TECHNOLOGIEENTWICKLUNG, MACHBARKEITSSSTUDIEN	153
III 2.1 VERBESSERUNG DER ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN	153
III 2.2 BIODIVERSITÄTSFÖRDERUNG DURCH VERBESSERTE ANBAUSYSTEME	155

III 2.3	POPULATIONSGENETISCHE ANALYSE VON WILDBIENEN ZUR BEWERTUNG DER WIRKSAMKEIT VON BLÜHSTREIFEN	157
III 2.4	FARBSCHALENMONITORING ZUR ERMITTLUNG DER BIENENDIVERSITÄT UND -VITALITÄT	160
III 2.5	KAMERAFALLE ZUM AUTOMATISIERTEN INSEKTENMONITORING	163
III 2.6	FIELD AUTOMATIC INSECT RECOGNIZER - DEVICE (FAIR-DEVICE): STATIONÄRE ERFASSUNG FLIEGENDER INSEKTEN	165
III 2.7	ENTWICKLUNG VON TECHNISCHEN KONZEPTEN ZUR BIODIVERSITÄTSBESTIMMUNG IN DER AGRARLANDSCHAFT	167
III 2.8	EIGNUNG DES FORMATS CITIZEN SCIENCE AN DER AGRARFORSCHUNG UND ANSÄTZE ZUR QUALITÄTSSICHERUNG	170
III 3.	KOOPERATIONSPROJEKTE	173
III 3.1	TAGFALTER	174
III 3.2	AGRARVÖGEL	176
	TEIL IV – GESAMTAUSBLICK UND FAZIT	178
	AUSBLICK	179
	FAZIT	185
	ANHANG	186
	ANHANG I	186
	ANHANG II	187
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	188
	LITERATURVERZEICHNIS	190

Zusammenfassung

- Deutschland ist in weiten Teilen von Agrarlandschaften geprägt. Deren biologische Vielfalt ist die Grundlage für Ökosystemfunktionen und -leistungen und damit Grundlage für ein nachhaltiges Landwirtschafts- und Ernährungssystem.
- Im Zuge internationaler Abkommen zum Schutz der biologischen Vielfalt wird Deutschland über die Erreichung der bindenden Zielvereinbarungen durch ein geeignetes Biodiversitätsmonitoring berichten müssen.
- Erhalt, Förderung und nachhaltige Nutzung der Biodiversität benötigt eine wissenschaftlich fundierte Datengrundlage. Einerseits, um Entwicklungen in Agrarlandschaften aufzuzeigen und andererseits, um die Wirkung von politischen Eingriffen (z. B. Förderprogramme) festzustellen. In Deutschland gibt es aktuell noch kein Monitoring, welches bundesweit Aussagen über den Zustand und die Veränderung der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften zulässt. MonViA orientiert sich am DPSIR-Konzept (Driver-, Pressure-, State-, Impact- und Response-Indikatoren) und wählt Zielgrößen, welche Aussagen über den Zustand der biologischen Vielfalt sowie möglicher Auswirkungen des Biodiversitätswandels im Agrarraum zulassen und berücksichtigt relevante Einflussfaktoren.
- Diese für den Agrarraum ausgewählten Zielgrößen repräsentieren wichtige Elemente der drei Ebenen der Biodiversität: Lebensraumvielfalt (Landnutzung, Landschaftsstruktur und Landnutzungsintensität), Organismenvielfalt (Wild- und Honigbienen, Schwebfliegen, parasitisch-lebende Hymenopteren, Schadinsekten, Ackerunkräuter, Regenwürmer, Bodenmikroorganismen sowie die Insektendiversität in Weinbergen und stehenden Kleingewässern) und genetische Vielfalt (Vielfalt einheimischer Nutztierassen, der im Anbau befindlichen Nutzpflanzen und der Honigbiene).
- Für diese Zielgrößen entwickelt MonViA Indikatoren zur Biodiversität in Agrarlandschaften, welche die Beschreibung des Zustandes und der Veränderungen der biologischen Vielfalt unter Berücksichtigung von Landnutzung und Agrarstruktur ermöglichen.
- Für ein effektives, kosteneffizientes und bestandsschonendes Monitoring wurden diese Indikatoren im Rahmen der Pilotphase auch mittels Methoden- und Machbarkeitsstudien sowie Kooperationsprojekten unterstützt (Abb. 1).
- Mithilfe der Monitoringansätze, der gemeinsamen Auswertung von naturschutzfachlichen und landwirtschaftlichen Monitoringdaten sowie der aktiven Suche von Schnittstellen zu laufenden Monitoringprogrammen wird eine Harmonisierung bzw. Nutzung von Synergien auf nationaler und europäischer Ebene vorangetrieben.
- MonViA kann Veränderungen der Indikatoren aufzeigen, beschreiben und basierend darauf in Zukunft dabei helfen festzustellen, ob die von der Politik oder der Gesellschaft definierten Ziele erreicht wurden. Weiterhin können aus den über die Zeit zu beobachtenden Trends vertiefende Fragestellungen und Forschungsbedarf identifiziert werden.
- Perspektivisch soll durch MonViA eine repräsentative und wissenschaftlich fundierte Datengrundlage geschaffen werden, aus der sich Handlungsempfehlungen ableiten und Referenzwerte definieren lassen. Diese sollen der Politik als Kompass für die Rahmensetzung in der Agrarpolitik dienen und die Grundlage für die Transformation des Landwirtschafts- und Ernährungssystems bilden.

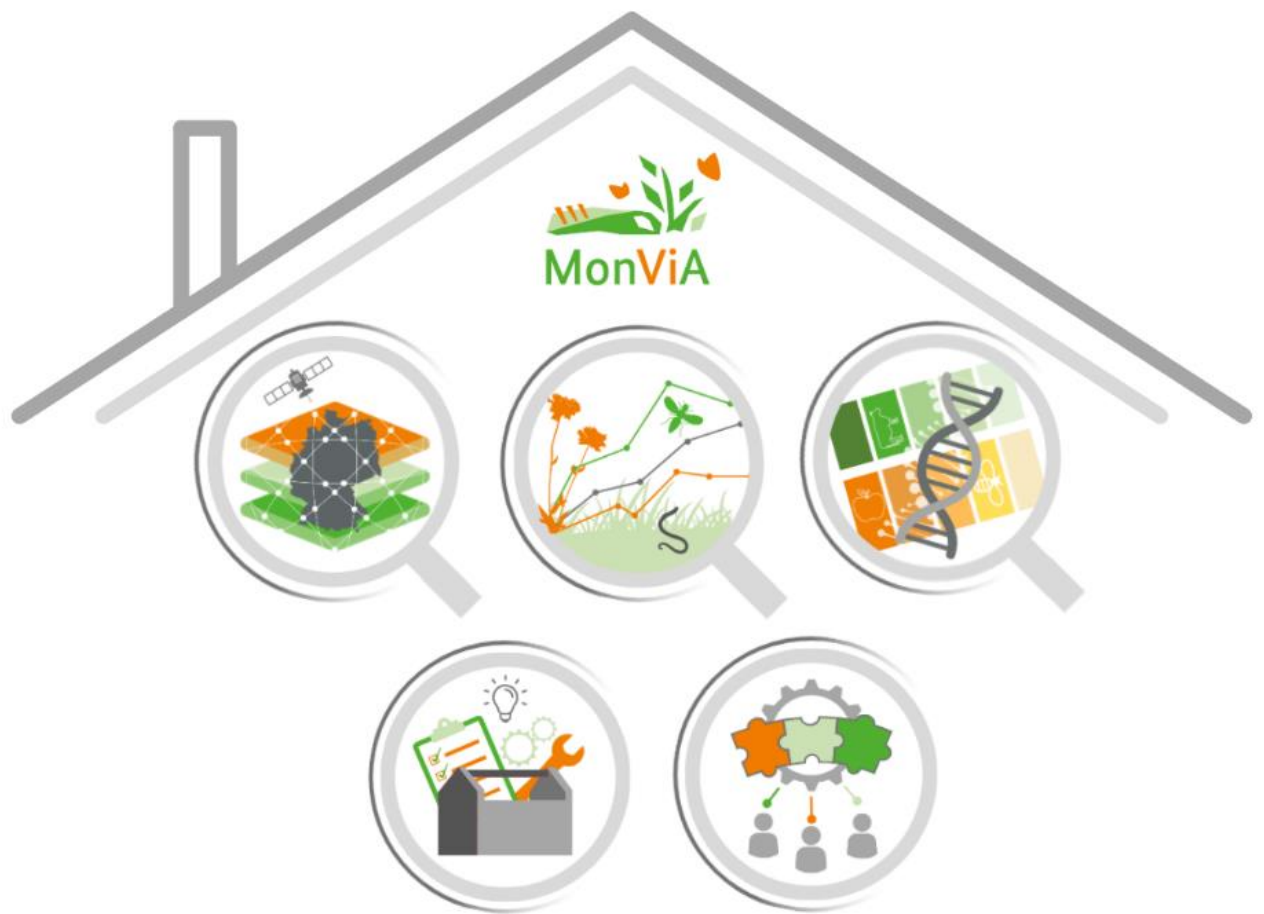


Abb. 1 Der MonViA Projektverbund bestehend aus Indikatorensets der Lebensraumvielfalt, Organismenvielfalt und genetischen Vielfalt sowie der Methodenentwicklungen, Machbarkeitsstudien und Kooperationsprojekten (© K. Klein, BLE).

1

Teil I - Konzeptioneller Rahmen

I 1. Einleitung

Deutschland ist in weiten Teilen von Agrarlandschaften geprägt, da rund 50 % der Fläche landwirtschaftlich genutzt wird. Die Ausgestaltung und Vielfalt der Landnutzungssysteme in den Agrarlandschaften sind seit jeher von großer Bedeutung für die Erhaltung und die Förderung der biologischen Vielfalt. Zur biologischen Vielfalt zählt neben der Lebensraum- und Artenvielfalt auch die genetische Vielfalt von domestizierten Formen der Flora und Fauna. Die biologische Vielfalt, einschließlich ihrer Ökosystemfunktionen und -leistungen, ist eine wichtige Grundlage für ein nachhaltiges Landwirtschafts- und Ernährungssystem. Sie ist von entscheidender Bedeutung für die Produktion von Nahrungsmitteln und Rohstoffen. Für die Landwirtschaft ist es daher ein besonderes Anliegen, die biologische Vielfalt nachhaltig zu nutzen und Potenziale für einen natürlichen Klimaschutz, für Innovationen und die Produktion gesunder Lebens- und Futtermittel zu erschließen. Doch wie ist der aktuelle Zustand der biologischen Vielfalt? Wie verändert sie sich und welche agrarpolitischen Fördermaßnahmen wirken sich positiv aus, beziehungsweise wie können negative Einflüsse reduziert und vermieden werden?

MonViA, das Verbundvorhaben zum bundesweiten Monitoring der Biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften, leistet einen Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen. Dafür entwickelt, testet und validiert MonViA Indikatoren und Monitoringansätze, die langfristig Trendanalysen der Biodiversität in Agrarlandschaften ermöglichen und wenn möglich komplexe Wirkungszusammenhänge (z. B. Einflüsse agrarpolitischer Fördermaßnahmen auf die für den Agrarraum relevanten Zielgrößen) aufzeigen. Der Fokus liegt auf den drei Ebenen der Biodiversität: Lebensraumvielfalt (Landnutzung, Landschaftsstruktur und Landnutzungsintensität), Organismenvielfalt (Wild- und Honigbienen, Schwebfliegen, parasitisch lebende Hymenopteren, Schadinsekten, Ackerunkräuter, Regenwürmer, Bodenmikroorganismen sowie die Insektendiversität in Weinbergen und stehenden Kleingewässern) und genetische Vielfalt (Vielfalt einheimischer Nutztierassen, der im Anbau befindlichen Nutzpflanzen und der Honigbiene).

MonViA entwickelt Indikatoren zur Biodiversität in Agrarlandschaften, die Auskunft geben über Veränderungen in der Landnutzung und biologischen Vielfalt. Dabei ergänzt MonViA bestehende und im Aufbau befindliche naturschutzfachliche Monitoring-Systeme. Das Verbundvorhaben legt die Grundlage für eine bundesweit repräsentative und wissenschaftlich belastbare Datengrundlage, die eng an politische Handlungsfelder wie die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP), Farm-to-Fork-Strategie (F2F), die Nationale Strategie der biologischen Vielfalt (NBS) oder die Verordnung zur Wiederherstellung der Natur (NRL) angebunden ist (Abb. 4 und 85). Das allgemeine Trendmonitoring in MonViA hilft zudem, Fragestellungen für ein vertiefendes Monitoring aufzudecken und zusätzlichen Forschungsbedarf zu identifizieren. Durch die Möglichkeit, das Monitoring sowohl bundesweit als auch auf spezifische Agrarräume zu fokussieren, können Entwicklungen in der Agrarlandschaft differenziert betrachtet werden. Der modulare Aufbau von MonViA (Tab. 1) erlaubt eine flexible Anpassung an Veränderungen im politischen Rahmen, wie beispielsweise Änderungen in der Förderpolitik. Belastbare Monitoringdaten und die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen sollen der Politik als Kompass dienen und den Weg ebnen für ein zukunftsfestes Landwirtschafts- und Ernährungssystem, das die Biodiversität nachhaltig nutzt und schützt.

Fünf Jahre (2019-2023) wurde im MonViA-Verbund an Instituten und Einrichtungen des Thünen-Instituts, des Julius Kühn-Instituts und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geforscht; es wurden Arbeiten koordiniert und Konzepte für ein bundesweites Monitoring der biologischen Vielfalt erarbeitet. Der Fokus des Berichts liegt auf der Darstellung der entwickelten Indikatoren-Sets zur bundesweiten Erfassung der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften sowie erster Ergebnisse (Teil II). Ergänzt wird dieser Teil durch die Darstellung der Ergebnisse der Methodenentwicklungen, Machbarkeitsstudien und Kooperationsprojekte (Teil III). In Teil IV erfolgt die Einordnung der MonViA-Arbeiten in die aktuelle Monitoring-Landschaft, sowie eine Übersicht der konkreten Anknüpfungspunkte an politische Handlungsfelder und Strategien.

Das Ziel des MonViA-Indikatorenbericht ist eine erste, möglichst kompakte Übersicht der MonViA-Indikatoren, der begleitenden Methoden- und Machbarkeitsstudien sowie Kooperationsprojekten. Die

konzeptionellen Vorarbeiten zur Festlegung und Entwicklung der Indikatoren werden in den jeweiligen Konzepten der einzelnen Monitoring-Module dargelegt.

I 2. Ansatz zur Entwicklung eines Monitoringkonzepts

Wissenschaftliche Herangehensweise

Spätestens nach der Veröffentlichung des ersten globalen Berichts zum Zustand der Biodiversität und ihren Ökosystemfunktionen (IPBES, 2019) und nicht zuletzt aufgrund der Verabschiedung des globalen Biodiversitätsrahmens von Kunming-Montreal (GBF; CBD COP15, 2022), steht der Biodiversitätsschutz weltweit im Fokus. Diese Ziele sind auch in Deutschland grundlegende Eckpfeiler der nationalen Umwelt- und Agrarpolitik.

Die Erfassung des Zustands und der mittel- und langfristigen Veränderungen, der Fortschritte von Maßnahmen und Aktivitäten, unter anderem Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, sowie die frühzeitige Erkennung von Fehlentwicklungen erfordern eine wissenschaftlich fundierte und transparente Erfolgskontrolle. Solche Erfolgskontrollen setzen jedoch voraus, dass der Status Quo der biologischen Vielfalt bekannt ist. Hier setzt MonViA mit der modularen Konzeptionierung eines bundesweiten Biodiversitätsmonitorings speziell für die Agrarlandschaft an. Die wissenschaftlichen Monitoringkonzepte der einzelnen Module (Modulübersicht in Tab.1) wurden dabei fragen- und hypothesenbasiert entwickelt und orientierten sich an drei Leitfragen:

Wie entwickelt sich die biologische Vielfalt in offenen Agrarlandschaften unter dem Einfluss der landwirtschaftlichen Produktion, des Landnutzungs- und des Agrarstrukturwandels?

Wie wirkt sich die Veränderung der biologischen Vielfalt auf die Leistungsfähigkeit und Stabilität der landwirtschaftlichen Produktionssysteme aus?

Wie wirken agrar- und umweltpolitische Maßnahmen auf die biologische Vielfalt, und wie kann MonViA die Politik beraten?

Um herauszufinden, ob Lebensräume, Artenzahlen und Populationen sowie genetische Ressourcen sich über die Zeit und im Raum verändern, braucht es neben umfassenden Status-Quo Erhebungen vor allem ein Monitoring, in dem Langzeitdaten systematisch erhoben und bereitgestellt werden. Für jede der drei Ebenen der Biodiversität - Lebensraumvielfalt, Organismenvielfalt und genetische Vielfalt wurden in MonViA für den Agrarraum relevante Zielgrößen, z. B. Landnutzung, Landschaftsstruktur oder Organismengruppen mit bedeutenden Ökosystemfunktionen ausgewählt und dazugehörige Problemstellungen wie z. B. eine fehlende Datengrundlage formuliert. Es wurden Einflussfaktoren identifiziert und analysiert, die auf die Komponenten der Biodiversität einwirken, wie z. B.

Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Tieren sowie zwischen Organismen und der umgebenden Landschaft sowie Landnutzungssystemen. Unter Berücksichtigung dieser Elemente wurden für einzelne MonViA-Module Monitoringkonzepte und Indikatoren entwickelt. Diese erlauben es, vor allem den aktuellen Status und langfristige Trends abzubilden sowie wo möglich auch spezifische Fragestellungen zu Ursache-Wirkungszusammenhängen durch ein gezieltes Monitoring, beispielsweise auf Ebene einzelner Agrarräume, zu beantworten.

Im Folgenden wird erläutert, welche Überlegungen und Entscheidungen bei der Auswahl der einzelnen Biodiversitätskomponenten, Methoden und Stichprobenflächen ausschlaggebend waren.

Erfassung der Lebensraumvielfalt

Die Agrarlandschaft ist in einem kontinuierlichen Wandel. Sowohl hinsichtlich der regionalen Bedeutung von Nutzungssystemen als auch hinsichtlich der Landschaftsstruktur und der Nutzungsintensität auf den landwirtschaftlichen Flächen. Im Augenblick fehlt eine verlässliche, flächendeckende und räumlich differenzierte Datengrundlage, die diese Veränderungen abbildet und damit verbundene Umweltauswirkungen aufzeigen kann. Ziel der MonViA-Module für die Erfassung der Lebensraumvielfalt ist es, den Zustand und die Veränderungen der Landnutzung, Landschaftsstruktur und Landnutzungsintensität für die Agrarlandschaft Deutschlands flächendeckend und -scharf zu erfassen und zu bilanzieren. Hierzu werden verschiedene bestehende Datenquellen genutzt und Informationen wiederkehrend und flächendeckend bereitgestellt. Die Beschreibung des Status Quo und der Entwicklungen ermöglicht es, die sich verändernden Einflüsse der Landnutzung, die auf die Biodiversität wirken, darzustellen. Zusammen mit anderen Modulen werden die Auswirkungen einer „Belastungsänderung“ auf die Biodiversität, sowie die Wirksamkeit von Instrumenten für den Schutz der Biodiversität analysiert.

Wichtige Faktoren für die Biodiversität sind sowohl die räumliche und zeitliche Vielfalt der Landnutzung als auch die Nutzungsintensität auf einer Fläche (nach Sirami et al. 2019). Die Beschreibung der landwirtschaftlichen Nutzung erfolgt durch eine Vielzahl an Indikatoren. Diese werden in der Regel differenziert für Grün- und Ackerland dargestellt, da jeweils unterschiedliche Managementeinflüsse relevant sind. Informationen zur landwirtschaftlichen Landnutzung werden mit Hilfe von Literaturwerten zu Kenngrößen für wichtige biophysikalische Prozessgrößen zusammengefasst (z. B. Düngungsintensität, Nährstoff- und Humusbilanzen). Da die landwirtschaftliche Nutzung stark durch das Förderrecht beeinflusst wird, wurden Indikatoren entwickelt, die die Maßnahmenfläche in Abhängigkeit von der übergeordneten Zielstellung der Förderung abbilden. Trotz Beschränkung der Flächenkulisse auf die Agrarlandschaft bzw. Offenlandschaft muss für die Analyse von Veränderungen und Trends der Biodiversität in Agrarlandschaften darüber hinaus die gesamte Landschaft in den Blick genommen werden. Dies hat mehrere Gründe. Erstens finden Konversionen zwischen Landbedeckungsklassen (Wald, Siedlungen, landwirtschaftliche Flächen) statt. Zweitens hängen sowohl das Vorkommen von Arten als auch die Bereitstellung und Nachfrage nach Ökosystemfunktionen auch vom Landschaftskontext ab. Deshalb wird die Landschaftsstruktur anhand ihrer Komposition (Anteil von Landnutzungsklassen, Quantität und Qualität von Landschaftselementen) und Konfiguration (Mesh size) beschrieben.

Erfassung der Organismenvielfalt

Vielfalt ergibt sich aus einem Zusammenspiel des Lebensraums, seiner äußeren Einflüsse und der Vielfalt der Organismen, die ihn bewohnen und verschiedene Funktionen erfüllen. Zur Aufrechterhaltung und langfristigen Sicherung wichtiger Ökosystemleistungen, auch in Zeiten des Klimawandels, sind eine Vielzahl von Organismen und ihre Wechselbeziehungen sowie verschiedene Betrachtungsebenen in Raum und Zeit erforderlich. Um der Komplexität der Biodiversität gerecht zu werden und diese möglichst repräsentativ für Trendaussagen erfassen zu können, sind unter anderem Kenntnisse zu Quantität (z. B. Artenreichtum und -verbreitung, Abundanz der Arten), Qualität (z. B. häufige oder seltene Arten) und Funktion (z. B. Bestäubung) pflanzlicher und tierischer Organismengruppen sowie ihrer Habitate notwendig. Für die Konzeptionierung eines Biodiversitätsmonitorings stellt sich die Herausforderung, eine geeignete Auswahl an verschiedenen Organismengruppen zu identifizieren (Surrogate). Diese Surrogate müssen sich als Indikatoren eignen (Sensitivität und Repräsentativität), um die biologische Vielfalt im Agrarraum inklusive bedeutender Einflussgrößen möglichst genau abzubilden. Dies bedeutet, dass nur durch die Vielzahl an Einzelindikatoren aus den verschiedensten Ebenen (Lebensräume, trophische Stufen, funktionelle Gruppen) ein differenziertes Bild des Zustands und der Veränderung der Biodiversität gezeichnet werden kann. Dazu gehören beispielsweise die natürliche Schädlingskontrolle, Bestäubung, Primärproduktion, Bodenbildung und Regulierung von Nährstoffkreisläufen.

Unter Berücksichtigung der genannten Aspekte wurden die folgenden Organismengruppen für das Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften ausgewählt (für Begründung siehe Kap. 2.2. Organismengruppen).

Mit den Wild- und Honigbienen sowie Schwebfliegen wurden aufgrund ihrer Leistung für den Agrarraum wichtige Bestäubergruppen ausgewählt, wobei Schwebfliegen darüber hinaus auch eine wichtige Rolle für die biologische Schädlingsbekämpfung spielen. Die Interaktionen zwischen Arten und Relevanz von Trophiestufen in biologischen Systemen wurde über parasitisch-lebende Hymenopteren in Streuobstwiesen als Schädlingsgegenspieler sowie über die Schadinsekten und Ackerunkräuter mit direktem Bezug zur Ackerfläche berücksichtigt. Auch der Boden mit seiner zentralen agrarökologischen Bedeutung wird über die Regenwürmer und Bodenmikroorganismen repräsentiert. Des Weiteren wird die Insektendiversität (Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera) mittels Metabarcoding in ausgewählten landwirtschaftlichen Lebensräumen, wie z. B. in Weinbergen, untersucht. Für stehende Kleingewässer wurde die Gruppe des Makrozoobenthos (MZB, am Gewässergrund lebende, wirbellose Organismen, insb. Insekten) ausgewählt.

Den ausgewählten Organismengruppen kommt jeweils eine zentrale Bedeutung in und für Agrarlebensräume/n zu und sie ergänzen die schon vorhandenen Monitoringprogramme u.a. zu Agrarvögeln, Schmetterlingen des Grünlandes und dem vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) geplanten Insektenmonitoring.

Erfassung der genetischen Vielfalt

Der Bereich der genetischen Vielfalt in der Landwirtschaft wird in MonViA durch die Vielfalt der einheimischen Nutztierassen, der sich im Anbau befindlichen Nutzpflanzen und der Honigbiene abgebildet. Die Vielfalt an Kulturpflanzenarten und -sorten, Nutztierassen, Baumarten, Fischpopulationen und Mikroorganismen sind die Ausgangsbasis, um die Lebensmittel- und Rohstoffproduktion an sich ändernde Klima- und Umweltbedingungen sowie an ein sich änderndes Nachfrageverhalten anzupassen. Mithilfe eines Monitorings der genetischen Vielfalt lassen sich Trends und aktuelle Gefährdungen einschließlich der genetischen Erosion abbilden.

Auswahl der Methoden und Stichprobenflächen

Neben der fachlichen Argumentation für die Auswahl von geeigneten Zielgrößen/Indikatoren spielt die Wahl der Erfassungsmethoden und Stichprobenkulissen eine zentrale Rolle. Sie stellen sicher, dass Ergebnisse reproduzierbar, aussagekräftig und wissenschaftlich belastbar sind und somit der Aufbau eines erfolgreichen, bundesweiten Langzeitmonitorings möglich ist. Bestenfalls sind die Indikatoren möglichst empfindlich für Veränderungen in Ökosystemen, damit Entwicklungen leicht erkannt werden können. Weitere Aspekte sind z. B. der Zugang zu Flächen, die Robustheit und Anwendbarkeit der Methoden, ihr Informationsgehalt, die Verfügbarkeit von Fachpersonal zur Erfassung und Auswertung, der Erhebungszeitpunkt und der damit verbundene personelle, zeitliche sowie finanzielle Aufwand der Erhebung. Im Rahmen der Konzeptentwicklungen wurden in den einzelnen Modulen sowohl Methoden als auch Stichprobenflächen gezielt für die Beantwortung einer oder mehrerer Leitfragen ausgewählt.

MonViA nutzt innovative Methoden

Für eine zukünftige bundesweite Umsetzung von MonViA, die repräsentativ alle wesentlichen Aspekte der biologischen Vielfalt in der Agrarlandschaft abdecken soll, ist es erforderlich, die am besten geeigneten Methoden auszuwählen und dabei auch den Einsatz von Ressourcen (Kosten, Zeit, Personal) in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Dafür werden sowohl bewährte als auch innovative Methoden zur Datengewinnung und -auswertung genutzt: (a) Mitnutzung bereits bestehender Datensätze, (b) Nutzung von Fernerkundungsdaten, (c) Einbindung von Ehrenamtlichen in Monitoringaktivitäten (Citizen Science), (d) automatisierte Datenerhebung durch stationäre Geräte und Fallensysteme oder Zusatzgeräte an Landmaschinen. Dabei werden bestehende und zukünftige Potentiale von innovativen Technologien ausgeschöpft und statistische Modelle für die Biodiversitätserfassung eingesetzt. Mithilfe von Simulationsmodellen, Apps, Erdbeobachtungs-Satelliten, flugzeuggetragenen Laserscanning (LiDAR), Drohnen und molekularen Ansätzen wie genetischen Markern (Metabarcoding) ergeben sich neue

Möglichkeiten zur bestandsschonenden Ermittlung der Biomasse, von umfangreichen Artenlisten und von Veränderungen der Lebensräume und der Artzusammensetzung.

MonViA als integrativer Monitoringansatz

Neben der Auswahl der Methoden wird ebenfalls eine Anschlussfähigkeit und Nutzung von Synergien zu anderen Monitoringaufgaben (z. B. der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZE-LW) für die Treibhausgasberichterstattung oder das bundesweite Ökosystemmonitoring (ÖSM) berücksichtigt. Ein wichtiger Ansatzpunkt ist die Nutzung von Synergiepotentialen bei der gemeinsamen Auswertung von Daten aus unterschiedlichen Erfassungsansätzen (Monitoringprogrammen, Beobachtungsportalen). Diese liegen oft in unterschiedlichen Datenstrukturen (strukturierte, semistrukturierte und unstrukturierte Daten) vor. Die integrierte Auswertung ermöglicht es, Entwicklungen schneller mit ausreichender Robustheit zu identifizieren. Innerhalb der MonViA Kooperationsprojekte zu Agrarvögeln und Tagfaltern, spielt die Auswertung von naturschutzfachlichen und landwirtschaftlichen Monitoringdaten eine zentrale Rolle. Dieser sogenannte integrative Monitoringansatz wurde auch in der Entwicklung der organismischen Monitoringansätze (z. B. Wild- und Honigbienen, Nützlinge, Schaderreger, Ackerunkräuter) mitgedacht. Mit der Anwendung des integrativen Ansatzes werden zusätzlich Citizen Science-basierte Erfassungen in ein langfristig angelegtes Monitoring und ein frage-orientiertes Monitoring integriert. MonViA stellt bereits vereinzelt seine Monitoringdaten in vorhandenen Datenbanken in Deutschland bereit, wie z. B. die Edaphobase für Bodenorganismen.

MonViA verwendet modulspezifische Stichprobenkulissen

Für die Auswahl geeigneter Stichprobenkulissen gilt es, die regionalen Unterschiede und die Vielfalt in Deutschlands Agrarlandschaften zu berücksichtigen, welche maßgeblich auf die naturräumliche Ausstattung und die jeweils vorherrschenden Landnutzungssysteme zurückzuführen ist. Folglich haben sich in der Vergangenheit zum Teil sehr unterschiedliche sozio-ökonomische Entwicklungen vollzogen. Diese haben einen Einfluss auf die Entwicklung und Umsetzung von Biodiversitätszielen. Um bestmöglich Veränderungen der biologischen Vielfalt (Lebensraumvielfalt, Artenvielfalt und genetische Vielfalt) erfassen und letztendlich berichten zu können, erfolgt die beschreibende Erfassung der Zielgröße auf modulspezifischen Stichprobenkulissen. Dies ermöglicht eine Berechnung, auf den jeweiligen Indikator abgestimmte, aussagekräftige Kulisse, von national flächendeckend bis zu regional habitatspezifisch. Für die Bewertung der Wirkung von agrarumwelt-politischen Förderinstrumenten und Klima-Anpassungsstrategien in landwirtschaftlichen Nutzungssystemen ist es wichtig, den lokalen Kontext zu berücksichtigen. Deshalb werden Indikatoren zu Veränderungen der biologischen Vielfalt nicht ausschließlich auf aggregierter Ebene bilanziert und berichtet, sondern für die Beantwortung von vertiefenden Fragestellungen zusätzlich auch auf Ebene von Agrarräumen, administrativen Einheiten, Stichproben oder einzelnen Schlägen.

Das Monitoring der Lebensraumvielfalt nutzt Daten der Vermessungsverwaltung, Fernerkundung, Agrarstatistik und Agrarverwaltung. Es deckt entsprechend die gesamte Offenland-Fläche bzw. je nach der Struktur der zu Grunde liegenden Daten und der Definition des jeweiligen Indikators Teile des Offenlands ab (Abb. 3 in Teil II). Im Rahmen des Organismenmonitorings wurden zur bestmöglichen Erfassung individuelle Stichprobenkulissen für jede Zielgröße bzw. jeden Indikator bestimmt. Für das Wildbienen- und Ackerunkräuter-Monitoring wurden beispielsweise Kulissen gewählt, die eine Anschlussfähigkeit an bereits etablierte Erfassungen ermöglichen sollen (LUKAS Grid und HNV-Monitoring), wohingegen für das Regenwurm-Monitoring eine Auswahl der Flächen im Bereich der Komfortzonen erfolgte (d. h. Standorte innerhalb einer Region mit den besten Bodenbedingungen für Regenwürmer) und für das Monitoring der Nützlinge eine Flächenauswahl auf Streuobstwiesen. Diese dynamisch angelegten Stichprobenkulissen für einzelne Module erlauben im Zuge neuer Erkenntnisse eine schrittweise Nachjustierung ohne Verlust der Vergleichbarkeit mit älteren Datensätzen.

Ab Mitte der MonViA-Pilotphase erfolgte ein intensiver Austausch mit dem Projekt „Entwicklung von Grundlagen für ein Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften“ (kurz BM Landwirtschaft). Ein zentrales Ziel dieses Projektes ist es, eine Kulisse der Agrarräume Deutschlands zu entwickeln. Auf diese

Weise sollen auf Basis der Daten von MonViA zukünftig agrarraumspezifische Empfehlungen hinsichtlich einer effizienten Ausgestaltung von politischen Instrumenten zum Schutz der biologischen Vielfalt abgeleitet werden können, insbesondere im Hinblick auf die zukünftige Ausgestaltung der GAP. Diese Agrarraumtypisierung wurde in mehreren Monitoringkonzepten berücksichtigt (Pingel et al. 2023).

Konzeptentwicklung – Reynolds Roadmap

Für jedes MonViA-Modul wurde ein wissenschaftliches Monitoringkonzept erstellt, welches alle relevanten Details zu den Indikatoren, von der ausgewählten Stichprobenkulisse über Methodenauswahl, Synergien und weitere Aspekte enthält. Die Konzepte sind teilweise bereits öffentlich verfügbar oder auf Anfrage erhältlich. Für die Konzipierung galt es, in der Pilotphase alle wichtigen Entscheidungen für die zukünftigen Monitoringprogramme zu treffen: Wer erhebt was, wann, wie und wie oft? In wessen Zuständigkeit fällt die Datenauswertung und das Datenmanagement (einschließlich Infrastruktur)? Welche Akteure sollen an der Überwachung beteiligt werden? Wer soll zukünftig das Monitoring finanzieren? Für ein in sich stimmiges MonViA, das aus aufeinander abgestimmten Monitoringmodulen besteht, orientierte sich die konzeptionelle Entwicklung der einzelnen Monitoringprogramme an der Roadmap von Reynolds et al. (2016). In einer Workshop-Reihe zum Monitoring wurde schrittweise die Entwicklung der Monitoringprogramme begleitet, entsprechend der vier allgemeinen Phasen der Roadmap (Abb. 2).



Abb. 2 Vier allgemeine Phasen der Reynolds Roadmap für die Entwicklung und Durchführung eines Monitorings (© BLE nach Reynolds et al. 2016).

Indikatorenentwicklung in MonViA

Die dazugehörige Auswahl der MonViA-Indikatoren stützt sich auf einen Ansatz, der in vereinfachter Form zusammenhängende Mensch-Umwelt Beziehungen berücksichtigt. Das [DPSIR-Modell](#) (Driving forces, Pressures, State, Impacts and Responses) erlaubt es, Wechselwirkungen zwischen ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Faktoren erkennen und verstehen zu können. Die Realität ist weitaus komplexer, dennoch verdeutlicht ein solches Modell den Bedarf an Informationen über treibende Kräfte des Biodiversitätsverlustes und die daraus resultierenden Folgen für die Landwirtschaft, den Zustand der biologischen Vielfalt und die Auswirkungen von Veränderungen ihrer Ökosystemleistungen und notwendige Reaktionen auf diese Veränderungen.

Um diesen Informationsbedarf zu decken, wurden mit den MonViA Indikatoren für den Agrarraum wichtige **Zustands-** (z. B. Landnutzung und Landschaftselemente), **Belastungs-** (z. B. Düngebilanzen oder Pflanzenschutzmitteleintrag) und **Wirkungsindikatoren** (z. B. Umsetzung von AUKM) entwickelt.

MonViA-Testlauf

Um den konzeptionellen Prozess zu konkretisieren und Hebelpunkte für ein erfolgreiches Monitoringprogramm in der Pilotphase zu identifizieren, wurde der MonViA-Testlauf ins Leben gerufen: Monitoringmodule, bei denen bereits (Monitoring-)Daten oder entwickelte Erfassungsmethoden vorlagen, haben ihre konzeptionellen Ansätze anhand dieser Daten oder durch Datenerfassungen in ausgewählten Regionen und mit ausgewählten Teilnehmenden getestet. Hierbei wurde beispielsweise geprüft, ob sich ein Citizen Science Ansatz zur Erfassung von Forschungsdaten eignet oder ob automatisiert erfasste Daten den Qualitätsansprüchen und Bedarfen genügen. Mithilfe des Durchspielens verschiedenster konzeptioneller Überlegungen in der Praxis wurden die Konzepte weiter angepasst und verbessert. Erste Ergebnisse aus dem MonViA-Testlauf werden im Statusbericht für ausgewählte Indikatoren berichtet.

Einsatzmöglichkeiten der MonViA Indikatoren

Aktuell fehlt eine für den Agrarraum differenzierte Datengrundlage über den Zustand und die Entwicklung der biologischen Vielfalt, aus denen sich politische Handlungsempfehlungen für z. B. bestehende und zukünftige Berichterstattungen ableiten lassen (Abb. 4, Einbettung in die nationale und europäische Monitoringlandschaft). Mit der Etablierung der in MonViA entwickelten Indikatoren kann diese Lücke mit dem Aufbau der bundesweiten (Langzeit-) Datenreihen zu relevanten Zielgrößen und ihren Einflussfaktoren geschlossen werden. Im Verbundprojekt wurde vorerst bewusst darauf verzichtet, Referenzwerte und Zielwerte für die Indikatoren festzulegen, weil diese für den Agrarraum nur lückenhaft vorhanden, mit großen Unsicherheiten behaftet, nicht wissenschaftlich zu begründen und von politischen Zielsetzungen abhängig sind.

2

TEIL II - Indikatorenset zur Messung der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften

II 1. Einleitung

Die Landwirtschaft ist einerseits in vieler Hinsicht auf die biologische Vielfalt und ihre Leistungen angewiesen, andererseits trägt sie wesentlich zu ihrer Gefährdung bei. Um die biologische Vielfalt langfristig nutzen und erhalten zu können, wird ein bundesweites Monitoring mit aussagekräftigen Indikatoren benötigt. Dieses Monitoring betrachtet die Biodiversität nicht nur als reines Schutzgut, sondern auch als Grundlage für eine nachhaltige Landwirtschaft. Mithilfe der jeweiligen Indikatoren können der Status Quo und der Trend der Agrobiodiversität abgebildet sowie Zusammenhänge der landwirtschaftlichen Nutzung und der Entwicklung der biologischen Vielfalt bewertet werden.

Deutschland ist verschiedene Verpflichtungen eingegangen, um den nachhaltigen Transformationsprozess der Agrar- und Ernährungssysteme zeitnah anzugehen. Das gilt unter anderem für die Stärkung und den Ausbau des Ökolandbaus, die Minderung der Treibhausgasemissionen oder für den Schutz der biologischen Vielfalt. Mithilfe des nachfolgenden **Indikatorensets** soll zukünftig das bundesweite Monitoring zur Umsetzung und Zielerreichung nationaler Strategien und Aktionspläne, Förderinstrumente und internationaler Abkommen sowie ordnungsrechtlicher Ansätze zur biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften unterstützt werden. Dazu zählen etwa die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, das Aktionsprogramm Insektenschutz, die Evaluierung der Gemeinsamen Agrarpolitik, die EU-Biodiversitäts-Strategie 2030, die Verordnung zur Wiederherstellung der Natur und viele weitere. Die in MonViA entwickelten Indikatoren dienen dabei als Werkzeuge zur Erfassung der Biodiversität in der Agrarlandschaft und sollen bestehende Monitoringprogramme ergänzen. Bei der Konzeptionierung der Erfassung ist es notwendig, die Vielfalt der Agrarlandschaften Deutschlands angemessen abzubilden. Das Indikatorenset, das innerhalb von MonViA entwickelt wurde, gliedert sich daher in die Bereiche **Lebensraumvielfalt**, **Organismenvielfalt** und **genetische Vielfalt**. Diese Gliederung spiegelt die drei Ebenen der Biodiversität wider, die sich aus der Vielfalt der Ökosysteme, der Arten und der Gene zusammensetzen.

Der Bereich der Lebensraumvielfalt fokussiert sich auf die regionaltypischen Agrarökosysteme, die sich in ihrer Zusammensetzung und Nutzung unterscheiden, wie etwa durch die Bodenverhältnisse, das Klima oder die Bewirtschaftung der Fläche und die Auswahl der angebauten Kulturpflanzen. Die Indikatoren der Organismengruppen berücksichtigen die Vielfalt der Insekten, Ackerunkräuter und Bodenorganismen, ihre Bedeutung für die Leistungsfähigkeit von Agrarökosystemen sowie die assoziierte Biodiversität. Aufgrund der sehr heterogenen Datenlage bezüglich Verfügbarkeit, Erhebungsmethoden und -zeiträumen können diese Indikatoren bisher noch nicht bundesweit berichtet werden. Die vorgeschlagenen Indikatoren wurden daher basierend auf Stichproben entwickelt und werden durch Vorschläge zu notwendigen Datenerhebungsstrategien ergänzt. Die genetische Vielfalt ist insbesondere für die Produktivität und Widerstandsfähigkeit von landwirtschaftlichen Produktionssystemen wichtig. Diese wird mit Indikatoren zur Vielfalt der einheimischen Nutztierassen, der im Anbau befindlichen Nutzpflanzen und der Honigbiene abgebildet.

Die derzeit 41 Indikatoren (inklusive zugehöriger Subindikatoren) des Monitorings der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften verteilen sich wie folgt auf drei Themenfelder:

- Lebensraumvielfalt (18 Indikatoren)
- Organismenvielfalt (20 Indikatoren)
- Genetische Vielfalt (3 Indikatoren)

In seiner Gesamtheit bildet das Indikatorenset, zusammen mit den dazu entwickelten Monitoringkonzepten, eine Grundlage zur Erfassung repräsentativer Langzeitdaten für die Bewertung des Zustands und der Entwicklung der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften. Damit wird eine Grundlage für die Gestaltung der Agrarpolitik sowie auch anderer Politikbereiche, die den Schutz der Biodiversität forcieren, geschaffen.

Räumliche Bezugsflächen

Für die Erfassung der Lebensraumvielfalt – und für ein langfristiges Monitoring im Rahmen von MonViA insgesamt – ist die Festlegung auf eine Gebietskulisse notwendig, die die Agrarlandschaft gegenüber anderen Nutzungen abgrenzt. Diese Kulisse definiert den Gebietsausschnitt, für den im Monitoring berichtet werden soll. Übergeordnet handelt es sich dabei um die gesamte Offenlandschaft, jedoch werden für die verschiedenen Indikatoren unterschiedliche Teilmengen berücksichtigt, die im Folgenden schematisch dargestellt und kurz beschrieben werden.

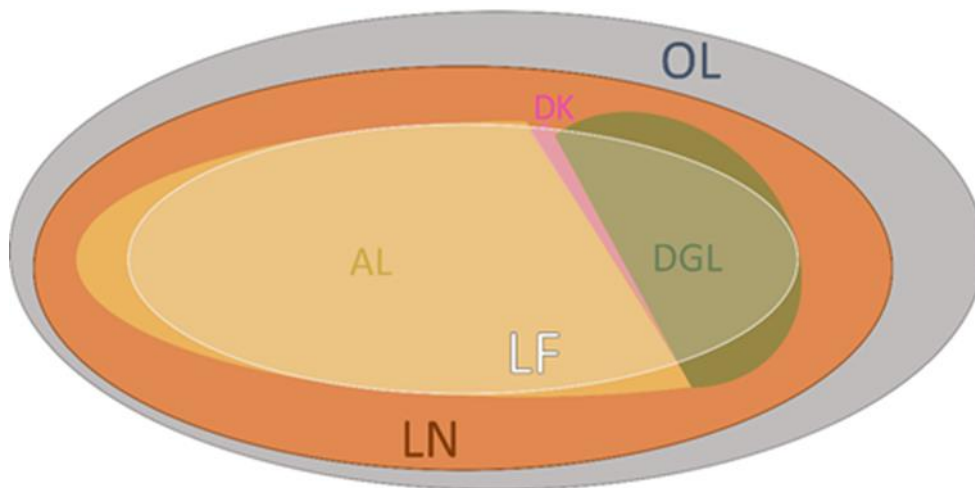


Abb. 3 Schematische Visualisierung der verschiedenen Bezugsflächen (© Erasmi, Thünen-Institut).

Ackerland (AL) umfasst Flächen, auf denen eine regelmäßige Bodenbearbeitung oder Direktsaat stattfindet und die im Allgemeinen einer Fruchtfolge unterliegen (inklusive Brach- bzw. Stilllegungsflächen).

Dauergrünland (DGL) umfasst Flächen mit Gräsern oder anderen Grünfutterflächen, die seit mindestens fünf Jahren als Grünland genutzt werden, durch Beweidung, Futter- oder Streugewinnung.

Dauerkulturen (DK) sind Flächen, die nicht in die Fruchtfolge eingebunden sind, stattdessen werden über mindestens fünf Jahre hinweg die gleichen Früchte/Kulturen im Ertragsanbau angebaut und genutzt.

Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) umfasst alle tatsächlich landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen inkl. zeitlich begrenzter Brachen.

Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) umfasst alle landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen (LF) sowie darüber hinaus nicht in der landwirtschaftlichen Produktion befindliche Flächen (dauerhafte Brache oder aus sonstigen Gründen nicht genutzte Flächen) gemäß der Objektart AX_Landwirtschaft (Kennung 43001) nach dem ATKIS Basis-DLM.

Offenlandfläche (OL) umfasst die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) sowie nicht bewirtschaftete Flächen (Gehölze, Heide, Moor, Sumpf, Unland) außerhalb von Ansiedlungen, gemäß der Objektengruppe Vegetation (Kennung 43000) ohne Wälder (43002) nach dem ATKIS Basis-DLM.

Regionale Kulissen

Die Indikatoren werden in Abhängigkeit der Verfügbarkeit und Auflösung der Daten für regionale Kulissen aggregiert und berichtet. Dies ermöglicht räumlich differenzierte Aussagen über den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität in Agrarlandschaften und unterstützt eine regionaldifferenzierte Analyse und

Bewertung der Zusammenhänge zwischen der landwirtschaftlichen Nutzung und der Entwicklung der biologischen Vielfalt.

Boden-Klima-Räume (BKR) wurden für das pflanzenbauliche Versuchswesen entwickelt und fassen Regionen zusammen, in denen die Standortbedingungen für die landwirtschaftliche Produktion relativ homogen sind. Die Definition der BKR erfolgte auf der Basis von Gemeindegrenzen. Dabei wurden vor allem die Einflüsse von Bodengüte und Klima berücksichtigt (Roßberg et al. 2007). Ausgewählte Boden-Klima-Räume werden für spezifische Indikatoren als Bezugsraum verwendet.

Agrarräume basieren auf Arbeiten im Rahmen des Vorhabens BM–Landwirtschaft. Im Verbund der Partner Thünen-Institut und Julius Kühn-Institut wurde eine Typologie der Agrarräume Deutschlands entwickelt. Diese Typologie unterscheidet für Deutschland acht Agrarraumtypen mit jeweils charakteristischen Merkmalsausprägungen in den Bereichen Landnutzung (z. B. Marktfruchtbau, Viehhaltung, Feldfutterbau), Nutzungsintensität, Landschaftsstruktur, Klima und Relief. Die Typologie erfolgte auf Basis einer Cluster-Analyse räumlich expliziter Daten, die die Vielfalt der Agrarlandschaften und ihre Bedeutung für die Biodiversität auf einer mittleren Aggregationsebene wiedergeben (Pingel et al. 2023). Die Agrarräume sollen zukünftig als Bezugsraum für die differenzierte Berichterstattung von Indikatoren und für die Analyse und Bewertung der Zusammenhänge zwischen Treibern und Zustand von Biodiversität verwendet werden. Zudem sollen die Agrarräume das Monitoring zur Umsetzung und Zielerreichung nationaler Strategien und Aktionspläne, Förderinstrumente und internationaler Abkommen sowie ordnungsrechtlicher Ansätze zur biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften unterstützen.

Im Folgenden werden die 41 Indikatoren vorgestellt und teilweise durch einen Status Quo ergänzt. Die Daten des Status Quo basieren etwa auf bundesweiten Daten, Testdaten, oder Beispieldaten.

II 2. MonViA Indikatorenset „Biodiversität in Agrarlandschaften“

Indikatorenübersicht

Tab. 1 Übersicht aller Indikatoren und Subindikatoren nach Modul

	Modul	Indikator und Subindikator	S.
LEBENSRAUMVIELFALT	Landschaft	(1) Komposition der Landschaft (1a) • Flächenanteil Landbedeckungsklassen (1b) • Diversität Landbedeckungsklassen	25
		(2) Konfiguration der Landschaft	30
	Landnutzung	(3) Komposition der Landnutzung • (3a) Flächenanteil von Landnutzungsklassen • (3b) Anbauvielfalt	32
		(4) Konfiguration der Landnutzung	37
		(5) Zeitliche Kulturartenvielfalt (Abfolge)	39
	Nutzungsintensität	(6) Nutzungsintensität Grünland • (6a) Viehbesatz • (6b) Mahdhäufigkeit / Mahdzeitpunkte	41
		(7) Nutzungsintensität Ackerland • (7a) Bodenbedeckung - Fernerkundung • (7b) Saisonalität Ackerflächen	46
		(8) Anteil nicht-produktiver Landwirtschaftsflächen	50
		(9) Nährstoffeintrag • (9a) Humusbilanz • (9b) Düngungsintensität • (9c) Netto-Nährstoffbilanz	52
		(10) Ökolandbau	58
	Kleinstrukturen und Landschaftselemente	(11) Flächenindex Landschaftselemente	60
		(12) Flächenindex gehölzbetonter Landschaftselemente	63
		(13) Dichteindex von Saumstrukturen	65
		(14) Qualität gehölzbetonter Landschaftselemente	67
	Agrarumwelt-Maßnahmen	(15) Erhalt oder Steigerung der Landschaftsheterogenität	68
		(16) Schaffung oder Erhalt von Sonderbiotopen und bedrohten Lebensräumen	70
		(17) Minderung negativer Effekte	71
		(18) Extensivierung der Landnutzung	72

ORGANISMENVIELFALT	Wildbienen	(19) Diversität der Hummeln • (19a) Artenreichtum • (19b) Simpson-Index • (19c) Evenness	75
		(20) Abundanzen von Hummeln	79
		(21) Anteil Rote-Liste-Arten Hummeln	80
		(22) Diversität hohlraumnistender Wildbienen • (22a) Artenreichtum • (22b) Simpson-Index • (22c) Evenness	81
		(23) Anteil Rote-Liste-Arten von hohlraumnistender Wildbienen	85
		(24) Phylogenetische Diversität von hohlraumnistenden Wildbienen	86
		(25) Genutzte Nahrungs- und Nistressourcen von hohlraumnistenden Wildbienen	87
		(26) Wildbienen Habitate	88
	Honigbienen	(27) Honigbienenvitalität • (27a) Demographie • (27b) Leistung • (27c) Gesundheit • (27d) Nahrungsnutzung	89
	Nützlinge in Refugialhabitaten	(28) Schwebfliegen in Streuobstwiesen • (28a) Abundanz und Artenvielfalt • (28b) Fitness	97
		(29) Parasitoide des Apfelwicklers	102
		(30) Parasitoiden Abundanz im Grünland	105
	Schadinsekten	(31) Diversität der Schadinsekten	108
	Insektendiversität im Weinbau	(32) Artenzahl der Insekten	111
		(33) Anzahl der Rote Liste Insektenarten	114
		(34) Biomasse der Insekten	116
	Biodiversität der Kleingewässer	(35) Biodiversität der Kleingewässer • (35a) Makrozoobenthos (Gewässerinsekten) • (35b) Biodiversität und Habitatvielfalt • (35c) Biodiversität und Pflanzenschutz • (35d) Ufervegetation • (35e) PSM-Belastung • (35f) Nährstoffbelastung • (35g) Expositionsrisiko für PSM	118
Ackerunkräuter		(36) Diversität der Ackerunkräuter	133

	Regenwürmer	(37) Diversität der Regenwürmer • (37a) Trend des Zustandes von Regenwurmgemeinschaften • (37b) Anteil fördernder Maßnahmen pro Betrieb	136
	Bodenmikroorganismen	(38) Abundanz, Artenvielfalt und Netzwerkstruktur der Bodenmikroorganismen	139
GENETISCHE VIELFALT	Genetische Ressourcen in der Landwirtschaft	(39) Genetische Vielfalt einheimischer Nutztiere	142
		(40) Genetische Vielfalt von Kulturpflanzen im Anbau • (40a) Entwicklung der Fruchtartenvielfalt • (40b) Entwicklung der Sortenvielfalt bei ausgewählten Fruchtarten • (40c) Genetische Diversität bei ausgewählten Fruchtarten	145
		(41) Genetische Vielfalt der Honigbiene	149

Allgemeine Anknüpfungspunkte der Indikatoren an nationale und internationale politische Handlungsfelder

Die in der vorangestellten Übersichtstabelle gelisteten Indikatoren und Subindikatoren wurden während ihrer Entwicklung bereits auf konkrete oder potentielle Einsatzmöglichkeiten in politischen Strategien und Handlungsfeldern hin geprüft. Neben einzelnen politischen Handlungsfeldern, die einen sehr spezifischen Bezug zu MonViA-Indikatoren haben (z. B. das Tierzuchtgesetz welches als Rechtsgrundlage die Grundzüge des Monitorings für einen Indikator der genetischen Vielfalt regelt), kann MonViA für viele Strategien ein breites Indikatorenset aus mehreren Bereichen anbieten. Damit könnten bestehende Indikatoren ergänzt und Lücken, vor allem für den Agrarraum in bestehenden und sich in Entwicklung befindenden nationalen und internationalen politischen Handlungsfeldern und Strategien, gefüllt werden. Eine detaillierte Einbettung in die nationale und europäische Monitoringlandschaft erfolgt im Ausblick (Teil IV).

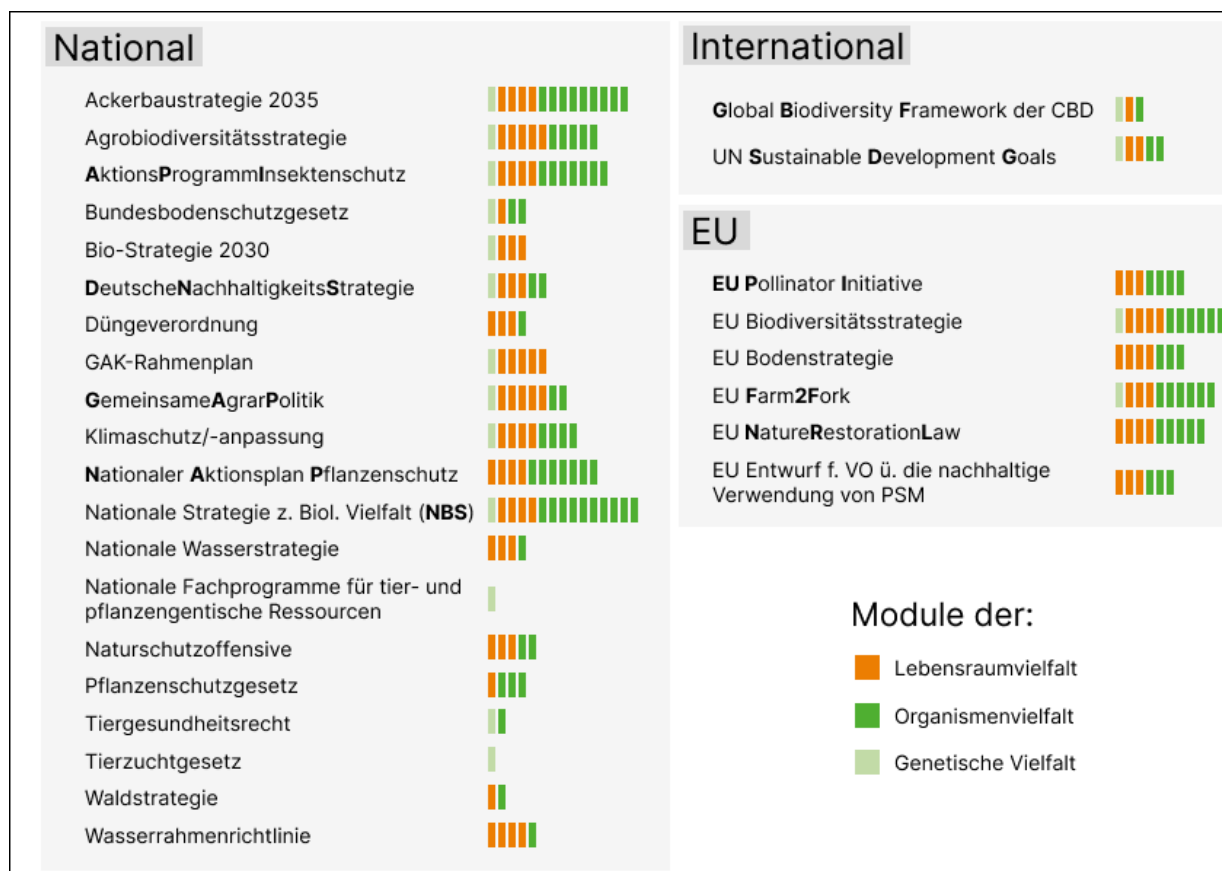


Abb. 4 Die Übersicht zeigt auf, wo MonViA-Module (jeder Balken steht für ein MonViA-Modul) an bestehende und sich aktuell in der Erarbeitung befindliche, politische Handlungsfelder angebunden werden können. Jedes Modul ist über den Farbcode der Lebensraumvielfalt, Organismenvielfalt oder genetischen Vielfalt zugeordnet.

II 2.1 Lebensraumvielfalt



Die Vielfalt an Tier- und Pflanzenarten in der Agrarlandschaft ist eng verbunden mit der Vielfalt an Lebensräumen und Landschaften. Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Flächennutzung gilt als einer der Hauptfaktoren für den Verlust der biologischen Vielfalt. Eine verlässliche flächendeckende und räumlich differenzierte Datengrundlage über die Nutzung der Agrarlandschaften ist die Voraussetzung für die Entwicklung von Konzepten und die Überprüfung der Wirksamkeit politischer Rahmenbedingungen zur Förderung der biologischen Vielfalt in der Landwirtschaft.

Mit den Indikatoren zur Lebensraumvielfalt in der Agrarlandschaft wird eine solche Datengrundlage geschaffen. Sie erlauben, den Status der Landnutzung und Landschaftsausstattung in Deutschland flächendeckend und -scharf zu erfassen sowie Trends und Veränderungen der Landnutzung auf Basis jährlicher Erhebungen zu bilanzieren. Das Monitoring der Lebensraumvielfalt liefert einen wesentlichen Baustein zum Monitoring der biologischen Vielfalt in den Agrarlandschaften Deutschlands. Die Auswahl der Indikatoren reicht von der Landschaftsebene bis auf die Ebene von Schlägen und Landschaftselementen. Sie trägt den vielfältigen Interaktionen zwischen Lebensraumvielfalt, Intensität der Landnutzung und biologischer Vielfalt Rechnung. Die Indikatoren werden je nach Datenquelle (Fernerkundung, amtliche Vermessungsdaten, Agrarstatistik, Agrarförderung) auf verschiedenen räumlichen Aggregationsebenen (z. B. regelmäßiges hexagonales Gitter, Gemeinde, Landkreis) sowie regionalspezifisch (z. B. Agrarräume, Boden-Klima-Räume) berichtet. Die Gebietskulisse umfasst je nach Datenquelle und Sub-Indikator entweder das Ackerland (AL), die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF), die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) oder die gesamte Offenlandschaft (OL) Deutschlands (d.h., inkl. unkultivierter Flächen).

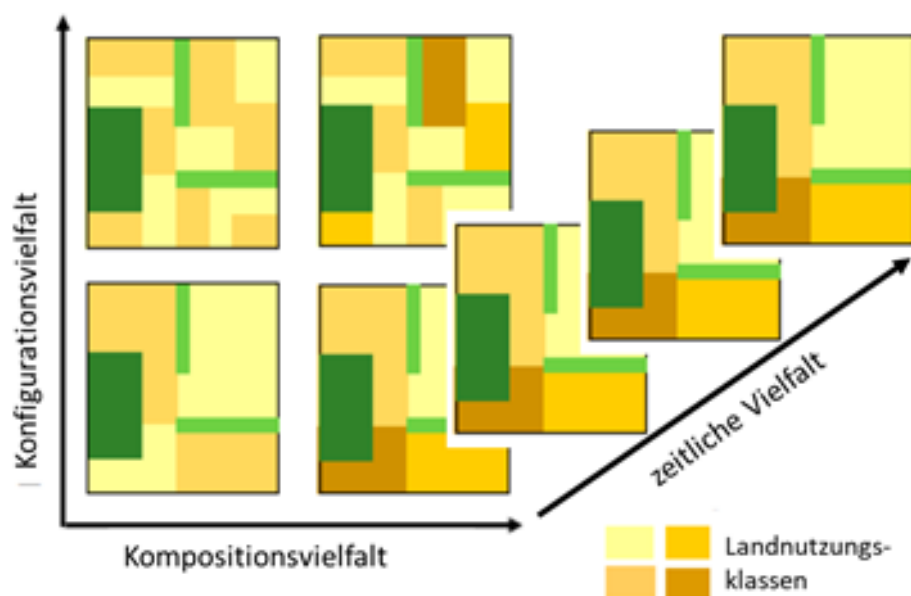


Abb. 5 Die Lebensraumvielfalt lässt sich in drei Dimensionen abbilden: (a) Komposition, (b) Konfiguration, (c) Zeit (nach Sirami et al. 2019). Jede der Dimensionen steht in spezifischer Wechselwirkung zu Aspekten der biologischen Vielfalt in der Agrarlandschaft.

II 2.1.1 Landschaft

Bearbeitende Institute:

Thünen-Institut, Institut für Betriebswirtschaft, Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen
Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

Ansprechpartner: Markus Möller (markus.moeller@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Andrea Ackermann, Stefan Erasmi, Norbert Röder, Marcel Schwieder, Gideon Tetteh, Jannes Uhlott

Zur Quantifizierung von Landschaftsmustern und -strukturen dienen sogenannte Landschaftsstrukturmaße. Diese können räumliche Informationen über eine bestimmte Landbedeckungsklasse wie, z. B. Ackerland, liefern oder die gesamte Landschaft als Mosaik von Landbedeckungsklassen charakterisieren. Zudem können sie Veränderungen in der Landbedeckung über zeitliche Skalen quantifizieren (Fu et al. 2021). Die Landschaftsstrukturmaße beschreiben sowohl das Vorkommen (**Landschaftskomposition**) als auch die räumliche Anordnung (**Landschaftskonfiguration**) der verschiedenen Landbedeckungsklassen (Fahrig et al. 2011). Durch eine größere Anzahl von Landbedeckungsklassen erhöht sich die kompositionelle Heterogenität, während die konfigurative Heterogenität durch die Komplexität der räumlichen Muster zunimmt. Beide Komponenten der Landschaftsheterogenität (Komposition / Konfiguration) sind für die Beschreibung von Interaktionen zwischen floristischer / faunistischer Vielfalt und Landschaftsvielfalt relevant. Während die (Landschafts-)Komposition eher als ein Indikator für die taxonomische Diversität (z. B. von Schmetterlingen) fungiert, ist die Konfiguration ein Zeiger für Artengemeinschaften, die seltene / gefährdete Arten enthalten (Perović et al. 2015). Als spezifische Maßzahlen können die Landschaftsstrukturmaße die Landschaftsvielfalt in einem spezifischen Wert pro Bezugseinheit zusammenfassen. Diese können untereinander verglichen werden und mit ökologischen Prozessen in Beziehung gesetzt und so als Biodiversitätsindikatoren interpretiert werden (Lausch et al. 2015). Die Indikatoren zur Landschaftsvielfalt basieren auf den Daten des ATKIS Basis-DLM und den in Anhang I aufgelisteten Landbedeckungsklassen (Level 2).

Politische Handlungsfelder: *Agrobiodiversitätsstrategie - Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - GAK-Rahmenplan - Gemeinsame Agrarpolitik – EU Verordnung zur Wiederherstellung der Natur - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*

Indikator (1): Komposition der Landschaft
Subindikator (1a): Flächenanteil von Landbedeckungsklassen

Ökologische Relevanz	Die Vielfalt von unterschiedlichen Landbedeckungsklassen hat einen direkten Einfluss auf die kompositionelle Heterogenität der Landschaft und beeinflusst dadurch die Qualität und Quantität von Nahrungsressourcen und Habitaten.
Beschreibung	Der Indikator gibt für die in Anhang 1, Level 2 genannten Landbedeckungsklassen den Flächenanteil der jeweiligen Landbedeckungsklasse an der Gesamtfläche an.
Datengrundlage	Digitales Landschaftsmodell (ATKIS-Basis-DLM).
Berechnung	$pLS_i = \frac{a_i}{A_{LS}} \{[0,1]\}$ a_i = Fläche der Landbedeckungsklasse i; A_{LS} = Größe der Bezugsfläche
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha, Anteil Offenland > 25 %); Bezugsfläche: Landschaft
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2000 / jährlich
Interpretation	Der Anteil einer spezifischen Landbedeckungsklasse, bzw. deren Veränderung, kann positive oder negative Effekte für die Biodiversität haben. Die Bewertung ist klassenspezifisch vorzunehmen und u.a. abhängig von den abiotischen Standortfaktoren sowie den Anteilen der anderen Landbedeckungsklassen.
Limitierung(en)	Für die Interpretation ist sowohl die Wahl der zugrunde liegenden Referenzfläche (z. B. Hexagone) als auch die Auflösung und zeitliche Aktualität der Eingangsdaten (AKTIS Raster 10 x 10 m, rollende Aktualisierung) ausschlaggebend.



Status

Komposition der Landschaft - Flächenanteil von Landbedeckungsklassen

Regionen mit den höchsten Anteilen an Ackerland an der Gesamtfläche sind das nordostdeutsche Tiefland und die Uckermark, das mitteldeutsche Tief- und Hügelland, das westdeutsche Tiefland mit unterem Weserbergland, das südwestdeutsche Bergland sowie die unterbayrische Hügel- und Plattenregion. Regionen mit hohem Grünlandanteil zeigen sich zum Beispiel im Weser-Ems-Gebiet, welches durch den intensiven Futteranbau dominiert wird, und im Alpenvorland.

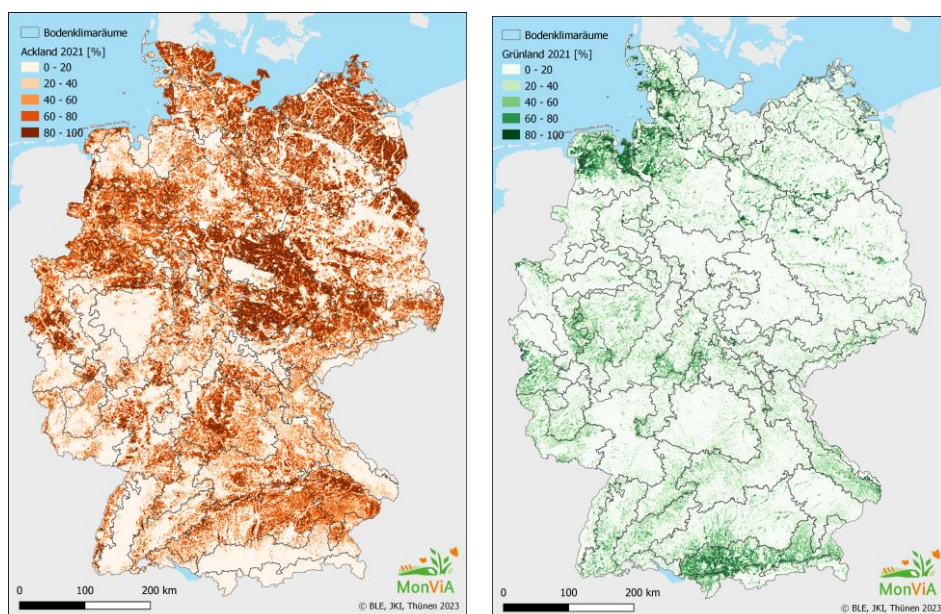


Abb. 6 Anteil Ackerland (links) und Grünland (rechts) pro Hexagon (2021) basierend auf Basis DLM (GeoBasis-DE / BKG 2023) mit Boden-Klima-Räumen.

Mittel- und langfristige Trends

Die Verteilungsfunktion für den Grünlandanteil zeigt, dass bundesweit 25 % der Hexagone (oberes Quantil auf Y-Achse) einen Grünlandanteil von mehr als 25 % aufweisen (Abb. 7). Für den Ackeranteil ergibt sich aus der Verteilungsfunktion, dass mehr als die Hälfte der Hexagone einen Ackeranteil von mehr als 50 % umfassen. Die Vorzugsregionen für beide Klassen lassen sich in der Deutschlandkarte (Abb. 6) anhand der höheren

Farbintensität erkennen. Der Vergleich der Verteilungsfunktionen für die Jahre 2018 bis 2021 zum Bezugsjahr (2017) lässt für Deutschland für beide Klassen kaum Veränderungen (= Verteilungsfunktionen überdecken sich) erkennen.

Bemerkungen

Die Karten zum Vorkommen aller in Anhang 1 (Level 2) aufgelisteten Landbedeckungsklassen werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

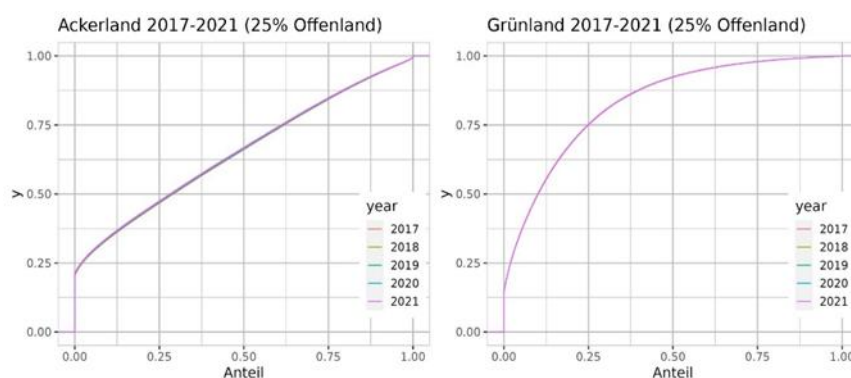


Abb. 7 Vergleich der Verteilungsfunktionen des Anteils von Ackerland und Grünland pro Hexagon für die Jahre 2017 bis 2021.

Indikator (1): Komposition der Landschaft
Subindikator (1b): Diversität von Landbedeckungsklassen

Ökologische Relevanz	Die Vielfalt von unterschiedlichen Landbedeckungsklassen hat einen direkten Einfluss auf die kompositionelle Heterogenität der Landschaft und beeinflusst dadurch die Qualität und Quantität von Nahrungsressourcen und Habitaten.
Beschreibung	Der Indikator beschreibt die Diversität der Landschaft und bildet die Vielfalt verschiedener Landbedeckungsklassen pro Bezugseinheit ab. Die Quantifizierung erfolgt durch den Shannon-Wiener-Index (H). Die Darstellung erfolgt durch die Shannon-Elementzahl (bzw. „effektive Anzahl Klassen“ oder „Hill-Zahl“). Diese ist ein Maß für die Anzahl von Klassen in einer Landschaft, die bei angenommener Gleichverteilung der Klassen benötigt wird, um den entsprechenden Shannon-Index-Wert zu erzielen.
Datengrundlage	Digitales Landschaftsmodell (ATKIS-Basis- DLM).
Berechnung	(1) Shannon-Wiener Index: $H = - \sum_i pLS_i \cdot \ln pLS_i$ mit $pLS_i = \frac{a_i}{A_{LS}}$ pLS_i = Anteil der Landbedeckungsklasse i an der Gesamtfläche; a_i = Flächengröße Klasse i; A_{LS} = Gesamtfläche (2) Shannon Elementzahl (Hill-Zahl): ${}^1D = \exp(H)$
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha, Anteil Offenland > 25 %); Bezugsfläche: Landschaft
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2000 / jährlich
Interpretation	Höhere Shannon-Elementzahlen stehen generell für eine größere Landschaftsvielfalt. Eine hohe Diversität liegt vor, wenn mehrere Klassen ähnliche Anteile haben. Dominiert hingegen eine Landbedeckungsklasse, führt dies zu Bereichen mit einer geringen Diversität. Der Shannon-Index reagiert im Allgemeinen sensitiv auf Klassen mit mittelhäufigen Flächenanteilen und ist deshalb geeignet, um komplexe Landschaftsmuster zu quantifizieren. Der Maximalwert der Shannon-Elementzahl ist gleich der Anzahl der insgesamt vorkommenden Klassen. Die Bezugsfläche für die Berechnung ist die Gesamtfläche der jeweiligen Bezugseinheit (z. B. Hexagon).
Limitierung(en)	Obwohl höhere Index-Werte auf eine höhere Landschaftsvielfalt hinweisen, stehen diese nicht zwingend für eine höhere Biodiversität, da qualitative Merkmale nicht in die Berechnung mit einfließen. Der Indikator wird nur für Bezugseinheiten dargestellt, deren Anteil an der Offenlandschaft mind. 25 % beträgt.



Status

Komposition der Landschaft - Diversität von Landbedeckungsklassen

Der Indikator zeigt die Vielfalt der Landbedeckungsklassen (Level 2) in Deutschland auf lokaler Ebene. Hohe Werte sind zum Beispiel im Rheinischen Bergland oder der Fränkischen Alb zu beobachten (Abb. 8), Bereiche mit einer geringen Landschaftsdiversität finden sich z. B. im mitteldeutschen Tief- und Hügelland mit seinem hohen Ackerlandanteil.

Mittel- und langfristige Trends

Bundesweit haben ca. 50 % der Hexagone (Y-Achse) eine Elementzahl von > 3 , was bei einem Maximalwert von 9 einer mittleren Landschaftsdiversität entspricht (Abb. 9). Der deutschlandweite Vergleich der Verteilungsfunktionen für die Jahre 2018 bis 2021 zum Bezugsjahr (2017) zeigt kaum Veränderungen. Regional lassen sich aber Veränderungen der Landschaftsdiversität erkennen. So ist z. B. der in Abbildung 8 hervorgehobene Boden-Klima-Raum (BKR) 132 (Osthessische Mittelgebirgslagen) durch eine leichte Zunahme der Shannon-Elementzahl in Relation zum Bezugsjahr sowie deutlich höhere Werte (= höhere Landschaftsdiversität) im Vergleich zum bundesweiten Mittel gekennzeichnet.

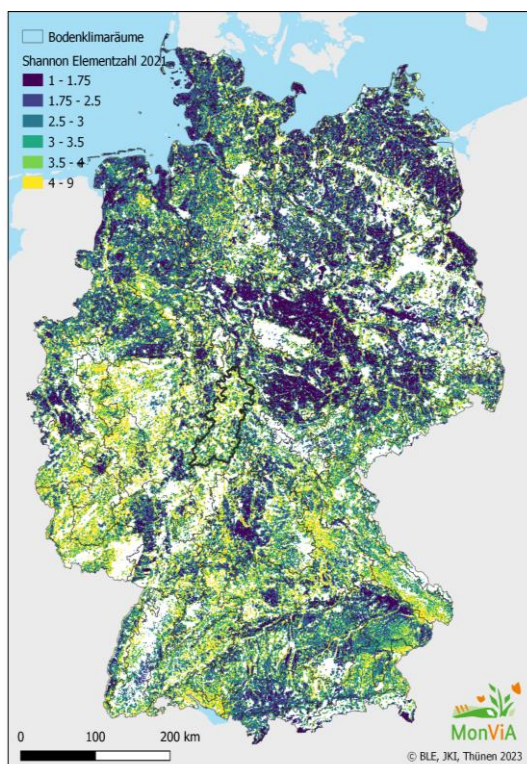


Abb. 8 Shannon Elementzahl pro Hexagon (2021) basierend auf Basis DLM (GeoBasis-DE / BKG 2023) mit Boden-Klima-Räumen. Der Boden-Klima-Raum BKR 132 ist in schwarz hervorgehoben.

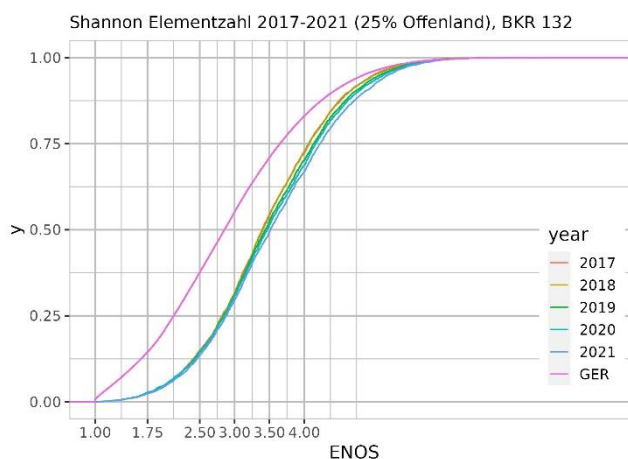


Abb. 9 Verteilungsfunktionen für die Jahre 2017 bis 2021 für den Boden-Klima-Raum BKR 132 (Osthessische Mittelgebirgslagen) im Vergleich zur mittleren deutschlandweiten Verteilungsfunktion.

Bemerkungen

Die jährlichen Karten zur Diversität von Landbedeckungsklassen werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (2): Konfiguration der Landschaft

Ökologische Relevanz	Sowohl die räumliche Anordnung als auch die Größe von Flächen gleicher Landbedeckungsklassen beeinflussen die Qualität und Quantität von Nahrungsressourcen und Habitaten.
Beschreibung	Die Konfiguration einer Landschaft kann durch die Größe und Form der Landbedeckungsklassen bzw. durch die aus diesen abgeleiteten Indizes der Vernetzung bzw. Zerschneidung (Fragmentierung) einer Bezugsfläche beschrieben werden. Als Maß für die Zerschneidung der Landschaft dient hier die effektive Mesh Size (m_{eff}). Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der zwei zufällig ausgewählte Punkte in einer Region in einer Fläche liegen bzw. wie heterogen die untersuchte Region ist.
Datengrundlage	Digitales Landschaftsmodell (ATKIS-Basis- DLM).
Berechnung	effektive Mesh size: $m_{eff} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^n a_i^2$ A_{total} = Gesamtfläche der Bezugseinheit (in ha); n = Anzahl der Landbedeckungseinheiten pro Bezugseinheit; $i = 1, \dots, n$; a_i = Größe der einzelnen Schläge (in ha)
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha, Anteil Offenland > 25 %); Bezugsfläche: Landschaft
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2000 / jährlich
Interpretation	Die Mesh Size (m_{eff}) liefert ein Maß zur Bestimmung der Fragmentierung von Landschaften auf Basis der Größenverteilung der Landbedeckungsflächen. Bei einheitlichen Bezugseinheiten (z. B. Hexagone) können Werte aus unterschiedlichen Regionen direkt miteinander verglichen werden. Niedrige m_{eff} -Werte deuten auf eine geringere durchschnittliche Größe der Landbedeckungsklassen und somit eine höhere Heterogenität der Landschaft hin. Der maximale m_{eff} -Wert entspricht der Größe der Bezugseinheit. In diesem Fall würde die Fläche von einer einzigen Landbedeckungsklasse eingenommen. Hohe Werte sind entsprechend ein Indiz für eine sehr homogene Landschaft.
Limitierung(en)	Die Berechnung erfolgt für alle Flächen innerhalb des Objekts der jeweiligen Berichtsebene (z. B. Hexagone). Flächen, die über die Umrisse des Objekts hinausgehen, werden abgeschnitten. Dadurch werden Pseudoflächen generiert, die den Indikatorwert mehr oder weniger stark beeinflussen können.



Status

Konfiguration der Landschaft - Mesh Size

Die Darstellung des Indikators auf Hexagonebene (100 ha) für Deutschland (Abb. 11) zeigt sowohl eine kleinräumige Differenzierung der Konfigurationsvielfalt auf Landschaftsebene als auch vor allem einen deutlichen Unterschied zwischen West- und Ostdeutschland sowie Extrema in Nord- und Süddeutschland. Während weite Teile Ostdeutschlands, die Küstenregionen im Norden sowie der Alpenvorraum überwiegend durch hohe Werte (= homogene Landschaften) gekennzeichnet sind, weisen die Landschaften in den Mittelgebirgsregionen sowie im Südwesten Deutschlands eher niedrige Werte (= heterogene, kleinräumige Landschaften) auf.

Mittel- und langfristige Trends

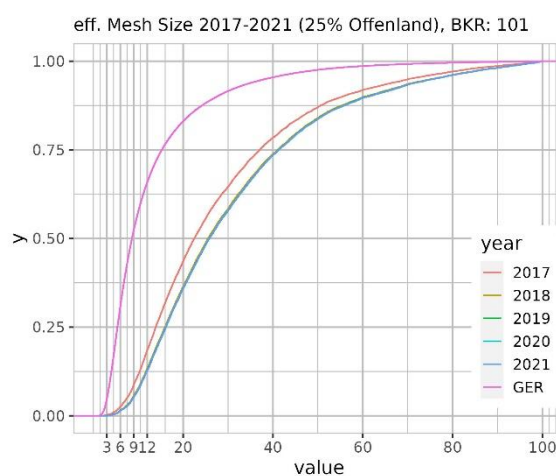
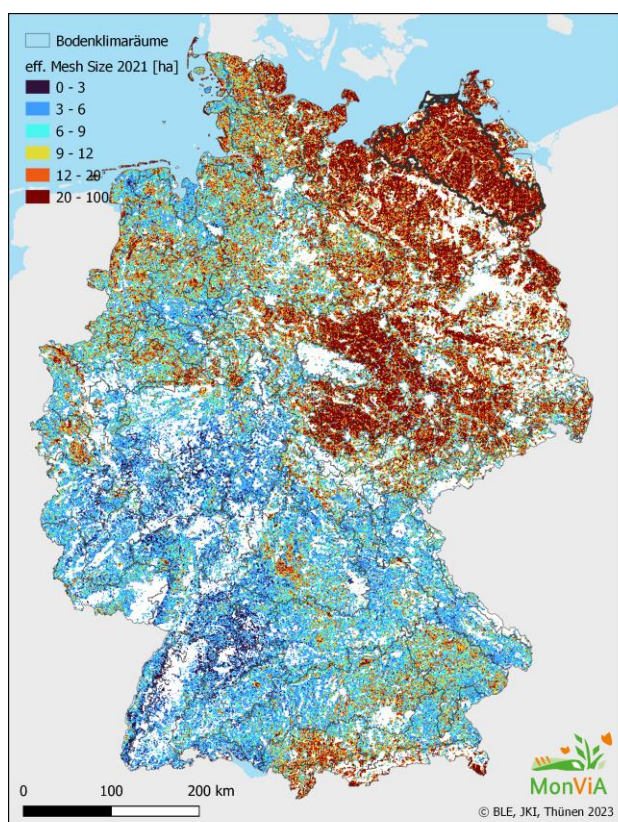


Abb. 11 Verteilungsfunktionen der effektiven Mesh Size-Werte pro Hexagon für die Jahre 2017 bis 2021 für den Boden-Klima-Raum BKR 101 (Nordostdeutsches Tiefland) im Vergleich zur deutschlandweiten mittleren Verteilungsfunktion.

Abb. 10 Effektive Mesh Size der Landbedeckungsklassen pro Hexagon (2021) basierend auf Basis DLM (GeoBasis-DE / BKG 2023) mit Boden-Klima-Räumen. Der Boden-Klima-Raum BKR 101 ist schwarz hervorgehoben.

Die Verteilungsfunktion für die Indikatorwerte zeigt, dass bundesweit ca. 80 % der Hexagone (Y-Achse) eine Mesh Size von < 20 haben (= eher kleinräumige Landschaften; Abb. 10). Der Vergleich der Verteilungsfunktionen für die Jahre 2018 bis 2021 zum Bezugsjahr 2017 zeigt für Deutschland kaum Veränderungen. Regional lassen sich aber Veränderungen der Landschaftsdiversität erkennen. So ist z. B. der Boden-Klima-Raum BKR 101 (Nordostdeutsches Tiefland) durch deutlich größere Mesh Size-Werte (= eher ausgeräumte Landschaften) im Vergleich zum bundesweiten Mittel gekennzeichnet.

Bemerkungen

Die jährlichen Karten zur Komposition der Landschaft werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

II 2.1.2 Landnutzung

Bearbeitende Institute:

Thünen-Institut, Institut für Betriebswirtschaft, Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen
Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

Ansprechpartner: Stefan Erasmi (stefan.erasmi@thuenen.de)

Mitwirkende: Andrea Ackermann, Florian Beyer, Heike Gerighausen, Alexander Gocht, Markus Möller, Norbert Röder, Marcel Schwieder, Gideon Tetteh, Jannes Uhlott

Der positive Einfluss einer höheren Landschaftsvielfalt auf die Artenvielfalt ist allgemein anerkannt und im Kapitel „2.1.1 Landschaft“ adressiert. Zudem ist belegt, dass eine Verbesserung der Landnutzungsvielfalt **innerhalb der Offenlandschaft** (OL) einen positiven Einfluss auf das Vorkommen und die Vielfalt von Insekten und anderen Organismen hat, wobei verschiedene taxonomische Gruppen grundsätzlich unterschiedliche Anforderungen an die Nutzungsvielfalt haben können (Alignier et al. 2020; Redlich et al. 2018; Sirami et al. 2019; Tschardt et al. 2021). Es besteht ein wissenschaftlicher Konsens darüber, dass die Vielfalt der Flächennutzung ein Maß für die Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung einer Region darstellt. Die Landnutzungsvielfalt betrachtet hierbei nicht nur die räumliche Komponente, d. h., das Vorkommen und die Muster der Anordnung von landwirtschaftlichen Flächen im Raum, sondern auch die zeitliche Abfolge der Nutzung auf einer Fläche.

Analog zu den Indikatoren der Landschaftsvielfalt (Kap. 2.1.1) werden hier Metriken der Komposition und Konfiguration von Landnutzungsklassen verwendet, um Indikatoren der räumlichen Landnutzungsvielfalt zu generieren. Eine Erweiterung erfährt der Ansatz durch die Betrachtung der zeitlichen Dimension (Anbauabfolgen) und die Erstellung eines Indikators, der geeignet ist, die Wertigkeit von Anbauabfolgen zu quantifizieren.

Die Offenlandschaft umfasst grundsätzlich die Hauptklassen und Fruchtarten der landwirtschaftlichen Flächennutzung sowie die nicht-produktiven Flächen (z. B. Landschaftselemente, Unland, aus der Produktion genommene Flächen) (Anhang II). Je nach Definition kann die Bezugsfläche für die Berechnung eines Landnutzungs-Indikators eine Teilmenge des Offenlands sein, z. B. die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF), die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) oder nur das Ackerland (AL) (vgl. Abb. 3).

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie - Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur - Gemeinsame Agrarpolitik - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt



Abb. 12 Agrarlandschaft im südlichen Harzvorland (© S. Erasmi).

Indikator (3): Komposition der Landnutzung
Subindikator (3a): Flächenanteil Landnutzungsklassen

Ökologische Relevanz	Die Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung hat einen direkten Einfluss auf die Artenvielfalt, der je nach Arten-/ Organismengruppen in Stärke und Ausprägung variiert.
Beschreibung	Der Indikator beschreibt die Zusammensetzung (Komposition) der Flächennutzung anhand der Flächenanteile einzelner landwirtschaftlicher Nutzungsklassen. Die Berechnung erfolgt auf unterschiedlichen inhaltlichen Aggregationsebenen für ausgewählte Nutzungsklassen, deren Relevanz für die biologische Vielfalt bekannt und anerkannt ist. Der Flächenanteil wird in Abhängigkeit von der Datengrundlage und Nutzungsklasse in Relation zur Gesamtfläche von Ackerland (pAL_i), landwirtschaftlich genutzter Fläche (pLF_i) oder Offenland (pOL_i) berechnet.
Datengrundlage	Fernerkundung: Kartierungen (flächendeckend) der Offenlandnutzung (Blickensdörfer et al. 2022), Feldgrenzen aus Bildsegmentierung (Tetteh et al. 2021). Klassenkatalog siehe Anhang II (Level 2). Agrardaten: Kulturart und sonstige Nutzung inkl. Geometrien (Feldblöcke bzw. Schläge) aus InVeKoS (flächendeckend) und Thünen-Agraratlas (Gemeinde-Ebene).
Berechnung	$pAL_i = \frac{a_i}{A_{AL}} \{[0,1]\}$ $pLF_i = \frac{a_i}{A_{LF}} \{[0,1]\}$ $pOL_i = \frac{a_i}{A_{OL}} \{[0,1]\}$ a_i = Fläche der Klasse i; A_{AL} = Fläche Ackerland; A_{LF} = landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF); A_{OL} = Fläche Offenland
Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha, Anteil Offenland > 25 %); Bezugsfläche: AL, LF, OL
Berichtszeitraum/-intervall	ab 1999 (Agrarstatistik), 2010 (InVeKoS) bzw. 2017 (Fernerkundung) / jährlich
Interpretation	Für bestimmte Landnutzungsklassen (z. B. Blühflächen, Brachen) geht im gegenwärtig beobachteten Wertebereich ein höherer Anteil mit einer höheren ökologischen Wertigkeit einher. Bei anderen Klassen (z. B. Mais, Wintergetreide) ist die Korrelation von Flächenanteil und ökologischer Wertigkeit für den Großteil des beobachteten Wertebereichs negativ. Die unterschiedlichen Datengrundlagen ermöglichen die Betrachtung des Indikators für unterschiedliche bzw. komplementäre Bezugsflächen (AL, LF, OL).
Limitierung(en)	Die Auswahl der Klassen beschränkt sich auf die in Deutschland dominierenden Fruchtarten (Winterweizen bzw. Wintergetreide, Mais, Winterraps) sowie auf Nutzungsklassen mit einer grundsätzlich hohen ökologischen Wertigkeit (Brachen, Blühflächen) sowie Dauergrünland. Der Indikator wird nur für Bezugseinheiten dargestellt, deren Anteil an der Offenlandschaft mind. 25 % beträgt.



Status

Komposition der Landnutzung - Flächenanteil Landnutzungsklassen (Fernerkundung)

Mais (Körnermais inkl. CCM + Futtermais) hat mit einer Anbaufläche von rund 2,65 Mio. ha (2021) einen Anteil von ca. 13 % an der Offenlandschaft in Deutschland. Es lassen sich klare räumliche Muster, also Gunstregionen für den Anbau von Mais, erkennen. Größte Anteile sind im Norden in den schleswig-holsteinischen Geestgebieten und im Nordwestdeutschen Tiefland zu finden, sowie in Süddeutschland im Oberrheingraben und im Donau-/Inntal.

Mittel- und langfristige Trends

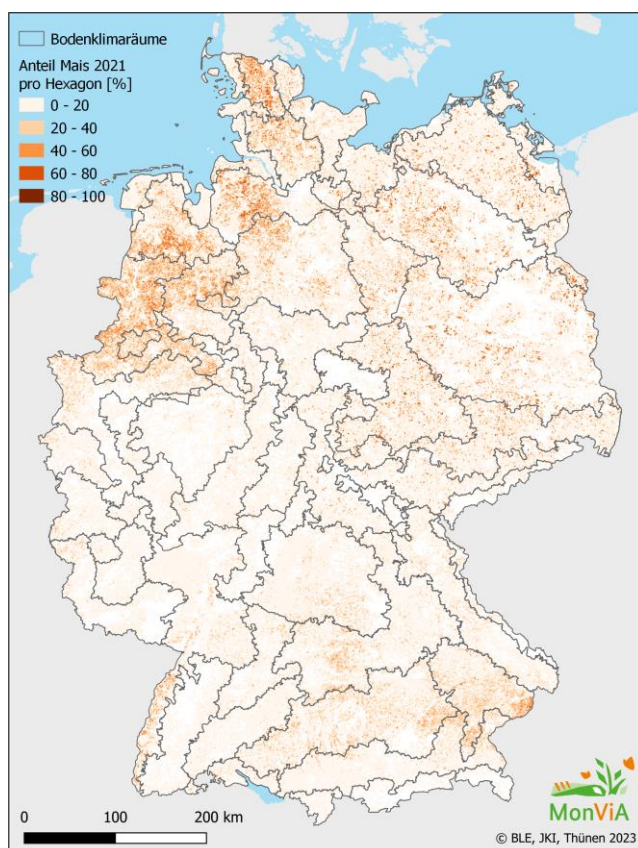


Abb. 13 Karte des Anteils von Mais an der Offenlandfläche im Jahr 2021.

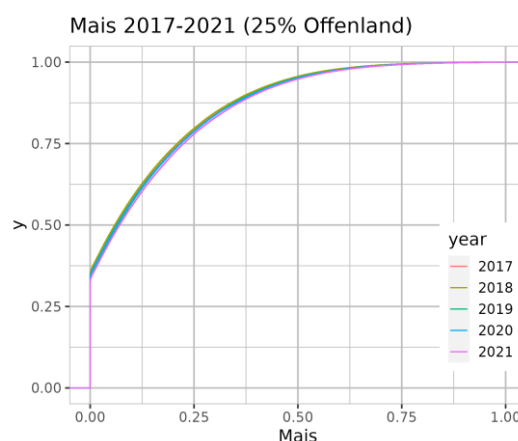


Abb. 14 Vergleich der Verteilungsfunktionen für den Maisanteil pro Hexagon für die Jahre 2017 bis 2021.

25 % der Hexagone (oberes Quantil auf Y-Achse) haben einen Maisanteil von mehr als 25 % an der gesamten Offenlandfläche (Abb. 14). Diese Gunstregionen (z. B. Nordwestdeutsches Tiefland für Futtermais, Oberrheingraben für Körnermais) lassen sich in der Deutschlandkarte (Abb. 13) gut erkennen.

Auf der nationalen Ebene hat sich im Vergleich zum Bezugsjahr 2017 die Verteilung der lokalen Konzentration des Maisanbaus bis 2021 nur minimal verändert (= Verteilungskurven fast deckungsgleich). Die Anbaufläche ist seit Beginn der Erhebung (2017) annähernd konstant.

Bemerkungen

Die Karten zum jährlichen Vorkommen aller in Anhang II (Level2) enthaltenen Landnutzungsklassen werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (3): Komposition der Landnutzung
Subindikator (3b): Anbauvielfalt

Ökologische Relevanz	Die Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung hat einen direkten Einfluss auf die Artenvielfalt, der je nach Arten- / Organismengruppen in Stärke und Ausprägung variiert.
Beschreibung	Der Indikator beschreibt die Diversität der Nutzung des Ackerlands (Anbauvielfalt). Die Quantifizierung erfolgt durch den Shannon-Wiener Index (H). Die Darstellung erfolgt durch die Shannon-Elementzahl (bzw. „effektive Anzahl Klassen“ oder „Hill-Zahl“). Diese ist ein Maß für die Anzahl von Klassen (hier: Kulturarten im Ackerland), die bei angenommener Gleichverteilung der Klassen benötigt wird, um den entsprechenden Shannon-Index-Wert zu erzielen.
Datengrundlage	Fernerkundung: Kartierungen (flächendeckend) der Offenlandnutzung (Blickensdörfer et al. 2022). Feldgrenzen aus Bildsegmentierung (Tetteh et al., 2021). Klassenkatalog siehe Anhang II (Level3). Agrardaten: Kulturart und sonstige Nutzung inkl. Geometrien (Felblöcke bzw. Schläge) aus InVeKoS (flächendeckend) und Thünen-Agraratlas (Gemeinde-Ebene).
Berechnung	(1)Shannon-Wiener Index: $H = - \sum_i pAL_i \cdot \ln pAL_i$ mit $pAL_i = \frac{a_i}{A_{AL}}$ pAL_i = Anteil der Landnutzungs-klasse i am Ackerland; a_i = Flächengröße Klasse i; A_{AL} = Fläche Ackerland (2)Shannon Elementzahl (Hill-Zahl): ${}^1D = \exp(H)$
Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha, Anteil OL > 25 % & Anteil AL > 10 %); Bezugsfläche: AL
Berichtszeitraum / -intervall	ab 1999 (Agrarstatistik), 2010 (InVeKoS) bzw. 2017 (Fernerkundung) / jährlich
Interpretation	Höhere Shannon-Index-Werte bzw. höhere Shannon-Elementzahlen stehen generell für eine größere Lebensraumvielfalt (hier: Anbauvielfalt). Der Shannon-Index reagiert im Allgemeinen sensitiv auf Klassen mit mäßig hohen Flächenanteilen und ist geeignet, um komplexe Landnutzungsmuster zu quantifizieren. Die Bezugsfläche für die Berechnung ist die Gesamtfläche des Ackerlands in der jeweiligen Bezugseinheit (z. B. Hexagon).
Limitierung(en)	Obwohl höhere Index-Werte eine vielfältigere Landnutzung indizieren, stehen diese nicht zwingend für eine höhere Biodiversität, da qualitative Merkmale (z. B. die Wertigkeit einzelner Nutzungsklassen) nicht berücksichtigt werden. Die räumliche Skalierung (Aggregierung) der Berichtsebene sowie die thematische Differenzierung (Anzahl Kulturarten/Klassen) haben eine Auswirkung auf die Index-Werte. Der Indikator wird nur für Bezugseinheiten dargestellt, deren Anteil an der Offenlandschaft mind. 25 % beträgt.



Status

Komposition der Landnutzung - Anbauvielfalt (Fernerkundung)

Die Anbauvielfalt weist deutliche räumliche Muster auf, die die Vielfältigkeit der Agrarregionen und Standortfaktoren widerspiegeln. Regionen mit hohen Indikatorwerten finden sich z. B. in Süddeutschland (Franken, ostbayerisches Hügelland) aber auch im Westdeutschen Tiefland und unterem Weserbergland. Gebiete mit niedriger Anbauvielfalt sind zum Beispiel die Grünland-dominierten Regionen wie das Alpenvorland und die Futterbauregionen des Nordwestdeutschen Tieflands und Schleswig-Holsteins. Die Landnutzung in Nordostdeutschland ist durch vergleichsweise große Ackerschläge und entsprechend niedrige Indikatorwerte auf der Betrachtungsebene (Hexagone) geprägt.

Mittel- und langfristige Trends

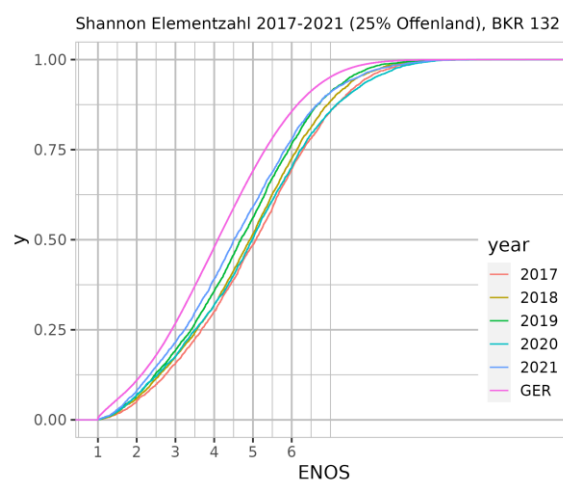
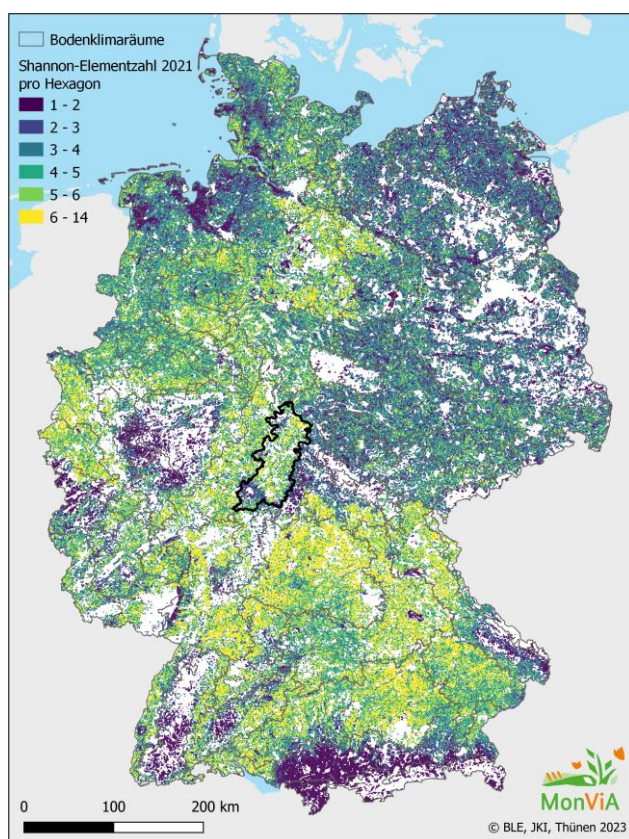


Abb. 16 Verteilungsfunktionen der Shannon-Elementzahl pro Hexagon für die Jahre 2017 bis 2021 für den Boden-Klima-Raum BKR 132 (Osthessische Mittelgebirgslagen) im Vergleich zur deutschlandweiten mittleren Verteilungsfunktion.

Abb. 15 Shannon-Elementzahl pro Hexagon im Jahr 2021. Der Boden-Klima-Raum BKR 132 ist schwarz hervorgehoben.

Bundesweit wird eine Shannon-Elementzahl von mindestens 6 in ca. 20 % der Hexagone (oberes Quantil auf Y-Achse) erreicht oder überschritten (Abb. 16). Auf der nationalen Ebene hat sich im Vergleich zum Bezugsjahr 2017 die Shannon-Elementzahl bis 2021 kaum verändert. Regionen-spezifisch sind hingegen z. T. deutliche Veränderungen zu erkennen (Abb. 15). Die Nutzung des Ackerlandes im Boden-Klima-Raum (BKR) 132 (Osthessische Mittelgebirgslagen) ist zwar deutlich diverser als im bundesweiten Mittel (Rechtsverschiebung der Verteilungsfunktionen = höhere Shannon-Elementzahlen), es zeigt sich aber über die Jahre eine leichte Abnahme (=Linksverschiebung der Verteilungsfunktionen) der Shannon-Elementzahl im Vergleich zu 2017.

Bemerkungen

Die jährlichen Karten zur Anbauvielfalt werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (4): Konfiguration der Landnutzung

Ökologische Relevanz	Die Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung, hat einen direkten Einfluss auf die Artenvielfalt, der je nach Arten- / Organismengruppen in Stärke und Ausprägung variiert.
Beschreibung	Die Konfiguration der Landnutzung kann durch die Größe und Form der Nutzungseinheiten bzw. durch die aus diesen abgeleiteten Indizes der Vernetzung bzw. Zerschneidung (Fragmentierung) einer Bezugsfläche beschrieben werden. Als Maß für die Zerschneidung der Landschaft dient hier die effektive Mesh Size (m_{eff}). Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der zwei zufällig ausgewählte Punkte in einer Region in einer Fläche liegen bzw. wie heterogen die untersuchte Region ist.
Datengrundlage	Fernerkundung: Kartierungen (flächendeckend) der Offenlandnutzung (Blickensdörfer et al. 2022), Feldgrenzen aus Bildsegmentierung (Tetteh et al., 2021). Klassenkatalog siehe Anhang 2. Agrardaten: Kulturart und sonstige Nutzung inkl. Geometrien (Feldblöcke bzw. Schläge) aus InVeKoS (flächendeckend).
Berechnung	(1) effektive mesh size: $m_{eff} = \frac{1}{A_{AL(LF;OL)}} \sum_{i=1}^n a_i^2$ [A_i = Größe des Feldes i ; n : Anzahl der Felder pro Bezugsfläche; AAL = Fläche Ackerland; ALF = landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF); AOL = Fläche Offenland]
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha, Anteil Offenland > 25 %); Bezugsfläche: AL, LF, OL
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2010 (InVeKoS) bzw. 2017 (Fernerkundung) / jährlich
Interpretation	Die effektive Mesh Size (m_{eff}) dient als Maß zur Bewertung der Landnutzungsheterogenität auf Basis der Größenverteilung der Nutzungsflächen. Bei einheitlichen Bezugseinheiten können Werte aus unterschiedlichen Regionen direkt miteinander verglichen werden. Niedrige m_{eff} -Werte deuten auf eine geringere durchschnittliche Feldgröße und somit eine höhere Heterogenität der Landnutzung hin. Der maximale m_{eff} -Wert entspricht der Größe der Bezugsfläche. Hohe Werte sind ein Indiz für eine sehr homogene Landnutzung.
Limitierung(en)	Die Berechnung erfolgt für alle Flächen innerhalb eines Objekts der jeweiligen Berichtsebene (z. B. für das einzelne Hexagon). Flächen, die über die Umrisse des Objekts hinausgehen, werden abgeschnitten, wodurch Pseudoflächen generiert werden, die den Indikatorwert mehr oder weniger stark beeinflussen können. Der Indikator wird nur für Bezugseinheiten dargestellt, deren Anteil an der Offenlandschaft mindestens 25 % beträgt.



Status

Konfiguration der Landnutzung - Mesh Size (Fernerkundung)

Die Darstellung des Indikators auf Hexagonebene (100 ha) für Deutschland (Abb. 17) zeigt sowohl eine kleinräumige Differenzierung der Konfigurationsvielfalt der Landnutzung als auch vor allem einen deutlichen Unterschied zwischen West- und Ostdeutschland. Während weite Teile Ostdeutschlands und auch die Küstenregionen im Norden überwiegend durch hohe Werte (= homogene Landschaften) gekennzeichnet sind, weisen die Landschaften in den Mittelgebirgsregionen sowie im Südwesten Deutschlands eher niedrige Werte (= heterogene, kleinräumige Landnutzung) auf.

Mittel- und langfristige Trends

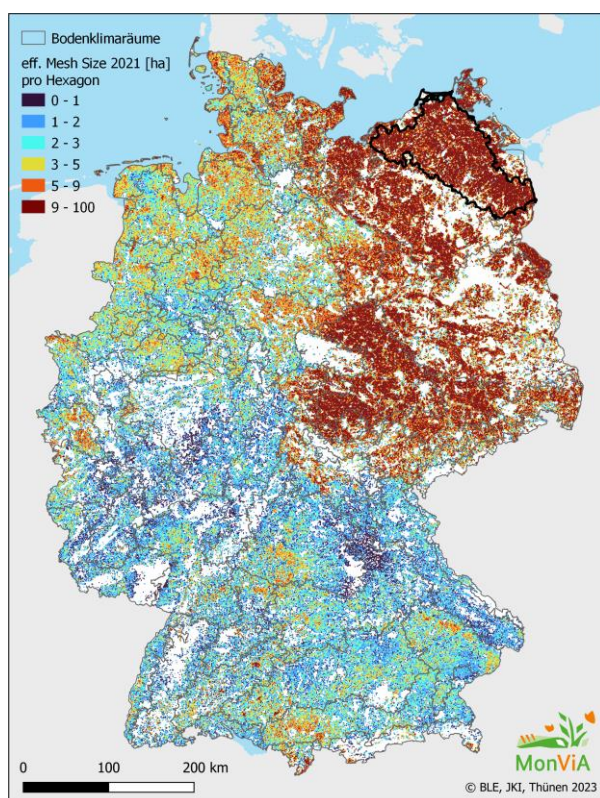


Abb. 17 Mesh Size pro Hexagon im Jahr 2021. Der Boden-Klima-Raum BKR 101 ist schwarz hervorgehoben.

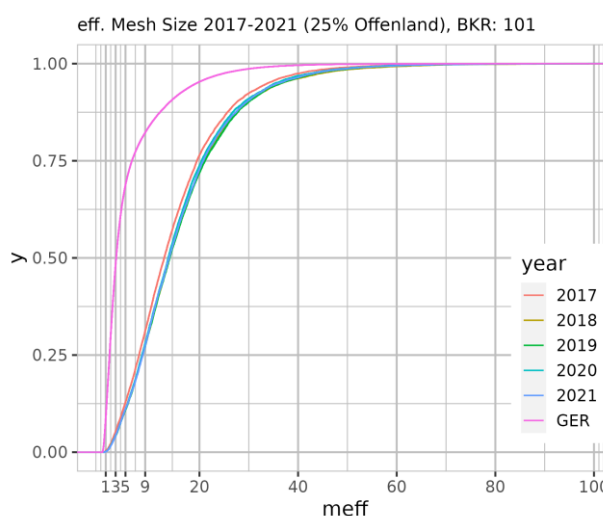


Abb. 18 Vergleich der Verteilungsfunktionen der Mesh Size (meff) pro Hexagon für die Jahre 2017 bis 2021 im Boden-Klima-Raum BKR 101 (Nordostdeutsches Tiefland) im Vergleich zur deutschlandweiten mittleren Verteilungsfunktion.

Bundesweit ist die Mesh Size in ca. 65 % der Hexagone (Y-Achse) kleiner als 5 ha (= eher kleinteilige Landnutzung) (Abb. 18). Auf der nationalen Ebene hat sich im Vergleich zum Bezugsjahr 2017 die Mesh Size bis 2021 kaum verändert (= Verteilungskurven sind deckungsgleich). Regional lassen sich aber Veränderungen des Indikators erkennen. So nahm im Boden-Klima-Raum 101 (Nordostdeutsches Tiefland), der ohnehin durch große Bewirtschaftungseinheiten geprägt ist (= Verteilung der Region im Vergleich zur nationalen Verteilung nach rechts verschoben), die Mesh Size weiter zu (= weitere Rechtsverschiebung der Funktion).

Bemerkungen

Die Karten zur Konfiguration der Landnutzung werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (5): Zeitliche Kulturartenvielfalt (Abfolge)

Ökologische Relevanz	Eine vielfältige zeitliche Abfolge verschiedener Fruchtarten auf einem Feld / Schlag trägt zur Heterogenität der Landnutzung bei und fördert u. a. die Bodenqualität und Nährstoffversorgung auf der Fläche. Ferner ist eine adäquate Fruchtfolge ein wirksames Mittel zur Eindämmung von Schadorganismen im Ackerbau.
Beschreibung	Der Indikator beschreibt die Anbauabfolge der Hauptfrucht auf einer Fläche über einen Zeitraum von 5 Jahren (P). Die Quantifizierung der zeitlichen Vielfalt basiert auf der Anzahl T der verschiedenen Fruchtarten im Zeitraum P (temporal richness) (1) und der Wiederkehrzeit (return period) RP_i einer Fruchtart im Zeitraum P, d. h., der Zeitraum P_i in Jahren, in denen dieselbe Fruchtart wieder angebaut wird. Diese wird ins Verhältnis zur pflanzenbaulichen Empfehlung (QRP_i) gesetzt (2). Die Werte für RP_i bzw. für QRP_i werden für alle Hauptfruchtarten ermittelt. Sie werden auf der Berichtsebene durch Mittelwertbildung für alle Ackerflächen aggregiert.
Datengrundlage	Fernerkundung: Kartierungen (flächendeckend) der landwirtschaftlichen Nutzung (Blickensdörfer et al., 2022), Feldgrenzen aus Bildsegmentierung (Tetteh et al., 2021). Klassenkatalog siehe Anhang 2. Agrardaten: Kulturart und sonstige Nutzung inkl. Geometrien (Felblöcke bzw. Schläge) aus InVeKoS (flächendeckend).
Berechnung	$(1) T\{[1, P]\}$ $(2) QRP_i = \frac{RP_i}{RP_p} \{[0, P]\}$ T = Anzahl Fruchtarten im Zeitraum P (temporal richness); RP_i = Wiederkehrzeit (in Jahren) einer Klasse i im Zeitraum P; RP_p = pflanzenbauliche Empfehlung von RP_i
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha, Anteil Offenland > 25 %); Bezugsfläche: AL
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2005 (InVeKoS) bzw. 2017 (Fernerkundung) / jährlich
Interpretation	Der Wert T gibt über die Anzahl verschiedener Fruchtarten unmittelbar Aufschluss über die zeitliche Vielfalt des Anbaus. Hohe Werte entsprechen einer hohen Landnutzungsvielfalt. Der Indikator quantifiziert die Anbauabfolge unabhängig von der Wertigkeit einzelner Elemente (Fruchtarten) für die biologische Vielfalt von Organismen. Er liefert somit einen generischen Indikator der Lebensraumvielfalt als Bestandteil der biologischen Vielfalt. Die Werte für RP_i bzw. QRP_i geben Auskunft über die Dominanz einzelner Elemente der Anbauabfolge und sind somit besser geeignet für eine regions- und fruchtartenspezifische Bewertung von Fruchtfolge-Gliedern. Die Interpretation der Werte muss folglich in Abhängigkeit von der Wertigkeit der Fruchtart für die biologische Vielfalt erfolgen.
Limitierung(en)	Die räumliche Auflösung der Eingangsdaten, sowie die räumliche und inhaltliche Repräsentativität der Agrardaten haben einen Einfluss auf die Indikatorwerte. Der Indikator wird nur für Bezugseinheiten dargestellt, deren Anteil an der Offenlandschaft mind. 25 % beträgt.



Status

Zeitliche Kulturartenvielfalt (Abfolge)

Deutschlandweit lassen sich räumliche Muster der Anbauabfolge erkennen. Intensiv genutzte Regionen, d. h. Regionen mit wenigen unterschiedlichen Kulturarten in der Abfolge (= niedrige T-Werte), sind vor allem im Norden von Niedersachsen und in Schleswig-Holstein zu erkennen. Es handelt sich um Gebiete, die für den Anbau von Ackerfutterpflanzen für die Viehhaltung bekannt sind. Auch in der Rheinebene im Südwesten, dem Donau-, Inntal und dem östlichen Voralpenland lassen sich Regionen mit wenigen Gliedern in der Fruchtfolge erkennen. Dem gegenüber werden in Mitteldeutschland und im nordöstlichen Tiefland in der Regel 3 bis 4 verschiedene Fruchtarten innerhalb von 5 Jahren angebaut. Auf den Lößböden im Norden des Erzgebirges steht innerhalb des Fünfjahreszeitraumes verbreitet jedes Jahr eine andere Kultur auf den Ackerflächen.

Mittel- und langfristige Trends

Aktuell liegen bundesweit Daten für die Analyse einer Anbauabfolge von 5 Jahren vor (2017-2021), die bisher nur eine Darstellung des Status für den Indikator für diesen Zeitraum zulassen.

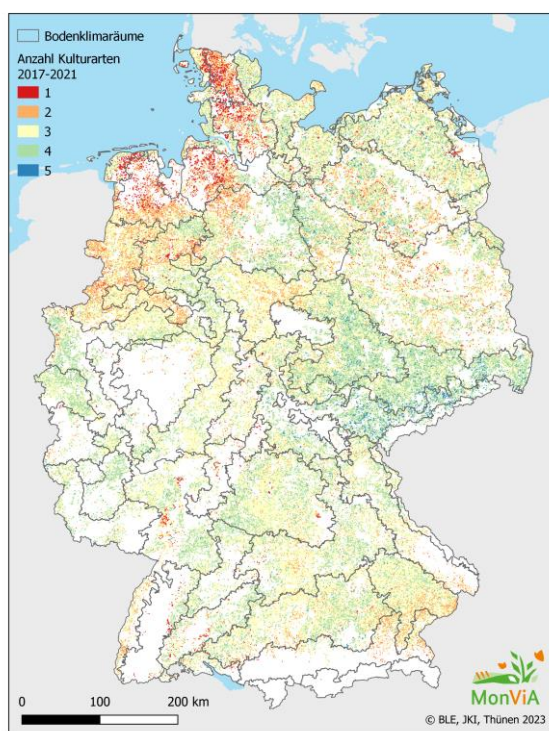


Abb. 19 Anzahl der verschiedenen Hauptfruchtarten im Zeitraum 2017-2021 (zeitliche Vielfalt).

Bemerkungen

Die Karten zur Anbauabfolge werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

II 2.1.3 Nutzungsintensität

Bearbeitende Institute:

Thünen-Institut, Institut für Betriebswirtschaft, Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen
Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

Ansprechpartner: Norbert Röder (norbert.roeder@thuenen.de),

Mitwirkende: Andrea Ackermann, Florian Beyer, Stefan Erasmi, Heike Gerighausen, Alexander Gocht, Markus Möller, Marcel Schwieder, Jannes Uhlott

Die Nutzungsintensität beschreibt im Rahmen des Landnutzungsmonitorings in MonViA die lokale, d. h. auf eine Fläche bezogene Intensität der Bewirtschaftung und deren regionale Verteilung. Aufgrund der Verschiedenheit der Bewirtschaftung sowie der methodischen Ansätze der Satellitendatenauswertung und der zu Grunde liegenden satellitenbasierten Biodiversitäts-Variablen erfolgt die Indikatorenentwicklung getrennt für Ackerland und Grünland. Generell ist die Annahme akzeptiert, dass eine Extensivierung der Bewirtschaftung einen positiven Einfluss auf die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften hat (Batáry et al. 2011; Billeter et al. 2008; Tschardt et al. 2005). Die Beziehung zwischen lokaler Intensität und biologischer Vielfalt folgt verschiedenen Gradienten und wird von anderen Faktoren der Landschaft und Landnutzung beeinflusst. So ist z. B. der positive Effekt einer Extensivierung des Ackerlandes stärker in ausgeräumten Landschaften nachweisbar als in komplexen Landschaften (die ggf. bereits eine höhere Vielfalt aufweisen). Im Grünland ist der Einfluss unabhängig von der Komplexität der Landschaft, da das Vorhandensein von Grünland selbst im Allgemeinen schon zur Steigerung der Biodiversität beiträgt und weniger stark abhängig ist von der umgebenden Landschaft (Batáry et al. 2011).

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie- Agrobiodiversitätsstrategie - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt – Düngeverordnung - Gemeinsame Agrarpolitik



Abb. 20 Stoppelfeld nach Getreideernte in Südniedersachsen (© S. Erasmi).

Indikator (6): Nutzungsintensität Grünland
Subindikator (6a): Viehbesatz

Ökologische Relevanz	Insbesondere extensiv genutzte Dauergrünlandflächen können im Vergleich zum Ackerland eine hohe Artenvielfalt aufweisen.
Beschreibung	Der Indikator beschreibt die Nutzungsintensität von Grünlandflächen ausgehend von dem Verhältnis vom Viehbestand der hauptsächlich mit Grundfutter ernährt wird und der Produktionsfläche. Der Indikator erlaubt Rückschlüsse sowohl auf die notwendige Produktionsmenge an Pflanzenbiomasse je Hektar als auch auf die ausgebrachte Wirtschaftsdüngermenge.
Datengrundlage	a) aus InVeKoS-Daten, b) des Thünen-Agraratlas auf Gemeinde-Ebene sowie incl. c) Rohstoffbedarf für die Biogasproduktion auf Grundlage von Daten der Bundes-Netz-Agentur/Marktstammdatenregister
Berechnung	$\text{Viehbesatz mit Raufutterfressern} = \frac{\sum \text{Großvieheinheit der Raufutterfresser (in GV)}}{\sum \text{Hauptfutterfläche (in ha)}}$
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten (Hexagone 100 ha, sowie zukünftig Anteil Offenland > 25 %); Bezugsfläche: GL
Berichtszeitraum / -intervall	ab 1999 (Agrarstatistik) bzw. 2010 (InVeKoS) / jährlich
Interpretation	Wertstufe Hoch: 0,3-1,0 RGV/ha – Für Flächen, die mit geringer Intensität bewirtschaftet werden (i. d. R. 1- bis 2-schürig oder extensiv beweidet) und deren Erträgen naturschutzfachlich wertvoller Grünlandbeständen mit hohen HNV-Werten. Wertstufe Mittel: 1,0-1,4 RGV / ha – Für Flächen, die mäßig intensiv bewirtschaftet werden. Als Referenzwert für die Förderung von Grünlandextensivierungen wird meist der Wert 1,4 RGV/ha HFF angesetzt. Wertstufe Gering: sonstige Flächen mit höherem oder niedrigerem Besatz
Limitierung(en)	Relevant sind u. a. die betriebswirtschaftliche Ausrichtung, der Standort der Tiere und die Form der Tierhaltung (Stallungen, Weiden) etc. Es wird davon ausgegangen, dass es keinen Im- und Export von Grundfutter zwischen den Berechnungseinheiten gibt. Kleineräumige Schwankungen wie z. B. flächenspezifischer Mahdzeitpunkt, Weidewirtschaft, Nutzungszeitraum können durch Fernerkundungsdaten zunehmend besser abgebildet werden.

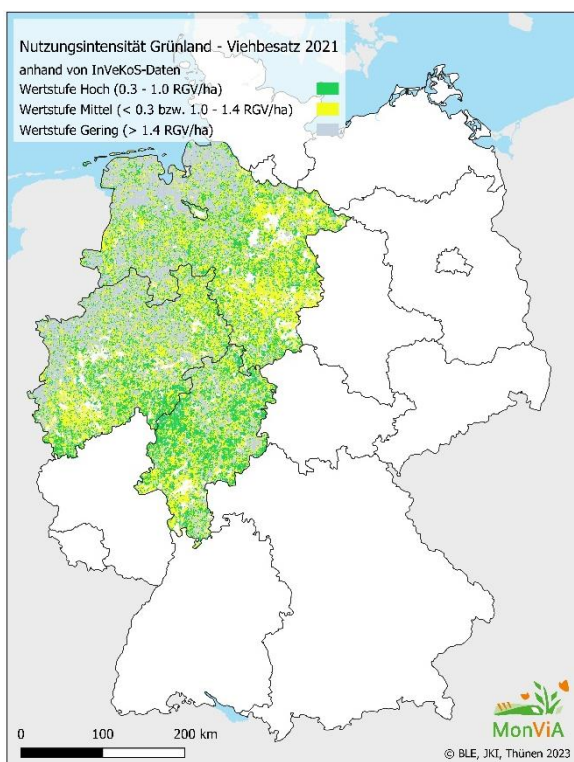


Status

Nutzungsintensität Grünland - Viehbesatz

National zeigen sich starke regionale Unterschiede der Nutzungsintensität (vgl. Auswertungen der Agrarstrukturserhebung bis 2020). Hohe Intensitäten in der Nutzung der Dauergrünlandflächen (Besatzdichten von $> 1,4$ RGV je ha HFF) finden sich insbesondere im Nordwesten und sind kleinräumiger für Südost-Bayern und das Alpenvorland bekannt. Sehr niedrige Besatzdichten finden sich insbesondere in den Börden nördlich des Harzes und zudem in weiten Teilen Ostdeutschlands, auf der Schwäbischen Alb und entlang des Rheins.

Mittel- und langfristige Trends



Auf nationaler Ebene geht der Viehbesatz sowohl kurz- als auch mittelfristig kontinuierlich zurück. Die Grünlandnutzung wurde tendenziell extensiviert oder aufgegeben. Der Median des Viehbesatzes ging stärker zurück als der Mittelwert. Dies weist darauf hin, dass extensivere Standorte stärker extensiviert wurden als intensiver genutzte Grünlandflächen.

Dementsprechend nahm der Viehbesatz insbesondere auf Flächen ab, die bereits vorab einen geringen Besatz aufwiesen.

Die exemplarische Betrachtung zeigt, dass der Viehbesatz verstärkt seit 2015 in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen zurückging, aber weiter auf hohem Niveau bleibt. In Hessen hingegen schwankt der Besatz auf einem niedrigeren Niveau.

Auswertungen der Agrarstrukturserhebung bis 2020 zeigen in den ostbayerischen Mittelgebirgen und Schwarzwald sowie im Alpen und Voralpenbereich annähernd konstante Viehbesatzdichten, in den Bördelandschaften mit ihren hochwertigen (Löß-)Böden ging die Besatzdichte hingegen stark zurück.

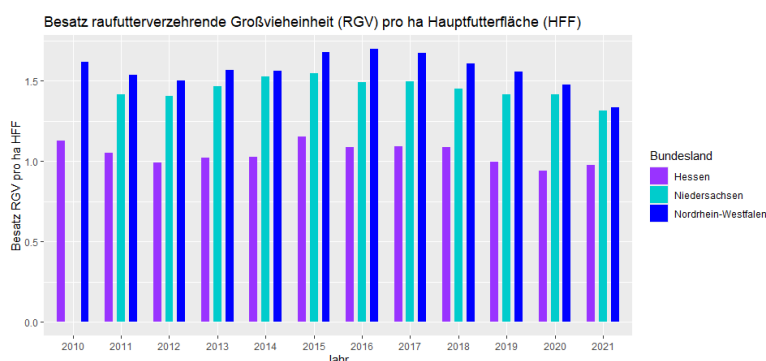


Abb. 21 Mittlerer Viehbesatz von Raufutterfressern im Jahr 2021 sowie Entwicklung von 2010 bis 2021 (eigene Berechnungen auf Basis von InVeKoS-Daten).

Bemerkungen

Der Anteil des Grünlands nahm verstärkt in Regionen mit einem sehr geringen Viehbesatz oder ohne Verwertungsmöglichkeiten für das Grünland zu. In geschützten Gebieten ist der Viehbesatz meist deutlich geringer als außerhalb dieser Gebiete. Ursachen dafür sind Bewirtschaftungsauflagen und mäßige natürliche Ertragspotentiale.

Indikator (6): Nutzungsintensität Grünland
Subindikator (6b): Mahdhäufigkeit / Mahdzeitpunkte

Ökologische Relevanz	Grünland weist im Vergleich zum Ackerland generell eine höhere Wertigkeit für die biologische Vielfalt auf. Der Naturwert der Flächen hängt stark von der Intensität der Bewirtschaftung ab.
Beschreibung	Der Indikator beschreibt die Nutzungsintensität von Dauergrünland-, temporären und nicht-produktiven Grünlandflächen in der Offenlandschaft. Die Quantifizierung der Nutzungsintensität erfolgt anhand der Mahdhäufigkeit M und des Zeitpunkts (DOY = day of year) des ersten und zweiten Grünlandschnittes.
Datengrundlage	Kartierung der Grünlandflächen (Blickensdörfer et al., 2022) in Kombination mit Feldgrenzen aus Bildsegmentierung (Tetteh et al., 2021). Kartierung der Mahdereignisse auf Basis von Sentinel-2 und Landsat-Satellitendaten-Zeitreihen mit einem regelbasierten Ansatz auf Pixelebene (Schwieder et al., 2022).
Berechnung	M = Anzahl n der Mahdereignisse pro Jahr für alle Grünlandflächen M_{DGL} = Anzahl n der Mahdereignisse pro Jahr für Dauergrünland M_{TGL} = Anzahl n der Mahdereignisse pro Jahr für temporäres Grünland DOY_i = Tag im Jahr zu dem die Mahd i stattfand
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten, Hexagone (100 ha, Anteil Offenland > 25 %); Bezugsfläche: GL
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2017 / jährlich
Interpretation	Eine geringe Mahdhäufigkeit kennzeichnet im Allgemeinen eine extensive Nutzung und begünstigt eine höhere Artenvielfalt. Ein späterer erster Grünlandschnitt in der Saison (nach der Blüte) ist generell förderlich für die Artenvielfalt der Gräser und damit auch ihrer Bestäuber. In naturschutzfachlichen Kulissen bestehen z. T. Auflagen zum frühesten Schnitttermin, ferner werden späte (Erst-)Nutzungstermine im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen gefördert.
Limitierung(en)	Die Schnittdetektion kann durch die mangelnde Verfügbarkeit von wolkenfreien Satellitendaten beeinflusst werden. Die Evaluation der Ergebnisse basiert auf einer begrenzten Anzahl von Referenzdaten. Der 1. und 2. Schnitt können auf Grund der höheren Biomassebildung besser erfasst werden als nachfolgende Schnitte. Es erfolgt keine Unterscheidung nach Grünlandtypen (Wiese, Weide, Mähweiden). Der Indikator wird nur für Bezugseinheiten dargestellt, deren Anteil an der Offenlandschaft mind. 25 % beträgt.



Status

Nutzungsintensität Grünland - Mahdhäufigkeit / Mahdzeitpunkte

Intensiv genutzte Grünlandflächen (mindestens 3 Schnitte / Jahr) finden sich im Jahr 2021 vor allem im Voralpenland und im Nordwestdeutschen Tiefland, während West- und Nordostdeutschland eher von einer mittleren Mahdhäufigkeit dominiert werden. Der erste Schnitt findet im Süden und in der Mitte Deutschlands tendenziell früher statt als im Norden Deutschlands (Abb. 22).

Mittel- und langfristige Trends

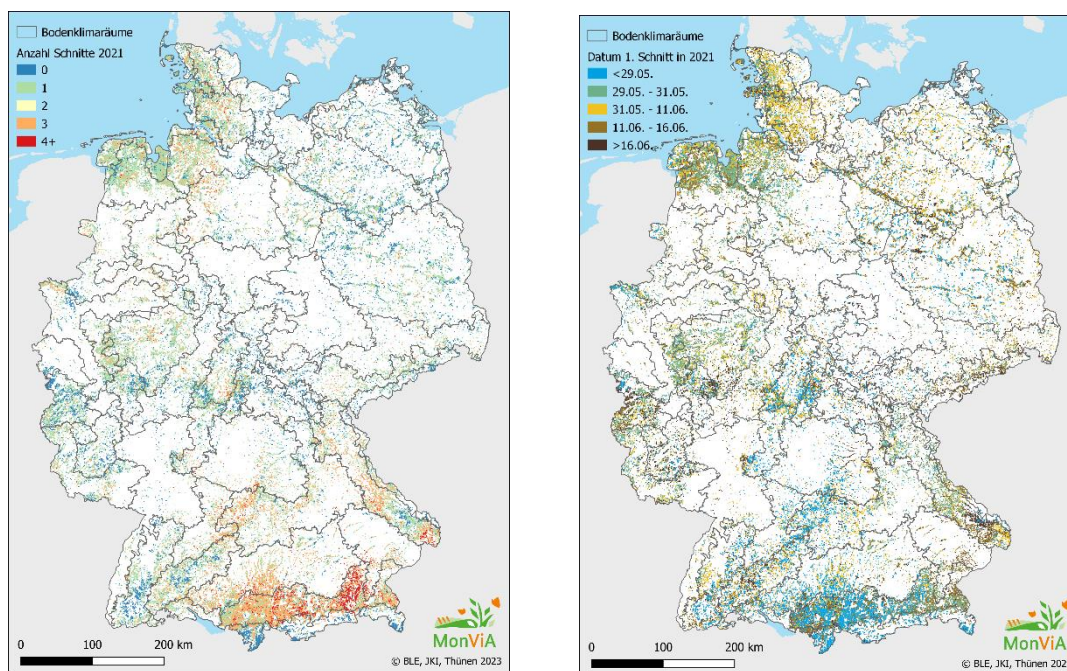


Abb. 22 Anzahl Schnitte (Mahdhäufigkeit) und das Datum der ersten Mahd für das Jahr 2021 auf Hexagonebene (nur Hexagone mit einem Grünlandanteil > 25 % berücksichtigt).

Die Mahdhäufigkeit blieb in Niedersachsen zwischen den Jahren 2017-21 weitestgehend konstant (Abb. 23). Eine Ausnahme bildet das Jahr 2018, das in Niedersachsen durch eine Sommerdürre geprägt war, auf verhältnismäßig vielen Flächen konnte nur eine Mahd sicher detektiert werden.

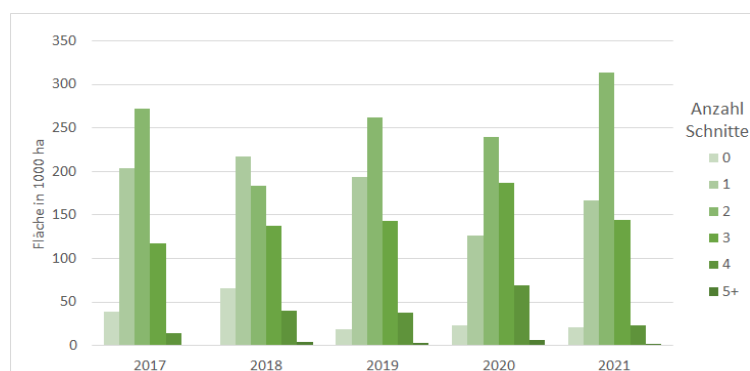


Abb. 23 Anzahl der Grünlandschnitte (Dauergrünland) in Niedersachsen für die Jahre 2017 - 21.

Bemerkungen

Die Karten zur Mahdhäufigkeit und den Mahdzeitpunkten werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (7): Nutzungsintensität Ackerland
Subindikator (7a): Bodenbedeckung – Fernerkundung

Ökologische Relevanz	Eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung fördert die Bodenfruchtbarkeit, erhöht den Schutz vor Erosion und Schadverdichtung und hat positiven Einfluss auf seine Lebensraumfunktion. Zudem wirkt sich die Bodenbedeckung mit verschiedenen Kulturarten vorteilhaft auf die Artenvielfalt aus.
Beschreibung	Der Bodenbedeckungsindikator gibt an, wie viele Tage im Jahr die landwirtschaftlichen Flächen pro Hexagon unbedeckt sind, d.h. nicht von grüner Vegetation oder von Ernterückständen bedeckt sind. Die Anzahl dieser Tage steht in engem Zusammenhang mit der Bewirtschaftungspraxis, d.h. der Anzahl und Art der Anbaukulturen sowie der Art und Weise der Bodenbearbeitung. Zur Berechnung des Indikators werden statistische Kennwerte von Spektralindizes herangezogen, die als Proxy für die Bodenbedeckung durch vitale Pflanzen oder Vegetationsreste fungieren.
Datengrundlage	Rasterdaten: Sentinel-2-ARD-Daten (Beyer et al. 2023), Fruchtartenklassifikation (Blickensdörfer et al. 2022)
Berechnung	Die Berechnung des Bodenbedeckungsindikators NOB (Number of days per year with bare soil) basiert auf dem Median der pixelbasierten Matrix MNOB, die mithilfe von zwei schwellwertbasierten Masken, MNDVI und MBSI, (Mzid et al. 2021) berechnet wird. Der MNDVI basiert auf dem Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Der MBSI basiert auf dem Bare Soil Index (BSI). Beide Indizes werden aus Reflektanzen (R) der Sentinel-2-Spektralkanäle (BLAU, ROT, NIR und SWIR1) ermittelt. $NOB_{Jahr} = Med(N_{NOB})_{MIT N_{NOB} = M_{NDVI} < 0.3 \text{ UND } M_{BSI} > 0.08}$ $NDVI = \frac{(R_{NIR} - R_{ROT})}{(R_{NIR} + R_{ROT})}$ $BSI = \frac{(R_{SWIR1} + R_{ROT}) - (R_{NIR} + R_{Blau})}{(R_{SWIR1} + R_{ROT}) + (R_{NIR} + R_{Blau})}$
Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten, Hexagone (100 ha, Anteil OL > 25 % & Anteil AL > 10 %); Bezugsfläche: AL
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2019 (Fernerkundung) / jährlich
Interpretation	Eine geringe Anzahl von Tagen ohne Vegetationsbedeckung gibt Hinweis auf eine enge Fruchtfolge inkl. Zwischenfruchtanbau und/ oder auf eine bodenschonende Bodenbearbeitung (Mulchung, Direktsaat). Eine hohe Anzahl von Tagen ohne Vegetationsbedeckung ergibt sich aus einer weiten Fruchtfolge und konventioneller Bodenbearbeitungspraktiken (Pflügen). NOB steht eng in Zusammenhang mit der strukturellen Fruchtfolge-Diversität (s. SOIL-DE, FKZ: 2810301716; www.soil-de.eomap.de).
Limitierung(en)	Aufgrund hoher Wolkenbedeckungsgrade in den Perioden, an denen Böden potentiell unbedeckt sind, kann es zu Lücken in der Zählung von Tagen ohne Bodenbedeckung kommen. Daher sollte der NOB als Mindestanzahl an Tagen im Jahr ohne Vegetationsbedeckung interpretiert werden.



Status

Nutzungsintensität Ackerland - Bodenbedeckung (Fernerkundung)

Im Bodenbedeckungsindikator spiegeln sich räumliche Muster der regional verbreiteten Bewirtschaftungspraktiken in Bezug auf das Anbauspektrum, insb. die strukturelle Diversität der Fruchtfolgen, wider. Regionen mit hohen Indikatorwerten (blau) sind in Gebieten mit mittlerer bis hoher struktureller Diversität zu finden. Regionen mit niedrigen Werten (gelb) dominieren in Regionen mit geringer struktureller Diversität, d.h. einer geringer Anzahl Ackerfrüchten und Fruchtwechsel (u.a. Silomais-Monokulturen).

Mittel- und langfristige Trends

Laut Bodenbedeckungsindikator sind etwa 50 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland durchschnittlich 30 Tage im Jahr unbedeckt. Drei Viertel der Fläche sind mehr als 40 Tage im Jahr ohne Bodenbedeckung. In 2021 ist bundesweit eine geringfügige Abnahme der Anzahl der Tage mit offenem Boden pro Jahr zu beobachten (Linksverschiebung). Zur Beurteilung von mittel- und langfristigen Trends sind indes längere Datenzeitreihen erforderlich. Für den hier exemplarisch ausgewählten Klimaraum 157 „nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland“ liegt die Anzahl der Tage mit offenem Boden deutlich unter dem Bundesdurchschnitt (Linksverschiebung). Ursache hierfür ist der in dieser Region vergleichsweise höhere Anteil an Feld- bzw. Ackerfutterbau.

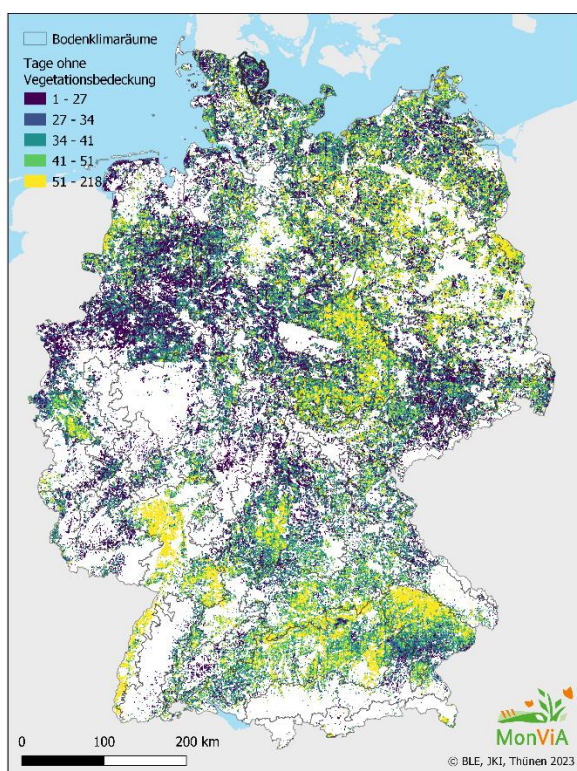


Abb. 24 Bodenbedeckungsindikator pro Hexagon (2021) mit hervorgehobenen Boden-Klima-Raum 157 (nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland).

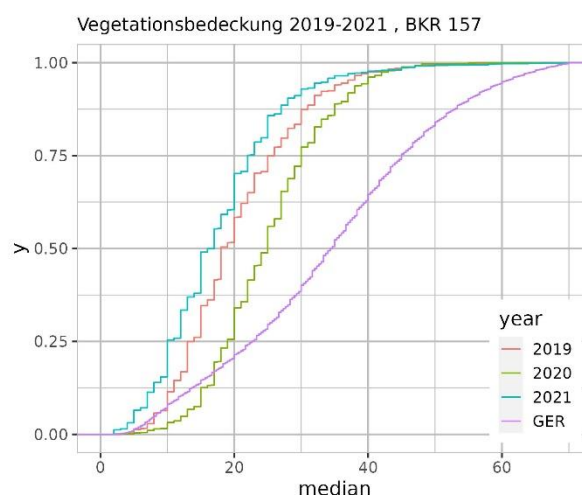


Abb. 25 Verteilung des Bodenbedeckungsindikators „Tage ohne Bodenbedeckung“ als median pro Hexagon für die Jahre 2019 – 2021 für den Boden-Klima-Raum 157 (nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland).

Bemerkungen

Varianten des Indikators werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (7): Nutzungsintensität Ackerland
Subindikator (7b): Saisonalität Ackerflächen

Ökologische Relevanz	Die maximale Pflanzenbiomasse während der vitalen Vegetationsperiode ist ein saisonaler Produktivitätsindikator für die Bodenfruchtbarkeit und Landnutzungsintensität.
Beschreibung	Der saisonale Produktivitätsindikator basiert auf der Beziehung zwischen Bruttoprimärproduktivität und dem Maximum spektraler Vegetationsindizes innerhalb der vitalen Entwicklungsphase von Ackerfrüchten (Abdi et al. 2021). Der Indikator beschreibt die Produktivität einer Ackerfrucht. Die Parameter „Ackerfrucht“ und „Zeitraum“ können im Sinne eines dynamischen Indikatorkonfigurator (Möller et al. 2019) nutzendenspezifisch definiert werden. Das Beispiel repräsentiert den Produktivitätsindikator für die Ackerfrucht „Winterweizen“ und den Zeitraum der phänologischen Phasen „Schossen“ und „Ährenschieben“.
Datengrundlage	Rasterdaten: Sentinel-2-ARD-Daten (Beyer et al. 2023), Fruchtartenklassifikation (Blickensdörfer et al. 2022), Eintrittstermine phänologischer Phasen (Möller et al. 2020).
Berechnung	Die Berechnung des Produktivitätsindikators P ergibt sich aus dem 75 %- Perzentil des Vegetationsindex <i>Soil-Adjusted Vegetation Index</i> (SAVI) innerhalb einer vitalen Entwicklungsphase V gemittelt über das Hexagon. $P = Q_{75}(SAVI_V)$ Der SAVI berechnet sich aus dem Verhältnis der Differenz und Summe der Reflektanzen (R) in den Wellenlängenbereichen <i>Nahes Infrarot</i> (NIR) und <i>Rot</i>. $SAVI = \frac{(R_{NIR} - R_{ROT})}{(R_{NIR} + R_{ROT} + 0,5)} * (1 + 0,5)$ Dabei wurden alle (wolkenmaskierten) Aufnahmen von Sentinel-2 im gegebenen V-Zeitraum für die statistische Ableitung berücksichtigt.
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha, Anteil OL > 25 % & Anteil AL > 10 %); Bezugsfläche: AL
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2017 (Fernerkundung) / jährlich
Interpretation	Der Wertebereich des SAVI reicht von -1 bis 1, wobei positive Werte Rückschlüsse über die Dichte und Vitalität der Ackerfrucht erlauben. Je näher der Wert an 1 ist, desto vitaler bzw. produktiver ist die Ackerfrucht. P basiert auf dem 75 %- Perzentil, was sich aus den SAVI-Werten der Pixel innerhalb eines Hexagons ergibt.
Limitierung(en)	Aufgrund der Aufnahmegeometrie von Sentinel-2 (keine flächendeckende Überlappung der Orbits) und der hohen Anzahl von Tagen im Jahr mit Wolkenbedeckung in Deutschland darf der Zeitraum für die flächendeckende Identifikation der höchsten P -Werte nicht zu eng gewählt werden.



Status

Nutzungsintensität Ackerland - Saisonalität Ackerflächen (Fernerkundung)

Der saisonale Produktivitätsindikator zeigt räumliche Muster, die mit der Bodenfruchtbarkeit Deutschlands im Zusammenhang stehen. Regionen mit hohen Produktivitätsindikatoren sind bspw. an der nördlichen Ostseeküste (intensiver Winterweizenanbau in Schleswig-Holstein) oder in Mitteldeutschland (Lössgürtel) zu finden. Weniger hohe Produktivitätswerte im Winterweizenanbau zeigen Regionen des Alpenvorlandes. Differenzierungen innerhalb der großräumigen Muster deuten auf Unterschiede in der Bewirtschaftungsintensität hin.

Mittel- und langfristige Trends

Im Jahresvergleich sind zwar Unterschiede (Abstände zwischen den Kurven) zwischen den Jahren aber kein fortschreitender Trend zu erkennen. Das Jahr 2021 (blau) sticht als produktiveres Jahr gegenüber den anderen Jahren hervor, was mit den klimatischen Bedingungen des Jahres im Zusammenhang stehen dürfte. Erst eine langfristige Fortschreibung des Indikators für weitere Jahre lässt die Identifikation von klimaunabhängigen Trends erwarten. Die Verteilungsfunktionen für den Boden-Klima-Raum 154 (südöstliche Küste Schleswig-Holsteins, in Abb. 26 schwarz hervorgehoben, zeigt eine klare Rechtsverschiebung im Vergleich zur deutschlandweiten Verteilungsfunktion des Jahres 2021 (Abb. 27, violett), was auf eine erhöhte Produktivität des Klimaraums schließen lässt.

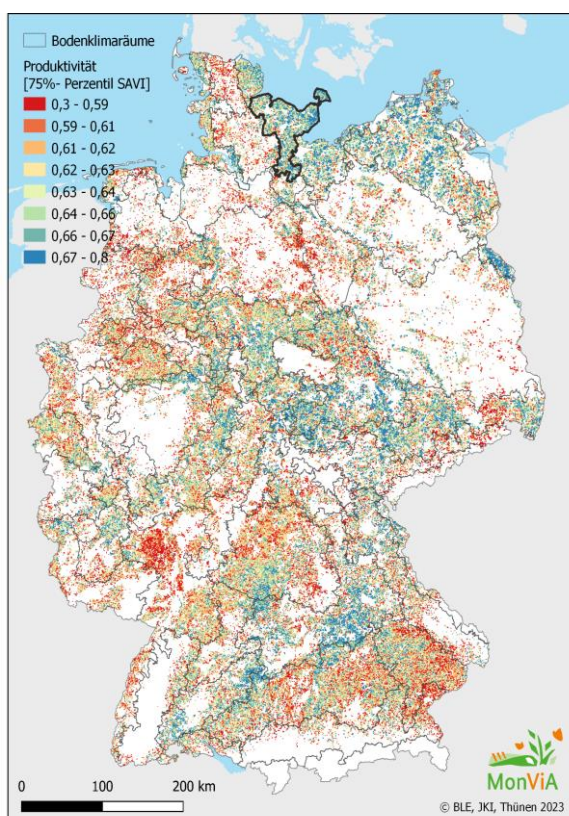


Abb. 26 Saisonaler Produktivitätsindikator für Winterweizen pro Hexagon (2021) mit hervorgehobenem Beispielklimaraum 154 (südöstliche Küste Schleswig-Holsteins).

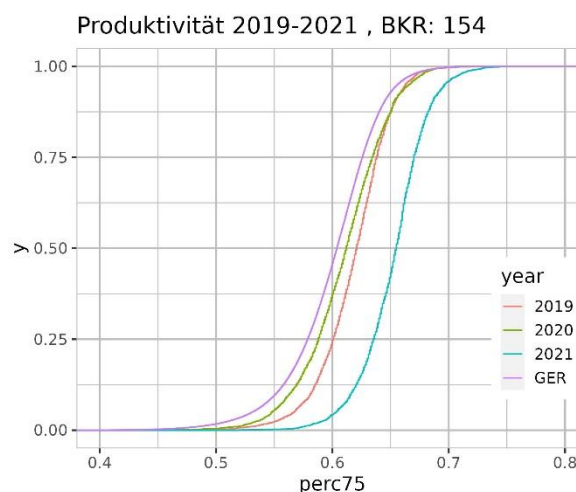


Abb. 27 Verteilungsfunktionen des saisonalen Produktivitätsindikators für Winterweizen pro Hexagon für die Jahre 2019 bis 2021 für den Boden-Klima-Raum BKR 154 (südöstliche Küste Schleswig-Holsteins) im Vergleich zur deutschlandweiten Verteilungsfunktion des Jahres 2021.

Bemerkungen

Varianten des Indikators werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (8): Anteil nicht-produktiver Landwirtschaftsflächen

Ökologische Relevanz	Nicht-produktive Landwirtschaftsflächen stellen bedeutende Rückzugsräume und Nahrungsquellen für zahlreiche Pflanzen- und Tierarten in der Agrarlandschaft dar und dienen so dem Schutz der Biodiversität in der Agrarlandschaft.
Beschreibung	Der Anteil nicht-produktiver Flächen dient als Indikator für die Strukturvielfalt in der Agrarlandschaft. Die Quantifizierung erfolgt als Verhältnis der produktiven Flächen zu den nicht-produktiven Flächen, indem die Flächensummen der jeweiligen Gruppe gebildet und ins Verhältnis zueinander gesetzt werden.
Datengrundlage	Flächen mit landwirtschaftlicher Nutzung und Art der jeweiligen Flächennutzung a) aus InVeKoS-Daten und -Geometrien des jeweiligen Jahres für die Flächen mit GAP-Förderung auf Ebene der Betriebe u. FLIKs/Schläge, b) des Thünen-Agraratlas auf Gemeinde-Ebene, c) Digitales Landschaftsmodell, d) Fernerkundung
Berechnung	Der Anteil wird aus der Summe der nicht produktiven-Flächen (Brachen, Hecken, etc. auf und an Acker-, Grünland und in Sonderkulturen) im Verhältnis zur landwirtschaftlich genutzten Fläche einer Region berechnet.
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten, Hexagone (100 ha, zukünftig mit Anteil Offenland OL > 25 % und Anteil LF oder LN > 25 %); Bezugsfläche: LF oder LN
Berichtszeitraum /-intervall	Ab 2010 (InVeKoS, Basis-DLM) bzw. 2017 (Fernerkundung) / jährlich
Interpretation	Ein sehr geringer Anteil bzw. dessen Abnahme hat negative Effekte auf die Habitatvielfalt und Lebensraumqualität. Dabei ist das Verhältnis der Landwirtschaftsfläche zu anderen Nutzungsarten zu berücksichtigen.
Limitierung(en)	Die Qualität und Repräsentation der Daten (räumliche Auflösung und Differenzierung der Nutzungsarten) beeinflussen die Auswertungsergebnisse.



Status

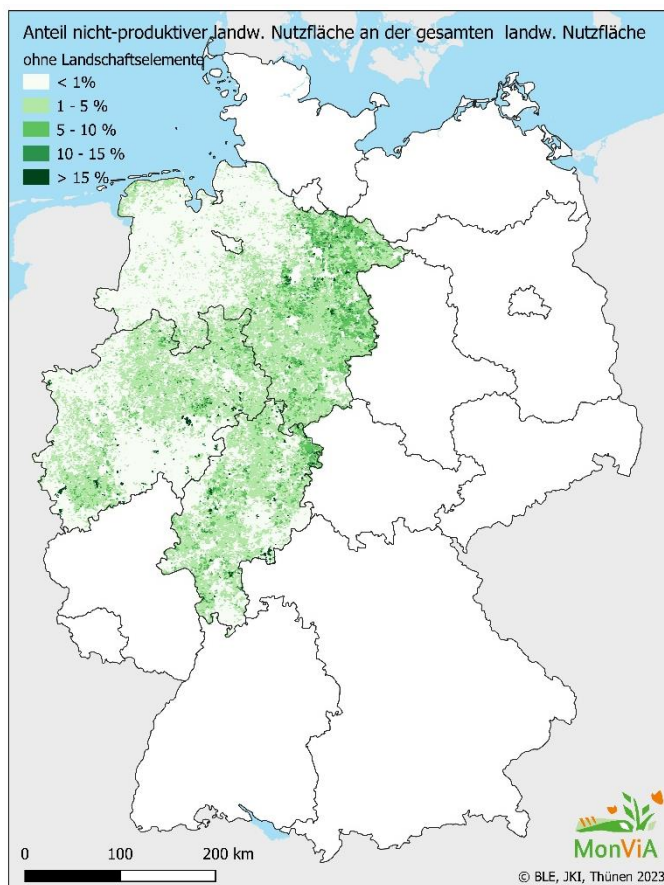
Anteil nicht-produktiver Landwirtschaftsflächen

Es liegt eine ausgeprägte Dominanz der produktiven Landwirtschaftsflächen vor. Der Anteil nicht produktiver Landwirtschaftsflächen wie Acker- und Grünlandbrachen, Blühstreifen etc. ist sehr gering. Dementsprechend stehen wenige Rückzugsareale zur Verfügung.

Mittel- und langfristige Trends

Der Anteil von produktiven bzw. nicht-produktiven Landwirtschaftsflächen unterliegt im Zeitverlauf sowohl jährlichen, als auch periodischen Schwankungen. Insbesondere der Anteil der Ackerbrachen war dabei bis 2014 auf sehr niedrigem Niveau und zeigte eine Tendenz zur weiteren Abnahme. Im Jahr 2015, mit Einführung des Greenings, stieg die gemeldete Fläche der Ackerbrachen an, so dass das Verhältnis sich national leicht hin zu mehr nicht-produktiven Flächen verschob.

In Hessen verblieb es danach auf dem neuen Niveau. In Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen stieg der Anteil 2015 weniger sprunghaft, dafür jedoch nahezu stetig an. Der relative Anstieg betraf insbesondere die Normallandschaft und die Vogelschutzgebiete sowie Überschwemmungsgebiete. Dies ist aus ökologischer Sicht positiv zu bewerten.



Bemerkungen

Mit der neuen GAP-Förderperiode ab 2023 gab es deutliche Veränderungen wie der Erhalt von nicht genutzten Flächen gefördert wird. Einerseits fielen einschlägige allgemeine Standards, wie es sie im Greening gab, weg. Andererseits wurden spezifische Öko-Regelungen eingeführt, die Brachen finanziell honorieren. Die resultierenden Effekte werden regional unterschiedlich sein und sind in den nächsten Jahren zu untersuchen.

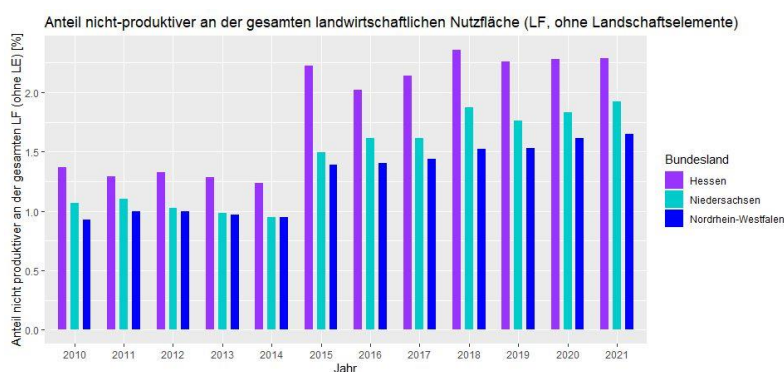


Abb. 28 Flächenanteil nicht-produktiver Flächen im Jahr 2021 sowie Entwicklung von 2010 bis 2021, eigene Berechnungen auf Basis von InVeKoS-Daten.

Indikator (9): Nährstoffeintrag
Subindikator (9a): Humusbilanz

Ökologische Relevanz	Der Eintrag von organischer Substanz in den Boden und deren Anreicherung als Humus sind wichtig für die Erhaltung der Bodenqualität und -fruchtbarkeit. Dies gilt im Hinblick auf die Eignung als Lebensraum und -grundlage für die Bodenfauna und -flora sowie für die physikalischen und chemischen Speicher- und Filterfunktionen des Bodens.
Beschreibung	Humusbilanz beschreibt die bewirtschaftungsbedingten Veränderungen der Humuseinträge in acker- und gartenbaulich genutzte Böden. Die räumliche Verteilung und Entwicklung des Bilanzsaldos dienen als Indikatoren, um Aussagen zum Zustand und der tendenziellen Entwicklung des Bodenkohlenstoffgehaltes der Flächen im Offenland zu treffen.
Datengrundlage	Landwirtschaftliche Flächennutzung und Tierproduktion a) der Agrarstruktur-erhebung und des Digitalen Landschaftsmodelles b) Officialdaten zur Düngung, Erträgen, Biogasproduktion, Kompost u. a. regional ergänzt durch InVeKoS-Daten und -Geometrien der FLIKs/Schläge. Humusbilanz auf Grundlage von Auswertungen der o. g. Datengrundlagen in der Klimaberichterstattung – oder VDLUFA.
Berechnung	Die Humusbilanz ergibt sich aus der Differenz der Einträge (Wurzel- und Erntereste, Gründüngung, organische Dünger, u. a.) und den aus dem Abbau resultierenden Verlusten. Letztere werden vom Boden (Bodenart), Standortfaktoren (Witterung, Klima etc.) und den Anbaumethoden beeinflusst.
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Gemeindeebene; Bezugsfläche: AL
Berichtszeitraum /-intervall	Jährlich; in Kooperation mit den Projekten zur Umweltwirkung der Gemeinsamen Agrarpolitik
Interpretation	Anhand der Humusbilanz kann abgeschätzt werden, ob dem Boden genügend organisches Material zugeführt wird, um den Humusgehalt des Bodens zu erhalten. Langjährig niedrige Bilanzen verringern die Pufferfähigkeit des Bodens und gefährden die Habitat- und Artenvielfalt. zu niedrig: weniger als 75 kg C je ha ausgeglichen: 75 bis 100 kg C je ha ausreichend hoch: über 100 kg C je ha
Limitierung(en)	Die Qualität und Repräsentation der Daten sowie Veränderungen der Methodik und die verwendeten Koeffizienten beeinflussen die Auswertungsergebnisse. Es liegen keine Informationen vor, in welchem Umfang Stroh auf dem Feld verbleibt oder über größere Distanzen transportiert wird und in welchen Anteilen Wirtschaftsdünger auf Acker- bzw. Grünland ausgebracht wird. Schlagkarteien und Bodenuntersuchungen für die Validierung sind bislang nicht bundesweit nutzbar. Insbesondere auf Flächen von Tierhaltungsbetrieben kann eine hohe Wirtschaftsdüngerversorgung mit engem CN-Verhältnis zu hohen Abbauraten führen.



Status

Nährstoffeintrag – Humusbilanz

Im Jahr 2016 betrug auf nationaler Ebene die Humusbilanz im Schnitt 5,4 kg Humuskohlenstoff je ha Ackerfläche. Etwa die Hälfte der Gemeinden in Deutschland zeigt eine ausgeglichene Humusbilanz. Über 70 % der Kohlenstoffeinträge auf Ackerland resultieren aus dem Anbau von Acker- und Klee gras, diesen nachgeordnet trägt auch die Stilllegung von Ackerflächen mit mehr als 10 % zur Humusanreicherung bei. In der Gesamtbetrachtung bedingt der Anbau von Silomais eine hohe Humuszehrung von bis zu 30 % der Verluste, gefolgt von Winterweizen und Winterraps. Bezogen auf die Einzelfläche bzw. Region wirken insbesondere die Kultivierung von Kartoffeln und Gemüse humuszehrend, z. B. in der Lüneburger Heide, der Köln-Aachener Bucht und Rheinhessen. Regional hohe Humusbilanzen finden sich in viehstarken Regionen wie dem Münsterland, Vechta-Cloppenburg, dem Osten Schleswig-Holsteins, in den anderen Regionen gleicht die Humuszufuhr durch Wirtschaftsdünger meist die Humuszehrung durch den Anbau von Feldfutter weitgehend aus.

Mittel- und langfristige Trends

Im Zeitraum 2010 bis 2016 nahm die Humusbilanz leicht zu. So ist ein minimaler Anstieg der C_{org} -Gehalte im Boden zu erwarten. Erhebliche Veränderungen sind in Regionen mit vermehrtem Zwischenfruchtanbau zu beobachten. Ursache ist die Greening-Verpflichtung und die Option diese mittels Anbau von Zwischenfrüchten zu erfüllen. Dies ist für viehhaltende Betriebe praktikabel und bedingt ansteigende Humus-Saldi vom Emsland bis nach Sachsen und Franken. Die Ausbringung von Gärresten trägt ebenso zum Eintrag von Kohlenstoff bei. Zeitgleich sank die mit dem Anbau von Hauptkulturen verbundene Humuszufuhr insbesondere in Nordost-Deutschland aufgrund des verstärkten Maisanbaus und der beobachteten Ertragsrückgänge.

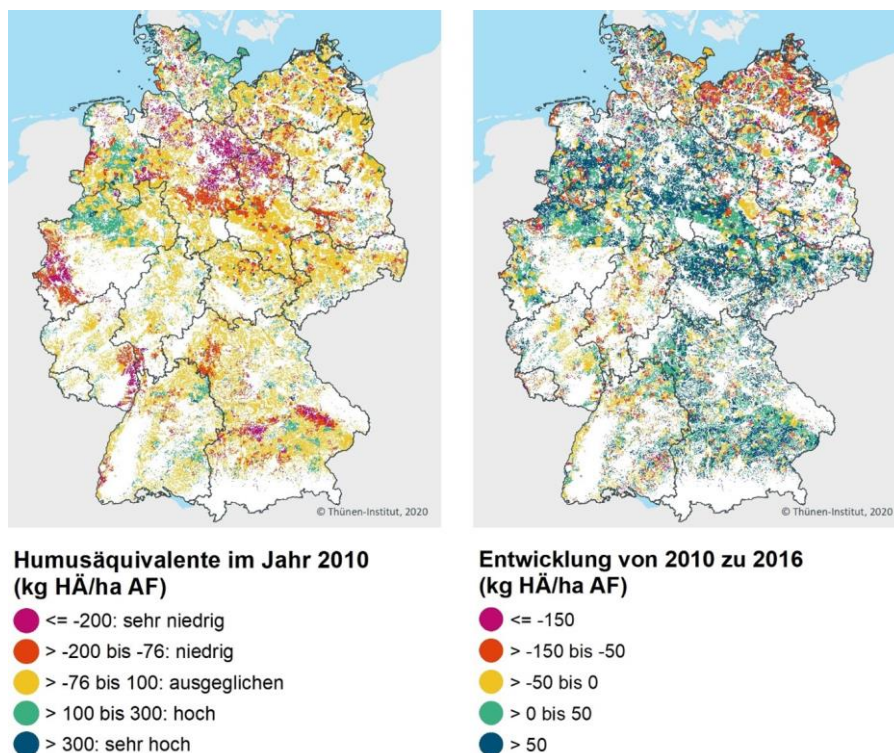


Abb. 29 Humusbilanz von 2010 und Entwicklung bis 2016, Berechnungen im Rahmen des Projektes GAPEval 2.

Bemerkungen

Regionale Standortfaktoren werden indirekt einbezogen, was Fehleinschätzungen im Hinblick auf die C_{org} -Gehalte im Boden bedingen kann. Eine Modellierung des Bodenkohlenstoffs unter Berücksichtigung von Landnutzung, Witterung, Bodenparametern kann dies ausgleichen.

Indikator (9): Nährstoffeintrag
Subindikator (9b): Düngungsintensität

Ökologische Relevanz	Intensive Düngung ist eine der Hauptursachen für den Rückgang der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft. Hohe Düngungsmengen führen zu hoch- und dichtwüchsigen Pflanzenbeständen, die gegenüber wenig gedüngten Flächen mit einem lichterem Bestand eine geringere Biodiversität aufweisen.
Beschreibung	Die räumliche Verteilung und Entwicklung der Düngungsintensität sind Indikatoren für die Belastung von Flächen und Ökosystemen im Offenland mit Nährstoffen. Die Düngungsintensität kann sowohl als Gesamtintensität als auch in mineralische und organische Düngung (inkl. Gärreste) differenziert berechnet werden.
Datengrundlage	Landwirtschaftliche Flächennutzung und Tierproduktion aus a) InVeKoS-Daten und -Geometrien Antragsjahres auf Ebene der Betriebe u. FLIKs/Schläge sowie b) der Agrarstrukturhebung und des Digitalen Landschaftsmodelles sowie Officialdaten zu Mineraldüngermengen, Biogasproduktion und Transporten. Mineralische und organische Düngeintensitäten auf Grundlage o. g. Daten des Wirkungsmonitorings zur Düngeverordnung.
Berechnung	Düngungsintensität in Form der Stickstoffzufuhr als Summe der Mineraldüngung, der organischen Düngemittel und der Stickstofffixierung durch den Pflanzenbestand s. Zinnbauer et al. 2023.
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Gemeindeebene; Bezugsfläche: LN, die LF, AL, GL oder Sonderkulturfläche
Berichtszeitraum /-intervall	ab 2016 / jährlich als dreijähriges Mittel in Kooperation mit dem Wirkungsmonitoring zur Düngeverordnung
Interpretation	Hohe Düngungsintensitäten, insbesondere über lange Zeiträume, tragen potentiell zur Nährstoffanreicherung bei und gefährden somit die Habitat- und Artenvielfalt. Eine standortangepasste bzw. reduzierte Düngung kann dazu beitragen, die Biodiversität zu erhalten oder zu fördern. Bei der systemischen Betrachtung sind weitere Nährstoffeinträge durch atmosphärische Deposition, die a-/symbiontische N-Bindung und die Standorthistorie zu berücksichtigen.
Limitierung(en)	Die Qualität und Repräsentation der Daten (Vorhandensein, Verfügbarkeit und zeitliche Zuordnung) sowie Unsicherheiten bei der regionalen Verteilung beeinflussen die Auswertungsergebnisse. Große Unsicherheiten treten bei hoher Kultur- und Bewirtschaftungsdiversität auf sowie auf Standorten mit Grund- und Hangzugwasser u. ä.



Status

Nährstoffeintrag – Düngungsintensität

Die mittlere Stickstoffzufuhr auf nationaler Ebene liegt im Zeitraum 2014–2016 bei 202 kg N je ha LF. Davon entfallen im Mittel etwa 50 % auf Mineraldünger, 27 % auf Wirtschaftsdünger (ohne Gärreste), 15 % auf Gärreste. 1 % sind auf Netto-Wirtschaftsdüngerimporte (Exporte bereits verrechnet) zurückzuführen und 2 % auf Klärschlamm- und Kompostverbringung sowie die N-Zufuhr durch das Saatgut. Die legume N-Fixierung trägt 5 % zur Stickstoffzufuhr bei. In Regionen mit überdurchschnittlich hohen Nährstoffbilanzüberschüssen überwiegt meist der Anteil von Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern, obwohl aus diesen Regionen bereits erhebliche Düngemengen exportiert werden (im Mittel ≤ 28 kg N/ha). In Ackerbauregionen ist der Mineraldüngereinsatz die größte Zufuhrkomponente. Es ist davon auszugehen, dass die Phosphoreinträge ein ähnliches regionales Verteilungsmuster aufweisen.

Mittel- und langfristige Trends

Die Verkaufsmengen von Mineraldünger und die Viehbestände nehmen sukzessive ab. Aus den Veredlungsregionen wird zunehmend Wirtschaftsdünger in benachbarte Regionen exportiert, so dass potentiell Mineraldünger eingespart werden kann. Insbesondere im südlichen Nordrhein-Westfalen und im mittleren Niedersachsen steigt die Bedeutung von Wirtschaftsdüngerimporten aus den Veredlungsregionen als Stickstoffquelle für die Sicherstellung der Ertragsniveaus (im Mittel ≤ 38 kg N/ha).

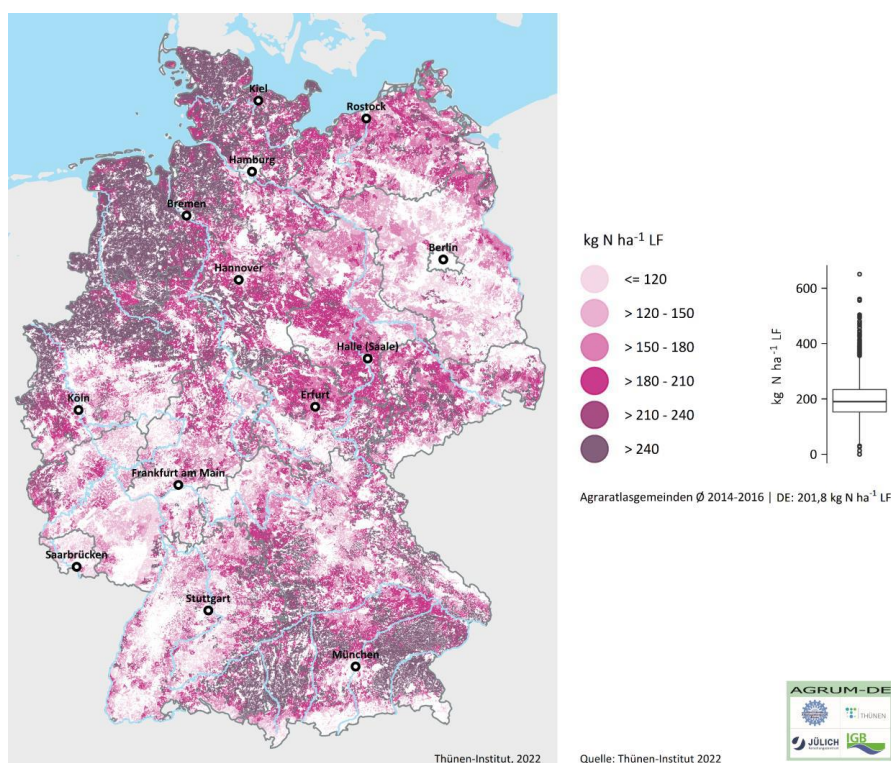


Abb. 30 Mittlere Düngungsintensität incl. Stickstoffbindung im Zeitraum 2014–2016, Berechnungen im Rahmen des Wirkungsmonitorings der Düngeverordnung.

Bemerkungen

Insbesondere die Datengrundlage zum Mineraldüngereinsatz bedingt Unsicherheiten, da keine belastbaren Daten zur regionalen Verteilung der Aufwandmengen verfügbar sind. An Hand regional verfügbarer Nährstoffvergleiche konnte die räumliche Verteilung und die Düngungsintensität teilweise mit gutem Ergebnis validiert werden.

Indikator (9): Nährstoffeintrag
Subindikator (9c): Netto-Nährstoffbilanz

Ökologische Relevanz	Die Anreicherung von Nährstoffen in der Atmosphäre, in Boden und Wasserkörpern verschiebt das natürliche Konzentrationsspektrum hin zu nährstoffreichen Biotopen und reduziert so die Lebensraum- und Artenvielfalt.
Beschreibung	Die räumliche Verteilung und Entwicklung der Bilanzüberschüsse dienen als Indikatoren für die Belastungssituation der Flächen im Offenland mit Nährstoffen.
Datengrundlage	Landwirtschaftliche Flächennutzung und Tierproduktion aus a) InVeKoS-Daten und -Geometrien Antragsjahres auf Ebene der Betriebe u. FLIKs/Schläge sowie b) der Agrarstrukturhebung und des Digitalen Landschaftsmodells DLM sowie Officialdaten zur Düngung, Erträgen, Biogasproduktion, Kompost u. a. Bilanzüberschüsse auf Grundlage von Auswertungen der o. g. Datengrundlagen im Wirkungsmonitoring zur Düngeverordnung.
Berechnung	Landwirtschaftliche Stickstoff-Gesamtbilanz ohne Deposition als Differenz der Nährstoffstoffzufuhr (Düngemittel/-transporte, Futtermittel, u. a.) und Nährstoffentzüge (tierische und pflanzliche Produkte) und -Verluste. Details zur Bilanzierung s. Zinnbauer et al. 2023.
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Gemeindeebene; Bezugsfläche: OL
Berichtszeitraum /-intervall	ab 2016/ Jährlich als dreijähriges Mittel in Kooperation mit dem Wirkungsmonitoring zur Düngeverordnung.
Interpretation	Ein Bilanzüberschuss führt tendenziell zu einer Nährstoffanreicherung und gefährdet die Habitat- und Artenvielfalt. Dabei sind die Qualität und Unsicherheiten der Datengrundlagen und Methodik sowie die atmosphärische Deposition zu berücksichtigen.
Limitierung(en)	Die Qualität und Repräsentation der Daten (Vorhandensein, Verfügbarkeit und räumliche Auflösung) sowie Veränderungen der Methodik und die verwendeten Koeffizienten beeinflussen die Auswertungsergebnisse. Z. B. liegen aktuell keine belastbaren Daten zum regionalen Mineraldüngereinsatz vor. Nährstoffvergleiche für die Validierung sind nicht flächendeckend verfügbar.



Status

Nährstoffeintrag – Netto-Nährstoffbilanz

Der mittlere Stickstoffüberschuss für Deutschland im Zeitraum 2014-2016 liegt bei rund 58 kg N / ha. Diese ergibt sich aus 192 kg N/ha N-Einträgen durch landwirtschaftliche Nutzung und 134 kg N/ha Abfuhr durch das Erntegut. Hohe Bilanzüberschüsse kommen insbesondere in den Regionen mit hohem Viehbesatz und Biogasproduktion im Norden und Nordwesten und in Regionen mit intensivem Ackerbau vor. Die Region mit den höchsten Überschüssen sind das Weser-Ems-Gebiet und das mittlere Niedersachsen mit 94 bis 100 kg N / ha. In den Mittelgebirgslagen und auf den Trockenstandorten Ostdeutschlands sind Überschüsse vergleichsweise gering. Insbesondere hohe Stickstoffüberschüsse sind von ökologischer Relevanz, da in Kombination mit entsprechenden Witterungsbedingungen die Nährstoffe aus dem Boden ausgewaschen und somit in angrenzenden Biotopen sowie Oberflächen- und Grundgewässer und die Meere eingetragen werden und zur Eutrophierung beitragen.

Mittel- und langfristige Trends

Im deutschlandweiten Mittel nehmen die Bilanzüberschüsse tendenziell ab. Eine Ursache ist der sukzessive Rückgang der Tierproduktion, eine weitere die Umsetzung der Düngeverordnung. Das regionale Verteilungsmuster mit hohen Stickstoffüberschüssen in Regionen mit hoher Viehbesatzdichte und intensivem Ackerbau besteht fort. Theoretisch ist eine verminderte Auswaschung von Stickstoff auf Grund des zunehmenden Anbaus von Zwischenfrüchten, unter anderem auf Grund der Greening-Auflagen, von rund 1,2 Mio. ha 2009/2010 auf 1,7 Mio. ha in 2015/2016 zu erwarten. Dies ist durch zukünftige Analysen zu überprüfen.

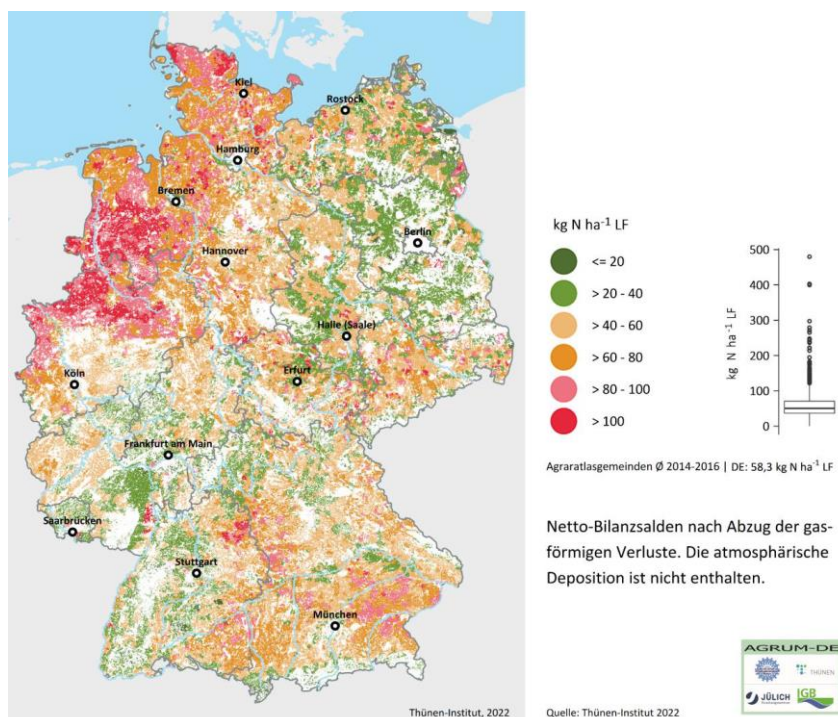


Abb. 31 Räumlich differenzierte Stickstoffflächenbilanzen im Zeitraum 2014-2016, Berechnungen im Rahmen des Wirkungsmonitorings der Düngeverordnung.

Bemerkungen

Unsicherheit in den regional differenzierten Stickstoffbilanzen resultieren insbesondere aus dem Mineraldüngereinsatz, da belastbare Daten zur regionalen Verteilung der Aufwandmengen bislang nicht verfügbar sind. Mit regional verfügbaren Nährstoffvergleichen wurden diese mit gutem Ergebnis validiert.

Indikator (10): Ökolandbau

Ökologische Relevanz	Insbesondere der Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und die geringere Düngungsintensität im Ökolandbau führen zu einer höheren Biodiversität auf der Fläche im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft. Dies gilt insbesondere für den Ackerbau und den Anbau von Sonderkulturen.
Beschreibung	Der Verzicht auf leicht lösliche Mineraldünger und chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel führt zu einer geringeren Nutzungsintensität und Nährstoffversorgung auf ökologisch bewirtschafteten Flächen. Dies wirkt sich positiv auf die Habitatqualität aus. Der Anteil des Ökolandbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) ist somit ein Indikator für Anzahl der Flächen mit einer potentiell höheren Artenvielfalt.
Datengrundlage	Agrarstrukturerhebung, InVeKoS und Officialstatistik.
Berechnung	Der Anteil des Ökolandbaus kann bezogen auf die Nutzfläche und die Betriebszahlen berechnet werden. $\frac{\text{Summe der Ökolandbauflächen (ha)}}{\text{landwirtschaftlich genutzte Fläche (ha)}}$ Alternativ können auch die Betriebsanteile bezogen auf die Gesamtbetriebszahl oder Betriebstypen/-größen berechnet werden. Auswertungsebene ist grundlegend der Betrieb bzw. die Betriebsflächen sowie administrative Einheiten.
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten; Hexagone (100 ha); Bezugsfläche: LF
Berichtszeitraum /-intervall	ab 2010 / jährlich
Interpretation	Der Ökolandbau wird national gefördert. Aktuelles Ziel des Green-Deal ist, dass in der EU 25 % der LF ökologisch bewirtschaftet wird. Deutschland hat einen Anteil von 30 % als Zielwert definiert.
Limitierung(en)	Die naturschutzfachliche Qualität ist abhängig von der betrieblichen und naturräumlich bedingten Nutzungsdiversität/-variation. Der Indikator sollte deshalb Informationen zum Betriebstyp sowie weitere Datengrundlagen, wie z. B. den Schutzstatus und das Ertragspotential mit einbeziehen. Relevant sind darüber hinaus weitere betriebswirtschaftliche Charakteristika und kleinräumige Standorteigenschaften der jeweiligen Fläche. Diese können aktuell nicht durch Officialdaten, jedoch in Zukunft teilweise durch Kombination mit Fernerkundungsansätzen erfasst werden.



Status

Ökolandbau

Ende des Jahres 2021 wurden in Deutschland fast 11 % der landwirtschaftlichen Fläche von 14 % der Betriebe ökologisch bewirtschaftet. Die räumliche Verteilung des Ökolandbaus zeigt erhebliche Unterschiede. Aktuell ist auf Grundlage der Ökolandbaumeldungen national ein NW-SO-Gradient mit ansteigenden Flächenanteilen hin zum Mittelgebirgsraum bekannt. Ein weiteres Dichtezentrum findet sich in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. Der Flächenanteil der Ökobetriebe korreliert meist negativ mit der Intensität der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Es wird vorrangig Dauergrünland durch spezialisierte Weideviehbetriebe bewirtschaftet. Ackerflächen werden häufig von Pflanzenbau-Viehhaltungsbetrieben und spezialisierten Ackerbaubetrieben bewirtschaftet, meist mit einer etwas höheren Kulturartenvielfalt als im konventionellen Anbau.

Mittel- und langfristige Trends

Der Anteil der Ökobetriebe und die von ihnen bewirtschaftete Fläche nimmt deutschlandweit seit 2010 kontinuierlich zu. Insbesondere seit 2015 hat sich dieser Trend in allen untersuchten Bundesländern verstärkt. Der Flächenanteil in Hessen ist doppelt so hoch wie in Niedersachsen bzw. Nordrhein-Westfalen. Insbesondere der Anteil am Dauergrünland steigt an, z. B. in den Mittelgebirgslagen. Der Flächenanteil im Ackerland nimmt mit geringerer Anstiegsrate zu.

Bemerkungen

Die weitere Entwicklung des Ökolandbaus wird vor allem durch die weitere Förderung und die Entwicklung der Absatzmärkte beeinflusst. Der Ökolandbau gehört unter anderem zu den Indikatoren der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt des BMUV.

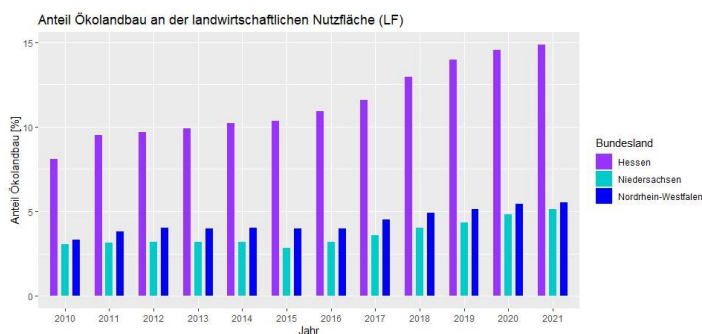
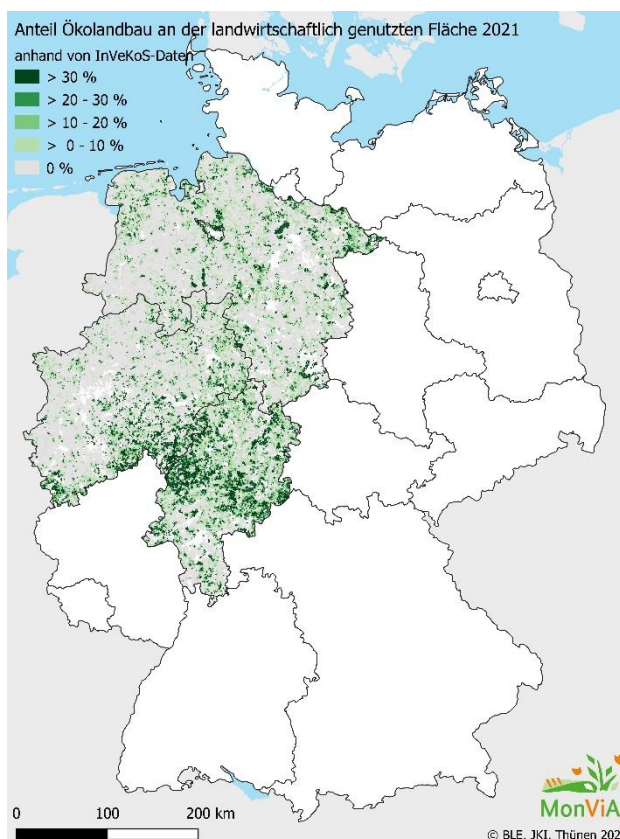


Abb. 32 Flächenanteil ökologisch bewirtschafteter Flächen im Jahr 2021 sowie Entwicklung von 2010 bis 2021 (eigene Berechnungen auf Basis von InVeKoS-Daten).

II 2.1.4 Kleinstrukturen und Landschaftselemente

Bearbeitende Institute:

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

Ansprechpartner: Burkhard Golla (Burkhard.Golla@julius-kuehn.de),

Mitwirkende: Ricarda Lodenkemper, Zvonimir Perić, Martin Pingel

Naturnahe Landschaftselemente (LE) wie Hecken, Feldgehölze, Feldsäume und Uferrandstreifen sind wichtige Bestandteile der Agrarlandschaft. Sie dienen als Rückzugs- und Ausweichhabitate für Arten des Offenlandes und spielen eine wesentliche Rolle für den Erhalt der biologischen Vielfalt und die Bereitstellung von Ökosystemleistungen (García-Feced et al. 2015, Li et al. 2020, Tschumi et al. 2020). Die Indikatoren des Moduls „Kleinstrukturen und Landschaftselemente“ dienen der regelmäßigen, flächendeckenden und qualitativen Erfassung und Analyse von LE in Deutschland. Der modulare Charakter der Indikatoren ermöglicht eine Fokussierung auf ausgewählte LE (z. B. Hecken und Baumreihen, Gewässerrandstreifen), räumliche Kulissen (z. B. Offenland, Schutzgebiete) oder zeitliche Bezüge (z. B. Jahresvergleiche), je nach Fragestellung oder politischem Beratungsbedarf. Die Datengrundlage bilden das digitale Landschaftsmodell ATKIS Basis-DLM sowie prozessierte LiDAR-Daten, die eine flächenschärfere Erfassung von gehölzbetonten LE sowie die Ableitung qualitativer Merkmale von Hecken und Baumreihen ermöglichen (Lucas et al. 2019). Die Indikatoren stellen eine substanzielle Informationsquelle für die Planung und Umsetzung von biodiversitätsfördernden und anderen Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen in der Agrarlandschaft dar. Sie dienen der Überprüfung von Zielen zur Mindestausstattung der Agrarlandschaft mit naturnahen Elementen und liefern Daten zu möglichen Einflussfaktoren auf den Zustand der Organismenvielfalt in der Agrarlandschaft.

Politische Handlungsfelder: *EU-Biodiversitätsstrategie 2030 - Farm to Fork-Strategie - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur – Gemeinsame Agrarpolitik - Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln*



Abb. 33 Gehölzbetontes Landschaftselement mit krautigem Saum und Feldweg (© R. Neukampff).

Indikator (11): Flächenindex Landschaftselemente

Ökologische Relevanz	Landschaftselemente (LE) stellen alternative Lebensräume und Rückzugshabitate für Arten der Agrarlandschaft dar. Sie sind daher von hoher Bedeutung für den Erhalt und die Förderung von Arten der Agrarlandschaft und damit für die Aufrechterhaltung ökologischer Prozesse und Ökosystemleistungen.
Beschreibung	Der Flächenindex LE gibt Auskunft über die Flächenanteile von LE in Bezug zur landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN). Der Index berücksichtigt derzeit folgende im ATKIS Basis-DLM dargestellten Objektarten: Gehölze, Hecken/Baumreihen, Streuobstwiesen, Heiden, Moore, Sümpfe, Unland sowie Säume an LN. Linienförmige LE wie Hecken oder Säume gehen als Fläche berechnet aus der Länge sowie einem angenommenen Breitenwert in den Indikator ein. Der angenommene Breitenwert ist abhängig von Art und Nachbarschaft des Saumtyps (JKI, 2022).
Datengrundlage	Digitales Landschaftsmodell (ATKIS Basis-DLM). Für regionale Fragestellung bzw. nach Verfügbarkeit ist eine Anreicherung des ATKIS Basis-DLM durch InVeKoS möglich.
Berechnung	$FI_{LE} = \frac{F_{LE} * 100}{F_{LN} + F_{LE}}$ F_{LE} = Fläche der Landschaftselemente im Bezugsraum; F_{LN} = Landwirtschaftliche Nutzfläche im Bezugsraum Um Werte über 100 zu vermeiden, wird zu der Flächensumme F_{LN} im Nenner der Term F_{LE} addiert.
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten, Agrarraum, Hexagone (100 ha, OL > 0 ha); Bezugsfläche: LN, Ackerfläche, andere Landbedeckungsklassen.
Berichtszeitraum / -intervall	ab 2021 / jährlich
Interpretation	Je höher der Index desto mehr potentielle Habitate stehen für wildlebende Arten zur Verfügung. Ist eine optimale Ausstattung mit LE erreicht, trägt eine Erhöhung des Indikators nicht mehr zu einer Verbesserung der Artenvielfalt bei. Die tatsächliche Eignung von LE als Habitat hängt von den Lebensraumanforderungen der betrachteten Arten und Artengruppen ab. Für eine Festlegung von Zielwerten (vgl. JKI, 2022) sollten regionale Schutzziele und die Anforderungen der zu fördernden Arten/Artengruppen berücksichtigt werden.
Limitierung(en)	Divergierende Aktualisierungsintervalle und Qualität der Daten des ATKIS Basis-DLM durch die Bundesländer; Verfügbarkeit von InVeKoS eingeschränkt.



Status

Flächenindex Landschaftselemente

Bundesweit ist die Ausstattung an Landschaftselementen (LE) in der Agrarlandschaft sehr heterogen. Regionen mit geringer Ausstattung befinden sich im Nordosten Deutschlands, insbesondere in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt. Weitere Gebiete mit geringem Anteil an LE befinden sich außerdem in Bayern (unterfränkische und niederbayerische Gäugebiete), im Südwesten Niedersachsens und Nordrhein-Westfalen (Münsterländer Tieflandsbucht). Räume mit relativ hohen Werten für den Indikator sind insbesondere die Mittelgebirgslagen sowie Hessen und die Niedersächsische Nordseeküste.

Mittel- und langfristige Trends

Die hier gezeigte Auswertung des Indikators basiert auf den ATKIS Basis-DLM, Veröffentlichungsjahr 2021, ergänzt durch Daten von 2016. Die Abbildungen 34a und b stellen den Flächenindex LE für Deutschland in zwei verschiedenen Konfigurationen dar (Nutzfläche inklusive Grünland als Bezugsfläche, Abb. 34a, oder Nutzfläche exklusive Grünland als Bezugsfläche, Abb. 34b). Die Berücksichtigung des Grünlandes hat vor allem in den Grünland-reichen Regionen (z. B. Schleswig-Holstein, Nord-Niedersachsen, Mittelgebirge) einen Einfluss. Zeitliche Trendanalysen wurden im Rahmen der Pilotphase nicht durchgeführt.

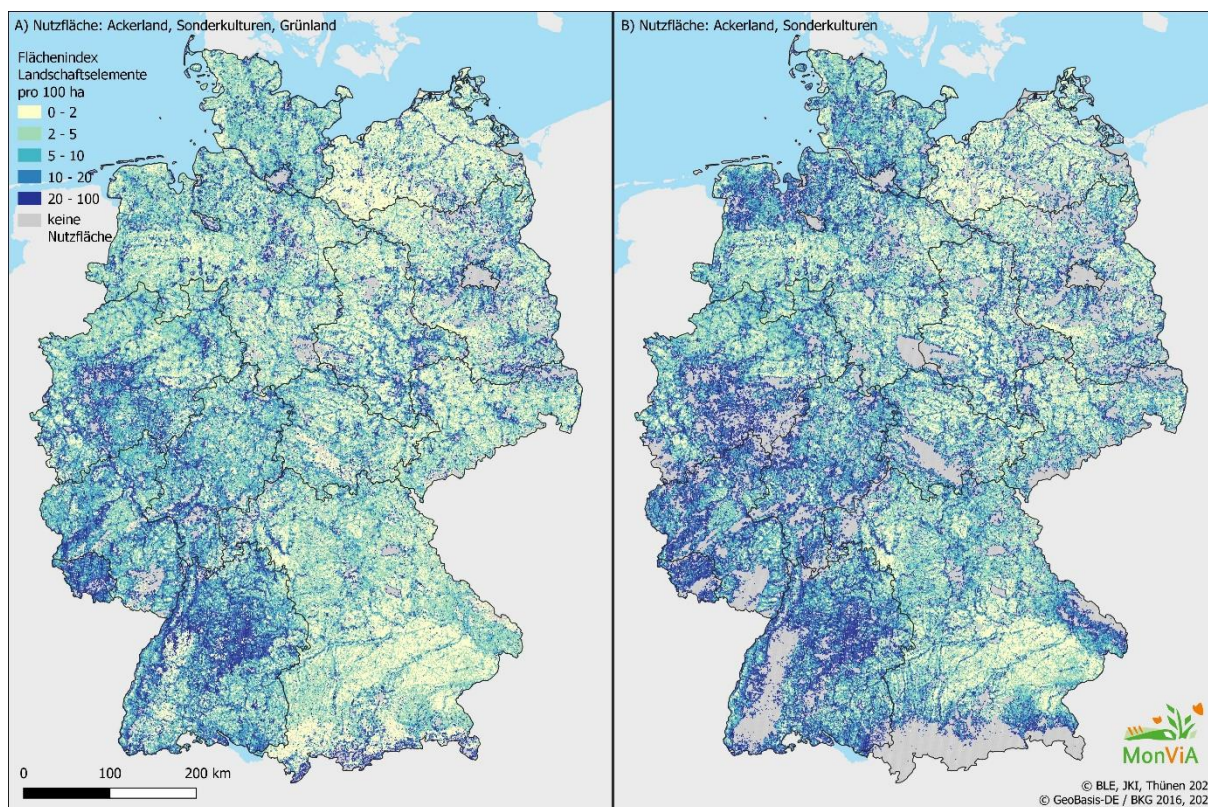


Abb. 34 Flächenindex der Landschaftselemente in Deutschland für das Bezugsjahr 2021 auf der Berichtsebene von 100-ha-Hexagonen mit verschiedenen Bezugsflächen: (a) alle landwirtschaftlichen Nutzflächen, (b) Ackerfläche und Sonderkulturen (Gartenbauland, Weinbau, Obstbau, Hopfen).

Bemerkungen

Die Daten für das Jahr 2021 werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (12): Flächenindex gehölzbetonter Landschaftselemente

Ökologische Relevanz	Hecken, Baumreihen und Feldgehölze sind wichtige strukturgebende Komponenten der Agrarlandschaft. Sie dienen als Schutz-, Überwinterungs-, Nist- und Ansitzhabitate insbesondere für Ökoton-Spezialisten, die sowohl auf offene Agrarlandschaften als auch auf Gehölzstrukturen angewiesen sind.
Beschreibung	Der Index beschreibt die Deckung von gehölzbetonten Landschaftselementen (gLE) in Bezug zur landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) und trifft eine quantitative Aussage darüber, wie viele Gehölzstrukturen flächenmäßig in einem Bezugsraum zur Verfügung stehen. Die Informationen zu Gehölzen sind abgeleitet aus prozessierten LiDAR-Daten (Light detection and ranging). Dazu wurden Vegetationsstrukturen als Gehölz klassifiziert, die höher sind als 0,5 m. Die Auflösung der Raster-basierten Daten ist 1 x 1 m. Zur Berechnung der Bezugsfläche wurden Landbedeckungsdaten des ATKIS Basis-DLM herangezogen. Im Unterschied zum Indikator „Flächenindex Landschaftselemente“ misst dieser Indikator die tatsächliche Ausdehnung von Gehölzen, also auch Strukturen wie Baumkronen, die andere Objekte in der Landschaft überragen.
Datengrundlage	LiDAR-Daten aus derzeit 8 Bundesländern, Digitales Landschaftsmodell (ATKIS Basis-DLM).
Berechnung	$FI_{gLE} = \frac{F_{gLE} * 100}{F_{ln} + F_{gLE}}$ F_{gLE} = Fläche der gehölzbetonten Landschaftselemente im Bezugsraum; F_{LN} = Landwirtschaftliche Nutzfläche im Bezugsraum Um Werte über 100 zu vermeiden, wird zu der Flächensumme F_{LN} im Nenner der Term F_{gLE} addiert.
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten, Agrarraum, Hexagone (100 ha, OL > 0 ha); Bezugsfläche: LN, Ackerfläche, andere Landbedeckungsklassen.
Berichtszeitraum /-intervall	Mit Verfügbarkeit bundesweit einheitlicher LiDAR Daten durch den „Digitalen Zwilling Deutschland“ (BKG, 2024) ist eine bundesweite Umsetzung des Monitorings möglich. Der Indikator soll 5-jährlich berichtet werden abhängig von der Verfügbarkeit aktualisierter LiDAR-Daten.
Interpretation	Der Index trifft eine Aussage über tatsächlich vorhandenen Gehölzstrukturen. Ein hoher Index ist positiv für Arten und Artengruppen, die auf Gehölze zumindest teilweise angewiesen sind (Ökoton-Spezialisten). Wenn die Agrarlandschaft optimal mit Gehölzen ausgestattet ist, trägt eine Erhöhung des Indikators nicht zu einer weiteren Verbesserung der Artenvielfalt bei.
Limitierung(en)	Verfügbarkeit von LiDAR-Daten aktuell nur für einzelne Bundesländer, Klassifikation von LiDAR-Punkten als Teil von gLE ist abhängig von Qualität und Genauigkeit von Sekundärdaten, die zur Maskierung anderer aufragender Strukturen herangezogen werden (z. B. Mais-Anbau, Gebäude, Strommasten, Wälder).



Status Beispielhafte Darstellung

Flächenindex gehölzbetonter Landschaftselemente

In Brandenburg beträgt der Flächenindex gehölzbetonter Landschaftselemente (gLE) 2,55 im Median. Der überwiegende Anteil der 100-ha-Hexagone in Brandenburg weist einen Index von weniger als 10 auf. Innerhalb des Bundeslandes gibt es deutliche Unterschiede.

Mittel- und Langfristige Trends

Hochaufgelöste, flächendeckende LiDAR-Daten sind derzeit nur für acht Bundesländer zugänglich. Deshalb konnten für den Flächenindex gLE bisher keine bundesweiten Berechnungen durchgeführt werden. Hier wurde der Indikator exemplarisch für Brandenburg berechnet. Die Daten basieren auf LiDAR-Befliegungskampagnen der Jahre 2008-2012. Mit Veröffentlichung des „Digitalen Zwilling Deutschland“ (BKG, 2024) ist eine Berechnung des Indikators auf Grundlage harmonisierter, bundesweiter Daten möglich.

Abb. 35 zeigt die deutlichen regionalen Unterschiede für das Bundesland Brandenburg: Gehölzärmere Agrarlandschaften sind z. B. die Uckermark, der Oderbruch und der Niedere Fläming. Regionen mit hohem gLE-Anteil in der Agrarlandschaft sind die Oberhavel, der Barnim, das Havelland, die Dahme-Seen und der Spreewald.

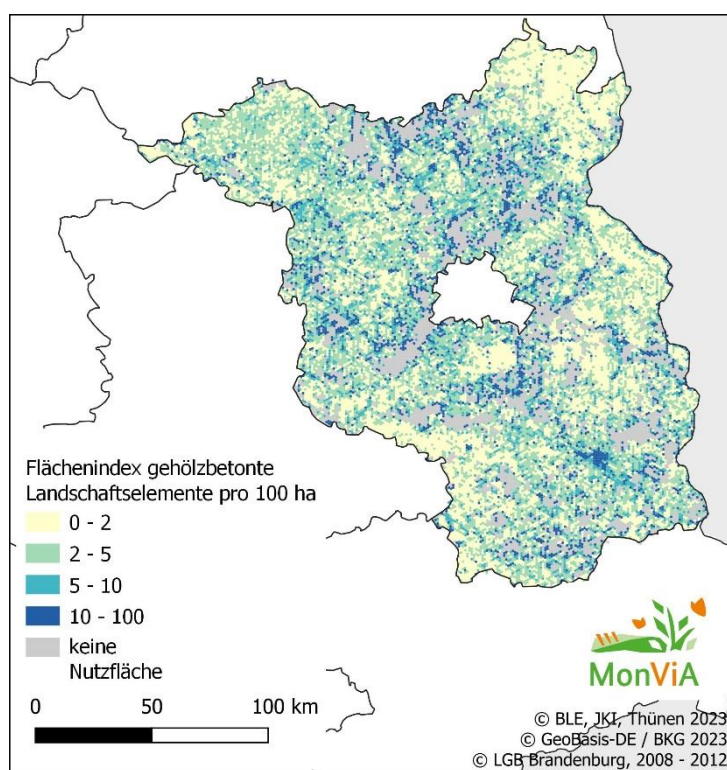


Abb. 35 Flächenindex gehölzbetonter Landschaftselemente in der Agrarlandschaft pro 100-ha in Brandenburg auf Basis von LiDAR-Daten (2008-2012). Datenquelle LiDAR: LGB Brandenburg.

Bemerkungen

Es ist geplant, die Daten des Indikators für das Bundesland Brandenburg und ggf. für weitere Bundesländer als Testdatensatz in einem Datenrepositorium zur Verfügung zu stellen.

Indikator (13): Dichteindex von Saumstrukturen

Ökologische Relevanz	Saumstrukturen sind wichtige Rückzugshabitate und Ausbreitungskorridore für Arten der Agrarlandschaft. Dabei spielt die Anzahl, die Ausprägung und Vernetzung von Saumstrukturen für den Erhalt von Arten der Agrarlandschaft eine große Rolle.
Beschreibung	Der Dichteindex von Saumstrukturen beschreibt das Verhältnis der Länge von Saumstrukturen zu der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in einem Landschaftsausschnitt. Saumstrukturen können z. B. Wege, Hecken oder lineare Gewässer sein. Der Index kann nach Art der Nutzfläche, die von der Saumstruktur begrenzt wird, differenziert werden (z. B. Ackersäume, Grünlandsäume, Acker-Wald-Ökotone).
Datengrundlage	Digitales Landschaftsmodell (ATKIS Basis-DLM).
Berechnung	$DI_{Saum} = \frac{L_{Saum}}{F_{LN}}$ L_{Saum} = Länge der Säume bestimmten Typs (in Meter); F_{LN} = Fläche der landwirtschaftlichen Nutzfläche (in Hektar)
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Verwaltungseinheiten, Agrarraum, Hexagone (100 ha, OL > 0 ha); Bezugsfläche: LN, Ackerfläche, andere Landbedeckungsklassen
Berichtszeitraum /-intervall	ab 2021, jährlich
Interpretation	Ein hoher Dichteindex ist ein Anzeiger für eine hohe Heterogenität der Landschaft mit relativ kleinen Nutzflächen und vielen Saumstrukturen. Die tatsächliche Eignung eines bestimmten Saumtyps (z. B. krautig oder gehölzbetont) hängt von den spezifischen Anforderungen der Arten ab.
Limitierung(en)	Divergierende Aktualisierungsintervalle und Qualität der Daten des ATKIS Basis-DLM durch die Bundesländer.



Status

Dichteindex Saumstrukturen

Der Dichteindex Saumstrukturen für Deutschland ist im Median 168 m/ha. Regionen mit geringem Dichteindex liegen größtenteils in den Ackerbaugebieten von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Thüringen und Sachsen-Anhalt, in der Kölner Bucht, Rheinhessen sowie in den unterfränkischen und niederbayerischen Gäugebieten. Regionen mit vergleichsweise hohen Werten für den Indikator sind die Mittelgebirge inklusive ihrer Randlagen sowie Teile von Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg.

Mittel- und langfristige Trends

Abbildung 36 zeigt die bundesweite Ausprägung des Dichteindex aller Saumstrukturen in Nachbarschaft zu landwirtschaftlichen Nutzflächen basierend auf dem ATKIS Basis-DLM von 2016. Zeitliche Trendanalysen wurden nicht durchgeführt.

Der Dichteindex Saumstrukturen kann auch als Dichte von Agrarflächen-Grenzlinien aufgefasst werden. Er ist negativ korreliert mit der Feldblockgröße landwirtschaftlicher Nutzflächen, d. h. in Regionen mit kleinem Dichteindex sind Feldblöcke - und damit in der Regel auch die landwirtschaftlichen Bewirtschaftungseinheiten - größer im Vergleich zu Regionen mit hohem Dichteindex. Die Grundlage des Indikators ist das ATKIS Basis-DLM. Berücksichtigt werden explizite lineare Objekte wie Hecken und Baumreihen, sofern sie an Agrarflächen grenzen, sowie Grenzlinien von landwirtschaftlichen Nutzflächen zu anderen flächenförmigen Objekten.

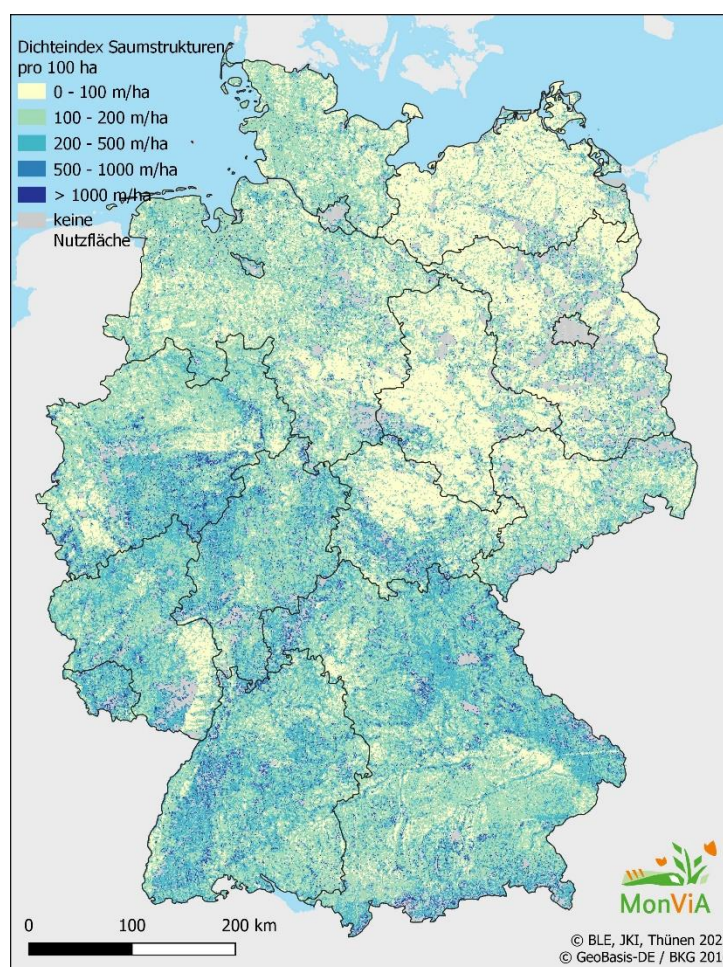


Abb. 36 Dichteindex Saumstrukturen für Deutschland auf der Berichtsebene von 100-ha-Hexagonen. Datengrundlage: ATKIS Basis-DLM (2016) © BKG.

Bemerkungen

Die Daten des Dichteindex Saumstrukturen für das Jahr 2021 werden in einem Datenrepositorium zur Verfügung gestellt.

Indikator (14): Qualität gehölz betonter Landschaftselemente

Ökologische Relevanz	Viele Arten der Agrarlandschaft sind auf das Vorhandensein von Gehölzen als Nist- und Rückzugshabitate oder für die Nahrungssuche angewiesen. Verschiedene Arten haben dabei unterschiedliche Ansprüche an die Beschaffenheit dieser Gehölzbiotope.
Beschreibung	Der Indikator bezieht sich auf Hecken, Baumreihen und Einzelgehölze bzw. -bäume. Diese Objekte werden in digitalen Landbedeckungsmodellen als linien- oder punktförmige Objekte dargestellt. Mittels LiDAR-Sensorik kann die dreidimensionale Beschaffenheit dieser Objekte abgebildet werden. Aus dem dreidimensionalen Modell werden Vegetationsmetriken abgeleitet, die die Eigenschaften der gLE beschreiben. Der hier dargestellte Indikator umfasst drei Subindikatoren, welche die (1) mittlere Breite, (2) maximale Höhe und (3) das Volumen der Objekte in einem Bezugsraum (z. B. 100-ha-Hexagone) beschreiben.
Datengrundlage	LiDAR-Daten (Light detection and ranging) aus derzeit 8 Bundesländern Digitales Landschaftsmodell (ATKIS Basis-DLM). Für regionale Fragestellung bzw. nach Verfügbarkeit ist eine Anreicherung des ATKIS Basis-DLM durch InVeKoS möglich.
Berechnung	Breitenindex $BrI_{gLE} = \frac{\sum Breite_{gLE}}{n}$ $\sum Breite_{gLE}$ = Summe der mittleren Breiten aller betrachteten gLE-Objekte im Bezugsraum; n = Anzahl der betrachteten gLE-Objekte im Bezugsraum Höhenindex $HI_{gLE} = \frac{\sum Höhe_{gLE}}{n}$ $\sum Höhe_{gLE}$ = Summe der Höhen (90. Perzentil) aller betrachteten gLE-Objekte im Bezugsraum; n = Anzahl der betrachteten gLE-Objekte im Bezugsraum Volumenindex $VI_{gLE} = \frac{\sum VI_i}{n} \text{ mit } VI_i = \frac{Volumen_i}{Länge_i}$ Volumen_i = Volumen des gLE-Objektes; Länge_i = Länge des gLE-Objektes; VI_i = objektspezifischer Volumenindex des einzelnen gLE-Objektes; n = Anzahl der betrachteten gLE-Objekte im Bezugsraum
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National; Auflösung: Landschaftsausschnitt (Untersuchungsgebiet), Agrarraum; Verwaltungseinheiten, Hexagone (100 ha, OL > 0 ha); Bezugsfläche: LN
Berichtszeitraum /-intervall	Mit Verfügbarkeit bundesweit einheitlicher LiDAR Daten durch den „Digitalen Zwilling Deutschland“ (BKG, 2024) ist eine bundesweite Umsetzung des Monitorings möglich. Der Indikator soll 5-jährlich berichtet werden, abhängig von der Verfügbarkeit aktualisierter LiDAR-Daten.
Interpretation	Hohe Werte für die aufgeführten Subindikatoren deuten auf einen hohen Strukturreichtum von Hecken, Baumreihen und Einzelbäumen hin. Ebenso können hohe Werte für ein relativ hohes Alter der gLE stehen. Es sollten immer alle Subindikatoren gemeinsam betrachtet werden, um belastbare qualitative Aussagen zu treffen.
Limitierung(en)	Verfügbarkeit von LiDAR-Daten aktuell nur für einzelne Bundesländer, Für die qualitativen Indizes sollten Jahr und Saison der LiDAR-Befliegungskampagne möglichst homogen sein

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, da noch keine Daten vorliegen.

II 2.1.5 Agrarumwelt-Maßnahmen

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen

Ansprechpartner: Norbert Röder (norbert.roeder@thuenen.de)

Mitwirkende: Hannah G. S. Böhner, Andrea Ackermann

Ein wesentliches Instrument zum Schutz und der Förderung von Biodiversität in der Agrarlandschaft sind Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen. Bei den hier betrachteten Indikatoren werden insbesondere solche Maßnahmen berücksichtigt, die im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) ko-finanziert werden. Basierend auf den Auflagen, die Antragsstellende (i. d. R. Landwirte und Landwirtinnen) einhalten müssen, um Fördergelder zu erhalten, wurden die einzelnen Maßnahmen klassifiziert und unterschiedlichen Indikatoren zugeordnet. Die Indikatoren beschreiben somit verschiedene Arten von Maßnahmen, die sich hinsichtlich ihrer potenziellen Effekte für die Biodiversität abgrenzen lassen. Gemessen wird dabei jeweils die real geförderte Fläche unter der Berücksichtigung etwaiger Überlagerungen mehrerer Fördermaßnahmen wie beispielsweise bei Top-Up Maßnahmen. Um die tatsächlich durch die Maßnahmen beeinflusste Fläche abzubilden, werden solche Flächen nur einmal in die Indikatorenberechnung einbezogen. Die ermittelte geförderte Fläche der entsprechenden Maßnahmen muss jedoch nicht vollständig die Summe aller Flächen mit entsprechenden Eigenschaften abbilden. Der Indikatorwert ist davon abhängig, welche passenden Maßnahmen in den verschiedenen Bundesländern im Rahmen der GAP angeboten werden. Nur diese werden erfasst. Eine Landschaft kann jedoch einen größeren Anteil entsprechender Fläche aufweisen, was aufgrund anderer oder fehlender Finanzierung nicht in den zugrundeliegenden Daten abgebildet ist.

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur - GAK-Rahmenplan - Gemeinsame Agrarpolitik - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt



Abb. 37 Blühende Schlehenhecke neben einer Agrarfläche bei Leidendorf, Bayern (© S. Drexler, Thünen-Institut).

Indikator (15): Maßnahmen zum Erhalt oder der Steigerung der Landschaftsheterogenität

Ökologische Relevanz	Vielfältige, heterogene Landschaften bieten eine größere Menge und Diversität von Lebensräumen und weisen meist eine größere Artenvielfalt auf.
Beschreibung	Berichtet wird die geförderte Fläche (in %), auf der Maßnahmen zugunsten der Landschaftsheterogenität umgesetzt werden. Dies sind bspw. eine Förderung kleiner Schläge zur Gewährleistung einer gewissen Kulturartenvielfalt oder auch die Pflege von Landschaftselementen wie Hecken und Feldgehölzen. Sofern mehrere Maßnahmen auf derselben Fläche umgesetzt werden können, wird diese Fläche nur einmal berücksichtigt.
Datengrundlage	Die Auswahl der berücksichtigten Maßnahmen erfolgte auf Basis der jeweils gültigen Förderauflagen in den entsprechenden Richtlinien. Die Flächenermittlung basiert auf InVeKoS-Daten des jeweiligen Jahres.
Berechnung	Summe der Hektar geförderter Fläche / landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF)
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National, einzelne Länder je nach Datenverfügbarkeit; Auflösung: Gemeindeebene; Bezugsfläche: LF
Berichtszeitraum / -intervall	Nach dem Start der bundesweiten Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich ab 2015 berichtet werden.
Interpretation	Der Indikator bildet die Fläche von Maßnahmen ab, durch die ein Mindestmaß an Heterogenität in der Landschaft gewährleistet werden soll.
Limitierung(en)	Das Angebot von Agrarumwelt-Maßnahmen ist bundesweit nicht einheitlich. Das bedeutet, dass ein geringer Indikatorwert in bestimmten Regionen zwar eine geringe Maßnahmenfläche darstellt, dies aber neben einer geringen Umsetzung der Maßnahmen auch ein geringes / fehlendes Angebot als Ursache haben kann. Des Weiteren kann die Maßnahmenfläche nicht ohne weiteres direkt als Maß für die Landschaftsheterogenität verstanden werden. So kann es Regionen geben, die bereits eine hohe Landschaftsheterogenität vorweisen, diese jedoch nicht durch Fördermaßnahmen explizit unterstützt wird. Solche Regionen erreichen bei diesem Indikator zwar einen niedrigen Wert, haben aber dennoch einen hohen Biodiversitätswert hinsichtlich der Landschaftsvielfalt. Der Indikator aus Maßnahmen zugunsten der Landschaftsheterogenität fasst eine Vielzahl an sehr unterschiedlichen Maßnahmen zusammen. Für einzelne, spezifische Zielarten oder Zielsetzungen kann eine restriktivere Maßnahmenauswahl erforderlich sein, die wiederum ein anderes Ergebnis hervorbringen würde.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (16): Maßnahmen zur Schaffung oder Erhalt von Sonderbiotopen und bedrohten Lebensräumen

Ökologische Relevanz	Habitats außerhalb landwirtschaftlich genutzter Flächen sind wichtige Rückzugs- und Lebensräume für zahlreiche Taxa.
Beschreibung	Berichtet wird die geförderte Fläche (in %) auf der Maßnahmen zugunsten der Schaffung oder Sicherung von Lebensräumen auf nicht primär zur Produktion landwirtschaftlicher Produkte genutzter Flächen umgesetzt werden. Dies sind bspw. Feldraine, Blühflächen, Gehölzstrukturen oder die Beweidung von Flächen mit besonderen Pflanzengesellschaften wie Kalkmagerrasen. Sofern mehrere Maßnahmen auf derselben Fläche umgesetzt werden können, wird diese Fläche nur einmal berücksichtigt.
Datengrundlage	Die Auswahl der berücksichtigten Maßnahmen erfolgte auf Basis der jeweils gültigen Förderauflagen in den entsprechenden Richtlinien. Die Flächenermittlung basiert auf InVeKoS-Daten des jeweiligen Jahres.
Berechnung	Summe der Hektar geförderter Fläche / landwirtschaftlich genutzte Fläche
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National, einzelne Länder je nach Datenverfügbarkeit; Auflösung: Gemeindeebene; Bezugsfläche: LF
Berichtszeitraum /-intervall	Nach dem Start der bundesweiten Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich ab 2015 berichtet werden.
Interpretation	Der Indikator bildet die Fläche von Maßnahmen ab, durch die besondere bzw. bedrohte Lebensräume in der Offenlandschaft bereitgestellt werden.
Limitierung(en)	Das Angebot von Agrarumwelt-Maßnahmen ist bundesweit nicht einheitlich. Das bedeutet, dass ein geringer Indikatorwert in bestimmten Regionen zwar eine geringe Maßnahmenfläche darstellt, dies aber neben einer geringen Umsetzung der Maßnahmen auch ein geringes / fehlendes Angebot als Ursache haben kann. Des Weiteren kann die Maßnahmenfläche nicht ohne weiteres direkt als Maß für die Landschaftsheterogenität verstanden werden. So kann es Regionen geben, die bereits eine hohe Landschaftsheterogenität vorweisen, diese jedoch nicht durch Fördermaßnahmen explizit unterstützt wird. Solche Regionen erreichen bei diesem Indikator zwar einen niedrigen Wert, haben aber dennoch einen hohen Biodiversitätswert hinsichtlich der Landschaftsvielfalt. Der Indikator aus Maßnahmen zugunsten der Landschaftsheterogenität fasst eine Vielzahl an sehr unterschiedlichen Maßnahmen zusammen. Für einzelne, spezifische Zielarten oder Zielsetzungen kann eine restriktivere Maßnahmenauswahl erforderlich sein, die wiederum ein anderes Ergebnis hervorbringen würde.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (17): Maßnahmen zur Minderung negativer Effekte

Ökologische Relevanz	Landwirtschaftliche Landnutzung kann negative Auswirkungen haben bspw. auf die Wasserqualität oder Eignung angrenzender Flächen als Lebensraum. Die Abmilderung solcher negativen Effekte ist daher bedeutsam für die Biodiversität.
Beschreibung	Berichtet wird die geförderte Fläche (in %), auf der Maßnahmen zur Minderung negativer Effekte umgesetzt werden, wie etwa Pufferstreifen. Sofern mehrere Maßnahmen auf derselben Fläche umgesetzt werden können, wird diese Fläche nur einmal berücksichtigt.
Datengrundlage	Die Auswahl der berücksichtigten Maßnahmen erfolgte auf Basis der jeweils gültigen Förderauflagen in den entsprechenden Richtlinien. Die Flächenermittlung basiert auf InVeKoS-Daten des jeweiligen Jahres.
Berechnung	Summe der Hektar geförderter Fläche / landwirtschaftlich genutzte Fläche
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National, einzelne Länder je nach Datenverfügbarkeit; Auflösung: Gemeindeebene; Bezugsfläche: LF
Berichtszeitraum / -intervall	Nach dem Start der bundesweiten Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich ab 2015 berichtet werden.
Interpretation	Der Indikator bildet die Fläche von Maßnahmen ab, durch die negative Einflüsse auf die Biodiversität reduziert werden.
Limitierung(en)	Das Angebot von Agrarumwelt-Maßnahmen ist bundesweit nicht einheitlich. Das bedeutet, dass ein geringer Indikatorwert in bestimmten Regionen zwar eine geringe Maßnahmenfläche darstellt, dies aber neben einer geringen Umsetzung der Maßnahmen auch ein geringes / fehlendes Angebot als Ursache haben kann. Des Weiteren kann die Maßnahmenfläche nicht ohne weiteres direkt als Maß für die Landschaftsheterogenität verstanden werden. So kann es Regionen geben, die bereits eine hohe Landschaftsheterogenität vorweisen, diese jedoch nicht durch Fördermaßnahmen explizit unterstützt wird. Solche Regionen erreichen bei diesem Indikator zwar einen niedrigen Wert, haben aber dennoch einen hohen Biodiversitätswert hinsichtlich der Landschaftsvielfalt. Der Indikator aus Maßnahmen zugunsten der Landschaftsheterogenität fasst eine Vielzahl an sehr unterschiedlichen Maßnahmen zusammen. Für einzelne, spezifische Zielarten oder Zielsetzungen kann eine restriktivere Maßnahmenauswahl erforderlich sein, die wiederum ein anderes Ergebnis hervorbringen würde.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (18): Maßnahmen zur Extensivierung der Landnutzung

Ökologische Relevanz	Flächen mit extensiver Landnutzung wird i. d. R. ein höherer Biodiversitätswert beigemessen als intensiv genutzten Bereichen.
Beschreibung	Berichtet wird die geförderte Fläche (in %), auf der Extensivierungsmaßnahmen umgesetzt werden, wie etwa eine reduzierte Düngemenge, geringer Viehbesatz, Verzicht auf Pflanzenschutzmittel und Ökolandbau. Sofern mehrere Maßnahmen auf derselben Fläche umgesetzt werden können, wird diese Fläche nur einmal berücksichtigt.
Datengrundlage	Die Auswahl der berücksichtigten Maßnahmen erfolgte auf Basis der jeweils gültigen Förderauflagen in den entsprechenden Richtlinien. Die Flächenermittlung basiert auf InVeKoS-Daten des jeweiligen Jahres
Berechnung	Summe der Hektar geförderter Fläche / landwirtschaftlich genutzte Fläche
Räumliche Berichtsebene	Abdeckung: National, einzelne Länder je nach Datenverfügbarkeit; Auflösung: Gemeindeebene; Bezugsfläche: LF
Berichtszeitraum / -intervall	Nach dem Start der bundesweiten Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich ab 2015 berichtet werden.
Interpretation	Der Indikator bildet die Fläche von Maßnahmen ab, durch die negative Einflüsse auf die Biodiversität reduziert werden.
Limitierung(en)	Das Angebot von Agrarumwelt-Maßnahmen ist bundesweit nicht einheitlich. Das bedeutet, dass ein geringer Indikatorwert in bestimmten Regionen zwar eine geringe Maßnahmenfläche darstellt, dies aber neben einer geringen Umsetzung der Maßnahmen auch ein geringes / fehlendes Angebot als Ursache haben kann. Des Weiteren kann die Maßnahmenfläche nicht ohne weiteres direkt als Maß für die Landschaftsheterogenität verstanden werden. So kann es Regionen geben, die bereits eine hohe Landschaftsheterogenität vorweisen, diese jedoch nicht durch Fördermaßnahmen explizit unterstützt wird. Solche Regionen erreichen bei diesem Indikator zwar einen niedrigen Wert, haben aber dennoch einen hohen Biodiversitätswert hinsichtlich der Landschaftsvielfalt. Der Indikator aus Maßnahmen zugunsten der Landschaftsheterogenität fasst eine Vielzahl an sehr unterschiedlichen Maßnahmen zusammen. Für einzelne, spezifische Zielarten oder Zielsetzungen kann eine restriktivere Maßnahmenauswahl erforderlich sein, die wiederum ein anderes Ergebnis hervorbringen würde.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

II 2.2 Organismenvielfalt



Landwirtschaftliche Produktionssysteme sind Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen und sind gleichzeitig von deren Wechselbeziehungen und Ökosystemleistungen abhängig, denn die Organismen tragen beispielsweise mit ihrer Bestäubungsleistung oder durch ihre natürliche Schädlingskontrolle zur Steigerung der Ertragsqualität und -quantität auf nahegelegenen Feldern bei. Durch Erhalt und Förderung ihrer Habitate in Agrarlandschaften können Bestäuber, Nützlinge und weitere Organismen erhalten und gefördert werden, um durch die Aufrechterhaltung relevanter Ökosystemleistungen die Leistungsfähigkeit von Agrarökosystemen zu unterstützen.

Einfluss auf Agrarökosysteme üben ebenfalls Ackerunkräuter und Schaderreger aus. Ackerunkräuter bieten auf der Nutzfläche neben der eigentlichen Kulturart eine weitere pflanzliche Nahrungsquelle und Habitatstruktur für Insekten und Agrarvögel und begünstigen somit einen vielfältigen Acker und unterstützen dabei auch die Ökosystemleistungen von z. B. blütenbesuchenden Insekten. Auch Schaderreger bilden einen wichtigen Bestandteil in Nahrungsketten. Informationen zu Häufigkeiten und Diversität lassen Rückschlüsse auf das Regulationsvermögen und damit die natürliche Leistungsfähigkeit von Agrarökosystemen zu. Ab einem bestimmten Schwellenwert (Schadschwelle) gehören sie mit Blick auf die Kulturart hingegen zu unerwünschten Organismen. Ebenso ist die Bodenfruchtbarkeit von großer Bedeutung für die Agrarproduktion, denn fruchtbare Böden versorgen die in ihm wurzelnden Pflanzen mit Nährstoffen, Wasser und Luft und haben somit einen großen Einfluss auf den Ertrag und die Resilienz der Kulturpflanzen. Neben Boden- und Standorteigenschaften bestimmt u. a. die Vielfalt und Aktivität von Bodenorganismen wie Mikroorganismen und Regenwürmer die spezifische Bodeneigenschaften und Bodenfruchtbarkeit. Diese wird ebenso von der Bodenbearbeitung, Düngung und dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln beeinflusst.

Neben diesen funktionellen Gruppen erlauben die Diversität und Häufigkeit von Gewässerinsekten (und weiteren Makroinvertebraten) in stehenden Kleingewässern Rückschlüsse auf Pflanzenschutzmittel- und Nährstoffbelastungen in Agrarlandschaften. Gewässerinsekten spielen zudem eine Schlüsselrolle für den Nährstoffkreislauf und dienen als wichtige Nahrungsquelle für andere Organismen wie Fische, Spinnen, Vögel und Fledermäuse.

Für eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion ist es deshalb unabdingbar, das Zusammenspiel aus Lebensraum, seiner äußeren Einflüsse und der Organismenvielfalt die ihn bewohnen und ganz unterschiedliche Funktionen erfüllen zu verstehen und durch adäquate Bewirtschaftung zu fördern.

Zusammen mit den Indikatoren der Lebensraumvielfalt ermöglichen die folgenden organismischen Indikatoren zukünftig Aussagen zum Zustand und zur Entwicklung der Biodiversität in Agrarlandschaften. Zusätzlich werden ihre Leistungen (natürliche Schädlingskontrolle, Bestäubung, Bodenbildung und Regulierung von Nährstoffkreisläufen) als auch die Wirkung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen auf ihre Abundanz und Diversität abgeschätzt.

II 2.2.1 Wildbienen

Rund drei Viertel der weltweit angebauten Nutzpflanzenarten und knapp 90 % aller Wildpflanzen werden durch Insekten bestäubt. Wildbienen zählen zu den wichtigsten Bestäubern und leisten somit einen großen Beitrag zur Erhaltung der biologischen Vielfalt aber auch zur Ernährungssicherheit.

In Deutschland sind etwa 600 Wildbienenarten nachgewiesen (Scheuchl et al. 2023). Rund 52 % der Wildbienenarten sind gefährdet, vom Aussterben bedroht oder extrem selten und 7 % werden als verschollen eingestuft (Westrich et al. 2011). Besonders vor dem Hintergrund, dass in Deutschland rund 50 % der Fläche landwirtschaftlich genutzt werden, kommt der Landwirtschaft eine bedeutende Rolle in der Erhaltung und Förderung von Wildbienen zu.

Mit dem Wildbienen-Monitoring in Agrarlandschaften (wildbienen.thuenen.de) soll eine wissenschaftlich belastbare Datengrundlage geschaffen werden, um Veränderungen in Wildbienenbeständen und ihren Habitaten beschreiben und in Zusammenhang zu Veränderungen in den Agrarlandschaften Deutschlands setzen zu können. Die hier vorgestellten Indikatoren beziehen sich somit auf ein Wildbienen-Trendmonitoring. Darüber hinaus werden Ansätze entwickelt, um perspektivisch weitere Wildbienen-Artengruppen (bodennistende Wildbienen) zu erfassen sowie die Wirkung von biodiversitätsfördernden Maßnahmen auf Wildbienen bewerten und somit die Politik beraten zu können. Über die bisher entwickelten Citizen-Science-basierte Monitoringansätze soll das Bewusstsein für die Beziehung zwischen der Ausgestaltung von Agrarlandschaften und dem Vorkommen und der Häufigkeit von Wildbienen geschärft und Transformationsprozesse begleitet werden.

Die Grundlage für die Indikatorenblätter bildet das Konzept des Wildbienen-Monitorings in Agrarlandschaften (Dieker et al. 2022, Dieker et al. 2023).



Abb. 38 Wildbienen sind bedeutende Bestäuber von Wild- und Kulturpflanzen und leisten damit einen wichtigen Beitrag für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland. (© Josephine Kulow, Thünen-Institut).

II 2.2.1.1 Hummeln

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Biodiversität

Ansprechpartner: Jens Dauber (jens.dauber@thuenen.de), Wildbienen-Monitoring (wildbienen@thuenen.de)

Mitwirkende: Niels Hellwig, Lasse Krüger, Leonie Lakemann, Lara Lindermann, Sophie Ogan, Wiebke Sickel, Frank Sommerlandt, Johanna Stahl

Hummeln gelten als ubiquitäre und effektive Bestäuber von Wild- und Nutzpflanzen und sind somit von großer ökologischer und ökonomischer Bedeutung. Der anhaltende Rückgang ihrer Bestände führt zu Einbußen in der Quantität und Qualität landwirtschaftlicher Erträge. Deshalb ist den zu den Wildbienen zählenden Hummeln ein gesondertes Indikatoren-Set gewidmet.

Stichprobenkulisse: Basierend auf dem europaweiten LUCAS-Gitter (Eurostat 2022) wird eine Stichprobenkulisse aus 1x1 km² großen Flächenquadraten auf nationaler Ebene abgeleitet. Das Stichprobendesign sieht insgesamt 950 Flächenquadrate vor (siehe [Thünen-Atlas](#), Hellwig et al.2024), die die Agrarlandschaft Deutschlands repräsentativ abdecken (jedes Flächenquadrat umfasst mindestens 30 % landwirtschaftliche Nutzfläche).

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie – Aktionsprogramm Insektenschutz- EU-Bestäuber-Initiative - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur – Farm To Fork-Strategie - Gemeinsame Agrarpolitik - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

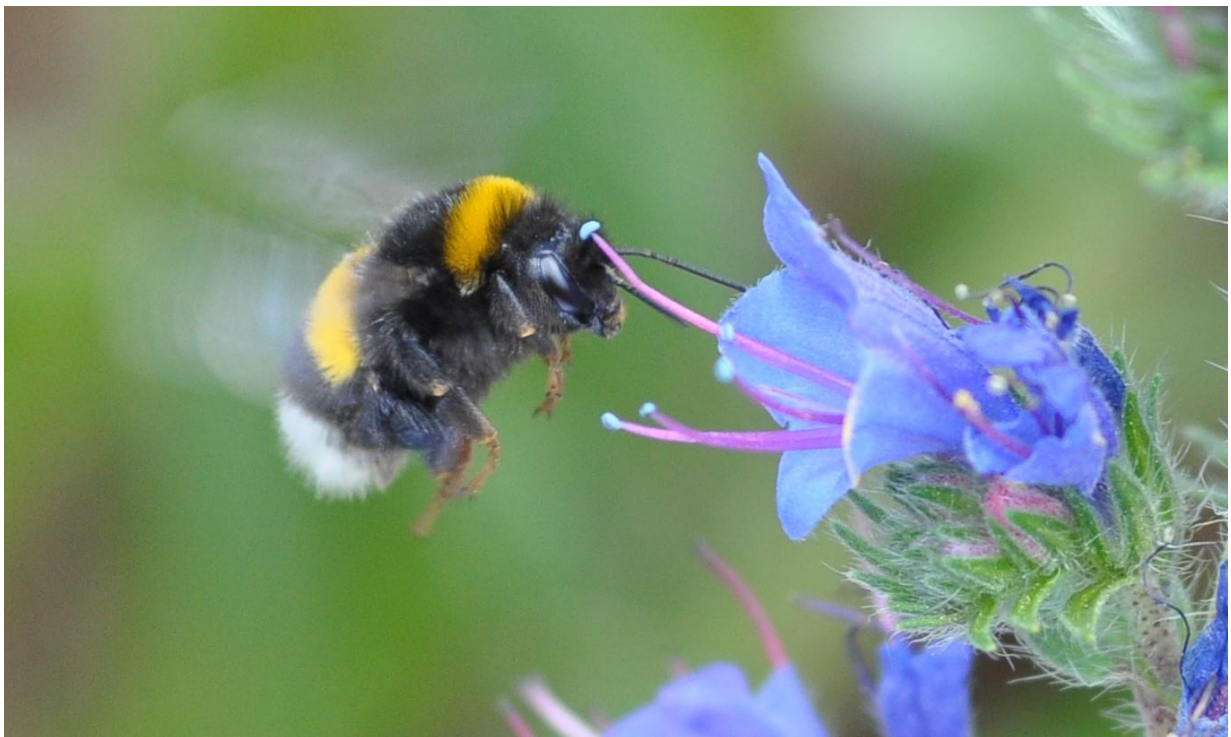


Abb. 39 Hummeln sind aufgrund ihrer hohen Bestäubungsleistung von besonderer ökologischer und ökonomischer Bedeutung für intakte Agrarlandschaften. (© F. Sommerlandt, Thünen-Institut)

Indikator (19): Diversität der Hummeln
Subindikator (19a): Artenreichtum der Hummeln

Ökologische Relevanz	Hummeln gehören zu den wichtigsten Bestäubern und sind essentiell für die Produktivität und Resilienz der agrarwirtschaftlichen Produktion zahlreicher Kultur- und mit Agrarflächen assoziierter Wildpflanzen.
Beschreibung	Der Subindikator ‚Artenreichtum‘ beschreibt die Anzahl der auf den Stichprobenflächen nachgewiesenen Hummel-Arten (bzw. -Komplexe). Die Anzahl verschiedener Hummel-Arten (bzw. -Komplexe) dient als Proxy für die Vielfalt der Hummeln.
Datengrundlage	Die Erfassung von Hummeln erfolgt durch Freiwillige entlang festgelegter 500 m langer Transekte auf den LUCAS-Flächen (ein Transekt pro Fläche). Die Transekte werden monatlich von März bis Oktober begangen. Ausschließlich anhand Belegfotos validierte Bestimmungen fließen in die Auswertung ein.
Berechnung	Artenreichtum ist die Anzahl der Hummel-Arten (bzw. -Komplexe), aufsummiert pro LUCAS-Fläche pro Jahr.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 1x1 km ² großen LUCAS-Flächen erhobene Indikatorwert wird gemittelt über alle beprobten LUCAS-Flächen auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von Transekten erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Artenreichtum gibt direkt Auskunft darüber, wie viele Hummel-Arten (bzw. -Komplexe) auf den LUCAS-Flächen nachgewiesen werden konnten und erlaubt indirekt Einschätzungen, ob Landschaften Nahrungs- und Nistressourcen für Hummeln bereithalten..
Limitierung(en)	In den Subindikator fließen sowohl Daten auf Art- als auch auf Artenkomplexebene ein. Dies liegt daran, dass Hummeln morphologisch nicht immer auf Artniveau bestimmt werden können. Diese Einschränkungen sind einheitlich für alle Untersuchungsflächen, sodass ein Vergleich zwischen Untersuchungsflächen und über die Zeit möglich ist.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (19): Diversität der Hummeln
Subindikator (19b): Simpson-Index Hummeln

Ökologische Relevanz	Hummeln gehören zu den wichtigsten Bestäubern und sind essentiell für die Produktivität und Resilienz der agrarwirtschaftlichen Produktion zahlreicher Kultur- und mit Agrarflächen assoziierter Wildpflanzen.
Beschreibung	Der ‚Simpson-Index‘ ist ein Diversitätsindex und dient als Proxy für die Vielfalt bzw. Unterschiedlichkeit der auf den Stichprobenflächen (LUCAS-Flächen) nachgewiesenen Hummel-Arten (bzw. -Komplexe). Er beschreibt somit die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig ausgewählte Individuen einer Stichprobe der gleichen Hummel-Art (bzw. -Komplex) angehören.
Datengrundlage	Die Erfassung von Hummeln erfolgt durch Freiwillige entlang festgelegter 500 m langer Transekte auf den LUCAS-Flächen (ein Transekt pro Fläche). Die Transekte werden monatlich von März bis Oktober begangen. Ausschließlich anhand Belegfotos validierte Bestimmungen fließen in die Auswertung ein.
Berechnung	$D = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)}$ Mit der Zahl S aller Hummel-Arten bzw. -artenkomplexe, Zahl n_i der Individuen einer Art (eines Komplexes) und der Gesamtzahl n aller erfassten Hummel-Individuen.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 1x1 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird gemittelt über alle beprobten LUCAS-Flächen auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von Transekten erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Subindikator bezieht sowohl den Artenreichtum der Hummel-Arten und -artenkomplexe als auch ihre relative Häufigkeit auf den Transekten mit ein. D kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei Werte gegen 0 auf eine sehr geringe Diversität und Werte gegen 1 auf eine hohe Diversität schließen lassen.
Limitierung(en)	Der Grad der Auflösung der Artbestimmung variiert, da Hummeln anhand von Fotos morphologisch nicht immer auf Artniveau bestimmt werden können. Somit fließen Arten und Artenkomplexe in den Subindikator ein. Diese Einschränkungen sind einheitlich für alle Untersuchungsflächen, sodass ein Vergleich zwischen Untersuchungsflächen und über die Zeit möglich ist.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (19): Diversität der Hummeln
Subindikator (19c): Evenness Hummeln

Ökologische Relevanz	Hummeln gehören zu den wichtigsten Bestäubern und sind essentiell für die Produktivität und Resilienz der agrarwirtschaftlichen Produktion zahlreicher Kultur- und mit Agrarflächen assoziierter Wildpflanzen.
Beschreibung	Der Subindikator ‚Evenness‘ stellt den Grad der Gleichverteilung von Hummel-Arten bzw. -Artenkomplexen in einer Stichprobe dar. Die Evenness ergänzt den Aspekt des Artenreichtums um Angaben zur relativen Häufigkeit verschiedener Arten-(Komplexe), die auf den Stichprobenflächen (LUCAS-Flächen) vorzufinden sind. Anhand der Gleichverteilung von Hummel-Arten-(Komplexen) in einer Stichprobe kann auf den Anteil dominanter Arten geschlossen werden. Potentielle Bestandsveränderungen und deren Ursachen können damit adressiert werden.
Datengrundlage	Die Erfassung von Hummeln erfolgt durch Freiwillige entlang festgelegter 500 m langer Transekte auf den LUCAS-Flächen (ein Transekt pro Fläche). Die Transekte werden monatlich von März bis Oktober begangen. Ausschließlich anhand Belegfotos validierte Bestimmungen fließen in die Auswertung ein.
Berechnung	$E = \frac{H}{\ln(S)} = \frac{-\sum p_i \cdot \ln p_i}{\ln(S)} \text{ mit } p_i = \frac{n_i}{n}$ Die ‚Evenness Hummeln‘ E berechnet sich aus der Division des Shannon-Wiener-Index H durch den Logarithmus des Artenreichtums S. Hierbei beschreibt p_i den Anteil einer Art (eines Komplexes) i an der Gesamtzahl aller Individuen n der Stichprobe.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 1x1 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird gemittelt über alle beprobten LUCAS-Flächen auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von Transekten erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Subindikator nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Je höher der Wert, desto ausgewogener sind die Individuenzahlen auf die vorkommenden Arten(-Komplexe) verteilt. Bei Werten gegen 0 liegt eine starke Ungleichverteilung der Individuen auf die einzelnen Arten(-Komplexe) vor. Stichproben mit geringerer Evenness sind im Vergleich zu anderen mit gleichen Arten(-Komplexen) und ausgewogener Verteilung weniger divers.
Limitierung(en)	Der Grad der Auflösung der Artbestimmung variiert, da Hummeln morphologisch anhand von Fotos nicht immer auf Artniveau bestimmt werden können. Somit fließen Arten und Artenkomplexe in den Subindikator ein. Diese Einschränkungen sind einheitlich für alle Untersuchungsflächen, sodass ein Vergleich zwischen Untersuchungsflächen und über die Zeit möglich ist.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (20): Abundanzen von Hummeln

Ökologische Relevanz	Hummeln gehören zu den wichtigsten Bestäubern und sind essentiell für die agrarwirtschaftliche Produktion zahlreicher Kultur- und mit Agrarflächen assoziierter Wildpflanzen.
Beschreibung	Der Indikator ‚Abundanz‘ beschreibt die Summe der auf den Stichprobenflächen (LUCAS-Flächen) nachgewiesenen Hummel-Individuen einer Art. Die Abundanzen von Hummeln erlauben Rückschlüsse auf Populationsentwicklungen und die Funktionsweise von Gemeinschaften.
Datengrundlage	Die Erfassung von Hummeln erfolgt durch Freiwillige entlang festgelegter Transekte auf den LUCAS-Flächen (ein Transekt pro Fläche). Die Transekte werden monatlich von März bis Oktober begangen. Ausschließlich anhand Belegfotos validierte Bestimmungen fließen in die Auswertung ein.
Berechnung	Anzahl der mit Belegfoto dokumentierten Hummel-Individuen einer Art pro Transekt einer LUCAS-Fläche pro Jahr, geteilt durch die Anzahl an Begehungen des Transekts im selben Zeitraum.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 1x1 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird gemittelt über alle beprobten LUCAS-Flächen auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von Transekten erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Indikator ‚Abundanzen von Hummeln‘ erlaubt Rückschlüsse auf Populationsentwicklungen.
Limitierung(en)	Aufgrund der eusozialen Lebensweise von Hummeln können aus den Individuenzahlen nicht direkt Rückschlüsse auf effektive Populationsgrößen gezogen werden.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (21): Anteil Rote-Liste-Arten Hummeln

Ökologische Relevanz	Die Rote Liste beschreibt den Gefährdungsgrad von Arten. Der Anteil an Rote-Liste-Arten an der Gesamtartenzahl ist ein Zeiger für Habitatqualität.
Beschreibung	Der Indikator 'Anteil Rote-Liste-Arten Hummeln' beschreibt das Verhältnis nachgewiesener Hummel-Arten, welche nach der Roten Liste Deutschlands (Bezug auf die jeweils aktuelle Version der Roten Liste) in die Kategorie 0-3 und G (0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes) eingeordnet sind, zur Gesamtzahl der nachgewiesenen Hummel-Arten und -Artenkomplexe pro LUCAS-Fläche. Rote-Liste-Arten dienen als Zeiger für spezifische Handlungsbedarfe und können als Grundlage zur Entwicklung zielgerichteter Maßnahmen zum Schutz und zur Aufwertung von Habitaten genommen werden.
Datengrundlage	Die Erfassung von Hummeln erfolgt durch Freiwillige entlang festgelegter 500 m langer Transekte auf den LUCAS-Flächen (ein Transekt pro Fläche). Die Transekte werden monatlich von März bis Oktober begangen. Ausschließlich anhand Belegfotos validierte Bestimmungen fließen in die Auswertung ein.
Berechnung	Verhältnis Rote-Liste-Arten (Kategorie 0-3 und G) zur Gesamtzahl nachgewiesener Hummel-Arten und -Artenkomplexe pro Jahr.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 1x1 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird gemittelt über alle beprobten LUCAS-Flächen auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von Transekten erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Indikator nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Je höher der Wert, desto größer ist der Anteil an Rote-Liste-Hummel-Arten einer LUCAS-Fläche. Ein hoher Anteil an Rote-Liste-Arten kann auf eine Landschaft mit besonders wertvollen Habitaten hindeuten.
Limitierung(en)	Sprunghafte Veränderungen des Subindikators können sich ergeben, wenn Arten der Roten Liste hinzugefügt werden oder von ihr entfernt werden. Da Hummeln zum Teil morphologisch nur auf Artenkomplex-Niveau bestimmt werden können, wird für den Indikator ein Wertebereich angegeben, bei dem für das Minimum nur morphologisch eindeutig bestimmbare Arten in die Berechnung einfließen. Für das Maximum werden auch Artenkomplexe, die Rote-Liste-Arten beinhalten, berücksichtigt.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

II 2.2.1.2 Hohlraumnistende Wildbienen

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Biodiversität

Ansprechpartner: Jens Dauber (jens.dauber@thuenen.de), Wildbienen-Monitoring (wildbienen@thuenen.de)

Mitwirkende: Niels Hellwig, Lasse Krüger, Leonie Lakemann, Lara Lindermann, Sophie Ogan, Wiebke Sickel, Frank Sommerlandt, Johanna Stahl

In Deutschland sind etwa 600 Wildbienenarten nachgewiesen, von denen ca. 30 % generell in Hohlräumen und ca. 8 % in künstlich angelegten Hohlräumen nisten (Lindermann et al. 2023). Besonders strukturelle Veränderungen in Agrarlandschaften, die oftmals ihre Nisthabitate (oberirdische Hohlräume z. B. in Pflanzenstängeln und Gehölzen) betreffen, machen den sogenannten hohlraumnistenden Wildbienen zu schaffen. Darüber hinaus sind sie darauf angewiesen, innerhalb ihrer Flugdistanzen von wenigen hundert Metern geeignete Nahrungsressourcen und Nistmaterial vorzufinden. Damit gelten hohlraumnistende Wildbienen als Struktur- und Maßnahmenindikatoren in Agrarlandschaften.

Stichprobenkulisse: Basierend auf dem europaweiten LUCAS-Gitter (Eurostat 2022) wird eine Stichprobenkulisse aus 3x3 km² großen Flächenquadraten auf nationaler Ebene abgeleitet. Das Stichprobendesign sieht insgesamt 950 Flächenquadrate vor (siehe [Thünen-Atlas](#), Hellwig et al. 2024), die die Agrarlandschaft Deutschlands repräsentativ abdecken (jedes Flächenquadrat umfasst mindestens 30 % landwirtschaftliche Nutzfläche).

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie – Aktionsprogramm Insektenschutz- EU-Bestäuber-Initiative - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur – Farm-To-Fork-Strategie - Gemeinsame Agrarpolitik - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

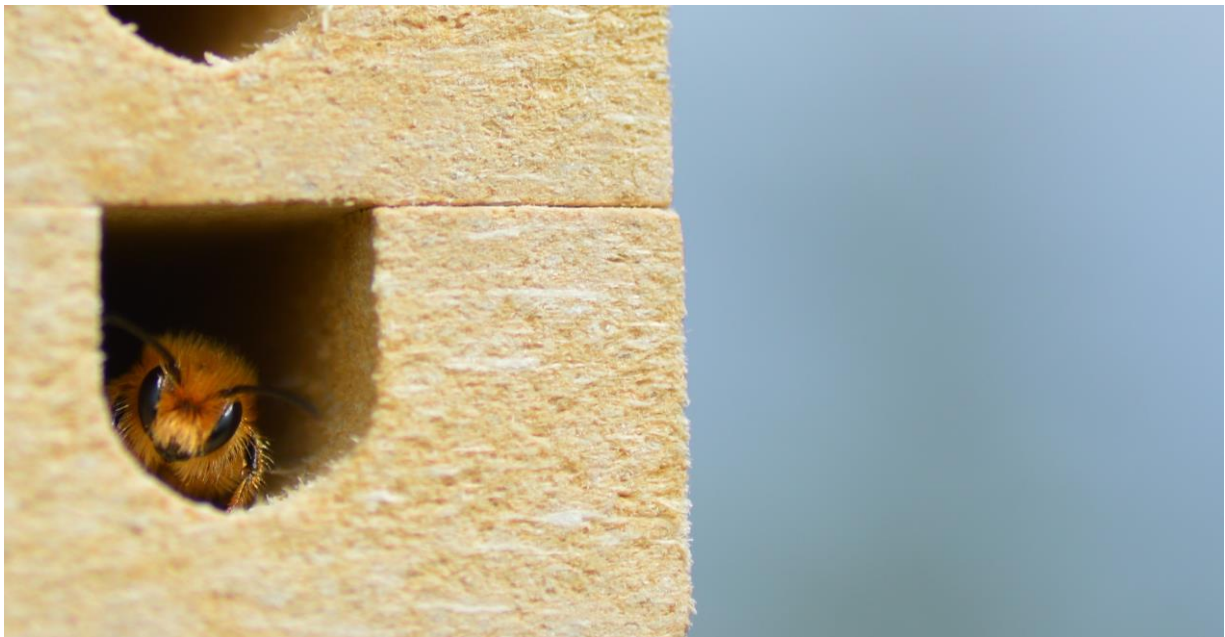


Abb. 40 Ein Männchen der Schöterich-Mauerbiene *Osmia brevicornis* verlässt die standardisierte Nisthilfe. (© L. Lindermann, Thünen-Institut).

Indikator (22): Diversität hohlraumnistender Wildbienen
Subindikator (22a): Artenreichtum hohlraumnistender Wildbienen

Ökologische Relevanz	Die Vielfalt hohlraumnistender Wildbienen ist neben der Diversität weiterer Bestäuber essentiell für die Produktivität und Resilienz der agrarwirtschaftlichen Produktion zahlreicher Kultur- und mit Agrarflächen assoziierter Wildpflanzen.
Beschreibung	Der Subindikator ‚Artenreichtum hohlraumnistender Wildbienen‘ beschreibt die Anzahl der in Nisthilfen nachgewiesenen Wildbientaxa einer LUCAS-Fläche. Die Anzahl verschiedener Taxa (= Arten oder Artengruppen) dient als Proxy für die Vielfalt der oberirdisch hohlraumnistenden Wildbienen-Gemeinschaften.
Datengrundlage	In einem Zwei-Jahres-Rhythmus werden die Daten für den Subindikator erhoben. Im ersten Erhebungsjahr wird durch Freiwillige monatlich zwischen April und September durch Fotos die Besiedlung der Nisthilfen einer LUCAS-Fläche dokumentiert (Bestimmung der Nisthilfe-Bewohner bis auf Gattungs- bzw. Artniveau, Lindermann et al. 2024). Im Folgejahr entnehmen Freiwillige aus den Nisthilfen organisches Material. Anhand der darin enthaltenen Umwelt-DNA (eDNA) werden weitere hohlraumnistende Wildbienen bis auf Artniveau identifiziert.
Berechnung	Die Summe der durch Fotos und eDNA-Analysen nachgewiesenen Wildbientaxa pro LUCAS-Fläche und Jahr.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 3x3 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von LUCAS-Flächen erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Artenreichtum hohlraumnistender Wildbienen gibt Auskunft darüber, wie viele Wildbienen-Taxa auf den LUCAS-Flächen erfolgreich Brutzellen in den aufgestellten Nisthilfen angelegt haben. Darüber hinaus kann er Auskunft über die Qualität und Quantität von Nahrungs- und Nistressourcen in der Agrarlandschaft geben.
Limitierung(en)	Bei der fotobasierten Bestimmung variiert der Grad der taxonomischen Auflösung, da hohlraumnistende Wildbienen anhand ihrer Brutzellen nicht immer auf Artniveau bestimmt werden können. Somit fließen Arten, Artenkomplexe und Gattungen in den Subindikator ein. Diese Einschränkungen sind einheitlich für alle Untersuchungsflächen, sodass ein Vergleich zwischen Untersuchungsflächen und über die Zeit möglich ist. Bei der eDNA-basierten Artbestimmung ist der Grad der taxonomischen Auflösung abhängig von den Qualitäten der untersuchten DNA. Eine Bestimmung auf Artniveau setzt eine hohe DNA-Qualität voraus.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (22): Diversität hohlraumnistender Wildbienen
Subindikator (22b): Simpson-Index hohlraumnistender Wildbienen

Ökologische Relevanz	Die Vielfalt hohlraumnistender Wildbienen ist neben der Diversität weiterer Bestäuber essentiell für die Produktivität und Resilienz der agrarwirtschaftlichen Produktion zahlreicher Kultur- und mit Agrarflächen assoziierter Wildpflanzen.
Beschreibung	Der Simpson-Index ist ein Diversitätsindex und dient als Proxy für die Vielfalt bzw. die Unterschiedlichkeit der in den Nisthilfen nachgewiesenen hohlraumnistenden Taxa. Er beschreibt somit die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig ausgewählte Individuen einer Stichprobe dem gleichen Taxon angehören.
Datengrundlage	Fotos von jedem Brettchen der Nisthilfen, welche Freiwillige monatlich zwischen April und September aufnehmen und an das Thünen-Institut übermitteln, wo die Auswertung durch Experten erfolgt.
Berechnung	$D = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)}$ Mit der Zahl S aller Taxa, Zahl n_i der Individuen eines Taxons und der Gesamtzahl n der Individuen aller Taxa. Die Anzahl der Individuen eines Taxons entspricht der Anzahl an erfolgreich entwickelten Brutzellen des entsprechenden Taxons.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 3x3 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von LUCAS-Flächen erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Indikator bezieht sowohl den Artenreichtum der Taxa als auch deren anteiliges Vorkommen innerhalb einer LUCAS-Fläche ein. D kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei Werte gegen 0 auf eine sehr geringe Diversität und Werte gegen 1 auf eine hohe Diversität schließen lassen. Je höher D , desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällige Individuen nicht zum gleichen Taxon gehören.
Limitierung(en)	Der Grad der taxonomischen Auflösung variiert, da hohlraumnistende Wildbienen anhand ihrer Brutzellen nicht immer auf Artniveau bestimmt werden können. Somit fließen Arten, Artenkomplexe und Gattungen in den Subindikator ein. Diese Einschränkungen sind einheitlich für alle Untersuchungsflächen, sodass ein Vergleich zwischen Untersuchungsflächen und über die Zeit möglich ist.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (22): Diversität hohlraumnistender Wildbienen
Subindikator (22c): Evenness hohlraumnistender Wildbienen

Ökologische Relevanz	Die Vielfalt hohlraumnistender Wildbienen ist neben der Diversität weiterer Bestäuber essentiell für die Produktivität und Resilienz der agrarwirtschaftlichen Produktion zahlreicher Kultur- und mit Agrarflächen assoziierter Wildpflanzen.
Beschreibung	Der Subindikator Evenness stellt den Grad der Gleichverteilung von Taxa in einer Stichprobe dar. Die Evenness ergänzt den Aspekt des Artenreichtums um Angaben zur relativen Häufigkeit verschiedener Taxa, die die Nisthilfen besiedeln. Anhand der Gleichverteilung von Taxa in einer Stichprobe kann auf den Anteil dominanter Arten geschlossen werden.
Datengrundlage	Fotos von jedem Brettchen der Nisthilfen, welche Freiwillige monatlich zwischen April und September aufnehmen und an das Thünen-Institut übermitteln, wo die Auswertung durch Experten erfolgt.
Berechnung	$E = \frac{H}{\ln(S)} = \frac{-\sum_i p_i * \ln p_i}{\ln(S)} \text{ mit } p_i = \frac{n_i}{n}$ Die Evenness E berechnet sich aus der Division des Shannon-Wiener-Index H durch den Logarithmus des Artenreichtums S. Hierbei beschreibt p_i den Anteil eines Taxons i an der Gesamtzahl aller Individuen n der Stichprobe.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 3x3 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Dort, wo es die räumliche Abdeckung von LUCAS-Flächen erlaubt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Subindikator nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Je höher der Wert, desto ausgewogener sind die Individuenzahlen auf die vorkommenden Taxa verteilt. Bei Werten gegen 0 liegt eine starke Ungleichverteilung der Individuen auf die einzelnen Taxa vor. Stichproben mit einzelnen stark vertretenen Taxa und damit geringerer Evenness sind im Vergleich zu anderen mit gleicher Taxazahl und ausgewogener Verteilung weniger divers.
Limitierung(en)	Der Grad der taxonomischen Auflösung variiert, da hohlraumnistende Wildbienen anhand ihrer Brutzellen nicht immer auf Artniveau bestimmt werden können. Somit fließen Arten, Artenkomplexe und Gattungen in den Subindikator ein. Diese Einschränkungen sind einheitlich für alle Untersuchungsflächen, sodass ein Vergleich zwischen Untersuchungsflächen und über die Zeit möglich ist.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (23): Anteil Rote-Liste-Arten hohlraumnistender Wildbienen

Ökologische Relevanz	Die Rote Liste beschreibt den Gefährdungsgrad von Arten. Der Anteil an Rote-Liste-Arten an der Gesamtartenzahl ist ein Zeiger für spezifische Handlungsbedarfe und kann als Grundlage zur Entwicklung für zielgerichtete Maßnahmen zum Schutz und zur Aufwertung von Habitaten genommen werden.
Beschreibung	Der Indikator 'Anteil Rote-Liste-Arten' beschreibt das Verhältnis von nachgewiesenen Wildbienen-Taxa, welche nach der Roten Liste Deutschlands (Bezug auf die jeweils aktuelle Version der Roten Liste) in die Kategorie 0-3 und G (0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes) eingeordnet sind, zur Gesamtzahl nachgewiesener Wildbienen-Taxa pro LUCAS-Fläche pro Jahr.
Datengrundlage	Freiwillige entnehmen im zweiten Standjahr aus den Nisthilfen das organische Material. Anhand der darin enthaltenen Umwelt-DNA (eDNA) werden hohlraumnistende Wildbienen bis auf Artniveau identifiziert.
Berechnung	Verhältnis Rote-Liste-Arten (Kategorie 0-3 und G) zur Gesamtzahl hohlraumnistender Wildbienenarten pro LUCAS-Fläche pro Jahr.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 3x3 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von LUCAS-Flächen erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Indikator nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Je höher der Wert, desto größer ist der Anteil an Rote-Liste-Arten pro LUCAS-Fläche. Ein hoher Anteil an Rote-Liste-Arten kann auf eine Landschaft mit aus Sicht der hohlraumnistenden Wildbienen besonders wertvollen Habitaten hindeuten.
Limitierung(en)	Sprunghafte Veränderungen des Indikators können sich ergeben, wenn Arten der Roten Liste hinzugefügt werden oder von ihr entfernt werden. Die Häufigkeit der verschiedenen Taxa wird hierbei nicht berücksichtigt. Häufig vorkommende und seltene Arten fließen somit gleichwertig in die Indikatorberechnung ein. Bei der eDNA-basierten Artbestimmung ist der Grad der taxonomischen Auflösung abhängig von der Qualität der untersuchten DNA. Eine Bestimmung auf Artniveau setzt eine hohe DNA-Qualität voraus.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (24): Phylogenetische Diversität

Ökologische Relevanz	Phylogenetische Diversität wird als wichtiger Faktor für die Resilienz von Artengemeinschaften angesehen.
Beschreibung	Der Indikator beschreibt die phylogenetische Vielfalt (Faith's PD) innerhalb der mittels eDNA nachgewiesenen Wildbienenarten und dient als Proxy für die allgemeine Anpassungsfähigkeit von Wildbienen-Gemeinschaften.
Datengrundlage	Freiwillige entnehmen im zweiten Standjahr aus den Nisthilfen das organische Material. Anhand der darin enthaltenen Umwelt-DNA (eDNA) werden hohlraumnistende Wildbienen bis auf Artniveau identifiziert. Die Daten werden mittels DNA-Metabarcoding und Hochdurchsatz-Sequenzierung erhoben.
Berechnung	Faith's Phylogenetische Diversität (PD) ist die Summe aller Kantenlängen des phylogenetischen Baums, der alle nachgewiesenen taxonomischen Einheiten enthält (Faith 1992).
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 3x3 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Dort, wo es die räumliche Abdeckung von LUCAS-Flächen erlaubt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Der Indikator nimmt Werte von 0 bis unendlich an. Höhere Werte des Indikators implizieren eine größere phylogenetische Vielfalt.
Limitierung(en)	Die Phylogenie wird auf Basis eines Teil-Fragments des COI-Gens der nachgewiesenen Wildbienen-Taxa berechnet. Die Häufigkeit der verschiedenen Taxa wird hierbei nicht berücksichtigt. Häufig vorkommende und seltene Arten fließen somit gleichwertig in die Indikatorberechnung ein. Der Zeitversatz zwischen Nisthilfe-Besiedlung und Datenverfügbarkeit beträgt etwa zwei Jahre.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (25): Genutzte Nahrungs- und Nistressourcen aus der Agrarlandschaft

Ökologische Relevanz	Die Bestimmung der von Wildbienen genutzten Nahrungs- und Nistressourcen ermöglicht Rückschlüsse auf Habitateigenschaften der umgebenden Agrarlandschaft.
Beschreibung	Der Indikator ‚Nahrungs- und Nistressourcen‘ beschreibt mittels DNA-Sequenzierung nachgewiesene Pflanzenarten in den pflanzlichen Rückständen (gesammelte Pollen und eingetragenes Nistmaterial) der Nisthilfen. Mit ihm wird erfasst, welche und wie viele Pflanzenarten hohlraumnistende Wildbienen als Ressourcen nutzen. Darüber hinaus gibt der Indikator Auskunft über das Verhältnis genutzter Ressourcen von Wild- zu Kulturarten.
Datengrundlage	Die Daten werden mittels DNA-Metabarcoding und Hochdurchsatz-Sequenzierung erhoben. Die Proben werden aus den Hinterlassenschaften in den Nisthilfen gezogen.
Berechnung	Die Summe der mittels DNA-Metabarcoding nachgewiesenen Pflanzentaxa Der Anteil von Kulturarten an der Gesamtheit der nachgewiesenen Pflanzentaxa
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der 3x3 km ² großen LUCAS-Flächen berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung von LUCAS-Flächen erlaubt kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	1) Der Indikator gibt Auskunft darüber, wie viele Pflanzen-Taxa von hohlraumnistenden Wildbienen und Wespen als Ressource genutzt werden (Pollen oder Nestbau-Material). Je höher der Wert, desto mehr Pflanzen-Taxa werden als Ressource genutzt. 2) Der Indikator gibt Auskunft darüber, welchen Anteil Ackerfrüchte als Ressource für hohlraumnistende Wildbienen und Wespen einnehmen. Er nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Je höher der Wert, desto mehr Ackerfrüchte im Vergleich zu anderen Pflanzen-Taxa werden als Ressource genutzt.
Limitierung(en)	Hierbei werden keine quantitativen Betrachtungen berücksichtigt. Häufig vorkommende und seltene Pflanzen-Taxa sind gleich gewichtet. Die genutzten pflanzlichen Ressourcen werden auf Ebene der Gesamtgemeinschaft hohlraumnistender Wildbienen und Wespen betrachtet. Eine Untersuchung auf Ebene einzelner hohlraumnistender Taxa ist nicht möglich. Der Zeitversatz zwischen Nisthilfen-Besiedlung und Datenverfügbarkeit beträgt etwa zwei Jahre.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

II 2.2.1.3 Wildbienen-Habitate

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Biodiversität

Ansprechpartner: Jens Dauber (jens.dauber@thuenen.de), Wildbienen-Monitoring (wildbienen@thuenen.de)

Mitwirkende: Niels Hellwig, Lasse Krüger, Leonie Lakemann, Lara Lindermann, Sophie Ogan, Wiebke Sickel, Frank Sommerlandt, Johanna Stahl

Das Vorkommen und die Verbreitung von Wildbienenarten in der Agrarlandschaft lässt sich wesentlich auf die Ausstattung der Landschaft im Hinblick auf die Habitatansprüche der Wildbienen zurückführen (Hellwig et al. 2022). Insbesondere die Habitatvielfalt, Habitatkonnektivität und Landnutzungsintensität sind wichtige Landschaftsmerkmale, die die Verfügbarkeit von Nahrung, Nistmöglichkeiten und Nistmaterial für Wildbienen beeinflussen. Diese Merkmale lassen sich als wildbienenspezifische Komposit-Indikatoren aus den bereits im Bereich Lebensraumvielfalt vorgestellten Indikatoren berechnen.

Die Habitatvielfalt gibt die Verfügbarkeit verschiedener Nahrungs- und Nistressourcen für Wildbienen in der Agrarlandschaft wieder und lässt sich aus den folgenden Indikatoren ableiten:

1. Komposition der Landschaft (Kap. 2.1.1) als Proxy für die allgemeine Habitatvielfalt für Wildbienen sowie für Nisthabitate bodennistender Wildbienen,
2. Flächenindex gehölz betonter Landschaftselemente (Kap. 2.1.4) als Proxy für Nisthabitate für oberirdisch nistende Wildbienen und
3. Komposition der Landnutzung / Anbauvielfalt (Kap. 2.1.2) kombiniert mit Pollen- und Nektarwerten als Proxy für Nahrungshabitate für Wildbienen.

Die **Habitatkonnektivität** umfasst die räumliche Verknüpfung von Wildbienen-Habitaten in der Agrarlandschaft und lässt sich aus den Indikatoren zur Konfiguration der Landschaft (Kap. 2.1.1) und Konfiguration der Landnutzung (Kap. 2.1.2) ableiten. In intensiv genutzten Agrarlandschaften bietet eine stärker strukturierte Landschaft mit kleinen Flächengrößen ein größeres Potenzial, dass verschiedene Habitatansprüche bezüglich Nahrungs- und Nistressourcen auf kleinem Raum gleichzeitig erfüllt werden.

Die **Landnutzungsintensität** umfasst einerseits die durch intensive Bewirtschaftung gegebene Gefährdung für Wildbienen, die zu einer geringeren Eignung als Lebensraum führt, andererseits Maßnahmen zur Nutzungsintensivierung, die die Förderung der Biodiversität in Agrarlandschaften zum Ziel haben. Sie lässt sich aus den folgenden Indikatoren ableiten:

Komposition der Landnutzung / Anbauvielfalt kombiniert mit Pestizidanwendungswerten aufgrund der aus bisherigen Studien naheliegenden negativen Effekte der Pestizidanwendung, Nutzungsintensität Grünland / Mahdhäufigkeit und -zeitpunkte (Kap. 2.1.3) aufgrund der abrupten Entfernung von Blühressourcen durch Grünlandschnitte, Nutzungsintensität Grünland / Viehbesatz (Kap. 2.1.3) und Maßnahmen zur Förderung der Wildbienenvielfalt aus dem Indikatoren-Set Agrarumweltmaßnahmen (Kap. 2.1.5).

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie – Aktionsprogramm Insektenschutz- EU-Bestäuber-Initiative - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur – Farm To Fork-Strategie - Gemeinsame Agrarpolitik - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

II 2.2.2 Honigbienen

Bearbeitendes Institut:

Julius Kühn-Institut, Institut für Bienenschutz

Ansprechpartner: André Krahner (andre.krahner@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Oleg Lewkowski, Wiebke Kämper, Dorothee Lüken, Harmen Hendriksma, Henri Greil, Abdulrahim Alkassab, Jens Pistorius

Die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen ist neben der wirtschaftlichen Bedeutung von Bienenprodukten die herausragendste Leistung der westlichen Honigbiene und unverzichtbar für eine effiziente agrarwirtschaftliche Produktion. Aufgrund der jahrhundertelangen Erfahrung in Haltung und Pflege ist die Honigbiene im Gegensatz zu vielen anderen relevanten Bestäubern in großer Volksstärke leicht zu managen und als Generalist vielseitig als Bestäuber einsetzbar. Ein Monitoring der Honigbienenpopulation ist für den Erhalt und die Förderung dieses essentiellen Elements der Agrarwirtschaft unerlässlich. In einem vertiefenden sowie Langzeittrend-Monitoring werden die Bedeutung der Agrarlandschaft und der Einfluss und die Effektivität von Fördermaßnahmen auf Honigbienen untersucht. Bereits etablierte Monitoringprojekte sollen integriert und um weitere Parameter (i. B. Landschaftsdaten aus der Fernerkundung) ergänzt werden. Das Ziel dieses Moduls umfasst eine flächendeckende, bundesweite Erfassung von Trends und Indikatoren der Honigbienenenvitalität, wie die Demographie, Leistung, Gesundheit und die Nahrungsnutzung der Honigbiene. Hierzu werden neben historischen Aufzeichnungen und Daten aus konventionellen Methoden (z. B. Populationsschätzungen, Pollenanalysen) auch bundesweit hochaufgelöste Messdaten mittels etablierter Technik (z. B. Daten aus digitalen Stockwaagen, Fernerkundung) und zum Teil in Entwicklung befindlicher Messgeräte (z. B. digitale Flugbienenzähler) erhoben, um Subindikatoren für Volksentwicklung und Honigbienenenvitalität abzuleiten und mit anderen Datenquellen zu integrieren. Die so erzeugten Datensätze sollen mittels state-of-the-art Methoden von räumlich-zeitlichen Analysen stetig aktualisiert und zur Vorhersage von Parametern und Modellierung genutzt werden, um ein umfassendes Bild von historischen sowie aktuellen Entwicklungen und Trends geben zu können.

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie - GAK-Rahmenplan - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

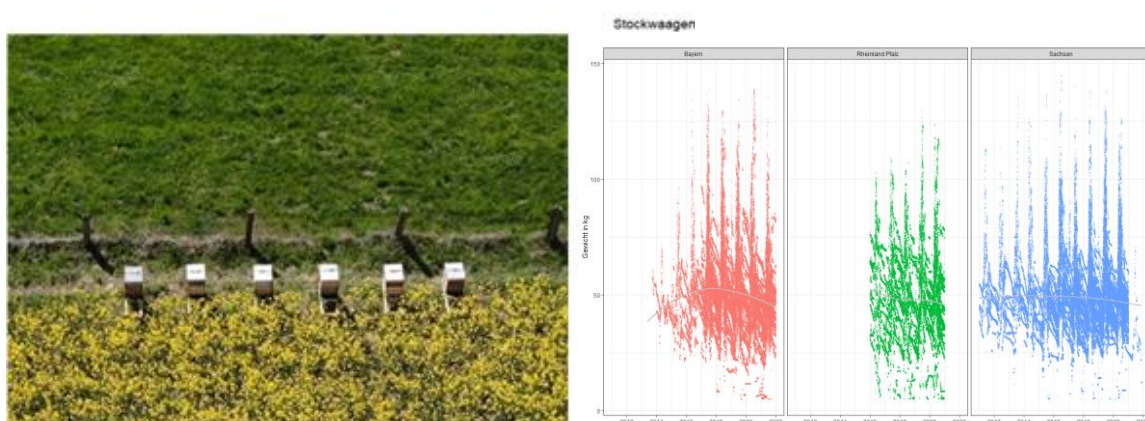


Abb. 41 Links: Monitoring-Völker in der Agrarlandschaft (© JKI); Rechts: Mehrjährige Stockwaagendaten von Monitoring-Völkern aus drei Bundesländern. (© JKI).

Indikator (27): Honigbienenvitalität**Subindikator (27a): Demographie**

Ökologische Relevanz	Die Honigbienenvitalität ist neben der Diversität und Vitalität der Wildbienen essentiell für die agrarwirtschaftliche Produktion zahlreicher Kulturpflanzen und mit Agrarflächen assoziierte Landschaftsstrukturen.
Beschreibung	Demographie beschreibt die Volksentwicklung der Honigbienenvölker. Dieser Subindikator leitet sich aus der jährlichen Volksmortalität ab. Die Volksentwicklung (i. B. Winterverluste als Folge der Wintermortalität) gibt einen soliden Einblick in den regionalen und überregionalen Zustand der Bienenstände und die Populationsentwicklung.
Datengrundlage	Die Bestimmung der Volksmortalität (jährlich veränderliche Zahl teilnehmender Imkereien; im Jahr 2021/ 22: 105) wird anhand von Imkerabfragen durchgeführt. Sowohl Volksentwicklung als auch Volksmortalität werden mit Stockwaagendaten ergänzt bzw. verifiziert. Die jährliche Volksentwicklung wird mit Hilfe von Populationsschätzungen (Liebefeld-Methode: Wabenbelegung durch Brut, Futter und Arbeiterinnen) an ausgewählten Standorten ergänzt. Die Ableitung der Populationsentwicklung anhand von Stockwaagendaten wird erprobt und weiterentwickelt.
Berechnung	Winterverlustrate: $M_w = \left(1 - \frac{V_f}{V_h}\right) * 100\%$ Die Winterverluste von Honigbienenvölkern errechnen sich aus dem Verhältnis aller im Frühjahr ausgewinterten V_f geteilt durch alle im Herbst eingewinterten Monitoringvölker V_h
Räumliche Berichtsebene	Der auf den Daten der am Monitoring teilnehmenden Imker berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Je nach Verteilung und Größe der Flächenstichprobe kann die nationale Berichtsebene um agrarraum- oder bundeslandspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator ab 2025 vollständig jährlich berichtet.
Interpretation	Das Verhältnis von eingewinterten und ausgewinterten Völkern ergibt ein solides Maß der Winterverluste der wirtschaftlichen Völker und wird in Prozent ausgedrückt. Als Referenz dient hier die über die letzten 17 Jahre durchschnittliche Winterverlustrate von 12,5 %. Die Winterverluste stehen in enger Beziehung mit dem Subindikator Gesundheit und hier vor allem mit dem Varroabefall. Mit der Integration von mehr Parametern, Stockwaagendaten und komplexeren Modellen kann ein differenzierteres und detaillierteres Bild von Jahresverläufen und Trends berichtet werden
Limitierung(en)	Die bundesweit ermittelte Zahl an Honigbienenvölkern wird als Gesamtzahl aller ermittelten Völker aus Imkervereinen und Imkereien berichtet und bleibt somit nur eine Schätzung. Die bundesweite Gesamtentwicklung der Demographie kann nicht die z. T. stark schwankenden regionalen Entwicklungen abbilden.



Status Beispielhafte Darstellung

Honigbienenvitalität - Demographie

Der Deutschen Imkerbund meldete im Jahr 2022 laut eigenen Erhebungen deutschlandweit ca. 996.000 Bienenvölker. Das ist eine Zunahme von 1,4 % im Vergleich zum Vorjahr. Für den Winter 2021/22 wurde von Monitoring-Imkern des Deutschen Bienen Monitorings (DeBiMo) 18,3 % Volksverluste (bei 992 Monitoring-Völkern) gemeldet und diese lagen damit etwas höher als die letzten Jahre.

Mittel- und langfristige Trends

Die Winterverluste bleiben in den letzten 10 Jahren trotz zum Teil starker jährlicher Schwankungen und regionaler Unterschiede auf einem gleichbleibenden Niveau.

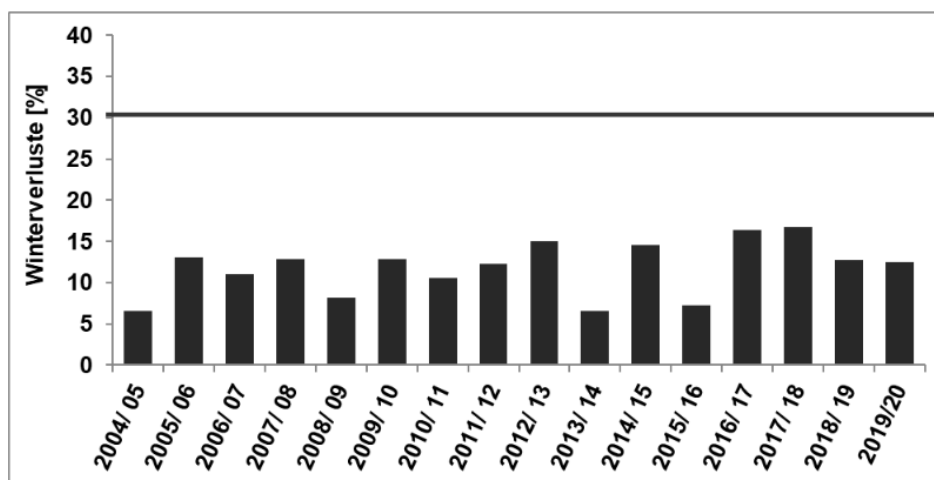


Abb. 42 Relative Winterverluste: Winterverluste bezogen auf Gesamtzahl aller Völker von Monitoring Imkern (© DeBiMo).

Bemerkungen

Mit der Integration von Umweltparametern, Stockwaagendaten und komplexeren Modellen kann ein differenzierteres und detaillierteres Bild von Jahresverläufen und Trends berichtet werden.

Indikator (27): Honigbienenvitalität**Subindikator (27b): Leistung**

Ökologische Relevanz	Die Honigbiene ist als Bestäuber nicht nur agrarwirtschaftlich relevant, sondern hat auch eine wichtige Bedeutung für die Bestäubung von mit Agrarwirtschaft assoziierten Flächen sowie natürlicher bzw. naturnaher Landschaften.
Beschreibung	Leistung beschreibt die Wirtschaftlichkeit der Honigbienenvölker und wird aus der Volksgewichtsentwicklung und dem Honigertrag ermittelt. Das Gesamtgewicht der Völker steht in enger Beziehung zum Honigertrag. Hierbei beschreibt der Honigertrag vor allem die Wirtschaftlichkeit aus Sicht der Imkerschaft. Jedoch übersteigt der volkswirtschaftliche Nutzen der Bestäubungsleistung der Honigbiene den der Honigproduktion bei Weitem.
Datengrundlage	Volksgewichtsänderungen werden (neben weiteren Parametern wie Temperatur, Feuchtigkeit) kontinuierlich mit Hilfe von digitalen Stockwaagen an ausgewählten Standorten erhoben. Die Zahl der Monitoring-Teilnehmer schwankt jährlich, ist aber in der Tendenz steigend (aktuell bundesweit 640). Ergänzend werden Imkerabfragen zum Honigertrag durchgeführt und mit Daten aus weiteren Quellen wie z. B. des Deutschen Imkerbunds und des BMEL zusammengeführt.
Berechnung	Volksgewichtsentwicklung: $G = \frac{\sum \Delta G}{V_z}$ Die Volksgewichtsentwicklung G wird aus den monatlichen durchschnittlichen Gewichtsänderungen des Volkes ΔG geteilt durch die Zahl aller betrachteten Völker V_z errechnet. Dabei werden saisonale Zeiträume (z. B. im Frühjahr) als auch gesamte Jahresverläufe betrachtet. Honigertrag: $H_E = \frac{\sum E_j}{V_z}$ Die Berechnung des durchschnittlichen Honigertrags H_E erfolgt aus der Summe aller Gesamterträge eines Jahres E_j geteilt durch die Zahl aller betrachteten Völker V_z.
Räumliche Berichtsebene	Der auf den Daten der am Monitoring teilnehmenden Imker berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Je nach Verteilung und Größe der Flächenstichprobe kann die nationale Berichtsebene um agrarraum- oder bundeslandspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich berichtet werden.
Interpretation	Die durchschnittliche monatliche Gesamtgewichtszunahme der Völker korreliert mit dem Honigertrag. Der Honigeintrag im Zusammenhang mit Gewichtszunahme dient der Abschätzung der Bestäubungsleistung der Honigbienen. Dabei entspricht die Stärke einer positiven Gewichtsänderung im Frühjahr und Frühsommer sowie ein hoher Honigjahresertrag einer hohen Bestäubungsleistung der Völker.
Limitierung(en)	Die bundesweite Gesamtentwicklung der Leistung kann nicht die z.T. stark schwankenden regionalen Entwicklungen abbilden. Extreme Wetterereignisse erschweren die Interpretation.



Status Beispielhafte Darstellung

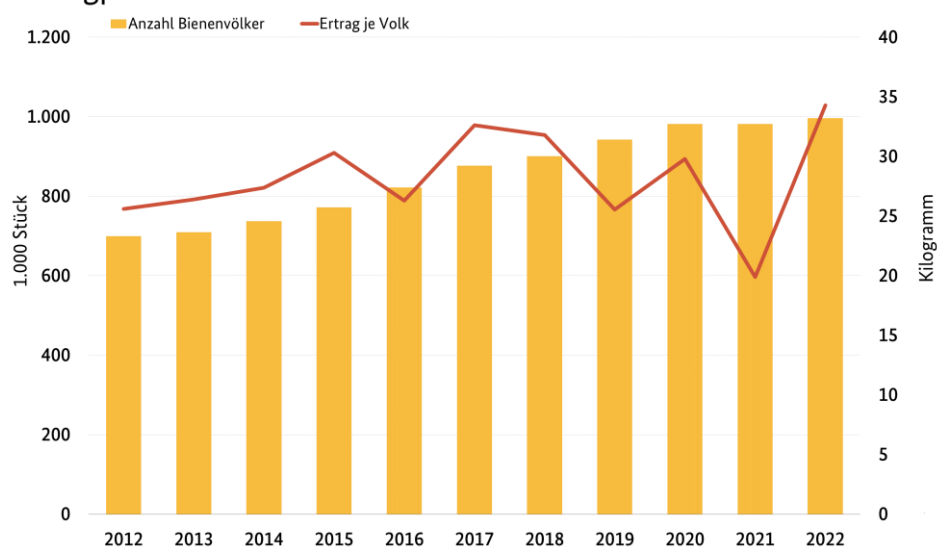
Honigbienenvitalität - Leistung

Der durchschnittliche Honigertrag pro Volk stieg nach Angaben des DeBiMo im Jahr 2022 auf 34,46 kg im Vergleich zu 19,22 kg im Vorjahr an. Insgesamt wurden 34.116 Tonnen Honig erzeugt.

Mittel- und langfristige Trends

Mit der bundesweiten Zunahme der Honigbienenvölker in der Bundesrepublik in den letzten 10 Jahren folgt auch der Honigertrag, trotz Schwankungen diesem allgemeinen Trend.

Honigproduktion in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt, GENESIS-online Datenbank, Code: 51000-0013, Abruf am 23.03.2023; BLE (414).

Abb. 43 Gegenüberstellung von Gesamtvolkerzahl und Honigertrag pro Volk in Kilogramm der letzten 10 Jahre im Vergleich.

Bemerkungen

Mit der Integration von Umweltparametern, Stockwaagendaten und komplexeren Modellen kann ein differenzierteres und detaillierteres Bild von Jahresverläufen und Trends berichtet werden.

Indikator (27): Honigbienenvitalität**Subindikator (27c): Gesundheit**

Ökologische Relevanz	Die Honigbienengesundheit steht aufgrund von Überlappung des Krankheitserregerspektrums mit Wildbienen und anderen Insektengruppen in Beziehung.
Beschreibung	Der Subindikator Gesundheit beschreibt den Einfluss von Stressoren, d.h. Pathogenen, Parasiten sowie Pflanzenschutzmittel (PSM)-Rückstände, auf die Honigbiene. Der Fokus liegt auf der Varroa-Milbe (<i>Varroa destructor</i>) und dem bakteriellen Erreger (<i>Paenibacillus larvae</i>) der Amerikanischen Faulbrut (AFB). PSM-Rückstände geben einen Aufschluss über die Exposition von Honigbienen gegenüber verschiedenen PSM in Agrarlandschaften und stellen eine potentiell bedeutsame Kovariable in der Bienengesundheit dar.
Datengrundlage	Die Bienengesundheit wird anhand der stichprobenartigen Beprobung der Monitoringvölker und über den spezifischen Nachweis von relevanten Pathogenen und Parasiten sowie Rückstandsanalysen ermittelt. Dazu werden sowohl Honigbienenprodukte als auch Honigbienen bzw. deren Brut beprobt und mit etablierten Methoden analysiert. Der Nachweis erfolgt je nach Erreger bzw. Parasit mit Hilfe von molekularbiologischen bzw. mikroskopischen Methoden oder durch das Auszählen von Individuen pro Bienenstichprobe.
Berechnung	Varroa-Milben-Prävalenz bzw. AFB-Erreger-Prävalenz: $P = \frac{C}{V_z}$ Prävalenz P (als Prozent befallener Völker mit 100 multipliziert) errechnet sich aus der Zahl aller nachgewiesener Fälle C (Varroa Milbe bzw. AFB-Erreger) durch die Zahl aller bundesweit bzw. landesweit untersuchten Völker V_z (National- bzw. Landesebene).
Räumliche Berichtsebene	Der auf den Daten der am Monitoring teilnehmenden Imker berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Je nach Verteilung und Größe der Flächenstichprobe kann die nationale Berichtsebene um agrarraum- oder bundeslandspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator ab 2025 vollständig jährlich berichtet.
Interpretation	Die Stärke des Varroabefalls ist positiv mit Winterverlusten korreliert. Bei einer Varroabefallsrate ab 6 % besteht für Bienenvölker ein erhöhtes Risiko, den Winter nicht zu überleben. Beim Nachweis des AFB-Erregers müssen auch kleine Befallsraten und einzelne Fälle aufmerksam beobachtet werden, da dieser Erreger sehr ansteckend ist (anzeigepflichtige Tierseuche). Die Zahl der nachgewiesenen PSM-Wirkstoffe dient als ein Überblick der Exposition von Honigbienen gegenüber unterschiedlichen Wirkstoffen in der Agrarlandschaft.
Limitierung(en)	Das Auftreten und die Ausbreitung von Erkrankungen können regional und saisonal sehr stark variieren. Die Gefährdung durch importierte Seuchen und Parasiten hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. Daher können jederzeit neue Erkrankungen bzw. Parasiten auftreten, die nicht erfasst werden.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (27): Honigbienenvitalität
Subindikator (27d): Nahrungsnutzung

Ökologische Relevanz	Die Honigbienenvitalität ist neben der Diversität und Vitalität der Wildbienen essentiell für die agrarwirtschaftliche Produktion zahlreicher Kulturpflanzen und mit Agrarflächen assoziierten Landschaftsstrukturen.
Beschreibung	Der Subindikator Nahrungsnutzung dient der Identifikation der Nahrungsverfügbarkeit und der genutzten Nahrungspflanzen der Honigbiene. Auf dieser Grundlage können Trachtlücken (Mangel an intensiv genutzten Nahrungspflanzen bzw. Ausweichen auf andere Nahrungsquellen) ermittelt werden. Der Indikator setzt sich aus dem positiven Nektareintrag und den Nahrungsquellen zusammen.
Datengrundlage	Die Nahrungsnutzung wird quantitativ auf Grundlage von positivem Nektar- und Polleneintrag über die mit Hilfe von Stockwaagen ermittelten Gewichtsänderungen verfolgt. Stockwaagendaten dienen auch der Bestimmung von Trachtlücken und der während dieser Phasen genutzten Nahrungsquellen. Trachtquellen und Nahrungsnutzung werden qualitativ aus geerntetem Honig und Futterkranzproben ermittelt. Die Nahrungsquellen werden mit Hilfe von Pollenanalysen bestimmt. Ergänzend werden Imkerabfragen zum Standort der Völker durchgeführt. Es wird eine Zusammenführung von Daten aus Stockwaagen (Nektareintrag), Pollenanalysen und Landschaftsdaten aus der Fernerkundung angestrebt.
Berechnung	Durchschnittliche Artenvielfalt der genutzten Nahrungspflanzen (Pollen): $R = \frac{\sum T_j}{V_z}$ Die durchschnittliche Artenvielfalt R wird aus den aufsummierten, nachgewiesenen Pollentaxa aus Honig und / oder dem Bienenbrot T_j jedes einzelnen Volkes durch die Gesamtzahl aller untersuchten Völker V_z errechnet.
Räumliche Berichtsebene	Der auf den Daten der am Monitoring teilnehmenden Imker berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet. Je nach Verteilung und Größe der Flächenstichprobe kann die nationale Berichtsebene um agrarraum- oder bundeslandspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator ab 2025 vollständig jährlich berichtet.
Interpretation	Die Nahrungsnutzung bildet die bevorzugten Trachtquellen (vor allem Massentracht) und die bevorzugten Nahrungspflanzen während der Trachtlücken ab. Die Artenvielfalt R ist bei Massentracht im Frühjahr und Frühsommer eher gering, wohingegen in der Trachtlücke im Sommer die Artenzahl R üblicherweise stärker zunimmt. Der positive Eintrag und die Diversität der Nahrungsquellen können zur Bestimmung der bevorzugten Nahrungsquellen der Honigbienen in der Agrarlandschaft und somit der Eignung von Standorten der Völker genutzt werden.
Limitierung(en)	Die Nahrungsnutzung (sowie Verteilung der Nahrungsquellen) unterliegt sehr starken regionalen und saisonalen Schwankungen und ist schwer überregional und bundesweit abzubilden.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

II 2.2.3 Nützlinge in Refugialhabitaten

Der globale Biodiversitätsverlust, insbesondere der Rückgang von Insekten, hat weltweit schwere Folgen für viele Ökosysteme. Vor allem im forst- und landwirtschaftlichen Sektor sind negative Konsequenzen für verschiedene Ökosystemleistungen wie die Bestäubung von Nutzpflanzen durch Bienen und Schwebfliegen oder die natürliche Regulierung von Schädlingen durch räuberische Insekten und Parasitoide zu erwarten. Die Wirksamkeit dieser Leistungen hängt dabei eng mit der Qualität des Habitats wie beispielsweise der Vielfalt des Nahrungsangebotes für die Nützlingsarten zusammen. Viele dieser Nützlinge sind dabei auf (semi-) natürliche Habitats angewiesen und reagieren empfindlich auf Stoffeinträge aus intensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung. Streuobstwiesen und extensive Grünlandflächen erfüllen häufig die Funktion wichtiger Refugialhabitats, die geeignete Bedingungen für Nützlinge bieten. Von diesen Rückzugsgebieten aus können diese Nützlinge wiederum in die umliegenden landwirtschaftlichen Flächen vordringen, um dort beispielsweise Schädlinge zu bekämpfen. Für den Indikator werden daher Streuobstwiesen und extensive Dauergrünlandflächen als langfristige Untersuchungsstandorte genutzt. Durch eine dauerhafte Überwachung der Nützlingsbestände können Störungen der natürlichen Schädlingsregulierung in Agrarlandschaften rechtzeitig erfasst und positive Auswirkungen von agrar- und umweltpolitischen Maßnahmen auf diese Nützlinge dokumentiert werden. Langfristig sollen dafür automatisierte, nicht-invasive Erfassungsmethoden eingesetzt werden, um das Abtöten der Zielorganismen und den Beifang anderer Artengruppen zu reduzieren (siehe Kamerafalle Teil III, Kap. 2.5). Dabei werden auch Bürgerwissenschaftler aktiv in die Datenerhebung eingebunden.



Abb. 44 Streuobstwiese als Untersuchungsstandort. (© F. Briem, JKI).

II 2.2.3.1 Schwebfliegen in Streuobstwiesen

Bearbeitende Institute:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz

Ansprechpartner: Annette Herz (annette.herz@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Felix Briem, Elena Früchtenicht, Hannah Hamm, Philipp Kassel, Maximilian Pink, Maximilian Sittinger, Johannes Uhler

Im Fokus dieses Indikators stehen Schwebfliegen, welche nicht nur zur Bestäubung beitragen, sondern auch eine entscheidende Rolle bei der biologischen Schädlingsbekämpfung spielen. Veränderungen von Agrarlandschaften, z. B. durch intensivere landwirtschaftliche Produktion und Flächennutzung, aber auch klimatisch bedingte Veränderungen können Auswirkungen auf viele Insektenpopulationen haben und so auch zu einem möglichen Rückgang von Nützlingen führen. Durch ein systematisches Monitoring von Schwebfliegen als Indikator für Nützlinge können so wertvolle Erkenntnisse über den Status und mögliche Veränderungen von Nützlingsbeständen gewonnen werden. Ziel des Indikators ist es daher, die Anzahl, Artenvielfalt und Fitness von Schwebfliegen zu erfassen, um zu ermitteln, wie der aktuelle Zustand dieser Insektengruppe ist, welche Bedeutung Landnutzung und Landschaftsstrukturen für diese Nützlingsgruppe haben und um festzustellen, wie sich die Bestände langfristig entwickeln. Auf diese Weise kann das Monitoring Störungen in der natürlichen Schädlingsregulierung frühzeitig erkennen und auch die positiven Auswirkungen agrar- und umweltpolitischer Maßnahmen auf diese Nützlinge im Zeitverlauf dokumentieren.

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie 2035 - Aktionsprogramm Insektenschutz – EU-Biodiversitätsstrategie - EU Bestäuberinitiative - Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln



Abb. 45 a) Falle zum Fang von Insekten (© H. Hamm, JKI) b) Schwebfliege auf Kornblume (© A. Herz, JKI) c) Schwebfliegenlarve mit Blattlaus (© Feiertag, JKI).

Indikator (28): Schwebfliegen in Streuobstwiesen
Subindikator (28a): Abundanz und Artenvielfalt

Ökologische Relevanz	Schwebfliegen sind wichtige Bestäuber und spielen eine entscheidende Rolle bei der biologischen Schädlingsbekämpfung. Veränderungen der Flächennutzung und Nutzungsintensität in der Agrarlandschaft sowie klimatisch bedingte Veränderungen beeinflussen diese Ökosystemleistungen.
Beschreibung	Für die langfristige Überwachung von Bestandsänderungen wird die Abundanz und Diversität von Schwebfliegen erfasst und in Abhängigkeit zur Landnutzung und anderen Faktoren gesetzt. Potentielle Rückgänge können auf diese Weise rechtzeitig erkannt und adressiert werden. Gleichzeitig werden auch mögliche Ursachen und die Bedeutung exogener Einflüsse wie Landnutzungsintensität, Landschaftsstruktur, Klima und Agrarumweltmaßnahmen auf die biologische Schädlingskontrolle aufgezeigt.
Datengrundlage	Fänge mit Insektenfallen (Gelbschalen, Malaisefalle) wurden auf 6 Kernflächen der Modellregion Rhein-Main-Neckar zu drei Zeitpunkten im Jahr (Frühsommer, Sommer, Herbst) für je 48 h durchgeführt. Die Insekten wurden anschließend im Labor sortiert, gewogen und die Schwebfliegen identifiziert.
Berechnung	Abundanz: Anzahl der gefangenen Schwebfliegen pro Fläche Artenzahl: Anzahl der nachgewiesenen Schwebfliegenarten pro Fläche Rote Liste: Anzahl roter Liste Arten pro Fläche Biomasse: Gewicht aller gefangener Insekten pro Fläche Shannon-Diversitätsindex H: berechnet mit der Arthäufigkeit p_i, die aus dem Verhältnis der Anzahl der Individuen n_i der Art i zur gesamten Individuenzahl N der untersuchten Fläche ermittelt wird: $H' = - \sum_i p_i \cdot \ln p_i \text{ mit } p_i = \frac{n_i}{N}$ Die Analyse erfolgt aktuell pro Fläche und Jahr, kann in Zukunft auch je Landnutzungskategorie erfolgen.
Räumliche Berichtsebene	Die auf einer repräsentativen Stichprobenkulisse basierenden Indikatoren werden auf nationaler Ebene berichtet.
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich berichtet werden.
Interpretation	Veränderungen in der Individuenzahl und Artenvielfalt geben Hinweise auf den Zustand und die mittel-langfristigen Bestandsänderungen von Nützlingen, sowie deren Leistungen. Ein im Vergleich höherer Shannon-Diversitätsindex deutet auf eine hohe Diversität der Schwebfliegen. Im zeitlichen Verlauf können Trends der Zustände festgestellt werden und Rückschlüsse auf die Bedeutung von Einflussfaktoren erfolgen.
Limitierung(en)	Der Indikator beschränkt sich auf eine Nützlingsgruppe, kann allerdings durch die parallele Erfassung anderer Insektentaxa ergänzt werden. Die Analyse zur Bedeutung möglicher Einflussfaktoren ist stark abhängig von der Datenlage zu den potentiellen Störgrößen.



Status Beispielhafte Darstellung

Schwebfliegen in Streuobstwiesen - Abundanz und Artenvielfalt

Überblick zum Jahr 2022 im Vergleich zum Vorjahr:

Im Jahr 2022 wurden auf den 6 Kernflächen Insekten mit einer Gesamtbiomasse von 385,21 g gefangen (-37,1g im Vergleich zum Vorjahr), darin enthalten waren 180 Schwebfliegen (-267 Individuen), welche 28 Arten zugeordnet werden konnten (-10 Arten). Es wurden keine Arten der Roten Liste gefangen (-6 Arten).

Mittel- und langfristige Trends

Die Darstellung mittel- und langfristiger Trends ist aufgrund der Datengrundlage von nur drei Jahren nicht möglich. Im Folgenden werden Daten von den 6 Kernflächen der Modellregion Rhein-Main-Neckar der Pilotphase 2020-2022 zur Schwebfliegenabundanz, Artenvielfalt und Shannon-Diversität grafisch dargestellt:

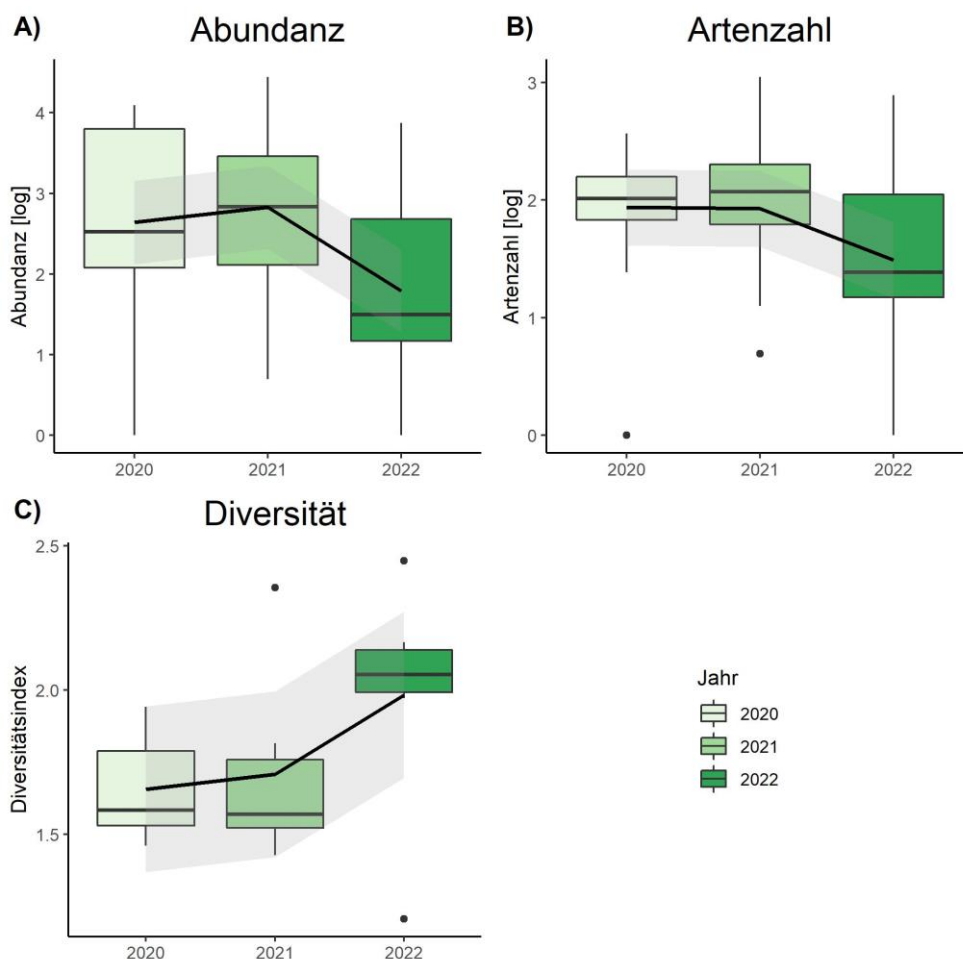


Abb. 46 Abundanz, Artenzahl und Shannondiversität der Schwebfliegen auf den 6 Kernflächen im Verlauf der Pilotphase 2020-2022. (© JKI).

Bemerkungen

Daten für die Analyse möglicher Einfluss- bzw. Störgrößen liegen noch nicht vor. Die Datengrundlage von drei Jahren ermöglicht noch keinerlei Schlussfolgerungen in Bezug auf Populationstrends. Auch scheinbar „schlechte“ Jahre wie 2022 müssen daher im langfristigen Kontext gesehen werden. Der erhöhte Diversitätswert im Jahr 2022 ist auf die geringeren Individuenzahlen der sonst dominanten Arten zurückzuführen.

Indikator (28): Schwebfliegen in Streuobstwiesen**Subindikator (28b): Fitness der Schwebfliegen**

Ökologische Relevanz	Schwebfliegen sind wichtige Bestäuber und spielen eine entscheidende Rolle bei der biologischen Schädlingsbekämpfung. Veränderungen der Flächennutzung und Nutzungsintensität in der Agrarlandschaft sowie klimatisch bedingte Veränderungen beeinflussen diese Ökosystemleistungen.
Beschreibung	Die Größe adulter blattlausfressender Schwebfliegen ist abhängig von der Menge verzehrter Blattläuse. Die Größe der Schwebfliegen wird daher zur langfristigen Überwachung von Fitness und Leistung (biolog. Schädlingskontrolle) erfasst und ergänzt die Zustandsgrößen Abundanz und Artenvielfalt um eine zusätzliche Komponente für die Einschätzung der erbrachten Ökosystemleistungen. Gleichzeitig werden auch mögliche Ursachen und die Bedeutung exogener Einflüsse aufgezeigt. Die hierfür ausgewählten Arten sind zwei der häufigsten blattlausfressenden Arten der untersuchten Region.
Datengrundlage	Fänge mit Insektenfallen (Gelbschalen, Malaisefalle) wurden auf 6 Kernflächen der Modellregion Rhein-Main-Neckar zu drei Zeitpunkten im Jahr (Frühsommer, Sommer, Herbst) für je 48 h durchgeführt. Ausgewählte Schwebfliegenarten wurden anschließend vermessen und die Körperlänge, Flügellänge und Oberschenkellänge mittels Stereo-Zoom-Mikroskop festgestellt.
Berechnung	Erfassungsgrößen (z. B. Körperlänge) pro Schwebfliegenart, Fläche und Jahr, in Zukunft auch pro Landnutzungskategorie.
Räumliche Berichtsebene	Die auf einer repräsentativen Stichprobenkulisse basierenden Indikatoren werden auf nationaler Ebene berichtet.
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich berichtet werden.
Interpretation	Veränderungen in der Schwebfliegenfitness geben Hinweise auf den Zustand und die mittel-langfristigen Größenveränderungen von Nützlingen und damit deren Leistungen. Veränderungen der Schwebfliegenfitness können z. B. in Bezug zu klimatischen Veränderungen gesetzt werden und so deren Auswirkungen auf die biologische Schädlingskontrolle aufzeigen. Der Indikator ermöglicht ebenfalls Rückschlüsse auf die Bedeutung weiterer Einflussfaktoren wie Landnutzungsintensität, Landschaftsstruktur und Klima und erlaubt die Bewertung biodiversitätsfördernder Agrar-Umweltmaßnahmen.
Limitierung(en)	Der Indikator beschränkt sich bisher auf eine Schwebfliegenart (Hainschwebfliege, <i>Episyrphus balteatus</i>), wird zukünftig jedoch auf die Gewöhnliche Langbauschwebfliege (<i>Sphaerophoria scripta</i>), eine deutlich zahlreichere Art, ausgeweitet.



Status Beispielhafte Darstellung

Schwebfliegen in Streuobstwiesen - Fitness der Schwebfliegen

Überblick zum Jahr 2022 mit Vergleich zum Vorjahr:

Im Jahr 2022 wurden lediglich 8 Individuen der untersuchten Art *Episyrphus balteatus* gefangen (-58 Individuen). Die durchschnittliche Flügellänge als Näherungsgröße für die Gesamtkörperlänge betrug mit 0,82 cm durchschnittlich 0,0125 cm oder 1,56 % mehr als im Vorjahr.

Mittel- und langfristige Trends

Die Darstellung mittel- und langfristiger Trends ist aufgrund der Datengrundlage von nur drei Jahren nicht möglich. Im Folgenden werden Daten aus den 6 Kernflächen der Modellregion Rhein-Main-Neckar der Pilotphase 2020-2022 graphisch dargestellt:

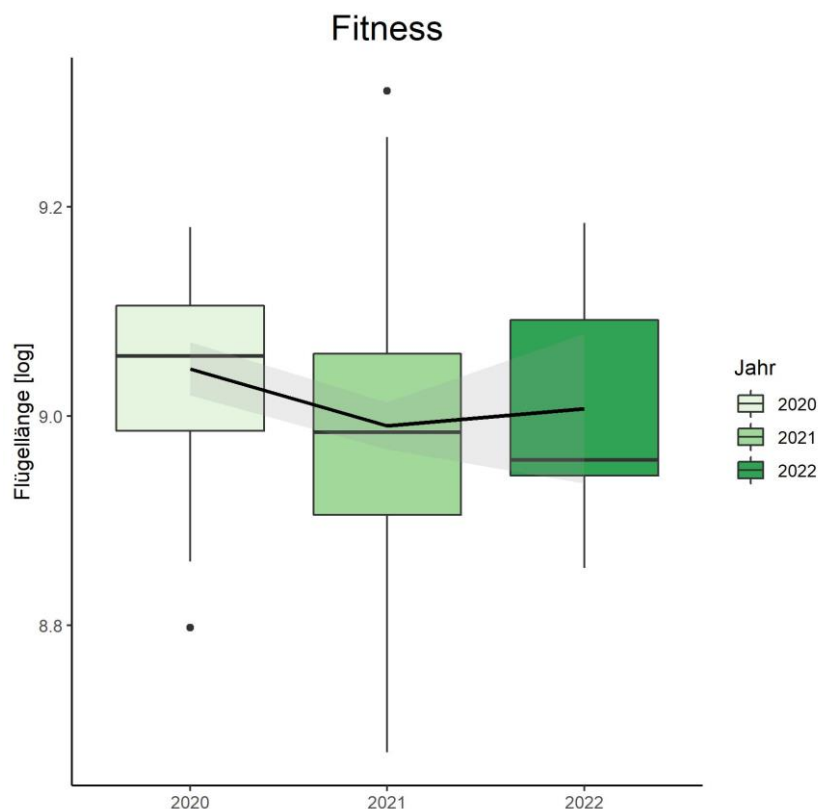


Abb. 47 Flügellänge von *Episyrphus balteatus* im Verlauf der Pilotphase 2020-2022. (© JKI).

Bemerkungen

Daten für die Analyse möglicher Einfluss- bzw. Störgrößen liegen noch nicht vor. Die Datengrundlage von drei Jahren ermöglicht noch keinerlei Schlussfolgerungen in Bezug auf Veränderungen der Schwebfliegenfitness. Aufgrund der äußerst geringen Individuenzahl sind die bisher ausgewerteten Daten von 2022 nicht verlässlich. Aktuell werden deshalb zusätzlich die Individuen einer deutlich zahlreicheren Art vermessen.

II 2.2.3.2 Parasitoide des Apfelwicklers

Bearbeitende Institute:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz

Ansprechpartnerin: Annette Herz (annette.herz@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Felix Briem, Elena Früchtenicht, Hannah Hamm, Philipp Kassel, Maximilian Pink, Maximilian Sittinger, Johannes Uhler

Der Apfelwickler (*Cydia pomonella*) gilt als Hauptschädling im Anbau von Kernobst. In diesem Modul wird die Ökosystemleistung von Nützlingen in Streuobstwiesen anhand der Parasitierungsrate des Apfelwicklers abgeschätzt. Bürgerwissenschaftlerinnen und Bürgerwissenschaftler bringen im Sommer Wellpappestreifen (10 cm breit, insgesamt 6 m Länge pro Standort) an ca. 10 bis 15 Apfelbäumen auf ihren Streuobstwiesen an, unter welche sich die Apfelwicklerlarven zum Überwintern zurückziehen. Im Spätherbst werden die Wellpappen entfernt und an das JKI geschickt. Die Anzahl der Apfelwicklerlarven und -puppen wird gezählt und diese nach Erhebungsflächen getrennt überwintert. Im Laufe des nächsten Jahres schlüpfen Apfelwicklerfalter, parasitoide Wespen und Fliegen. Die Rate der parasitierten Apfelwickler gibt Aufschluss über das Maß an natürlicher Schädlingsregulierung über die Zeit. Die Diversität der auftretenden Gegenspieler gibt Aufschluss über die Qualität des Lebensraumes. Mit einer guten Koordination von Seiten des wissenschaftlichen Personals kann in diesem Citizen-Science-basierten Modul ein sehr kosteneffizientes Monitoring bundesweit aufgestellt werden.

Politische Handlungsfelder: *Ackerbaustrategie 2035 - Aktionsprogramm Insektenschutz – EU-Biodiversitätsstrategie- Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*



Abb. 48 Entfernen eines mit Apfelwicklerkokons besetzten Wellpappestreifens (links). Schlupfektoren zum Überwintern der abgesammelten Larven und Kokons (rechts). Die schlüpfenden Falter und Gegenspieler sammeln sich in den transparenten Kopfröhrchen. (© Feiertag, JKI; ©H. Hamm, JKI).

Indikator (29): Parasitoide des Apfelwicklers

Ökologische Relevanz	Parasitisch lebende Wespen und Schwebfliegen sind wichtige Gegenspieler vieler Schädlinge und besitzen eine prominente Funktion in Nahrungsnetzen in der Agrarlandschaft. Ihr Vorkommen erlaubt eine Bewertung der Ökosystemleistung „Schädlingskontrolle“ sowie der weiträumigen bzw. kleinräumigen Ressourcenverfügbarkeit und Störungsintensität in der Agrarlandschaft.
Beschreibung	Die Parasitierungsrate und die Parasitoidendiversität geben Aufschluss über die Ökosystemleistung „Schädlingsregulierung“ gegenüber dem Apfelwickler (<i>Cydia pomonella</i> , Hauptschädling im Kernobst).
Datengrundlage	Erhebung der Parasitierungsrate durch Wellpappen-Ausbringung an 26 Streuobstbäumen mit Hilfe von Bürgerwissenschaftlern: NützLINK
Berechnung	Anzahl Apfelwickler/m Wellpappe pro Standort Parasitierungsrate = Anteil parasitierter Apfelwickler an Anzahl Apfelwickler/m Wellpappe pro Standort Spektrum und relativer Anteil der Parasitoidenarten/Standort
Räumliche Berichtsebene	Die auf einer repräsentativen Stichprobenkulisse basierenden Indikatoren werden auf nationaler Ebene berichtet.
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich berichtet werden.
Interpretation	Hohe Parasitierungsraten und Parasitoidendiversitäten zeigen eine hohe Ökosystemdienstleistung „Schädlingsregulierung“ an. Diese hängt direkt mit der Lebensraumqualität zusammen. Die Entwicklung dieser Parameter über die Zeit erlaubt eine Einschätzung der Systemstabilität.
Limitierung(en)	Die Standardisierbarkeit der Datenaufnahme und ihre dauerhafte Umsetzung hängt stark von der Akzeptanz durch die Bürgerwissenschaftler ab sowie von einer entsprechend komplexen Digitalisierungs- und Koordinationsstruktur.



Status Beispielhafte Darstellung

Parasitoide des Apfelwicklers

Die Parasitierungsraten und Parasitoidendiversität wurden von 2020 bis 2022 erhoben. Dies inkludiert auch eine Bestimmung von Apfelwicklerabundanz (Anzahl Apfelwickler pro m Wellpappe/Standort) und somit auch eine Abschätzung des Befallsdruckes auf den Erhebungsflächen im Zeitraum 2020 bis 2022. Im Durchschnitt war jede 7. Apfelwicklerlarve parasitiert. Von den gefundenen Arten war die Brackwespe *Ascogaster quadridentata* dominant, die ebenso wie die Art *Liotryphon caudatus* vor allem in störungsarmen Obstwiesen vorkommt.

Mittel- und langfristige Trends

Im Zeitraum von 2020 bis 2022 waren bis zu 26 Obstwiesen in den Bundesländern Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz in die Erhebung involviert. Da nur ein Teil der Flächen konstant über zwei bzw. drei Jahre von Bürgerwissenschaftlern beprobt wurden und die Populationen von Apfelwicklern und deren Gegenspielern stark über die Jahre schwankt, können Trends erst nach einigen Jahren sinnvoll abgebildet werden.

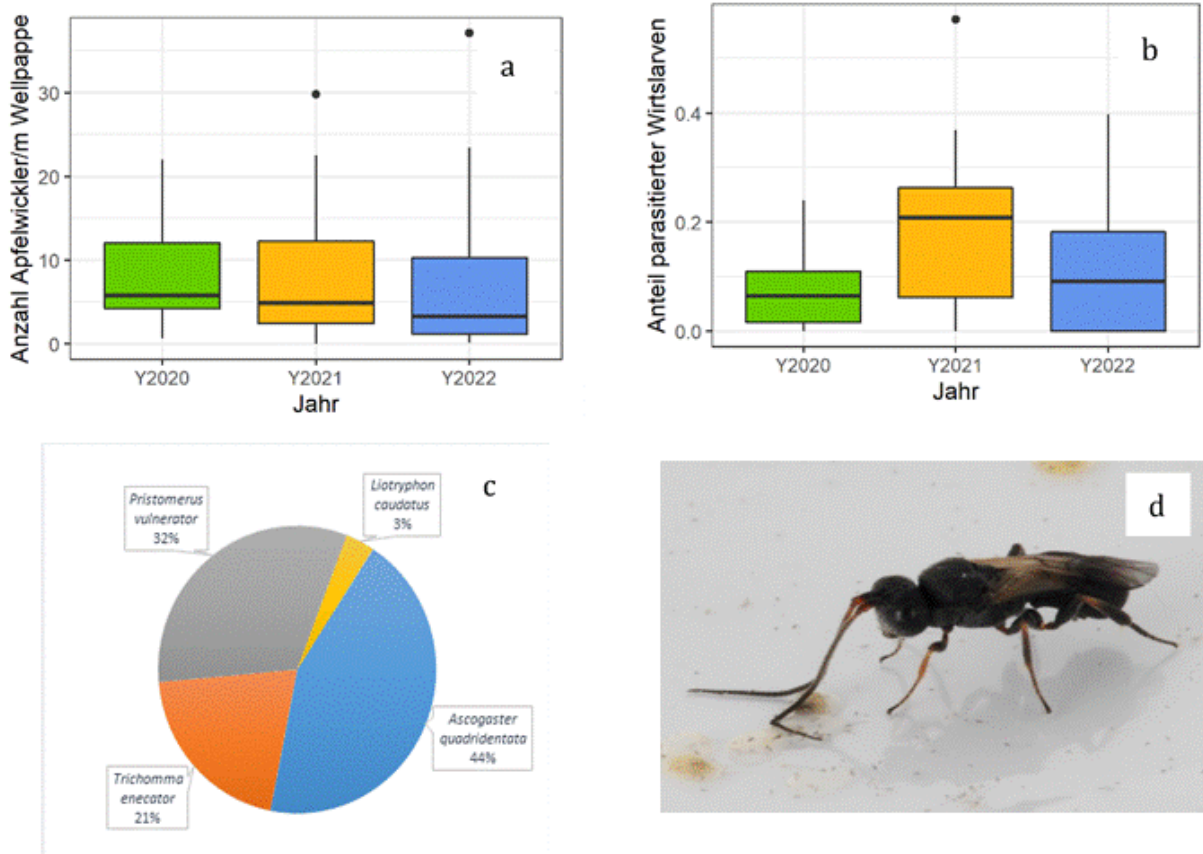


Abb. 49 a) Apfelwickler/m Wellpappe/Standort, b) Anteil parasitierter Apfelwicklerlarven, c) Artenspektrum der Apfelwicklerparasitoide, d) die Apfelwicklerbrackwespe *Ascogaster quadridentata*. (© Feiertag, JKI).

Bemerkungen

Daten zu möglichen Einfluss- bzw. Störgrößen liegen noch nicht vor und können erst mit stabilen Daten zur Population von Apfelwicklern und deren Gegenspielern sinnvoll korreliert werden.

II 2.2.3.3 Parasitoide im Dauergrünland

Bearbeitende Institute:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz

Ansprechpartnerin: Annette Herz (annette.herz@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Maximilian Sittinger

Parasitoide Hymenopteren (z. B. Schlupfwespen und Erzwespen) zeigen durch ihre immense Artenvielfalt eine Anpassung an verschiedenste Wirtsarten. Ihr Vorkommen und ihre Vielfalt hängen eng mit der Fähigkeit zur Selbstregulierung und somit der Stabilität von Insektengemeinschaften zusammen. Durch ihre oft geringe Körpergröße und dadurch eingeschränkte Mobilität sind viele Parasitoide empfindlich sowohl gegenüber lokalen Störungen, wie z. B. Bewirtschaftungsmaßnahmen, als auch Fragmentierung der Agrarlandschaft (Kruess & Tscharntke, 1994).

Die Abundanz und Diversität von parasitoiden Hymenopteren besitzen ein großes Potential als Indikatoren der allgemeinen Insektendiversität (Anderson et al., 2010) abhängig von Wirtsvielfalt, der Bewirtschaftungsintensität und Habitatqualität von Grünlandflächen (störungsempfindlich; abhängig von Blütenpflanzen als Nahrungsressource) und der umgebenden Landschaftsstruktur (empfindlich gegenüber Fragmentierung). Da Parasitoide zu den wichtigsten Gegenspielern vieler Schädlinge gehören, kann deren Vorkommen außerdem zur Bewertung der Ökosystemleistung „natürliche Schädlingsregulierung“ eingesetzt werden. In Zukunft könnten mit den gewonnenen Daten zur Parasitoiden Abundanz als Indikator grünlandspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen optimiert werden, die z. B. durch eine Erhöhung des Blütenvorkommens Parasitoide und andere Nützlinge fördern.

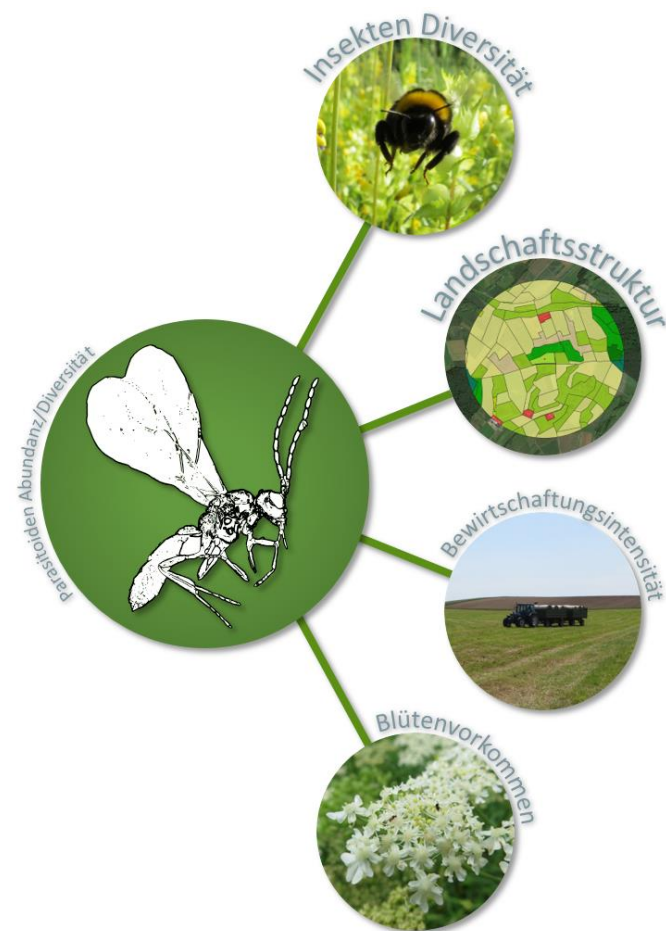


Abb. 50 Parasitoide als mögliche Indikatorgruppe verschiedener Aspekte von Agrarökosystemen. (© M. Sittinger, JKI).

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie 2035 - Agrobiodiversitätsstrategie - Aktionsprogramm Insektenschutz – EU Biodiversitätsstrategie - Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

Indikator (30): Parasitoide im Dauergrünland - Abundanz und Familienvielfalt

Ökologische Relevanz	Parasitoide Hymenopteren gehören zu den wichtigsten Gegenspielern vieler Schädlinge in der Agrarlandschaft und sind durch ihre Wirtsspezifität eng mit den meisten Insektenarten assoziiert.
Beschreibung	Erfassung der Abundanz und Familienvielfalt von parasitoiden Hymenopteren auf Grünlandflächen als Indikator zur Abschätzung der Habitatqualität und der gesamten Insektendiversität. Anhand des Indikators können Empfehlungen zur optimalen Grünlandbewirtschaftung zur Förderung der Insektendiversität und der natürlichen Schädlingsregulierung gegeben werden.
Datengrundlage	Monatliche Fänge mit Boden-Photoelektoren (kontinuierlich; April-Juni) und Gelbschalen (48 h / Monat; Mai-August) auf Mähwiesen entlang eines Intensitätsgradienten (extensiv bis intensiv) in Südhessen. Bestimmung aller Parasitoide auf Familienebene. Für die Boden-Photoelektor Proben zusätzliche Bestimmung aller gefangenen Arthropoden auf größtenteils Familienebene.
Berechnung	Abundanz: Anzahl der gefangenen Parasitoiden pro Probe/Fläche/Monat Familienvielfalt der Parasitoide: Shannon-Diversitätsindex H'; berechnet mit der Arthäufigkeit p_i, die aus dem Verhältnis der Anzahl der Individuen n_i der Art i zur gesamten Individuenzahl N der untersuchten Fläche ermittelt wird: $H' = - \sum_i p_i \cdot \ln p_i \quad \text{mit } p_i = \frac{n_i}{N}$
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der Mähwiesen berechnete Indikatorwert wird auf nationaler Ebene berichtet.
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings kann der Indikator jährlich berichtet werden.
Interpretation	Veränderungen in der Individuenzahl (Abundanz) und Artenvielfalt geben Hinweise über den Zustand und die mittel- bis langfristigen Bestandsänderungen von Parasitoiden. Ein im Vergleich höherer Shannon-Diversitätsindex deutet auf eine hohe Diversität der Parasitoiden und somit auf eine höhere Habitatqualität hin. Im zeitlichen Verlauf können Trends der Zustände festgestellt werden und Rückschlüsse auf die Bedeutung von Einflussfaktoren, wie z. B. der lokalen Bewirtschaftungsintensität, erfolgen.
Limitierung(en)	Aufnahme und Auswertung der wichtigsten Einflussfaktoren (inklusive Zugang zu Landnutzungsdaten) notwendig, um mögliche Störgrößen statistisch zu berücksichtigen. Indikator kann zusätzlich zu lokalen Faktoren auch abhängig von der umgebenden Landschaftsstruktur sein.



Status Beispielhafte Darstellung

Parasitoide im Dauergrünland - Abundanz und Familienvielfalt

Insgesamt wurden in den Jahren 2019 und 2020 mithilfe der Boden-Photoelektoren eine vergleichbare Anzahl an parasitoiden Hymenopteren gefangen (2019: 1712; 2020: 1852). Von den 19 verschiedenen Familien waren 17 Familien in den Proben aus beiden Jahren nachweisbar. Die Zusammensetzung der Parasitoidengemeinschaft unterschied sich zwischen beiden Jahren, so machten 2019 die Überfamilie der Chalcidoidea (Erzwespen) den größten Anteil der Parasitoiden aus (42 %), wohingegen 2020 die Familie der Platygasteridae mit 39 % den Hauptanteil bildete.

Mittel- und langfristige Trends

Die Darstellung von Trends ist aufgrund der Datengrundlage von nur zwei Jahren noch nicht möglich.

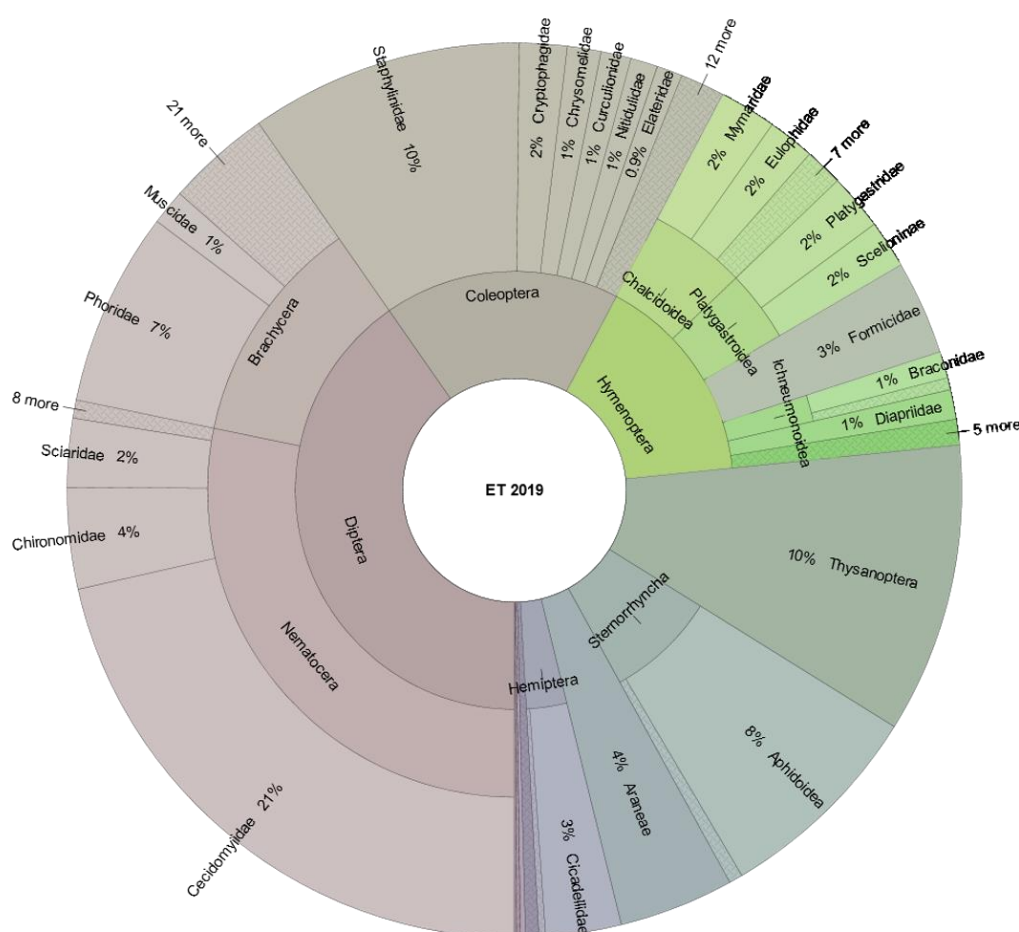


Abb. 51 Zusammensetzung der Arthropoden-Taxa aus den Boden-Photoelektrodenproben von 2019, aufgenommen auf 16 Dauergrünlandflächen. Die parasitoiden Hymenoptera sind hervorgehoben (© M. Sittler, JKI).

Bemerkungen

Die Datengrundlage von zwei Jahren ermöglicht noch keinerlei Schlussfolgerungen in Bezug auf Populationstrends. Durch den Vergleich von Flächen entlang eines Intensitätsgradienten wird jedoch eine „space-for-time substitution“ möglich (Blüthgen et al., 2022). Räumliche Trends können somit z. B. in Bezug auf die Bewirtschaftungsintensität bereits Hinweise auf potentielle zeitliche Trends (z. B. Flächenintensivierung/-extensivierung) geben.

II 2.2.4 Schadinsekten

Bearbeitende Institute:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung¹, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland², Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau³

Ansprechpartner: ¹Sandra Krengel-Horney (sandra.krengel-hornex@julius-kuehn.de), ²Jörn Lehmhus (joern.lehmhus@julius-kuehn.de), ³Christoph Hoffmann (christoph.hoffmann@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Annett Gummert, Niels Lettow, Ricarda Lodenkemper, Ayla Seithe, Marvin Kaczmarek, Lea Rosenkranz, Tanja Rottstock

Schaderreger an Kulturpflanzen sind ein wichtiger Bestandteil der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften. Als wichtige Nahrungsgrundlage für höhere Trophieebenen und in Räuber-Beute-Beziehungen sind Schaderreger elementare Glieder in Nahrungsnetzen. Darüber hinaus sind sie wichtige Indikatoren für das natürliche Regulationsvermögen und die Stabilität von Agrarökosystemen, einschließlich der direkten und indirekten Wirkung von Eingriffen wie Pflanzenschutzmaßnahmen. Bestehende Erhebungen, z. B. durch die Pflanzenschutzdienste der Bundesländer, von Schaderregern bilden eine gute Grundlage, sind aber für die Betrachtung der Schaderreger im Biodiversitätskontext bislang oft noch nicht umfassend genug. Ziel des Teilprojektes „Schaderreger“ ist es daher, einen Vorschlag für ein Schaderregermonitoring - zunächst mit Schwerpunkt Schadinsekten - an den bedeutendsten Ackerbaukulturen zu erarbeiten und exemplarisch zu erproben. Schrittweise sollen dabei landwirtschaftliche Kulturpflanzen, Wein, Apfel und im späteren Verlauf gegebenenfalls weitere Kulturen betrachtet werden. Auf der Grundlage bereits vorhandener Daten und Monitorings zu Schaderregern in den Bundesländern sowie geeigneter Versuchsergebnisse unterschiedlicher Institutionen sollen Kriterien für die Auswahl von Schaderregern, Kulturen, Regionen und entsprechende Monitoringmethoden erarbeitet werden, in die auch neueste Verfahren der Datenverarbeitung und -analyse sowie der Molekularbiologie und Bioinformatik einfließen. Diese Ergebnisse sind die Grundlage für die Erarbeitung eines Konzeptes für ein systematisches Schaderregermonitoring, welches bestehende Strukturen einbindet, gezielt erweitert und somit fundierte Aussagen über Trends und die Bedeutung von Schaderregern für die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften ermöglicht.

Politische Handlungsfelder: Aktionsprogramm Insektenschutz - Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt - Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln.



Abb. 52 Schadinsekten im Ackerbau (© JKI).

Indikator (31): Schadinsektendiversität

Ökologische Relevanz	Schadinsekten sind wichtige Elemente von Nahrungsnetzen in Agrarökosystemen und elementare Zeiger für deren natürliches Regulationsvermögen und Stabilität.
Beschreibung	Der Indikator Schadinsektendiversität (SI-DIV) ist für die Bewertung des Status quo und zeitlicher Trends der Vielfalt von Schadinsekten in einer Kultur und räumlichen Einheit geeignet. Darüber hinaus ermöglicht er die Analyse von Ursache-Wirkungs-Beziehungen.
Datengrundlage	Schaderregerüberwachungsdaten der Länder, welche durch die Pflanzenschutzdienste (PSD) für die Bereitstellung von Warndiensten erhoben werden. Die PSD überwachen eine je nach Bundesland variierende Anzahl an Kontrollschlägen je Kultur durch regelmäßige Bonituren (v.a. Linienbonituren an Pflanzen, Gelbschalenfänge). Aktuell stehen Testdatensätze von vier PSD zu ausgewählten Ackerbaukulturen für die Jahre 2015 - 2021 zur Verfügung. Für Ursache-Wirkungsanalysen sind darüber hinaus Daten zu u.a. Landschaftsstruktur, Bewirtschaftung und Wetter erforderlich. Mögliche zusätzliche Datenquellen: DNA-Metabarcoding und Citizen-Science.
Berechnung	$SI - DIV = \sum n_i$ Anzahl aufgetretener Arten (n_i) $SI - DIV (\%) = \left(\sum \frac{n_i}{N} \right) * 100$ Summe aller aufgetretenen Arten (n_i) im Verhältnis zur maximal möglichen Anzahl Arten (N) $SI - DIV+ = \sum r_i$ Summe der zum jeweiligen Maximalwert ins Verhältnis gesetzten Abundanzen je vorkommender Schadinsektenart (r_i)
Räumliche Berichtsebene	Der auf Basis schlagweiser Erfassungen (Kontrollschläge Schaderregerüberwachung) berechnete Indikator wird auf nationaler Ebene berichtet. Dort, wo es die räumliche Abdeckung erlaubt, können Aussagen auf Ebene der Bundesländer und perspektivisch Agrarräume ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich bzw. in vertiefter Form alle 5-6 Jahre (Ursache-Wirkungs-Beziehungen) berichtet.
Interpretation	Durch Harmonisierung der Artensets und Relativierung der Werte kann ein mehrjähriger und überregionaler Vergleich der Indikatorwerte erfolgen. Dabei gilt: je höher der Indikatorwert, umso diverser.
Limitierung(en)	Eine begleitende Repräsentativitätsbewertung ist empfehlenswert, da die Stichprobenkulisse wenig beeinflussbar ist und Limitierungen bei der Harmonisierung der Artensets bestehen. Weiterentwicklungspotential besteht hinsichtlich der Einbindung der Schadwirkung in die Indikatorenberechnung.



Status Beispielhafte Darstellung

Schadinsektendiversität (SI-DIV) im Winterraps

Erste Auswertungen von Testdatensätzen der Jahre 2015 bis 2019 zeigen deutliche jährliche Schwankungen, insbesondere der abundanzbezogenen Indizes (SI-DIV+).

Mittel- und langfristige Trends

Aktuell kann die SI-DIV nur anhand von Fallbeispielen auf Basis der von den Pflanzenschutzdiensten der Länder bereitgestellten Testdaten demonstriert werden (Abb. 53 und 54). Die Ableitung übergeordneter, deutschlandweiter bzw. agrarraumbezogener Trends ist noch nicht möglich.

Fallbeispiel „Schadinsektendiversität Winterraps 2015 - 2019“

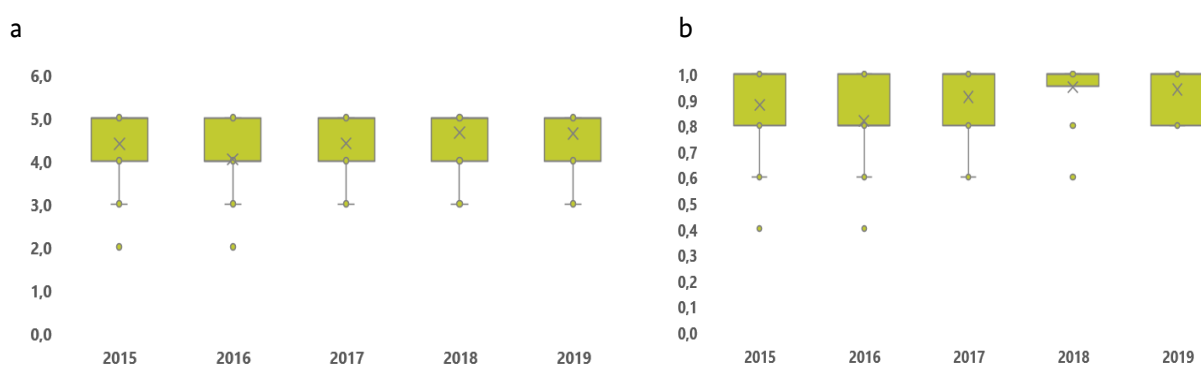


Abb. 53 a) Fallbeispiel SI-DIV in Winterraps (Anzahl vorkommender Schadinsektenarten) ($n=33-46$), b) Fallbeispiel SI-DIV % in Winterraps (Anzahl vorkommender Schadinsektenarten relativ zur Gesamtanzahl bonitierter Arten) in den Erntejahren 2015-2019 ($n=33-46$) (eigene Auswertungen auf Basis bereitgestellter Testdaten).

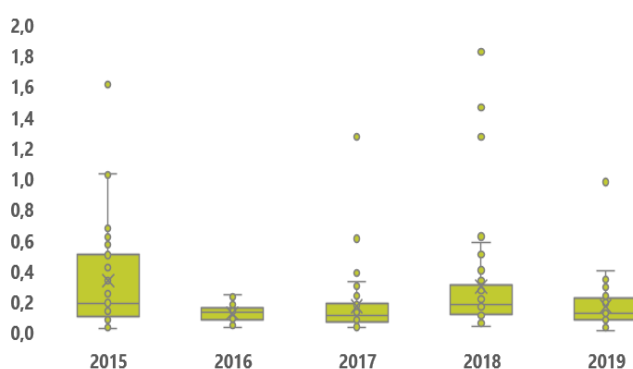


Abb. 54 Fallbeispiel SI-DIV+ in Winterraps (Summe der zum Maximalwert ins Verhältnis gesetzten Abundanzen je vorkommender Schadinsektenart) in den Erntejahren 2015-2019 ($n=33-46$) (eigene Auswertungen auf Basis bereitgestellter Testdaten).

Bemerkungen

Fallbeispiel mit vergleichsweise geringem Artenset ($n=5$) und unbehandelten Kontrollschlägen.

II 2.2.5 Insektendiversität im Weinbau

Bearbeitende Institute:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Siebeldingen, Institut für Bienenschutz, Braunschweig

Ansprechpartner: Christoph Hoffmann (christoph.hoffmann@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Marvin Kaczmarek (marvin.kaczmarek@julius-kuehn.de)

Weinberge sind aufgrund ihrer wärmebegünstigten Lage sowie aufgrund ihres Artenreichtums an Pflanzen und Strukturen Biodiversitäts-Hotspots. Allerdings zählt der Weinbau gleichzeitig zu den Kulturen mit den höchsten Pflanzenschutzmittelanwendungen. So kann sich im Weinbau neben dem Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsformen sowie naturnaher Habitatstrukturen im Umland der Rebanlagen auch der Effekt von reduziertem Pflanzenschutz durch den Anbau pilzwiderstandsfähiger Rebsorten auf die Insektendiversität auswirken. Eine Herausforderung besteht also darin, im Weinbau eine ausgewogene Balance zwischen Kulturführung, Düngung und Pflanzenschutz einerseits sowie Natur- und Ressourcenschutz andererseits zu erreichen. In den letzten Jahrzehnten haben sich die Bedingungen für Insekten durch die Etablierung von Begrünungen und umweltfreundlicherem Pflanzenschutz eher verbessert. Es ist jedoch nicht bekannt, inwiefern negative Entwicklungen wie das Insektensterben und das Auftreten invasiver Arten und potenzieller Schaderreger im Weinbau stattfinden.

Mithilfe eines Insektentrendmonitorings im Weinbau werden langjährige Entwicklungen zur Beurteilung von Veränderungen in der Biomasse und der Artenvielfalt anhand von Gewicht, Artenzahl, Artzusammensetzung und Stetigkeiten bewertet. Damit können klimawandel- und bewirtschaftungsbedingte Auswirkungen auf die Insektendiversität untersucht werden. Neben der Ermittlung der Biomasse wird Metabarcoding zur Erstellung umfangreicher Artenlisten eingesetzt. Letzteres ermöglicht eine umfassende Bewertung von Veränderungen der Artzusammensetzung und dem Vorkommen von Neobiota und Rote Liste Arten und kann damit die Notwendigkeit zum Ergreifen naturschutzrelevanter Maßnahmen aufzeigen. Für das Trendmonitoring Weinbau ist geplant, auf Weinbergsflächen des Bundes an der Mosel und in der Pfalz zu arbeiten, bei denen ein langfristiger Zugriff gewährleistet ist. Beide Regionen stellen die beiden extremen Pole des deutschen Weinbaus (Steillagen-Flachlandweinbau) dar und sollten hinsichtlich globaler Reaktionen der Weinbergsbiozönose auch repräsentativ für weitere deutsche Weinbaugebiete sein.

Politische Handlungsfelder: Aktionsprogramm Insektenschutz - Gemeinsamen Agrarpolitik - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt - Nationaler Aktionsplan zur Nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

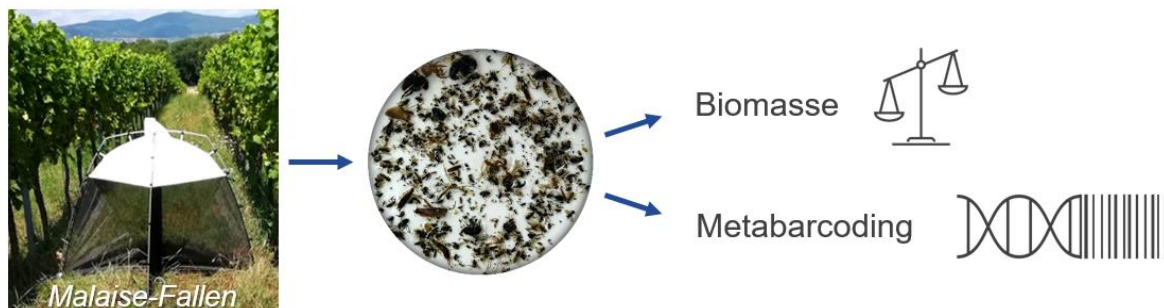


Abb. 55 Erfassungsmethodik der Insektendiversität im Weinbau (© M. Kaczmarek, JKI).

Indikator (32): Insektendiversität im Weinbau - Artenzahl der Insekten

Ökologische Relevanz	Die Anzahl der Insektenarten in einem Habitat lässt Rückschlüsse auf die Ökosystemgesundheit zu. Eine hohe Artenzahl spricht für eine gute Habitatqualität.
Beschreibung	Der Subindikator „Insektendiversität im Weinbau – Artenzahl der Insekten“ dient der Erfassung der Vielfalt der Insekten im Weinbau und damit der Überwachung klimawandel- und bewirtschaftungsbedingter Artenverluste/-gewinne. Inwiefern negative Entwicklungen wie Insektensterben im Weinbau stattfinden ist unbekannt und soll durch den Subindikator erfasst werden.
Datengrundlage	Mithilfe von Malaise-Fallen und Metabarcoding wird langjährig die Artenzahl in repräsentativen, nicht wechselnden Weinbergen erhoben. Diese befinden sich in der Pfalz (Flachlandweinbau) und an der Mosel (Steillagenweinbau) und decken große Bereiche des deutschen Weinbaus strukturell ab.
Berechnung	Anhand der Artenlisten aus dem Metabarcoding wird die jährliche Artenzahl pro Standort berechnet und Veränderungen mit dem gleitenden Mittelwert der Vorjahre abgeglichen. Die Berechnung der α -, β - und γ -Diversität dient der Bewertung der Beprobungsorte sowie dem Vergleich der Regionen Pfalz und Mosel.
Räumliche Berichtsebene	Der Indikatorwert wird für institutseigene Flächen des Julius Kühn-Instituts für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau in der Südpfalz und des Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum an der Mosel berichtet.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Die Zu- oder Abnahme von Artenzahlen zeigen Trends zum Zustand der Insektenvielfalt auf. Entwicklungen des Indikators können Effekte bereits umgesetzter Maßnahmen sowie die Notwendigkeit für naturschutzrelevante Maßnahmen aufzeigen.
Limitierung(en)	Metabarcoding stellt umfangreiche Artenlisten bereit, lässt bislang aber keine Rückschlüsse auf die Abundanz einzelner Arten zu, sodass deren Bestandsentwicklung nur durch Stetigkeiten und Veränderungen der gesamten Biomasse bewertet werden kann.



Status Beispielhafte Darstellung

Insektendiversität im Weinbau – Artenzahl der Insekten

2021 wurden 594 Arten in den 32 beprobten Rebanlagen in der Südpfalz nachgewiesen (128 Coleoptera, 217 Diptera, 55 Hemiptera, 86 Hymenoptera, 76 Lepidoptera).

Mittel- und langfristige Trends

Im Vorjahr (2020) wurden 816 Arten nachgewiesen (149 Coleoptera, 252 Diptera, 79 Hemiptera, 182 Hymenoptera, 117 Lepidoptera). Dies entspricht einem Rückgang von 27 % in 2021 (Abb. 56), welcher wohl hauptsächlich durch witterungsbedingte Schwankungen hervorgerufen wurde. 377 (37 %) der Arten wurden in beiden Jahren nachgewiesen, 439 (42 %) nur in 2020 und 217 (21 %) nur in 2021.

Ein Abgleich mit dem gleitenden Mittelwert der Vorjahre ist bislang nicht möglich.

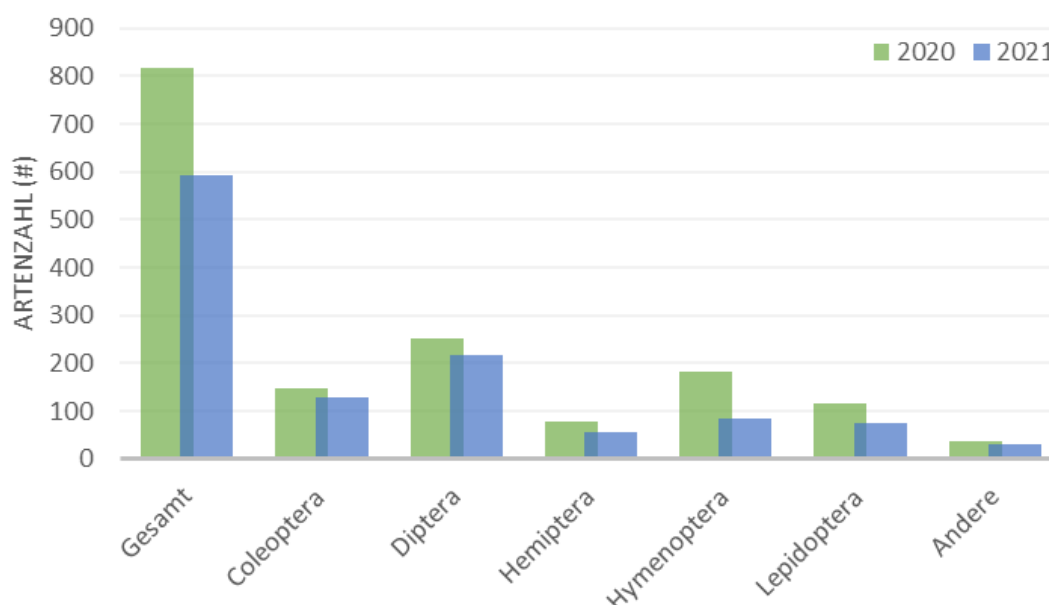


Abb. 56 Gesamtzahl der nachgewiesenen Arten und Anzahl innerhalb der häufigsten Ordnungen in 2020 (grün) und 2021 (blau).

Bemerkungen

Es wurden 32 Rebanlagen in der Südpfalz in den Jahren 2020 und 2021 beprobt. Der Rückgang der Artenzahl ist auch auf deutlich unterschiedliche Wetterbedingungen in den beiden Jahren zurückzuführen. In Zukunft sollen langfristig je 10 Standorte auf institutseigenen Flächen des Julius Kühn-Instituts für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau in der Südpfalz und des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum an der Mosel beprobt werden.

Indikator (33): Insektendiversität im Weinbau – Anzahl der Rote Liste Insektenarten

Ökologische Relevanz	In der Roten Liste werden gefährdete Arten aufgelistet. Die Anzahl der Rote Liste Arten in einem Habitat lässt Rückschlüsse auf die Ökosystemgesundheit zu. Eine hohe Anzahl gefährdeter Arten spricht für eine gute Habitatqualität.
Beschreibung	Der Subindikator „Insektendiversität im Weinbau – Anzahl der Rote Liste Insektenarten“ dient der Auflistung bedrohter Arten im Weinbau und damit der Überwachung naturschutzrelevanter Arten. Inwiefern negative Entwicklungen wie Insektensterben im Weinbau stattfinden ist unbekannt und soll erfasst werden.
Datengrundlage	Mithilfe von Malaise-Fallen und Metabarcoding wird langjährig das Vorkommen von Arten in repräsentativen, nicht wechselnden Weinbergen erhoben. Diese befinden sich in der Pfalz (Flachlandweinbau) und an der Mosel (Steillagenweinbau) und decken große Bereiche des deutschen Weinbaus strukturell ab.
Berechnung	Die jährlichen Artenlisten aus dem Metabarcoding werden mit der Roten Liste abgeglichen und die Anzahl bedrohter Arten pro Standort berechnet und Veränderungen mit Rote Liste Arten der Vorjahre abgeglichen.
Räumliche Berichtsebene	Der Indikatorwert wird für institutseigene Flächen des Julius Kühn-Instituts für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau in der Südpfalz und des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum an der Mosel berichtet.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Das Auftauchen oder Verschwinden bedrohter Arten zeigt Trends zum Zustand der Insektenvielfalt auf. Entwicklungen des Indikators können Effekte bereits umgesetzter Maßnahmen sowie die Notwendigkeit für naturschutzrelevante Maßnahmen aufzeigen. Räumliche und zeitliche Stetigkeiten einzelner Arten und deren Auftreten in Einzeljahren sind über die gespeicherten Artenlisten aus dem Metabarcoding abrufbar.



Status Beispielhafte Darstellung

Insektendiversität im Weinbau – Anzahl der Rote Liste Insektenarten

37 der 2021 in den 32 beprobten Rebanlagen in der Südpfalz nachgewiesenen Arten werden in der Roten Liste aufgeführt: 4 Arten in V (Vorwarnliste), 1 Art in G (Gefährdung unbekannten Ausmaßes), 17 Arten in 3 (gefährdet), 12 Arten in 2 (stark gefährdet) und 8 Arten in 1 (vom Aussterben bedroht).

Mittel- und langfristige Trends

2020 wurden 54 der nachgewiesenen Arten in der Roten Liste aufgeführt: 8 Arten in V, 2 Arten in G, 2 Arten in D, 28 Arten in 3, 8 Arten in 2, 5 Arten in 1 und 1 Art in 0. Somit wurden 2020 mehr Rote Liste Arten nachgewiesen, wobei einige Arten nur in jeweils einem der beiden Beprobungsjahre nachgewiesen wurden: 72 der in den beiden Jahren nachgewiesenen Arten werden in der Roten Liste aufgeführt: 10 Arten in V, 3 Arten in G, 2 Arten in D, 33 Arten in 3, 16 Arten in 2, 7 Arten in 1, 1 Art in 0 (Abb. 57).

Ein Abgleich mit den Listen der Vorjahre ist bislang nicht möglich. Die als ausgestorben oder verschollen gelistete Art (Steppenheiden-Spannereule) scheint sich in den letzten Jahren in Südwestdeutschland auszubreiten, sodass die Stetigkeit der Art in kommenden Jahren interessant ist.

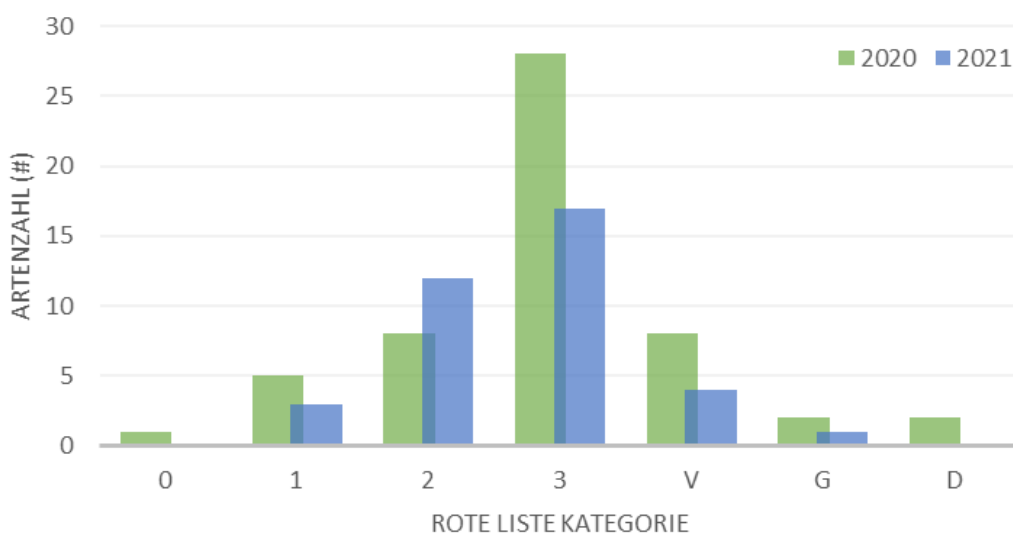


Abb. 57 Anzahl der nachgewiesenen Arten in den Jahren 2020 und 2021 mit Eintrag in den Kategorien der Roten Liste gefährdeter Arten (0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = bedroht, V = Vorwarnliste, G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes, D = Daten unzureichend).

Bemerkungen

Es wurden 32 Rebanlagen in der Südpfalz in den Jahren 2020 und 2021 beprobt. In Zukunft sollen langfristig je 10 Standorte auf institutseigenen Flächen des Julius Kühn-Instituts für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau in der Südpfalz und des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum an der Mosel beprobt werden. Bei bisherigen Untersuchungen des JKI in den Steillagen der Mosel waren bis zu einem Drittel der Hymenopteren und Schmetterlinge Arten der Roten Liste.

Indikator (34): Insektendiversität im Weinbau - Biomasse der Insekten

Ökologische Relevanz	Die Insektenbiomasse in einem Habitat lässt Rückschlüsse auf die Ökosystemgesundheit zu. Eine hohe Biomasse spricht für eine gute Habitatqualität.
Beschreibung	Der Subindikator „Insektendiversität im Weinbau – Biomasse der Insekten“ dient der Erfassung der Insektenbiomasse im Weinbau und damit der Überwachung der allgemeinen Abundanz von Insekten in Weinbergen. Inwiefern negative Entwicklungen wie Insektensterben im Weinbau stattfinden, ist unbekannt und soll erfasst werden. Mit den Standorten Pfalz (Flachlandweinbau) und Mosel (Steillagenweinbau) werden große Bereiche des deutschen Weinbaus strukturell abgedeckt.
Datengrundlage	Mithilfe von Malaise-Fallen wird langjährig die Biomasse in repräsentativen, nicht wechselnden Weinbergen erhoben. Diese befinden sich in der Pfalz (Flachlandweinbau) und an der Mosel (Steillagenweinbau) und decken große Bereiche des deutschen Weinbaus strukturell ab.
Berechnung	Die jährliche Biomasse pro Standort wird berechnet und Veränderungen mit dem gleitenden Mittelwert der Vorjahre abgeglichen.
Räumliche Berichtsebene	Der Indikatorwert wird für institutseigene Flächen des Julius Kühn-Instituts für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau in der Südpfalz und des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum an der Mosel berichtet.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings wird der Indikator jährlich berichtet.
Interpretation	Die Zu- oder Abnahme der Biomasse zeigt Trends zum Zustand der Insektenvielfalt auf. Entwicklungen des Indikators können Effekte bereits umgesetzter Maßnahmen sowie die Notwendigkeit für naturschutzrelevante Maßnahmen aufzeigen.
Limitierung(en)	Die Betrachtung der Biomasse allein lässt keine Rückschlüsse auf Bestandsentwicklungen einzelner Arten zu. Hierzu liefert das Metabarcoding der erhobenen Proben ergänzende Informationen.



Status Beispielhafte Darstellung

Insektendiversität im Weinbau – Biomasse der Insekten

In 2021 wurde eine Gesamtbiomasse von 205 g in den 32 beprobten Rebanlagen ermittelt.

Mittel- und langfristige Trends

Die Gesamtbiomasse im untersuchten Gebiet (Pfalz) ist von 313 g in 2020 auf 205 g in 2021 gesunken (Abb. 58). Dies entspricht einem Rückgang der Biomasse von 34 %, welcher wohl hauptsächlich durch witterungsbedingte Schwankungen hervorgerufen wurde.

Ein Abgleich mit dem gleitenden Mittelwert der Vorjahre ist bislang nicht möglich.

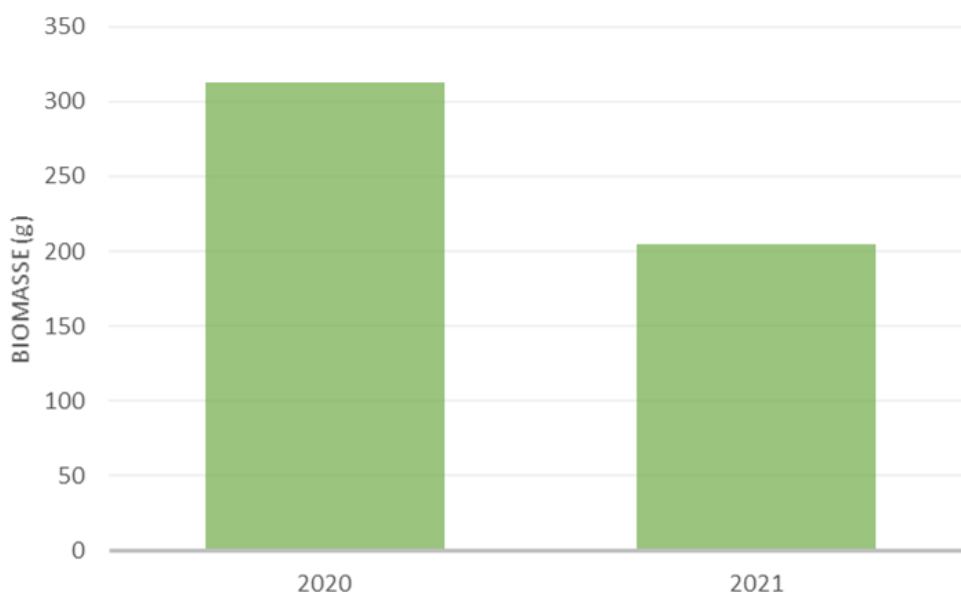


Abb. 58 Insektenbiomasse in g in den Beprobungsjahren 2020 und 2021.

Bemerkungen

Es wurden 32 Rebanlagen in der Südpfalz in den Jahren 2020 und 2021 beprobt. Der Rückgang der Biomasse ist auch auf deutlich unterschiedliche Wetterbedingungen in den beiden Jahren zurückzuführen. In Zukunft sollen langfristig je 10 Standorte auf institutseigenen Flächen des Julius Kühn-Instituts für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau in der Südpfalz und des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum an der Mosel beprobt werden.

II 2.2.6 Biodiversität der Kleingewässer (Gewässerinsekten)

Bearbeitende Institute:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Institut für Strategien und Folgenabschätzung

Ansprechpartner: Stefan Lorenz (stefan.lorenz@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Karin Meinikmann, Lena C. Ruf, Jörn Strassemer, Fee Nanett Trau

Kleingewässer (KG) in Agrarlandschaften sind potenziell durch Parameter landwirtschaftlicher Nutzung wie dem Eintrag von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Düngemitteln belastet, was zu Änderungen und Schädigungen der Gewässerfauna führt (Abb. 59). Gleichzeitig beherbergen stehende KG im Vergleich zu anderen Gewässertypen wie Seen, Flüssen oder Bächen die höchste Artenvielfalt und den höchsten Anteil gefährdeter Arten auf Landschaftsebene (Williams et al., 2004; Davies et al., 2010).

Ein Konzept als Grundlage der Zustandsbeschreibung der Biodiversität dieser KG der Agrarlandschaft Deutschlands hat das JKI bereits erarbeitet (Meinikmann et al., 2021). Das Modul „Biodiversität der Kleingewässer (Gewässerinsekten)“ bewertet die Auswirkungen von PSM- und Düngemittelbelastung sowie Habitatveränderung auf stehende KG und ihre Biodiversität. Fokus des Monitorings liegt auf der Gruppe des Makrozoobenthos (MZB, am Gewässergrund lebende, wirbellose Organismen, insbesondere Insekten), die durch ihre Ansprüche und Inanspruchnahme sowohl von terrestrischen als auch aquatischen Habitaten besonders als Bioindikator anthropogener und sonstiger ökologischer Einflüsse geeignet ist (z. B. Hellawell, 1986).

Stichprobenkulisse: Für ein repräsentatives, bundesweites Monitoring der Biodiversität von KG werden mindestens 80 Gewässer pro KG-Typ beprobt. Diese sollen zwischen 0,15 ha und 1,0 ha groß sein und in einem Puffer von 500 m von mindestens 90 % landwirtschaftlich genutzter Fläche umgeben sein. Dabei werden Gewässer aus den beiden Agrarraumtypen ausgewählt, in denen der jeweilige KG-Typ am häufigsten vertreten ist. Um eine höchstmögliche Repräsentativität zu erlangen, wird die Anzahl der untersuchten Gewässer dabei proportional zu ihrer tatsächlichen Häufigkeit auf die vertretenen Agrarräume sowie Bundesländer aufgeteilt.

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie - Aktionsprogramm Insektenschutz - Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt - Naturschutz-Offensive 2020 - Waldstrategie 2050

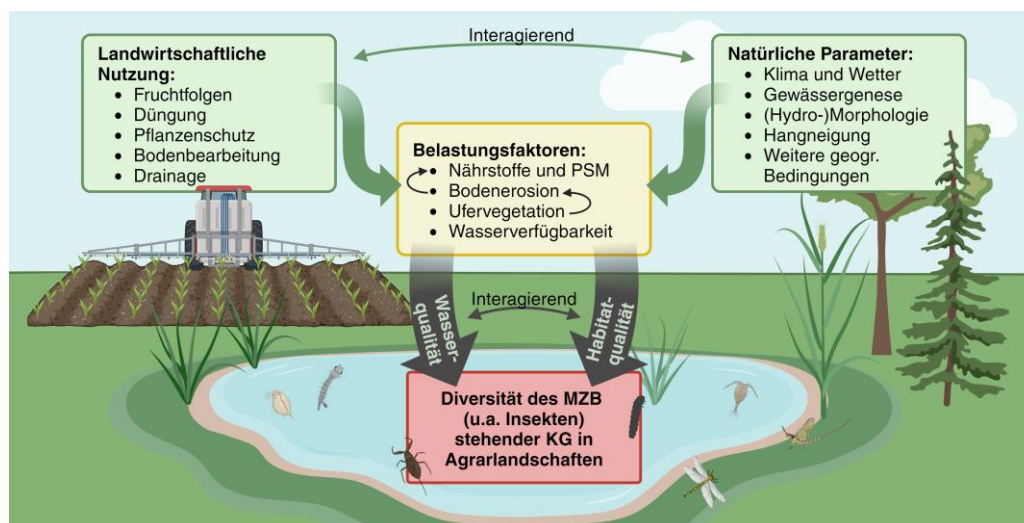


Abb. 59 Das Modul „Biodiversität der Kleingewässer (Gewässerinsekten)“ beinhaltet Indikatoren zur Bewertung des Zustands (rot), der Belastungsfaktoren (gelb) und ihrer Wirkung (grau) auf die MZB-Vielfalt in Kleingewässern. (PSM: Pflanzenschutzmittel, MZB: Makrozoobenthos, KG: Kleingewässer) © Created in BioRender. Fisch K. (2024)

<https://BioRender.com/c39s661> Lena C. Ruf, JKI.

Indikator (35): Biodiversität der Kleingewässer
Subindikator (35a): Makrozoobenthos (Gewässerinsekten)

Ökologische Relevanz	Makrozoobenthos (MZB) ist aufgrund seiner Bedeutung für Stoffkreisläufe und Ökosystemfunktionen in Agrarräumen sowie die Inanspruchnahme aquatischer und terrestrischer Lebensräume durch merolimnische Insekten ein guter Bioindikator. MZB hat hohe Ansprüche an Lebensraumqualität und ist daher sensitiv für anthropogene und andere ökologische Einflüsse.
Beschreibung	Der Zustandsindikator beinhaltet drei reine Biodiversitäts-Indikatoren, die den Zustand und die Vielfalt der MZB-Gemeinschaft beschreiben: Artenzahlen, Anzahl besonders sensibler Arten (EPT-Taxa, also Arten der Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen, die eine besonders hohe Sensibilität für Wasserqualität aufweisen) und die allgemeine Biodiversität als Shannon-Index (Shannon, 1948). Die drei Indikatoren können auf Ebene von Agrarraum- und Kleingewässer-Typen (KG-Typen) berechnet werden und bieten einen umfangreichen Einblick in den Zustand der KG-Diversität.
Datengrundlage	Gewässerspezifische taxonomische Zusammensetzung von MZB mit Individuenanzahl pro Taxon (Beprobung nach Brauns et al., 2016).
Berechnung	Artenzahlen: Summe der einzelnen Taxa der untersuchten KG Anzahl besonders sensibler Arten (EPT-Taxa): Summe der Taxa der Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera) pro Gewässer Allgemeine Biodiversität: Shannon-Diversitätsindex H, berechnet mit der Arthäufigkeit p_i aus dem Verhältnis der Anzahl der Individuen n_i der Art i zur gesamten Individuenzahl N des untersuchten KG. $H = -\sum p_i * \ln(p_i) \text{ mit } p_i = \frac{n_i}{N}$
Räumliche Berichtsebene	Die anhand repräsentativer Stichproben innerhalb der KG-Kulisse (>0,15 ha bis <1,0 ha) berechneten Indikatorenwerte werden auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung der Stichproben zulässt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2023 bereit, der Indikator soll nach erneuter Datenerhebung im 5-Jahres-Intervall vollständig berichtet werden.
Interpretation	Der Subindikator ermöglicht einen Vergleich der MZB-Diversität auf Agrarraum- und KG-Typ-Ebene. MZB-Diversität kann insbesondere von Agrarraumtypen durch Unterschiede in Bodenbewirtschaftung, Eintrag von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Nährstoffen abhängig sein und lässt so Rückschlüsse auf die Intensität dieser Belastungen zu. Eine im Vergleich höhere Artenzahl, Anzahl sensibler Arten und ein höherer Shannon-Diversitätsindex indizieren eine diversere MZB-Gemeinschaft und somit eine höhere Habitat- und/oder Wasserqualität. Im zeitlichen Verlauf können Trends der Zustände festgestellt werden.
Limitierung(en)	Da aufgrund der natürlichen Streuung der Daten kein allgemeingültiges Bewertungssystem erstellt werden kann, ist keine qualitative Einordnung, sondern nur der Vergleich zu anderen KG(-gruppen) möglich.



Status Beispielhafte Darstellung

Zustandsindikator Makrozoobenthos (Gewässerinsekten)

Basierend auf Daten von 2018-2020 konnten generell große Unterschiede in der Makrozoobenthos-Biodiversität von Kleingewässern Brandenburgs berichtet werden. Dabei wurden im Mittel eine Shannon-Diversität von 2,3, eine Gesamtanzahl von 38,5 Taxa und 5,06 Taxa besonders sensibler Arten pro Gewässer festgestellt.

Mittel- und langfristige Trends

Aufgrund limitierter Datenbasis konnte der Zustandsindikator „Makrozoobenthos (Gewässerinsekten)“ bislang lediglich auf den KG-Typ ‚Sölle der Norddeutschen Tiefebene‘ der Agrarlandschaft Brandenburgs ohne einen zeitlichen Vergleich oder eine Unterscheidung nach Agrarräumen angewendet werden. Die Ergebnisse der Anwendung zeigten große Unterschiede in Shannon-Diversität, Anzahl der gefundenen Taxa und Anzahl besonders sensibler Arten (EPT-Taxa) in den 50 untersuchten KG (Abb. 60). Ein Vergleich zwischen verschiedenen Agrarraumtypen und weitere Interpretation und Einordnung des Biodiversitätszustands wird aktuell unter Einbezug neu erhobener Daten vorgenommen.

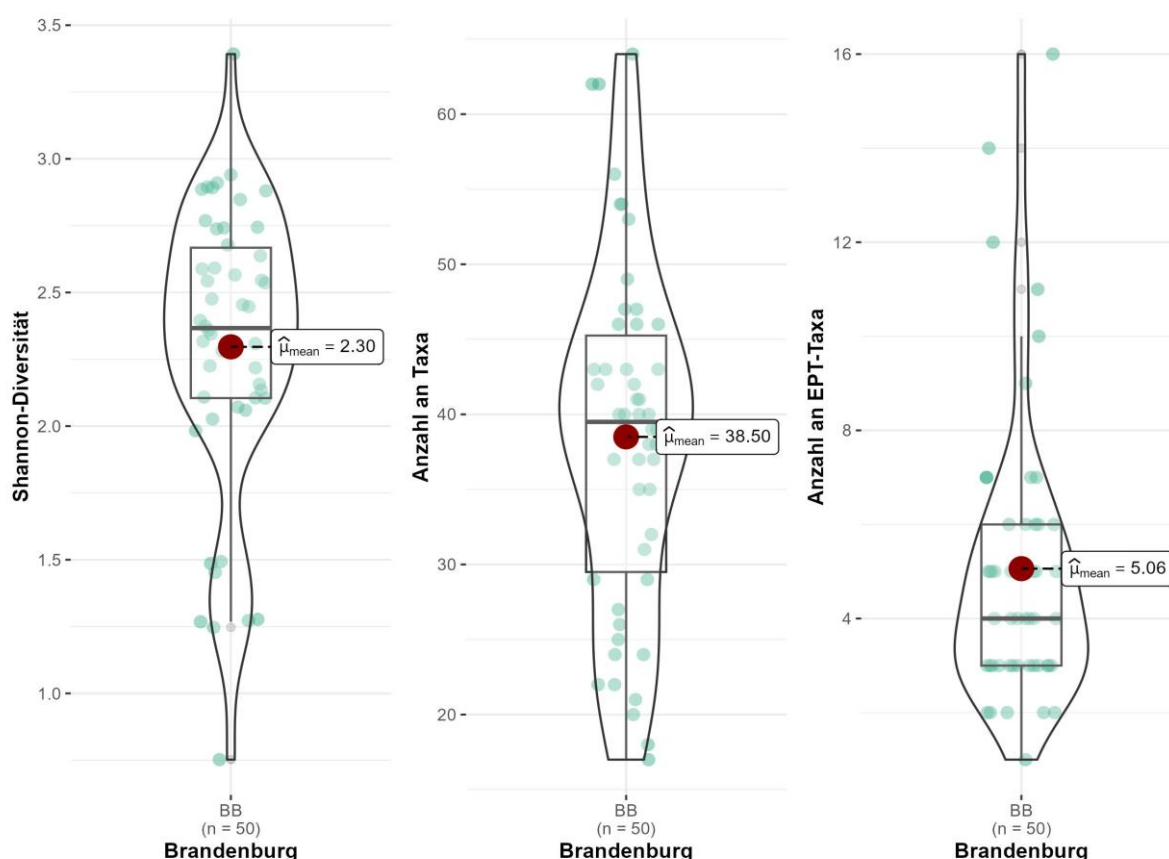


Abb. 60 : Die ermittelten Indikatoren des Zustandsindikators der untersuchten Kleingewässer ($n = 50$), mit Shannon-Diversität (allgemeine Diversität, arithmetisches Mittel 2,30 pro Gewässer), Anzahl an Taxa (Artenzahlen, arithmetisches Mittel 38,50 Arten pro Gewässer) und Anzahl an EPT-Taxa (Anzahl besonders sensibler Arten, arithmetisches Mittel 5,06 EPT-Taxa pro Gewässer). EPT = Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera).

Bemerkungen

Eine agrarraumspezifische Statusanalyse eines umfassenden Datensatzes der Länder Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist aktuell in Bearbeitung.

Indikator (35): Biodiversität der Kleingewässer
Subindikator (35b): Biodiversität und Habitatvielfalt

Ökologische Relevanz	Landwirtschaft kann die Habitatvielfalt von Gewässern beeinflussen, beispielsweise durch Bewirtschaftung und Mahd bis zum Gewässerrand. Bodenerosion kann zur weiteren Zerstörung natürlicher Habitate führen. Makrozoobenthos (MZB) hat artspezifische Habitatansprüche, weshalb eine große Habitatvielfalt seine Diversität fördert.																										
Beschreibung	Daten des JKI zeigen eine Korrelation zwischen dem Biodiversitätsindex Margalef (D_M , Margalef, 1958) und der Habitattypanzahl im Kleingewässer (KG). Der Margalef-Index lässt so einen Rückschluss auf die Habitatvielfalt im KG zu. Der Wirkungsindikator „Biodiversität und Habitatvielfalt“ beschreibt den Zusammenhang zwischen MZB- und Habitatvielfalt in KG und erlaubt so eine Einordnung der Belastung dieser durch Habitatverlust.																										
Datengrundlage	Gewässerspezifische taxonomische MZB-Zusammensetzung mit Individuenanzahl pro Taxon (Beprobung nach Brauns et al., 2016) und Anzahl der Habitattypen (Sediment, emerse Makrophyten, sub-merse Makrophyten, submerse Wurzeln, Falllaub oder Totholz), die mit einem Anteil von mehr als 5 % entlang der Uferlänge vorkommen.																										
Berechnung	Der Indikator besteht aus dem Verhältnis der Artenzahl an der Gesamt-Individuenzahl im KG (D_M), korreliert mit der Anzahl der Habitate des KGs. Berechnung Margalef-Diversitäts-Indexes D_M mit Artenzahl i und den artspezifischen Abundanzen pro Quadratmeter A : $D_M = \frac{i-1}{\ln(A)}$																										
Räumliche Berichtsebene	Die anhand repräsentativer Stichproben innerhalb der KG-Kulisse (>0,15 ha bis <1,0 ha) berechneten Indikatorenwerte werden auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung der Stichproben zulässt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.																										
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2023 bereit, der Indikator soll nach erneuter Datenerhebung im 5-Jahres-Intervall vollständig berichtet werden.																										
Interpretation	Die untersuchten KG werden anhand des Margalef-Indexes D_M in fünf Klassen eingeteilt: <table><tr><th colspan="2">D_M-Index-Wert</th><th rowspan="2">Wirkungsindikator-Klasse</th><th rowspan="2">Farb-Code</th></tr><tr><th>Von</th><th>Bis</th></tr><tr><td>16</td><td>>16</td><td>Sehr gut</td><td></td></tr><tr><td>12</td><td>16</td><td>Gut</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td>12</td><td>Mittel</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td>8</td><td>Schlecht</td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>4</td><td>Sehr schlecht</td><td></td></tr></table> Dies erlaubt eine Einordnung des Einflusses der Habitatvielfalt und somit des aus der Landwirtschaft resultierenden Habitatverlusts auf die MZB-Diversität stehender KG. Im zeitlichen Verlauf können Trends der Indikatorenwerte festgestellt werden.	D_M -Index-Wert		Wirkungsindikator-Klasse	Farb-Code	Von	Bis	16	>16	Sehr gut		12	16	Gut		8	12	Mittel		4	8	Schlecht		0	4	Sehr schlecht	
D_M -Index-Wert		Wirkungsindikator-Klasse	Farb-Code																								
Von	Bis																										
16	>16	Sehr gut																									
12	16	Gut																									
8	12	Mittel																									
4	8	Schlecht																									
0	4	Sehr schlecht																									
Limitierung(en)	Der Indikator wurde auf Basis einer Auswertung von Daten von 49 KG aus Mecklenburg-Vorpommern konzipiert, wodurch das Bewertungssystem Limitierungen unterliegen kann. Erneute Erhebungen, Prüfung und Optimierung des Indikators wird dies jedoch minimieren.																										



Status Beispielhafte Darstellung

Wirkungsindikator Biodiversität und Habitatvielfalt

Der Statusbericht basierend auf Daten aus Brandenburg von 2018-2020 zeigt, dass sich der Verlust von Habitatvielfalt negativ auf die Makrozoobenthos-Diversität in Kleingewässern auswirkt.

Mittel- und langfristige Trends

Aufgrund limitierter Datenbasis konnte der Wirkungsindikator „Biodiversität und Habitatvielfalt“ bislang lediglich auf den KG-Typ ‚Sölle der Norddeutschen Tiefebene‘ der Agrarlandschaft Brandenburgs ohne einen zeitlichen Vergleich oder die Unterscheidung nach Agrarräumen angewendet werden.

Im Hinblick auf den Einfluss der Habitatvielfalt auf die MZB-Diversität befanden sich 45 der 50 untersuchten KG in schlechtem oder sehr schlechtem Zustand (Abb. 61). Die Korrelation des Margalef-Indexes mit der Habitatanzahl war signifikant positiv und deutet so auf einen Zusammenhang zwischen Artenvielfalt und Habitatanzahl hin. Der Verlust von Habitatvielfalt in Gewässern könnte sich also negativ auf ihre MZB-Diversität auswirken. Dieser Zusammenhang hebt die Dringlichkeit der Förderung und des Erhalts der Habitatvielfalt in Gewässern in Agrarlandschaften durch beispielsweise Randstreifen hervor.

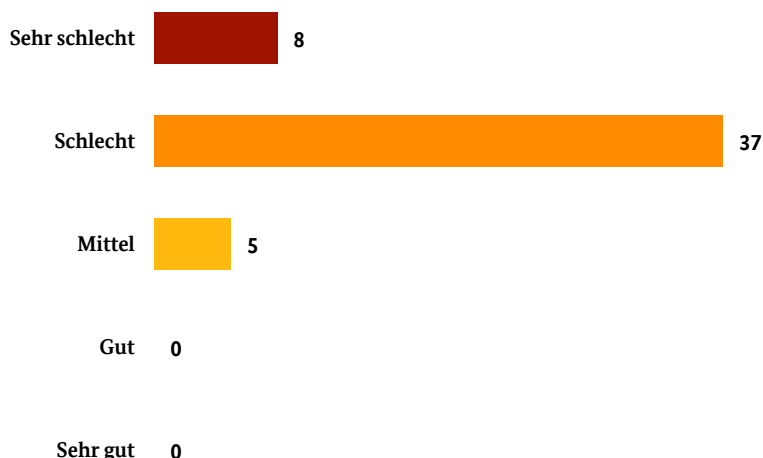


Abb. 61 Einordnung der untersuchten Kleingewässer (n = 50) in die fünf Güteklassen des Wirkungsindikators „Biodiversität und Habitatvielfalt“.

Bemerkungen

Eine agrarraumspezifische Statusanalyse eines umfassenden Datensatzes der Länder Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist aktuell in Bearbeitung.

Indikator (35): Biodiversität der Kleingewässer
Subindikator (35c): Biodiversität und Pflanzenschutz

Ökologische Relevanz	Kleingewässer (KG) der Agrarlandschaft können durch verschiedene Eintragspfade (z. B. Abdrift, Run-off, Erosion) mit Pflanzenschutzmitteln (PSM) belastet sein. PSM können sich auf die Vitalität von Makrozoobenthos (MZB) auswirken und ihre Diversität beeinflussen.																																										
Beschreibung	Vorhandene Daten des JKI ergaben signifikante Korrelationen zwischen den Biodiversitätsindizes „RETI“ (Schweder, 1992) und „r/k-Verhältnis“ (Schöll et al., 2005) bei MZB. Beide korrelieren auch mit der PSM-Belastung (maximale Toxic Unit, TU _{max}) in KG. Der Wirkungsindikator „Biodiversität und Pflanzenschutz“ wird aus dem Mittelwert von RETI-Index und r/k-Verhältnis gebildet und beschreibt so die Belastung der MZB-Diversität mit PSM.																																										
Datengrundlage	Gewässerspezifische taxonomische Zusammensetzung (Beprobung nach Brauns et al., 2016), Anteil der Weidegänger, Holzfresser und Zerkleinerer (RETI) sowie schnell reproduzierender Arten (r-Strategen) an der Gesamtartenzahl, Konzentration und LC ₅₀ -Werte (halb-maximale lethale Konzentration für <i>Daphnia magna</i>) pro PSM-Wirkstoff.																																										
Berechnung	Der funktionelle Biodiversitätsindex besteht aus dem Mittelwert aus dem normierten RETI-Index und r/k-Verhältnis. Dieser wird mit dem log TU _{max} des KG korreliert. Berechnung log TU _{max} mit der Konzentration c und der LC ₅₀ -Werte des gemessenen PSM-Wirkstoffes für <i>D. magna</i> : $TU_{max} = \frac{c}{lc50}$																																										
Räumliche Berichtsebene	Die anhand repräsentativer Stichproben innerhalb der KG-Kulisse (> 0,15 ha bis < 1,0 ha) berechneten Indikatorenwerte werden auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung der Stichproben zulässt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.																																										
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2023 bereit, der Indikator soll nach erneuter Datenerhebung im 5-Jahres-Intervall vollständig berichtet werden.																																										
Interpretation	Basierend auf dem errechneten funktionellen Biodiversitätsindex werden die untersuchten KG in fünf Klassen eingeteilt, die eine Einordnung der Wirkung der PSM Belastung auf die MZB-Diversität stehender KG erlauben. Im zeitlichen Verlauf können Trends der Indikatorenwerte festgestellt werden. <table><tr><th colspan="2">Funktioneller Biodiversitätsindex</th><th colspan="2">Log TU_{max}</th><th>Wirkungsindikator-Klasse</th><th>Farb-Code</th></tr><tr><th>Von</th><th>Bis</th><th>Von</th><th>Bis</th><th></th><th></th></tr><tr><td>0,8</td><td>1</td><td>-7,6</td><td>-10,3</td><td>Sehr gut</td><td></td></tr><tr><td>0,6</td><td>0,8</td><td>-5,0</td><td>-7,6</td><td>Gut</td><td></td></tr><tr><td>0,4</td><td>0,6</td><td>-2,4</td><td>-5,0</td><td>Mittel</td><td></td></tr><tr><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,3</td><td>-2,4</td><td>Schlecht</td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>0,2</td><td>2,9</td><td>0,3</td><td>Sehr schlecht</td><td></td></tr></table>	Funktioneller Biodiversitätsindex		Log TU _{max}		Wirkungsindikator-Klasse	Farb-Code	Von	Bis	Von	Bis			0,8	1	-7,6	-10,3	Sehr gut		0,6	0,8	-5,0	-7,6	Gut		0,4	0,6	-2,4	-5,0	Mittel		0,2	0,4	0,3	-2,4	Schlecht		0	0,2	2,9	0,3	Sehr schlecht	
Funktioneller Biodiversitätsindex		Log TU _{max}		Wirkungsindikator-Klasse	Farb-Code																																						
Von	Bis	Von	Bis																																								
0,8	1	-7,6	-10,3	Sehr gut																																							
0,6	0,8	-5,0	-7,6	Gut																																							
0,4	0,6	-2,4	-5,0	Mittel																																							
0,2	0,4	0,3	-2,4	Schlecht																																							
0	0,2	2,9	0,3	Sehr schlecht																																							
Limitierung(en)	Der Indikator wurde auf Basis einer Auswertung von Biodiversitäts- und PSM-Daten von 49 KG aus Mecklenburg-Vorpommern konzipiert, wodurch das Bewertungssystem Limitierungen unterliegen kann. Erneute Erhebungen, Prüfung und Optimierung des Indikators wird dies jedoch minimieren.																																										



Status Beispielhafte Darstellung

Wirkungsindikator Biodiversität und Pflanzenschutz

In den untersuchten Kleingewässern Brandenburgs wirkten sich zwischen 2018-2020 laut Ergebnissen des Wirkungsindikators Einträge von Pflanzenschutzmitteln kaum negativ auf die Makrozoobenthos-Diversität der Gewässer aus.

Mittel- und langfristige Trends

Aufgrund limitierter Datenbasis konnte der Wirkungsindikator „Biodiversität und Pflanzenschutz“ bislang lediglich auf den KG-Typ ‚Sölle der Norddeutschen Tiefebene‘ der Agrarlandschaft Brandenburgs ohne einen zeitlichen Vergleich oder die Unterscheidung nach Agrarräumen angewendet werden. Der Einfluss der PSM auf die Diversität der Gewässerorganismen wurde in nur zwei der 50 untersuchten KG als schlecht eingestuft (Abb. 62). Die Korrelation der MZB-Vielfalt mit den zugehörigen $\log TU_{\max}$ -Werten war mit den Daten der untersuchten KG Brandenburgs im Gegensatz zu denen der KG in Mecklenburg-Vorpommern, auf denen die Konzeption des Indikators basiert, nicht signifikant. Für den analysierten Datensatz kann also kein Zusammenhang zwischen MZB-Diversität und Belastung der KG mit PSM belegt werden.

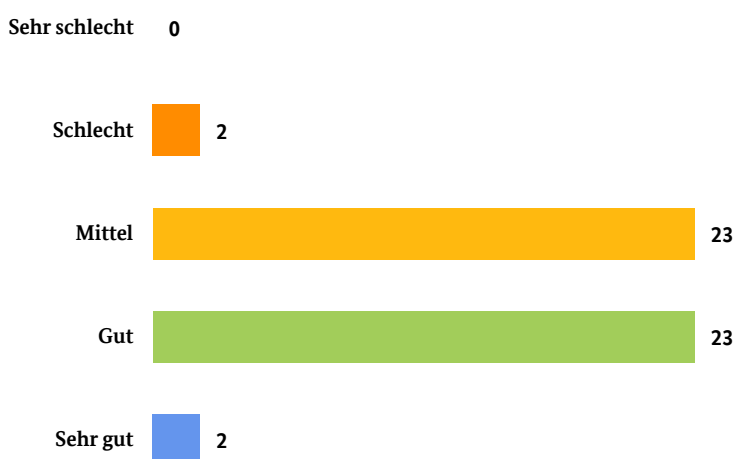


Abb. 62 Einteilung der untersuchten Kleingewässer (n = 50) in die fünf Güteklassen des Wirkungsindikators „Biodiversität und Pflanzenschutz“.

Bemerkungen

Eine agrarraumspezifische Statusanalyse eines umfassenden Datensatzes der Länder Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist aktuell in Bearbeitung. Eine Neuentwicklung des Indikators unter Betrachtung potenzieller indirekter Effekte der PSM auf MZB-Diversität sowie die Anwendung desselben auf einen umfassenden Datensatz der Länder Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist aktuell in Bearbeitung.

Indikator (35): Biodiversität der Kleingewässer
Subindikator (35d): Ufervegetation

Ökologische Relevanz	Fehlende Ufervegetation durch landwirtschaftliche Nutzung bis zur Böschungskante oder sogar darüber hinaus fördert Einträge von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln (PSM) durch Erosion und fehlende Abschirmung vor Abdrift. Bodenerosion kann durch Sedimenteinträge außerdem zur Reduzierung der Habitatvielfalt im Gewässer führen. Verringerte Habitatvielfalt, PSM- und Nährstoff-belastung kann zur Beeinträchtigung der Biodiversität in KG führen.																										
Beschreibung	Der Belastungsindikator „Ufervegetation“ bietet Einblick in die potenzielle Belastung der Kleingewässer (KG) durch verringerten Bewuchs der Gewässer mit aufragender Vegetation. Dazu wird der Anteil der Bereiche mit aufragender Vegetation (Baum- und Strauchvegetation) in einem 20 m-Umkreis um das KG (Ufervegetation) festgestellt.																										
Datengrundlage	Geodaten (GIS), LiDAR-Daten (light detection and ranging, Perić et al., 2022).																										
Berechnung	Mittels GIS wird pro KG ein Puffer von 20 m angelegt. Bereiche mit aufragender Vegetation werden per Webdienst mit LiDAR-Daten ermittelt sowie der Bedeckungsgrad als Flächenanteil errechnet.																										
Räumliche Berichtsebene	Die anhand von Daten aus Sentinel-2 MSI und ATKIS-Basis-DLM der KG-Kulisse (> 0,15 ha bis < 1,0 ha) berechneten Indikatorenwerte werden auf nationaler Ebene berichtet. Die nationale Berichtsebene kann um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.																										
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2023 bereit, der (eigentliche) Indikator soll dann nach erneuter Datenerhebung jährlich vollständig berichtet werden.																										
Interpretation	Die untersuchten KG werden anhand des Bedeckungsgrades in fünf Klassen eingeteilt: <table><tr><th colspan="2">Bedeckungsgrad (%)</th><th rowspan="2">Belastungsindikator-Klasse</th><th rowspan="2">Farb-Code</th></tr><tr><th>Von</th><th>Bis</th></tr><tr><td>80</td><td>100</td><td>Sehr gut</td><td></td></tr><tr><td>60</td><td>80</td><td>Gut</td><td></td></tr><tr><td>40</td><td>60</td><td>Mittel</td><td></td></tr><tr><td>20</td><td>40</td><td>Schlecht</td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>20</td><td>Sehr schlecht</td><td></td></tr></table> Dies erlaubt eine Einordnung der Belastung durch unterschiedliche Bewirtschaftungsstrategien und daraus resultierender Beeinträchtigung der Ufervegetation, die PSM- und Nährstoffeintrag verringern und als in das Gewässer hineinwachsende oder -ragende Vegetation oder als Vegetationsreste (Totholz) Lebensraum für Makrozoobenthos (MZB) bieten kann. Im zeitlichen Verlauf können Trends der Indikatorenwerte abgeleitet werden.	Bedeckungsgrad (%)		Belastungsindikator-Klasse	Farb-Code	Von	Bis	80	100	Sehr gut		60	80	Gut		40	60	Mittel		20	40	Schlecht		0	20	Sehr schlecht	
Bedeckungsgrad (%)		Belastungsindikator-Klasse	Farb-Code																								
Von	Bis																										
80	100	Sehr gut																									
60	80	Gut																									
40	60	Mittel																									
20	40	Schlecht																									
0	20	Sehr schlecht																									
Limitierung(en)	Der Indikator wurde auf Basis einer Auswertung von 49 KG aus Mecklenburg-Vorpommern konzipiert, wodurch das Bewertungssystem Limitierungen unterliegen kann. Erneute Erhebungen, Prüfung und Optimierung des Indikators wird dies jedoch minimieren.																										



Status Beispielhafte Darstellung

Belastungsindikator Ufervegetation

Von den untersuchten Kleingewässern Brandenburgs wiesen zwischen 2018-2020 die meisten einen schlechten bis sehr schlechten Zustand bezogen auf ihre Ausstattung mit aufragender Ufervegetation auf. Die Daten belegen außerdem, dass fehlende Ufervegetation die Belastung der Gewässer mit Pflanzenschutzmitteln begünstigt.

Mittel- und langfristige Trends

Aufgrund limitierter Datenbasis konnte der Belastungsindikator „Ufervegetation“ lediglich auf den KG-Typ ‚Sölle der Norddeutschen Tiefebene‘ der Agrarlandschaft Brandenburgs ohne einen zeitlichen Vergleich oder die Unterscheidung nach Agrarräumen angewendet werden.

Nur eines der 50 untersuchten KG wies eine gute Ausstattung mit umgebender aufragender Ufervegetation auf, während 35 Gewässer einen schlechten bis sehr schlechten Zustand aufwiesen (Abb. 63). Für vier KG war eine Einschätzung der Ufervegetation aufgrund unzureichender Daten nicht möglich. In den Gewässern mit den geringsten Anteilen an Ufervegetation wurden außerdem die höchsten Konzentrationen von PSM-Wirkstoffen gefunden. Dies belegt die Verstärkung der KG-Belastung mit PSM durch verringerte Ufervegetation.

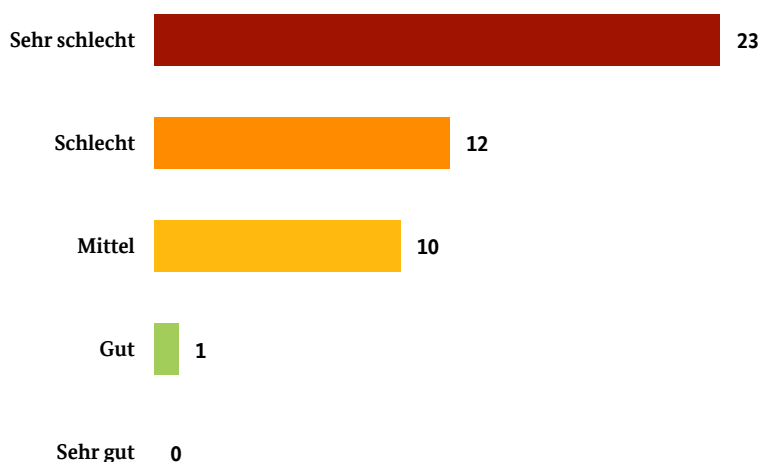


Abb. 63 Einordnung der untersuchten Kleingewässer (n = 46) in die fünf Güteklassen des Belastungsindikators „Ufervegetation“.

Bemerkungen

Eine agrarraumspezifische Statusanalyse eines umfassenden Datensatzes der Länder Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist aktuell in Bearbeitung. In dessen Rahmen ist jedoch weiterhin aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von LiDAR-Daten die Berechnung des Indikators nur für einen Teildatensatz möglich. Eine weitere Anwendung des Indikators bedarf also des Ausbaus der länderbezogenen Verfügbarkeit von LiDAR-Daten.

Zusätzlich ist unter der Verwendung von LiDAR-Daten ein weiterer Indikator ‚Gewässervegetation‘ zur Abschätzung des Flächenanteils der aufragenden Vegetation innerhalb der Wasseroberfläche von KG geplant. Die Anwendung dessen ist jedoch aus methodischen Gründen bisher nicht möglich und ist auf die Weiterentwicklung der LiDAR-Technologie angewiesen.

Indikator (35): Biodiversität der Kleingewässer
Subindikator (35e): Pflanzenschutzmittelbelastung

Ökologische Relevanz	Kleingewässer (KG) der Agrarlandschaft können durch verschiedene Eintragspfade mit Pflanzenschutzmitteln (PSM) belastet sein, zum Beispiel durch Abdrift, Run-off, Erosion, Austausch mit Grundwasser oder durch Zufluss von Drainagen. PSM können sich direkt auf die Vitalität des Makrozoobenthos (MZB) auswirken und somit maßgeblich die Biodiversität von KG beeinflussen.																										
Beschreibung	Der Belastungsindikator „PSM-Belastung“ beschreibt die Belastung der KG durch PSM als maximale Toxic Unit (TU _{max}) für ein einheitliches Spektrum von PSM-Wirkstoffen, die parallel zu den MZB-Erhebungen pro KG untersucht werden.																										
Datengrundlage	TU _{max} (für <i>Daphnia magna</i>) von PSM entsprechend des Wirkstoff-Spektrums von Wick et al. (Wick et al., 2019) pro KG.																										
Berechnung	Pro KG werden TU-Werte aus der Konzentration c der gemessenen PSM-Wirkstoffe und der zugehörigen halbmaximalen letalen Konzentration LC ₅₀ für <i>D. magna</i> berechnet. Pro KG wird der logarithmisierte maximale TU für den Belastungsindikator verwendet: $TU_{max} = \frac{c}{lc50}$																										
Räumliche Berichtsebene	Die anhand repräsentativer Stichproben innerhalb der KG-Kulisse (> 0,15 ha bis < 1,0 ha) berechneten Indikatorenwerte werden auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung der Stichproben zulässt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.																										
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2023 bereit, der Indikator soll nach erneuter Datenerhebung im 5-Jahres-Intervall vollständig berichtet werden.																										
Interpretation	Die untersuchten KG werden nach ihrem logTU_{max} in fünf Klassen eingeteilt: <table><tr><th colspan="2">PSM-Belastung (logTU_{max})</th><th rowspan="2">Belastungsindikator-Klasse</th><th rowspan="2">Farb-Code</th></tr><tr><th>Von</th><th>Bis</th></tr><tr><td>< -5</td><td>-5</td><td>Sehr gut</td><td></td></tr><tr><td>-5</td><td>-4</td><td>Gut</td><td></td></tr><tr><td>-4</td><td>-3</td><td>Mittel</td><td></td></tr><tr><td>-3</td><td>-2</td><td>Schlecht</td><td></td></tr><tr><td>-2</td><td>> -2</td><td>Sehr schlecht</td><td></td></tr></table> Ein logTU_{max} von 0 entspricht dem LC₅₀-Wert und somit annähernd einer Sterberate von 50 % von <i>D. magna</i>. Werte größer eines logTU_{max} von -2, die einer um Faktor 100 geringeren Konzentration als dem des LC₅₀ -Werts entsprechen, werden als sehr schlecht angesehen (Liess et al., 2021). Im zeitlichen Verlauf können Trends der Indikatorenwerte abgeleitet werden.	PSM-Belastung (logTU _{max})		Belastungsindikator-Klasse	Farb-Code	Von	Bis	< -5	-5	Sehr gut		-5	-4	Gut		-4	-3	Mittel		-3	-2	Schlecht		-2	> -2	Sehr schlecht	
PSM-Belastung (logTU _{max})		Belastungsindikator-Klasse	Farb-Code																								
Von	Bis																										
< -5	-5	Sehr gut																									
-5	-4	Gut																									
-4	-3	Mittel																									
-3	-2	Schlecht																									
-2	> -2	Sehr schlecht																									
Limitierung(en)	Der Indikator wurde auf Basis einer Auswertung von 49 KG aus Mecklenburg-Vorpommern konzipiert, wodurch das Bewertungssystem Limitierungen unterliegen kann. Die durch erweiterte Erhebungen und Optimierung minimiert werden können. Der Indikator bildet derzeit nur direkte Effekte der PSM-Wirkstoffe ab. Indirekte Effekte durch Beeinflussung von Habitat- und Wasserqualität auf die MZB-Diversität werden bei einer zukünftigen Weiterentwicklung des Wirkungsindikators mit einbezogen.																										



Status Beispielhafte Darstellung

Belastungsindikator Pflanzenschutzmittelbelastung

Anhand von Daten der Jahre 2018-2020 wurden die meisten der untersuchten Kleingewässer Brandenburgs in einen guten bis sehr guten Status nach ihrer Belastung mit Pflanzenschutzmitteln eingestuft.

Mittel- und langfristige Trends

Aufgrund limitierter Datenbasis konnte der Belastungsindikator „Pflanzenschutzmittelbelastung“ bislang lediglich auf den KG-Typ ‚Sölle der Norddeutschen Tiefebene‘ der Agrarlandschaft Brandenburgs ohne einen zeitlichen Vergleich oder die Unterscheidung nach Agrarräumen angewendet werden. Sieben der 50 untersuchten KG befanden sich im sehr schlechten Zustand in Bezug auf ihre PSM-Belastung, 35 wurden als gut bis sehr gut eingestuft (Abb. 64).

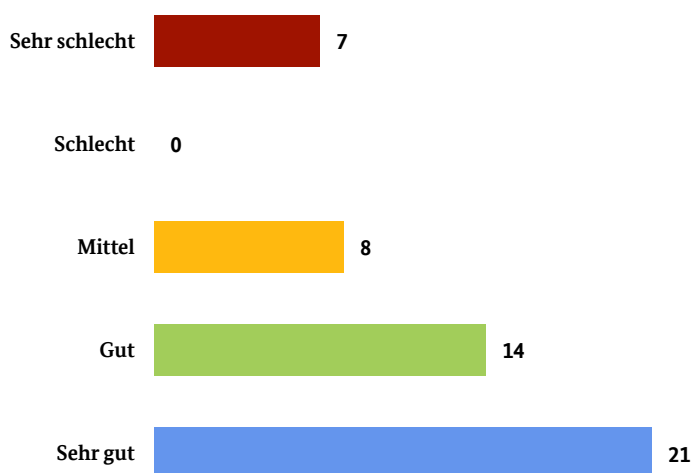


Abb. 64 Einordnung der untersuchten Kleingewässer ($n = 50$) in die fünf Güteklassen des Belastungsindikator „Pflanzenschutzmittelbelastung“.

Bemerkungen

Eine agrarraumspezifische Statusanalyse eines umfassenden Datensatzes der Länder Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist aktuell in Bearbeitung.

Indikator (35): Biodiversität der Kleingewässer
Subindikator (35f): Nährstoffbelastung

Ökologische Relevanz	Nährstoffe aus landwirtschaftlicher Düngung können beispielsweise per Abschwemmung, Abdrift, über Drainagen oder den Austausch mit Grundwasser in Oberflächenwasser gelangen. Dort können sie in Eutrophierung resultieren, was indirekt zu Veränderungen der Artenzusammensetzung und Biodiversität von Kleingewässern (KG), unter anderem Makrozoobenthos (MZB), führen kann.																														
Beschreibung	Der Belastungsindikator „Nährstoffbelastung“ beschreibt die Belastung der KG durch Phosphor, dessen Konzentration parallel zu MZB-Erhebungen je KG untersucht wird. Phosphor trägt als wichtiger Pflanzennährstoff zum Wachstum von Wasserpflanzen bei und kann somit zur Eutrophierung führen. Die Konzentrationen werden als Phosphat-Phosphor (Phosphat-P) gemessen, dem pflanzenverfügbaren Phosphor in der Wassersäule.																														
Datengrundlage	Konzentrationen an Phosphat-P in µg/l pro KG.																														
Berechnung	Die Werte dienen direkt zur Einordnung in Trophieebenen.																														
Räumliche Berichtsebene	Die anhand repräsentativer Stichproben innerhalb der KG-Kulisse (> 0,15 ha bis < 1,0 ha) berechneten Indikatorenwerte werden auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung der Stichproben zulässt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.																														
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2023 bereit, der Indikator soll nach erneuter Datenerhebung im 5-Jahres-Intervall vollständig berichtet werden.																														
Interpretation	Die untersuchten KG werden nach LAWA (Mathes et al., 2002) dem Seentyp 14 (polymiktischer Tieflandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet) zugeordnet. Dementsprechend werden die KG anhand ihrer Phosphat-P-Konzentration in sechs Trophieebenen eingeteilt (LAWA-AO, 2021): <table><tr><th colspan="2">Phosphat-P (µg/l)</th><th rowspan="2">Belastungsindikator-Klasse</th><th rowspan="2">Farb-Code</th></tr><tr><th>Von</th><th>Bis</th></tr><tr><td>< 18</td><td>18</td><td>Mesotroph</td><td></td></tr><tr><td>18</td><td>39</td><td>Eutroph 1</td><td></td></tr><tr><td>39</td><td>82</td><td>Eutroph 2</td><td></td></tr><tr><td>82</td><td>175</td><td>Polytroph 2</td><td></td></tr><tr><td>175</td><td>367</td><td>Polytroph 1</td><td></td></tr><tr><td>367</td><td>> 367</td><td>Hypertroph</td><td></td></tr></table> Im zeitlichen Verlauf können Trends der Indikatorenwerte abgeleitet werden.	Phosphat-P (µg/l)		Belastungsindikator-Klasse	Farb-Code	Von	Bis	< 18	18	Mesotroph		18	39	Eutroph 1		39	82	Eutroph 2		82	175	Polytroph 2		175	367	Polytroph 1		367	> 367	Hypertroph	
Phosphat-P (µg/l)		Belastungsindikator-Klasse	Farb-Code																												
Von	Bis																														
< 18	18	Mesotroph																													
18	39	Eutroph 1																													
39	82	Eutroph 2																													
82	175	Polytroph 2																													
175	367	Polytroph 1																													
367	> 367	Hypertroph																													
Limitierung(en)	Für KG gelten durch ihre Größe und daraus resultierende Randeffekte andere Bedingungen für Kleinseen, weshalb von einer höheren natürlichen Trophieebene und einer dementsprechend besseren Bewertung höherer Trophieebenen als von den hier zur Referenz herangezogenen Kleinseen ausgegangen werden kann.																														



Status Beispielhafte Darstellung

Belastungsindikator Nährstoffbelastung

Zwischen 2018-2020 wurden die meisten untersuchten Kleingewässer Brandenburgs in einen mäßigen bis sehr schlechten Zustand bezogen auf ihre Belastung mit Nährstoffen eingestuft.

Mittel- und langfristige Trends

Aufgrund limitierter Datenbasis konnte der Belastungsindikator „Nährstoffbelastung“ bislang lediglich auf den KG-Typ ‚Sölle der Norddeutschen Tiefebene‘ der Agrarlandschaft Brandenburgs ohne einen zeitlichen Vergleich oder die Unterscheidung nach Agrarräumen angewendet werden.

Unter 20 µg/l Gesamtposphor geht man von einem sehr guten, zwischen 20-30 µg/l von einem guten und über 30 µg/l von einem mäßigen bis sehr schlechten Zustand von Gewässern des Seentyps 14 aus (LAWA-AO, 2021). 18 der 50 untersuchten KG wurden als mesotroph bis eutroph 1 eingestuft und befanden sich so in einem sehr guten oder guten Zustand in Bezug auf ihre Nährstoffbelastung, während 32 Gewässer in einen mäßigen bis sehr schlechten Zustand eingestuft wurden (Abb. 65).

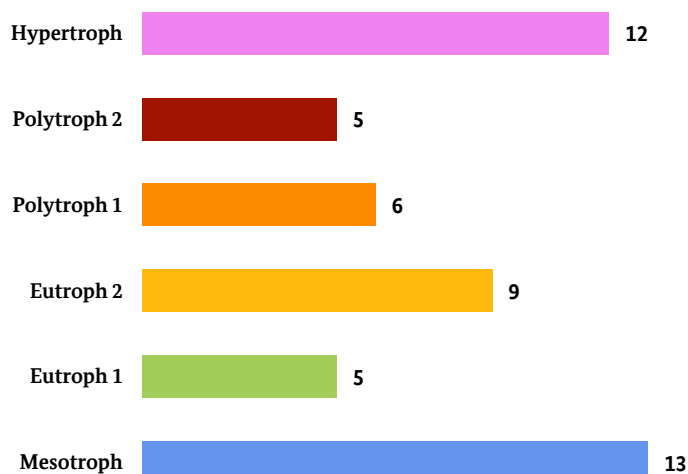


Abb. 65 Trophieklassen der untersuchten Kleingewässer (n = 50) auf der Grundlage des Belastungsindikators „Nährstoffbelastung“.

Bemerkungen

Eine agrarraumspezifische Statusanalyse eines umfassenden Datensatzes der Länder Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist aktuell in Bearbeitung.

Aus methodischen Gründen kann momentan zur Berechnung der Trophieebene nur die Konzentration von Phosphat-P verwendet werden, anstatt wie von LAWA empfohlen von Gesamtposphor (LAWA-AO, 2021). Die Trophieebene der KG wird so potentiell unterschätzt. Eine Prüfung und Optimierung des Indikators, beispielsweise durch Hinzunahme weiterer Nährstoffwerte und der Konzentration von Chlorophyll a, wird dies jedoch minimieren.

Indikator (35): Biodiversität der Kleingewässer
Subindikator (35g): Expositionsrisiko für Pflanzenschutzmittel

Ökologische Relevanz	Pflanzenschutzmittel (PSM) können im Zuge ihrer Ausbringung durch verschiedene Prozesse wie Abdrift, Run-off oder Erosion in Kleingewässer (KG) eingetragen werden und dort die Vitalität von Organismen und somit die KG-Biodiversität beeinflussen.																										
Beschreibung	Mit dem Risikobewertungsmodell SYNOPS (Strassemeyer et al., 2017) werden Indizes berechnet, die das Belastungsrisiko der KG-Organismen durch PSM-Eintrag ermitteln. Das Modell basiert auf PSM-Anwendungsdaten und deren Umwelteigenschaften schlagspezifisch mit den Kulturen, sowie Flächentopographie, Saumstrukturen, Bodendaten und risikomindernden Maßnahmen. Dies ermöglicht eine Einschätzung der PSM-Belastung von KG über die Kulisse der tatsächlich untersuchten KG hinaus.																										
Datengrundlage	PSM-Wirkstoffeigenschaften (mittlere letale Konzentration LC ₅₀ - und höchste Dosis ohne signifikante Wirkung NOEC für Referenzorganismen) und PSM-Anwendungsdaten (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2019), schlagspezifische Umwelt-, Boden- und Wetterparameter (InVeKos).																										
Berechnung	Aus regionalspezifischen PSM-Anwendungsmustern nach PAPA werden für generische Applikationsmuster pro Jahr (GAM) erstellt, mithilfe derer und der Toxizität der PSM-Wirkstoffe das Schädigungsrisiko der Referenzorganismen berechnet wird. Zur Interpretation dient der Maximalwert der akuten und chronischen Exposure Toxicity Ratio (ETR): $ETR = \frac{ToxizitätT}{ExpositionE}$																										
Räumliche Berichtsebene	Die anhand von Daten aus Sentinel-2 MSI und ATKIS-Basis-DLM der KG-Kulisse (> 0,15 ha bis < 1,0 ha) berechneten Indikatorenwerte werden auf nationaler Ebene berichtet. Die nationale Berichtsebene kann um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.																										
Berichtsintervall	Mit dem Start der Umsetzung des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2023 bereit, der Indikator soll nach erneuter Datenerhebung im 5-Jahres-Intervall vollständig berichtet werden.																										
Interpretation	Die untersuchten KG werden anhand ihrer ETR-Werte für ihr akutes und chronisches Risiko der Belastung mit PSM in fünf Risikoklassen eingeteilt: <table><tr><th colspan="2">ETR-Wert</th><th rowspan="2">Risiko-Klasse</th><th rowspan="2">Farb-Code</th></tr><tr><th>Von</th><th>Bis</th></tr><tr><td>< 0,01</td><td>0,01</td><td>Kein Risiko</td><td></td></tr><tr><td>0,01</td><td>0,1</td><td>Sehr niedriges Risiko</td><td></td></tr><tr><td>0,1</td><td>1</td><td>Niedriges Risiko</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>10</td><td>Erhöhtes Risiko</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td>> 10</td><td>Hohes Risiko</td><td></td></tr></table> Durch den schlag- und jahresspezifischen Risikoindex kann ein zeitlicher Trend abgeleitet und beliebig räumlich und zeitlich aggregiert werden.	ETR-Wert		Risiko-Klasse	Farb-Code	Von	Bis	< 0,01	0,01	Kein Risiko		0,01	0,1	Sehr niedriges Risiko		0,1	1	Niedriges Risiko		1	10	Erhöhtes Risiko		10	> 10	Hohes Risiko	
ETR-Wert		Risiko-Klasse	Farb-Code																								
Von	Bis																										
< 0,01	0,01	Kein Risiko																									
0,01	0,1	Sehr niedriges Risiko																									
0,1	1	Niedriges Risiko																									
1	10	Erhöhtes Risiko																									
10	> 10	Hohes Risiko																									
Limitierung(en)	Möglich ist der Eintrag von PSM über Wege, die das Modell SYNOPS nicht ausreichend abbildet.																										



Status Beispielhafte Darstellung

Belastungsindikator Expositionsrisiko für Pflanzenschutzmittel

Allen untersuchten Kleingewässern Brandenburgs wurden für 2018-2020 ein niedriges bis gar kein Risiko für eine Belastung der Organismen durch Pflanzenschutzmittel-Anwendungen zugewiesen.

Mittel- und langfristige Trends

Aufgrund limitierter Datenbasis konnte der Belastungsindikator „Expositionsrisiko für Pflanzenschutzmittel“ bislang lediglich auf die Agrarlandschaft Brandenburgs ohne einen zeitlichen Vergleich oder die Unterscheidung nach Agrarräumen angewendet werden.

Allen 6.798 analysierten KG Brandenburgs wurde auf Basis des Indikators ein niedriges bis gar kein Risiko für eine Belastung der KG-Organismen durch PSM-Anwendungen zugewiesen (Abb. 66).

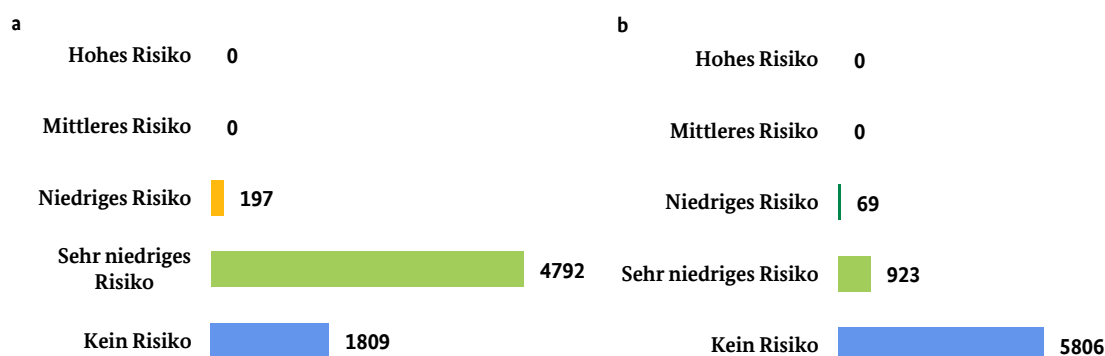


Abb. 66 Einordnung der Kleingewässer (n = 6798) in die fünf SYNOPSIS-Kategorien des akuten (a) und chronischen (b) Pflanzenschutzmittel-Expositionsrisikos für Gewässerorganismen.

Bemerkungen

Eine agrarraumspezifische Statusanalyse eines umfassenden Datensatzes der Länder Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern und erneute Validierung des Indikators ist aktuell in Bearbeitung.

II 2.2.7 Diversität der Ackerunkräuter

Bearbeitendes Institut:

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

Ansprechpartner: Lena Ulber (lena.ulber@julius-kuehn.de), Christoph von Redwitz (christoph.redwitz@julius-kuehn.de)

Auf Ackerflächen bilden Unkräuter neben den Kulturpflanzen oft die einzige pflanzliche Nahrungsquelle und Habitatstruktur für höhere trophische Ebenen und sind damit eine der wichtigsten Grundlagen für eine Agrarlandschaft mit hoher Biodiversität. Während die Betrachtung eines Sets definierter Indikatorarten wie z. B. Acker-Rittersporn und Acker-Steinsame auf Ackerflächen bereits durchgeführt wird (HNV-Monitoring des BfN), existiert deutschlandweit bisher kein langfristig angelegtes floristisches Monitoring, das die gesamte Unkrautdiversität auf Ackerflächen erfasst. Mit dem Indikator „Ackerunkrautdiversität“ soll eine wissenschaftlich belastbare Datengrundlage zum Zustand und der kontinuierlichen Entwicklung der deutschlandweiten Unkrautdiversität in Agrarlandschaften abgebildet werden.

Der Einfluss der sich ändernden landwirtschaftlichen Anbaumaßnahmen und des Landnutzungs- und des Agrarstrukturwandels (z. B. durch zukünftige agrarumweltpolitische Strategien und Förderinstrumente) kann durch den langfristigen Charakter des Monitorings abgebildet werden und somit für eine evidenzbasierte Politikberatung genutzt werden.

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie - Aktionsprogramm Insektenschutz - Nationaler Aktionsplan zur Nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

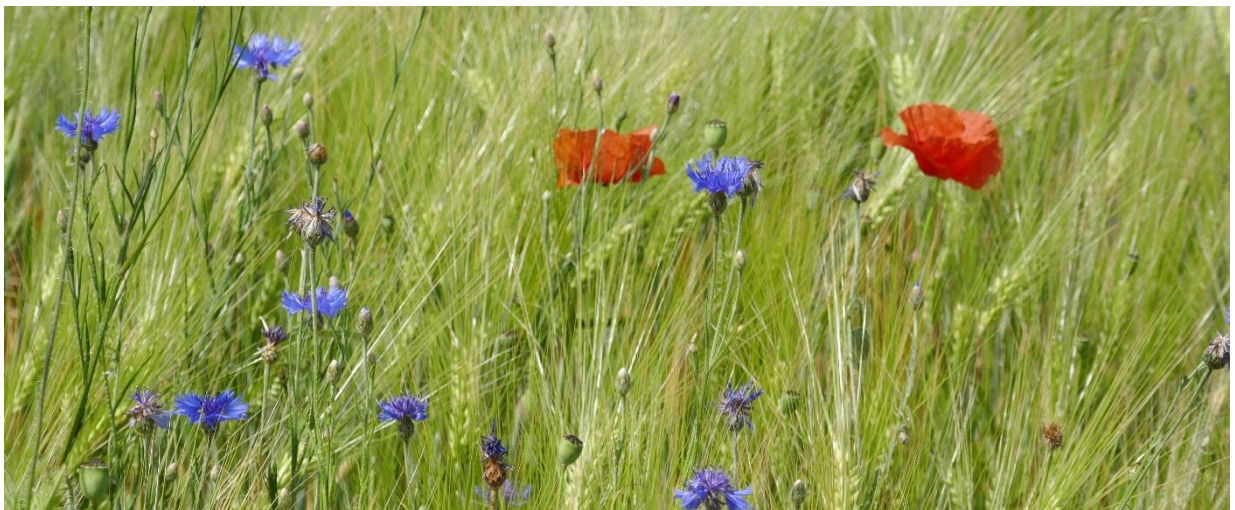


Abb. 67 Getreidefeld mit Mohn- und Kornblumen (© S. Meyer, JKI).

Indikator (36): Diversität der Ackerunkräuter

Ökologische Relevanz	Unkräuter stellen im Agrarökosystem ein großes Arten- und Genreservoir. Darüber hinaus sind viele Taxa höherer trophischer Ebenen direkt oder indirekt durch z. B. Pollen-/Nektar-, Nahrungs- und Habitatangebot mit den Unkräutern assoziiert.
Beschreibung	Der Indikator „Ackerunkrautdiversität“ soll den Status der Diversität von Unkrautarten auf bewirtschafteten Ackerflächen sowie die Abundanz spezifischer Arten in Deutschland umfassend beschreiben. Dabei ist eine langfristige (> 10 Jahre) bzw. dauerhafte Erhebung der Daten auf nationaler Ebene vorgesehen.
Datengrundlage	Es sollen jährlich Erhebungen zur Diversität der Ackerunkräuter auf ca. 500 Ackerflächen deutschlandweit durchgeführt werden. Ein Protokoll für die methodische Durchführung der Erhebung auf den Ackerflächen mit Transekt- und Ploterhebungen wurde erstellt.
Berechnung	Der Indikator „Ackerunkrautdiversität“ setzt sich aus verschiedenen Daten zum Vorkommen der Unkräuter zusammen, die über Diversitätsprofile nach Hill beschrieben werden. $N_a = \left(\sum_{i=1}^n p_i^q \right)^{1/(1-q)}$ Dabei beschreibt „N_a“ die „effektive Artenzahl“, „n“ die Anzahl der vorkommenden Arten, „q“ definiert den Hill-Faktor und „P_i“ stellt die relative Abundanz einer Art dar. Die effektive Artenzahl ist ein Wert, der über verschiedene Berichtsebenen und Kategorien verglichen werden kann. Die Interpretation dieser Artenzahlen ist im Gegensatz zu klassischen Indizes intuitiv möglich.
Räumliche Berichtsebene	Der Indikator Diversität der Ackerunkräuter wird auf nationaler Ebene berichtet. Dabei wird besonders die angebaute Kultur berücksichtigt. Je nach Verteilung und Größe der Flächenstichprobe kann die nationale Berichtsebene um agrarraum- oder bundeslandspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings kann der Indikator in einem dreijährigen Turnus berichtet werden.
Interpretation	Je höher die effektive Artenzahl N _a ist, desto höher ist die Vielfalt der Ackerunkräuter einer Fläche. Mithilfe der Darstellung des Status der Ackerunkrautdiversität in Deutschland kann das Potential für höhere trophische Ebenen auf der Fläche abgeschätzt werden. Diese Interpretation kann für die flächenstärksten Kulturen in Deutschland differenziert werden und deckt so ca. 70 % der Ackerflächen Deutschlands ab.
Limitierung(en)	Eine Differenzierung der Interpretation des Indikators auf Bundeslandebene hängt von der Stichprobengröße pro Kultur im jeweiligen Bundesland ab. Ob die spezifische Analyse einzelner agrarpolitischer Maßnahmen möglich ist, muss im Einzelfall geprüft werden.



Status Beispielhafte Darstellung

Indikator Ackerunkrautdiversität

Bisher werden keine deutschlandweiten Daten zum Indikator „Ackerunkrautdiversität“ erhoben. Daher kann zum derzeitigen Zeitpunkt kein Statusbericht erstellt werden. Im Folgenden wird beispielhaft die Darstellung des Indikators „Ackerunkrautdiversität“ aufgezeigt.

Mittel – und langfristige Trends

Im Folgenden wird eine exemplarische Darstellung des Indikators „Ackerunkrautdiversität“ differenziert nach ackerbaulichen Kulturen dargestellt. Im Rahmen von MonViA wurden dafür im Jahr 2022 in einer „Proof-of-Concept“-Studie Daten aus den Bundesländern Niedersachsen und Brandenburg erhoben (Abb. 68). Diese nicht repräsentativen Daten dienen der Prüfung der entwickelten Monitoring Methoden und sind auf Nachfrage verfügbar.

Die Anzahl der in Niedersachsen und Brandenburg im Jahr 2022 untersuchten Ackerflächen variierte zwischen den Kulturen. Die höchste Unkrautdiversität zeigte sich in den Kulturen Roggen und Triticale, während in Zuckerrüben nur eine geringe Diversität beobachtet wurde. Der für die „Proof-of-Concept“-Studie gewählte Stichprobenumfang von insgesamt 46 Flächen war für die dargestellten Kulturen in diesem Fall aber nicht ausreichend, um eine Kurvensättigung zu erreichen und damit die gesamte Diversität der je Kultur vorkommenden Unkrautarten abzubilden. Daher wurden im Jahr 2023 weitere Flächen mit unterschiedlichen Kulturen untersucht, um den Indikator adäquat abbilden zu können.

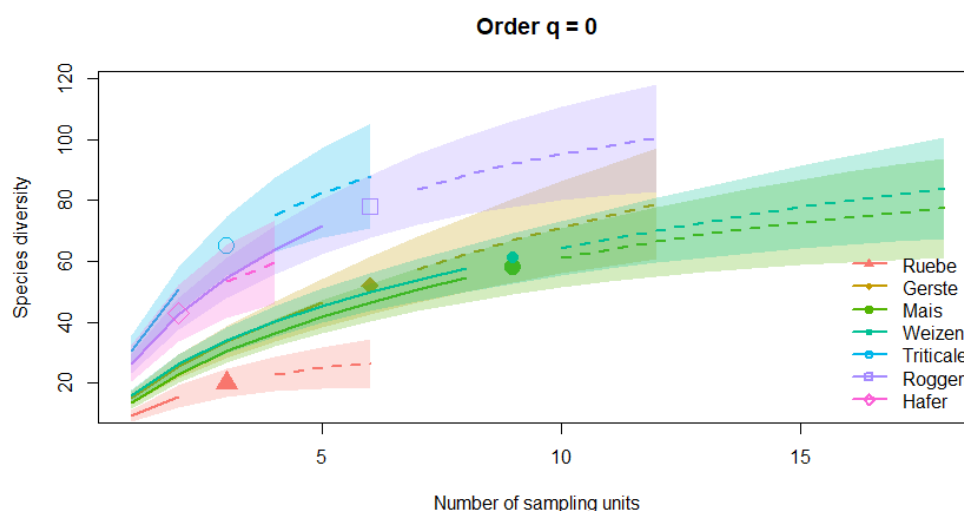


Abb. 68 Beobachtete Unkrautdiversität in Abhängigkeit von der Anzahl der pro Kultur untersuchten Ackerflächen in Niedersachsen und Brandenburg (© JKI).

Die Sättigung der einzelnen Kurven ist sehr unterschiedlich. Zum Vergleich zwischen den Kulturen, oder in anderen Darstellungsformen für die Jahre oder Regionen, werden die Punkte mit der gleichen Sättigung auf den Kurven gewählt. Dieselben Punkte, die durch eine „effektive Artenzahl“ beschrieben werden, können neben dem Vergleich der einzelnen Kulturen auch dazu dienen, einen zeitlichen Trend aufzuzeigen. Dieser ist dann bereits bereinigt und kann direkt als Trend der auftretenden Artenzahl interpretiert werden.

II 2.2.8 Regenwürmer

Bearbeitende Institute:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz Berlin

Ansprechpartner: Bernd Hommel (bernd.hommel@julius-kuehn.de), Anna Vaupel (anna.vaupel@julius-kuehn.de), Nadine Herwig (nadine.herwig@julius-kuehn.de)

Vielfältige und robuste Regenwurmgemeinschaften sind existenziell für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und für den Bodenschutz in der Landwirtschaft. Regenwürmer nehmen unter den Bodenorganismen eine Schlüsselfunktion ein. Sie durchmischen und durchlüften den Boden, durch ihre Röhren erleichtern sie die Durchwurzelung und die Wasseraufnahme und mindern damit die Erosion, durch die Zersetzung der abgestorbenen organischen Substanz auf und im Boden stellen sie Nährstoffe für das Pflanzenwachstum zur Verfügung, durch die Bildung von Ton-Humus-Komplexen im Regenwurmdarm tragen sie zur Kohlenstoffsequestrierung im Boden und damit zum Klimaschutz bei. Der MonViA-Indikator „Regenwürmer“ ist umfassend im Konzept „Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften – Konzept für ein nationales Trendmonitoring der Regenwurmgemeinschaften“ beschrieben. Der Indikator soll frühzeitig erkennen, wenn natürliche und anthropogene Einflüsse Regenwurmgemeinschaften und damit deren ökologische Funktionen gefährden oder umgekehrt, bestimmte agronomische oder agrarpolitische Maßnahmen ganz besonders zu ihrer Förderung beitragen. Dazu werden für den jährlichen Statusbericht des Indikators „Regenwürmer“ drei Datengrundlagen betrachtet: 1. der Zustand von Regenwurmgemeinschaften als Trend, 2. der Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen pro Betrieb und Region und 3. der Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen in bestehenden und geplanten Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) in den Bundesländern. Ebenso bedeutsam ist der Statusbericht für die Forschung, um den Ursachen und den Auswirkungen von Veränderungen vertiefend auf den Grund gehen zu können.

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie 2035 – Agrobiodiversitätsstrategie - EU-Biodiversitätsstrategie - EU-Bodenstrategie 2030 - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt



Abb. 69 links: Der Gemeine Regenwurm, *Lumbricus terrestris*, als Tiefengräber, Leitart für das Monitoring. (© Hommel, JKI); Im Feld wird von einem Achtel Quadratmeter die Vegetation entfernt (Mitte) und mit einer 0,01%igen Senföllösung (AITC) die Regenwürmer ausgetrieben (rechts), abgesammelt und im Labor gezählt, bestimmt und gewogen (© Vaupel, JKI).

Indikator (37): Regenwürmer

Ökologische Relevanz	Regenwürmer nehmen für die Fruchtbarkeit und die Resilienz unserer Böden eine Schlüsselfunktion unter den Bodenorganismen ein. Die Intensität der Landwirtschaft und der Klimawandel gefährden ihre Diversität und Abundanz und damit ihre Ökosystemleistungen.
Beschreibung	Das bundesweite Trendmonitoring der Regenwurmgemeinschaften soll frühzeitig erkennen, wenn natürliche und anthropogene Einflüsse auf die Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit hemmend oder fördernd sind. Dafür werden drei Datenpakete ermittelt: Trend des Zustandes von Regenwurmgemeinschaften. Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen pro Betrieb. Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen in AUKM je Bundesland.
Datengrundlage	Regenwurmdaten: Regelmäßig und repräsentativ erhoben im Feld mit einem Austrieb mit 0,01 % Allylisothiocyanat (AITC), ohne Handauslese. Bodeneigenschaften: Messungen im Feld und Schlagkarteien der Landwirte, bodenkundliche Karten und Datenbanken, ATKIS-Daten. Wetter- und Klimadaten: Stationen des DWD. Ackerbauliche Maßnahmen: Jährliche Interviews mit den Landwirten. AUKM-Kataloge/-Programme: Veröffentlichungen der Bundesländer. Andere MonViA-Indikatoren: Landschaftselemente und Agrarumwelt-Maßnahmen.
Berechnung	1. Abundanz und Biomasse der Leitart <i>Lumbricus terrestris</i>, Gesamtabundanz aller Arten, Artenanzahl, Verteilung juveniler und adulter Tiere, Verteilung ökologischer Gruppen. 2. Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen pro Betrieb und Region an der Gesamtfläche. 3. Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen in AUKM pro Bundesland, z. B. Anteil von Begrünungs- und Blühmischungen in den Programmen der Bundesländer.
Räumliche Berichtsebene	Datenpakete 1. und 2. sind sowohl auf Bundesebene als auch für die ERA Großregion auswertbar. 3. wird je Bundesland angegeben. Dort wo es die räumliche Abdeckung von Transekten erlaubt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Nach Start des Monitorings kann der Indikator nach 5 Jahren erstmals vollständig jährlich berichtet werden
Interpretation	1. Positiver oder gleichbleibender Trend von Abundanz und Artenanzahl entspricht einer guten Entwicklung der Regenwurmgemeinschaft. 2. Je höher der Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen im Verhältnis zur Anbaufläche umso besser. 3. Je höher der Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen in Agrarumweltprogrammen der Länder (AUKM) umso besser.
Limitierung(en)	Der quantitative Vergleich zwischen Monitoringstandorten ist nur über Abundanz und Biomasse der Leitart, <i>Lumbricus terrestris</i>, möglich. Für die Trendentwicklung eines Standorts kann zusätzlich die Gesamtabundanz verwendet werden. Gesamtbiomasse und Artenanzahl können nur im Zusammenhang mit der Verteilung juveniler/adulter Tiere und der Verteilung der ökologischen Gruppen ausgewertet werden.



Status Beispielhafte Darstellung

Indikator: Regenwürmer

Die im Rahmen der Pilotphase durchgeführten Erhebungen in 2020 bis 2022 in verschiedenen Regionen Deutschlands deuten darauf hin, dass die Variabilität der Abundanz der Regenwürmer auf den Flächen groß ist. Auf Beispielstandort A ist ein deutlicher Abfall der Regenwurmabundanz zu verzeichnen, welcher vermutlich durch einen Landnutzungswandel verursacht wurde (Grünland zu Acker), auf Beispielstandort B hingegen blieb die Regenwurmabundanz stabil. Die Leitart *Lumbricus terrestris* bildet für das (geplante) bundesweite Trendmonitoring den Trend der gesamten Gemeinschaft sehr gut ab.

Mittel- und langfristige Trends

Standorte der **Region A** zeigen einen negativen Trend des **Zustandes der Regenwurmgemeinschaften**, während Standorte der **Region B** einen gleichbleibenden Trend zeigen (Abb. 70). Nach Beginn des Monitorings kann die Darstellung mit 25 Standorten pro Region für 4 Regionen erfolgen.



Abb. 70 Trend des Zustands der Regenwurmgemeinschaften an zwei verschiedenen Standorten (© JKI).

Bemerkungen

Quantitative Vergleiche zwischen den Standorten sind nur für die Abundanz und Biomasse der Leitart, *Lumbricus terrestris* (LUMBTE) möglich. Innerhalb eines Standortes ist auch ein Vergleich für die Gesamtabundanz, Gesamtbiomasse und Artenanzahl möglich.

Für die Berechnungen Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen auf Betriebsebene (2) und Anteil regenwurmfördernder Maßnahmen auf Bundeslandebene (3) liegen aktuell keine Daten vor.

II 2.2.9 Bodenmikroorganismen

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Biodiversität

Ansprechpartner: Christoph Tebbe (christoph.tebbe@thuenen.de)

Mitwirkende: Haotian Wang, Jingjing Yang

Mikroorganismen stellen durch ihre Aktivität wichtige Leistungen für die nachhaltige Nutzbarkeit landwirtschaftlicher Böden bereit. Die Mikroorganismen leben dabei als Mikrobiom in komplex vernetzten hochdiversen Gemeinschaften aus unterschiedlichen Bakterien, Archaeen, Pilzen, Protisten und Viren. Durch landwirtschaftliches Management können sich die Lebensbedingungen für das Mikrobiom dramatisch ändern. Zum Beispiel werden durch das Befahren mit schweren Landmaschinen Poren und Bodenaggregate zerstört, durch Pflügen Abbauprozesse von organischer Bodensubstanz beschleunigt oder durch Monokulturen das Auftreten pathogener Mikroorganismen gefördert.

Um die natürlichen Service-Leistungen des Bodenmikrobioms zu pflegen, ist es notwendig, die Konsequenzen verschiedener Agrarmaßnahmen zu verstehen und letztendlich mit Modellen vorhersagen zu können. Ein intaktes Bodenmikrobiom kann dabei helfen, Schadstoffe schneller abzubauen, überflüssige Nährstoffe aus Dünger zu speichern, die Porosität und Aggregatstabilität wiederherzustellen und weniger klimaschädliche Gase zu produzieren. Dabei gilt es, das Zusammenspiel zwischen der mikrobiellen Diversität, den physikochemischen Bodeneigenschaften und den resultierenden Ökosystemleistungen unter gegebenen Standort und Managementbedingungen zu verstehen. Bis heute gibt es jedoch kein grundlegendes Verständnis wie Bodenmikrobiome sich auf regionaler Skala verändern und auf Agrar-Management und Klimawandel reagieren.

Im Kontext des MonViA Projekts wird ein Verfahren für ein Mikrobiom-Monitoring konzeptionell und experimentell entwickelt und für ein flächendeckendes Monitoring bereitgestellt. Boden-DNA Untersuchungen liefern die Basis, wobei quantitative PCR, Hochdurchsatz DNA-Sequenzierungen und neue bioinformatische Analysen zum Einsatz kommen. Es wird ermittelt, wie sich physikochemische Bodeneigenschaften im Zusammenspiel mit landwirtschaftlicher Praxis auf die Abundanz und Diversität der Mikrobiome auswirken. Mit hoher zeitlicher Auflösung innerhalb eines 2-jährigen Monitorings wurde die Vielfalt von Bakterien, Archaeen, Pilzen und Protisten über den jahreszeitlichen Verlauf bestimmt, um die Bedeutung des Zeitpunkts von Probenahmen für ein flächendeckendes Monitoring abschätzen zu können. Protokolle zur optimalen Entnahme und Lagerung von Bodenproben für DNA-Analysen wurden entwickelt. Das MonViA Projekt hat hier auf Grundlage eigener Daten Empfehlungen erarbeitet und z.T. bereits publiziert (Finn et al., 2023). Auf Basis von 3.000 Agrarböden, die für die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZEI) physikochemisch charakterisiert wurden, fand eine Auswahl von 192 Standorten statt, an denen Mikrobiom Analysen jetzt im Kontext von BZEII durchgeführt werden sollen.

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie 2035 – Agrobiodiversitätsstrategie - EU-Biodiversitätsstrategie - EU-Bodenstrategie 2030 - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt



Abb. 71 Zur Standardisierung eines Monitorings von Bodenmikrobiomen ist es erforderlich, optimale Bedingungen für die Entnahme von Bodenproben, für den Transport, die Lagerung und die Vorbehandlung im Labor wissenschaftlich festzulegen (© C. Tebbe, Thünen-Institut).

Indikator (38): Bodenmikroorganismen - Abundanz, Artenvielfalt und Netzwerkstruktur

Ökologische Relevanz	Mikrobielle Lebensgemeinschaften in Böden (Bodenmikrobiome) liefern die Grundlage für biogeochemische Stoffkreisläufe sowie für die Ernährung und Gesundheit von Pflanzen und damit für die nachhaltige Nutzbarkeit von Agrarböden.
Beschreibung	Erfassung der Zusammensetzung, Diversität, Abundanz und Netzwerkstruktur von Bodenmikrobiomen in Abhängigkeit von physikochemischen Bodencharakteristika, Landnutzung und anderer Faktoren. Potentielle Veränderungen können Hinweise zur Auswirkung von Agrar-Management sowie klimatischen Veränderungen auf den Bodenzustand („soil health“) und mikrobielle Ökosystemleistungen im regionalen Kontext geben.
Datengrundlage	Boden-DNA Mikrobiom Analysen an 192 Agrarflächen in Deutschland: (1) Abundanz von Bakterien, Archaeen und Pilzen (2) Phylogenetische Zuordnung von PCR Amplikon Sequenzvarianten (ASV) von Bakterien, Archaeen, Pilzen und Protisten (3) Daten-Verknüpfung mit physikochemischen BZE Daten (4) Korrelationsnetzwerke auf Basis von ASV Daten
Berechnung	Die Abundanz wird durch quantitative PCR ermittelt, in dem die Kopien der 16S rRNA Gene als Proxy dienen. Die gleichen Gene werden mit Hochdurchsatz-Sequenzierung auf der Illumina MiSeq Plattform charakterisiert und über bioinformatische Verfahren und Gendatenbanken phylogenetisch (taxonomisch) identifiziert. Multivariate Statistik und ANOVA wird genutzt, um den Einfluss physikochemischer Bodenparameter, Landnutzung und Wetterbedingungen auf die mikrobielle Biodiversität zu ermitteln. Korrelationsnetzwerkanalysen erfolgen zur Unterscheidung von Zufallsorganismen und Leistungsträgern.
Räumliche Berichtsebene	Die an 192 Standorten berechneten Indikatorwerte werden auf nationaler Ebene berichtet. Dort wo es die räumliche Abdeckung der Stichprobenflächen erlaubt, kann die nationale Berichtsebene um agrarraumspezifische Aussagen ergänzt werden.
Berichtsintervall	Erste Ergebnisse stehen ab 2024 bereit. Der Indikator kann im Jahr 2026 als Beitrag zur BZEII vollständig berichtet werden / alle 10 Jahre im Rahmen zukünftiger BZE-Kampagnen.
Interpretation	Veränderungen in der Zusammensetzung der Mikrobiome geben Aufschluss auf funktionelle Verschiebungen, Resilienz und den möglichen Auf- oder Abbau von mikrobieller Biomasse in Böden als Nährstoffspeicher. Die Netzwerkstruktur gibt Aufschluss über die Effizienz und Resilienz von mikrobiell vermittelten Ökosystemdienstleistungen.
Limitierung(en)	(1) Die ASV und qPCR Daten sowie die Netzwerkcharakteristika können nicht direkt Information über veränderte Prozessraten geben. (2) Bisher gibt es noch keine ausreichenden Erfahrungswerte über die Daten auf größerer regionaler und zeitlicher Skala. (3) Die aktuelle Methodenentwicklung ist noch nicht abgeschlossen, so dass mit zukünftig optimierten Monitoring-Verfahren die aktuellen Ergebnisse nicht optimal für Vergleiche verwertet werden können. Lösung: Boden und DNA Rückstellproben.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

II 2.3 Genetische Vielfalt



Die genetische Vielfalt als Bestandteil der Biodiversität beschreibt die Vielfältigkeit der genetischen Informationen, die Individuen in sich, bzw. in ihrem Genom, tragen. Diese Diversität ist für die Produktion in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, den Biodiversitätsschutz und die Anpassung an den Klimawandel von enormer Bedeutung. Besonders im Hinblick auf die Steigerung der Produktivität sowie die Widerstandsfähigkeit von landwirtschaftlichen Produktionssystemen. Aufgrund des aktuellen oder potenziellen Werts spricht man von genetischen Ressourcen, die beispielsweise für die Züchtung von Rassen und Sorten und zur Anpassung an sich ändernde Klimabedingungen genutzt werden.

Ein Monitoring der genetischen Vielfalt gibt somit Auskunft über die genetische Diversität der Landwirtschaft und bildet die Grundlage für die Anpassung an sich verändernde Rahmenbedingungen. Dieses wird in MonViA durch die Vielfalt der einheimischen Nutztierassen, der im Anbau befindlichen Nutzpflanzen und der Honigbiene abgebildet. Mithilfe der zugehörigen Indikatoren soll die Entwicklung des Zustandes der genetischen Vielfalt dargestellt werden, um daraus Erhaltungsmaßnahmen ableiten und steuern zu können. Die Daten zum Erhaltungszustand und zur genetischen Diversität tragen damit zur Umsetzung der Nationalen Fachprogramme für genetische Ressourcen bei ebenso wie zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt.

Einen neuen, übergreifenden Rahmen für die genetische Vielfalt bildet die im März 2024 veröffentlichte BMEL Strategie „Biologische Vielfalt stärken. Nationale Strategie zu genetischen Ressourcen für Ernährung, Landwirtschaft, Forst und Fischerei“ (BMEL 2024). Diese betont die Bedeutung der genetischen Ressourcen für resiliente Agrar- und Ernährungssysteme und stellt Handlungsbedarfe für die genetische Vielfalt heraus sowie Synergien zu anderen politischen Strategien und Zielen.

II 2.3.1 Genetische Vielfalt einheimischer Nutztiere

Bearbeitendes Institut:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

Informations- und Koordinationszentrum für biologische Vielfalt (IBV)

Ansprechpartner: Holger Göderz (holger.goederz@ble.de), Lisa Balzar (lisa.balzar@ble.de)

Die sich in der landwirtschaftlichen Nutzung befindlichen domestizierten Arten und zugehörigen Rassen und Populationen sind ein wichtiger Teil der biologischen Vielfalt für die Landwirtschaft und Ernährung. Die große Bedeutung der Nutztier Rassenvielfalt entsteht aus ihrem Beitrag zur Wertschöpfung in der Landwirtschaft. Dies beinhaltet auch den potenziellen Wert heute wenig genutzter Nutztier rassen. Eine breite genetische Basis in der Tierzucht ist essentiell, um auf zukünftige Änderungen in den Verbrauchergewohnheiten oder veränderte Produktionsbedingungen (z. B. durch den Klimawandel) züchterisch reagieren zu können. Die genetische Vielfalt einheimischer Rassen ist ebenso als Kulturerbe zu verstehen, welches es zu erhalten gilt.

Das zugehörige Monitoring gibt Auskunft über die Entwicklung der Nutztier Rassenvielfalt in Deutschland und zeigt das aktuelle Ausmaß der Gefährdung auf. Die Ergebnisse der Erfassung bilden eine Grundlage für politische Rahmenbedingungen für die Nutzung und Erhaltung von tiergenetischen Ressourcen. Diese sind sehr vielfältig, um dem Diversitätsverlust der Nutztierhaltung Einhalt zu gebieten und die nachhaltige Nutzung, züchterische Weiterentwicklung und Erhaltung genetischer Ressourcen durch konkrete Maßnahmen zu unterstützen.

Politische Handlungsfelder: GAK-Rahmenplan - Nationales Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung tiergenetischer Ressourcen in Deutschland - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt - Tierzucht- und Tiergesundheitsrecht

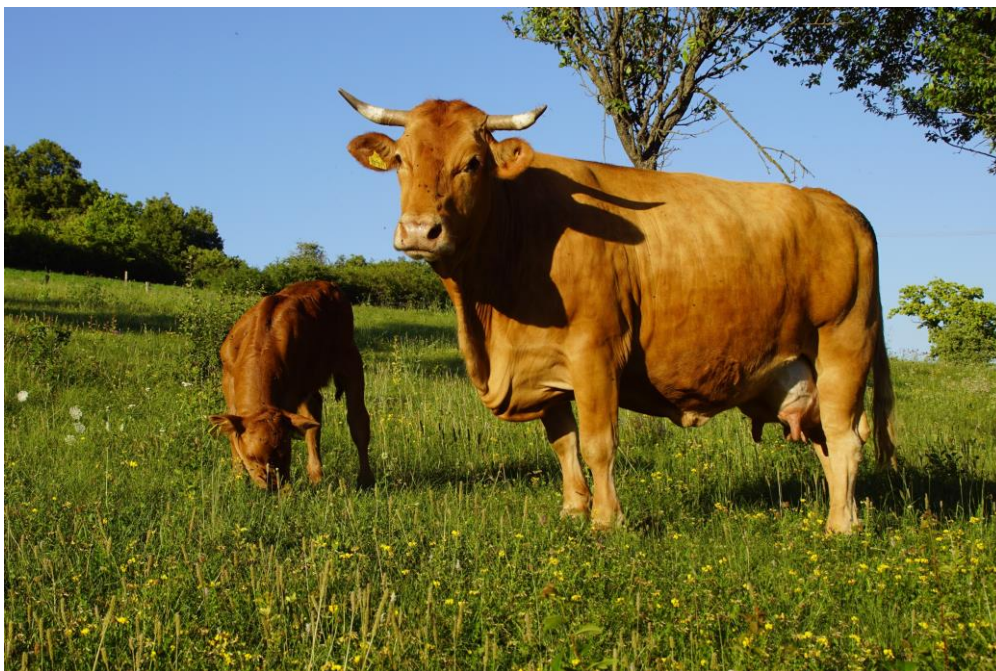


Abb. 72 Limpurgerkuh mit Kalb. Das Limpurger Rind ist eines der gefährdeten Nutztier rassen, die in der Roten Liste geführt werden. (© Dieter Kraft, Landwirtschaftsamt Schwäbisch Hall).

Indikator (39): Genetische Vielfalt einheimischer Nutztiere

Ökologische Relevanz	Die einheimischen Nutztierassen sind bestens an die regionalen Kulturlandschaften angepasst und haben diese in der Vergangenheit mitgestaltet und geprägt. Daher eignen sie sich gut für deren Pflege.
Beschreibung	Monitoring der Zuchttierbestände der einheimischen Nutztierassen der Arten Pferd, Rind, Schwein, Schaf und Ziege. Anhand dieser erfolgt die Berechnung der effektiven Populationsgröße (N_e) und Einteilung in vier Gefährdungskategorien. Das Tierzuchtgesetz (TierZG) bezieht sich nur auf die o.g. Nutztierarten. Die Grundzüge des Monitorings sind in § 10 TierZG geregelt.
Datengrundlage	Erhebung der Zuchttierbestandsdaten bei den Zuchtverbänden und Tierzuchtdachverbänden und Eintragung in die Datenbank TGRDEU.
Berechnung	Berechnung der effektiven Populationsgröße (N_e) zur Gefährdungsbeurteilung: $N_e = \frac{4 \times \text{Anzahl männlicher Tiere} \times \text{Anzahl weiblicher Tiere}}{(\text{Anzahl männlicher Tiere} + \text{Anzahl weiblicher Tiere})}$ Indikator: Anteil einheimischer Nutztierassen der Pferde, Rinder, Schweine, Schafe und Ziegen nach Gefährdungskategorien Gefährdungskategorien: • Phänotypische Erhaltungspopulation (PERH): rudimentäre Restbestände; u.a. zur Wiederherstellung einer Rasse • Erhaltungspopulation (ERH): $N_e < 200$ • Beobachtungspopulation (BEO): N_e zwischen 200 und 1000 • Nicht gefährdet (NG): $N_e > 1000$ Abweichung von der rein rechnerischen Einstufung nach N_e aufgrund anderer Faktoren möglich.
Räumliche Berichtsebene	Die Zuchttierbestände als Datengrundlage zur Berechnung des Indikators werden auf Ebene der Zuchtverbände erhoben. Anhand der bundesweit kumulierten Daten wird der Indikator berechnet und auf nationaler Ebene berichtet.
Berichtszeitraum / -intervall	Der Indikator wird zweijährig anhand der Bestandszahlen aus dem vorletzten Jahr berichtet.
Interpretation	Je nach Gefährdungskategorie sind im Nationalen Fachprogramm für Tiergenetische Ressourcen folgende Maßnahmen vorgesehen: PERH: Monitoring, Zuchtprogramme zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung des Phänotyps ERH: Monitoring, Anlage einer Kryoreserve, Erhaltungszuchtprogramme BEO: Monitoring, Anlage einer Kryoreserve NG: Monitoring
Limitierung(en)	Bei der jetzigen Berechnung der N_e fließen nur die Anzahl der weiblichen und männlichen Zuchttiere ein. Genauere Ergebnisse würde die Einbeziehung von Verwandtschaftsverhältnissen liefern. Das ist auch für die Zukunft geplant. Anhand der derzeit verfügbaren Daten wurde die Census-basierte Methode als am geeignetsten ausgewählt.



Status

Genetische Vielfalt einheimischer Nutztiere

Bei der aktuellen Einstufung aus dem Jahr 2022 (anhand der Bestandszahlen aus 2021) sind 71 % der einheimischen Rassen der genannten Arten als gefährdet eingestuft worden. Dies ist vergleichbar mit den vorhergehenden Erhebungen und spricht für eine immer noch kritische Situation.

Mittel- und langfristige Trends

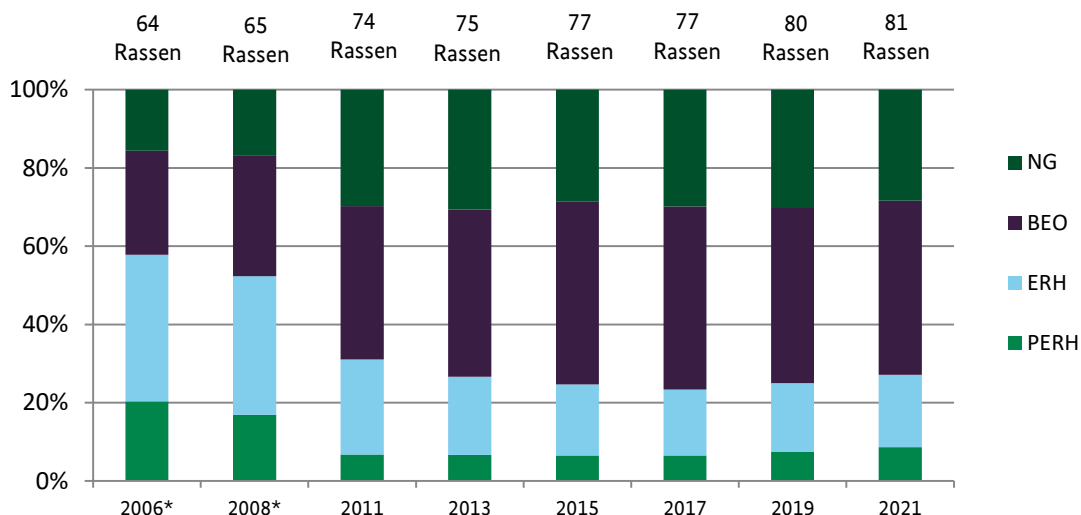


Abb. 73 Entwicklung des Anteils einheimischer Nutztierassen der Pferde, Rinder, Schweine, Schafe und Ziegen nach Gefährdungskategorien in % von 2006 bis 2021.

Tab. 2 Anteil einheimischer Nutztierassen der Pferde, Rinder, Schweine, Schafe und Ziegen nach Gefährdungskategorien in absoluten Zahlen.

Gefährdungskategorie	2006*	2008*	2011	2013	2015	2017	2019	2021
NG	10	11	22	23	22	23	24	23
BEO	17	20	29	32	36	36	36	36
ERH	24	23	18	15	14	13	14	15
PERH	13	11	5	5	5	5	6	7
Gesamt	64	65	74	75	77	77	80	81

* Die Werte der Erhebungsjahre 2006 und 2008 sind wegen methodischer Änderungen nicht unmittelbar mit den Werten der nachfolgenden Erhebungsjahre vergleichbar.

Bemerkungen

Durch die turnusgemäß aktualisierte Einstufung in Gefährdungskategorien sind die Angaben in der Broschüre aus 2021 nicht mehr durchgehend aktuell. Die Daten der aktuellen Einstufung können in der Zentralen Dokumentation Tiergenetischer Ressourcen (TGRDEU) eingesehen werden: [Datenportal TGRDEU](#)

II 2.3.2 Genetische Kulturpflanzenvielfalt im Anbau

Bearbeitendes Institut:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

Informations- und Koordinationszentrum für biologische Vielfalt (IBV)

Ansprechpartner: Sarah Sensen (sarah.sensen@ble.de)

Die genetische Vielfalt der landwirtschaftlich genutzten Pflanzen ist eine wesentliche Grundlage und wertvolle Ressource für eine nachhaltige und zukunftsfähige Landwirtschaft. Dabei geht es nicht nur um vielfältige Formen-, Farben- und Geschmackserlebnisse und die Erhaltung als Kulturgut, sondern um die Grundlage für die Auslese und Züchtung, beispielsweise zur besseren Anpassung der pflanzlichen Produktion an Extremwetterereignisse.

Um ebenso das Risiko von Ernteaussfällen durch neue eingeführte Krankheiten und Schädlinge zu minimieren braucht es Kulturpflanzen mit einer erhöhten Resistenz und Widerstandsfähigkeit. Eine möglichst große Vielfalt, sowohl auf Art- als auch auf Sorten- und intravarietalen Ebene erlaubt es, Eigenschaften, die man in der Zukunft brauchen könnte, nutzen bzw. einkreuzen zu können.

Aufgrund der enormen Bedeutung für die Ernährungssicherheit und das zukünftige Adaptionspotenzial der deutschen Landwirtschaft gibt es zahlreiche Verpflichtungen, die genetische Vielfalt der Kulturpflanzen langfristig zu erhalten und nachhaltig zu nutzen.

In nationalen und auch internationalen Programmen und Strategien wird die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der regionaltypischen genetischen Vielfalt der Kulturpflanzen als Ziel formuliert.

Mithilfe eines Monitorings kann der Zustand der genetischen Vielfalt im Anbau abgebildet werden sowie ein Trend, wie sich dieser über die Zeit entwickelt. Die Daten helfen dabei, im Falle negativer Trends, wirksame Gegenmaßnahmen zu treffen, wie beispielsweise eine prioritäre Ex-situ-Erhaltung oder eine gezielte Anbauförderung bestimmter Kultursorten.



Abb. 74 Dickkopfweizen wurde im 19.Jh. aus England eingeführt und verdrängte die noch vorhandenen regionalen Landsorten – bis sie selbst von moderneren Weizensorten verdrängt wurde. Hier die Sorte „Janetzki's Begrannter Dickkopf“ (© VERN e. V.).

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie 2035 - Agrobiodiversitätsstrategie - GAK-Rahmenplan - Nationales Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen in Deutschland - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

Indikator (40): Genetische Kulturpflanzenvielfalt im Anbau
Subindikator (40a): Entwicklung der Fruchtartenvielfalt

Ökologische Relevanz	Eine diversifizierte Landwirtschaft mit einer großen Fruchtartenvielfalt trägt zu einer Erhaltung bzw. Erhöhung der Biodiversität und damit verbunden zu einer Erhaltung ökologischer Prozesse wie Schädlings- und Unkrautkontrolle, Bestäubung, Bodenfruchtbarkeit, Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit sowie einer Förderung der Kohlenstoffspeicherung bei.
Beschreibung	Der Indikator beschreibt Veränderungen der Kulturpflanzenvielfalt im Anbau über einen Zeitraum von 100 Jahren in Bezug auf die Artzusammensetzung und Konzentration auf der Anbaufläche.
Datengrundlage	Der Indikator Fruchtartenvielfalt wird auf Grundlage der Agrarstatistik bis in das Jahr 1920 gemessen. Dafür werden die Anbauflächen der Ackerkulturen im zeitlichen Verlauf verglichen, insbesondere der Kulturen Weizen, Kartoffel und Möhre.
Berechnung	Der Shannon-Wiener-Index H' einer Population, die aus N Individuen in S unterschiedlichen Spezies besteht, von denen jeweils n_i zu einer Spezies gehören, ist: $H' = - \sum_i p_i \cdot \ln p_i \text{ mit } p_i = \frac{n_i}{N}$ p_i ist dabei der Anteil der jeweiligen Spezies i an der Gesamtzahl N, also die relative Häufigkeit der einzelnen Spezies. Der Diversitätsindex ermöglicht die Objektivierung der praktizierten Fruchtartenvielfalt in der Landwirtschaft.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der Kulturpflanzenvielfalt berechnete Indikatorwert (pro Bundesland) wird auf nationaler Ebene berichtet.
Berichtszeitraum / -intervall	Nach Start des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2024 bereit. Der Indikator kann nach 4 Jahren vollständig berichtet werden.
Interpretation	Je kleiner der hier berechnete Indexwert ist, umso geringer ist die Zahl der angebauten Kulturpflanzenarten, je größer der Indexwert, umso größer ist die Anzahl. Als anzustrebendes Optimum wird ein Diversitätsindex von $> 2,2$ angelegt. Das entspricht dem Anbau von etwa 10 Fruchtarten mit jeweils ähnlichen Anbauanteilen. Als Toleranzgrenze wird ein Index von 1,25 festgelegt, was dem Anbau von vier Fruchtarten mit jeweils ähnlichem Anbauumfang entspricht.
Limitierung(en)	Die Festlegung der hier zu wählenden Werte ist abhängig von der politischen Zielsetzung und kann daran angepasst werden. Aussagen über die genetische Vielfalt im Anbau lassen sich nicht über die Betrachtung der Fruchtartenvielfalt ableiten.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht des Indikators erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (40): Genetische Kulturpflanzenvielfalt im Anbau
Subindikator (40b): Entwicklung der Sortenvielfalt bei ausgewählten Fruchtarten

Ökologische Relevanz	Die Erhöhung der Sortenvielfalt in einem Agrarökosystem kann zu einer erhöhten Resilienz gegenüber klimatischen Extremwetterereignissen führen.
Beschreibung	Der Indikator gibt die Anzahl und die verwendeten Sorten im Anbau bei den repräsentativen Kulturarten Weizen, Kartoffel, Möhre und Apfel für 6 Zeitpunkte in den letzten 100 Jahren wieder. Für diese ausgewählten Fruchtarten wird die Anzahl der Sorten ermittelt, die zusammen mindestens 80 % der Anbaufläche der jeweiligen Kultur im jeweiligen Anbaujahr ausmachen.
Datengrundlage	Besondere Ernteermittlung, Statistische Jahrbücher des Deutschen Reichs, Datenbank der historisch genutzten Gemüsearten und -sorten, CPVO Variety Finder und EU-Sortenkatalog für die gartenbaulichen Arten sowie die Datenbanken des Bundessortenamtes für die Sorten mit Zulassung in Deutschland und die TOP 50 Wirtschaftsäpfel aus den statistischen Jahrbüchern.
Berechnung	Anzahl, Prozent, Presence/Absence
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der Sortenvielfalt der deutschen repräsentativen Kulturarten berechnete Indikator wird auf nationaler Ebene berichtet.
Berichtszeitraum / -intervall	Nach Start des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab 2024 bereit. Der Indikator kann nach 4 Jahren vollständig berichtet werden.
Interpretation	Ausgehend vom Basisjahr 1920 wird der Trend in Bezug auf die Anzahl der Sorten im Anbau betrachtet. Als günstig wird eine möglichst hohe Anzahl von angebauten Sorten angesehen, da hieraus eine verbesserte Toleranz gegenüber biotischen und abiotischen Schadfaktoren angenommen werden kann. Sinkt die Sortenzahl in einem zu betrachtenden Zeitraum wird von einer Verschlechterung der Adaptionsfähigkeit dieser Kulturart gegenüber Schadfaktoren und Extremereignisse ausgegangen. Neben der reinen Anzahl an Sorten können auch Konzentrationsprozesse bei der Sortenwahl abgelesen werden, die Hinweise auf eine sinkende Diversität im Anbau geben können.
Limitierung(en)	Die Festlegung der hier zu wählenden Werte ist abhängig von der politischen Zielsetzung und kann daran angepasst werden. Aussagen über die genetische Vielfalt im Anbau lassen sich jedoch nicht über die Betrachtung der Sortenvielfalt ableiten. Im gegenwärtigen Sortenspektrum ist ggf. bereits ein hoher phänotypischer Wert (z. B. Resistenz) enthalten.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht des Indikators erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

Indikator (40): Genetische Kulturpflanzenvielfalt im Anbau
Subindikator (40c): Genetische Diversität bei ausgewählten Fruchtarten

Ökologische Relevanz	Der Indikator gibt Auskunft über die genetische Distanz der Sorten, die für den Sub-Indikator „Sortenvielfalt“ (s.o.) ermittelt wurden. Studien weisen darauf hin, dass beispielsweise der Schädlingsbefall durch genetische Diversifizierung eingedämmt werden kann.
Beschreibung	Zur Ermittlung der genetischen Diversität der Fruchtartenvielfalt im Anbau werden für die repräsentativen Kulturarten Weizen, Kartoffel, Möhre und Apfel genetische Analysen vorgenommen. Die Diversitätsanalysen werden mithilfe von Sortenmustern aus den 6 Referenzjahren ab 1920 durchgeführt. Mithilfe der Ergebnisse lässt sich die Entwicklung der genetischen Vielfalt im Anbau interpretieren.
Datengrundlage	Die genetischen Analysen erfolgen anhand von Genbankmaterial. Die Verfügbarkeit des gewünschten Saat- und Pflanzgut wird auf Grundlage von Genbankdaten geprüft. Eine Recherche nach bereits durchgeführten genetischen Analysen, die man in die Analysen integrieren kann, erfolgt durch eine Abfrage bei der Deutschen Genbank Obst (DGO) und dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK).
Berechnung	Die genetische Distanz zwischen i und j-Individuen wird dabei wie folgt geschätzt: $d(ij) = 1 - \left[\sum^n (X_{ai} - X_{aj}) \right]^{\frac{1}{r}}$ Die Ergebnisse der molekularen Analysen werden in Form von Clusteranalysen (UPGMA oder UPGMC) dargestellt.
Räumliche Berichtsebene	Der auf Ebene der Sortenmuster der deutschen repräsentativen Kulturarten berechnete Indikator wird auf nationaler Ebene berichtet.
Berichtszeitraum / -intervall	Nach Start des Monitorings stehen erste Ergebnisse ab Mitte 2024 bereit. Der Indikator kann nach 4 Jahren vollständig berichtet werden.
Interpretation	Ziel der genetischen Analyse ist die Identifikation von Sorten, die Träger von Allelen sind, die im aktuellen Anbau bzw. in den aktuell zugelassenen Sorten nicht mehr verfügbar sind. Diese Sorten gilt es prioritär <i>Ex-situ</i> zu erhalten und insbesondere durch gezieltes <i>On-farm</i> -Management zurück in den Anbau zu bringen. Sollten die genetischen Analysen bei den einzelnen Kulturen auf eine zunehmende genetische Verengung der aktuellen Sorten hinweisen, kann eine gezielte Erweiterung der Zuchtprogramme durch entsprechend ausgerichtete Förderprogramme forciert werden.
Limitierung(en)	Voraussetzung für eine gute Aussagekraft dieses Sub-Indikators ist, dass eine ausreichend große Menge von genetischem Material aus allen Referenzjahren verfügbar ist. Repräsentative Kulturarten können sich aufgrund von Zuchtfortschritt ggf. über die Jahre ändern.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht des Indikators erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

II 2.3.3 Genetische Vielfalt der Honigbiene

Bearbeitendes Institut:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

Informations- und Koordinationszentrum für biologische Vielfalt (IBV)

Ansprechpartnerin: Monika Winkler (monika.winkler@ble.de)

Die westliche Honigbiene (*Apis mellifera* L.) ist neben der Honigproduktion besonders aufgrund ihrer Bestäubungsleistung eines der wichtigsten Nutztiere in Deutschland. Als "Generalistin" kann sie eine Vielzahl von Blütenpflanzen, wie Kultur- und Wildpflanzen, bestäuben. Rapsfelder oder Obstbäume als Massentrachten werden gerne und häufig befliegen. Durch ihre Blütenstetigkeit, das heißt, sie bleibt einer Tracht treu, ist die Honigbiene ein wichtiges Element in der landwirtschaftlichen Produktion und in Ökosystemen.

Die Sicherung der genetischen Vielfalt der heimischen Honigbienenpopulationen ist daher nicht nur in Bezug auf die landwirtschaftliche Produktion wichtig, sondern auch für die Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland insgesamt. Ein möglichst breiter Genpool ist die Basis für eine Anpassung an zukünftige Bedarfe und Herausforderungen wie den Klimawandel, die Umgestaltung von Landschaften, Bienenkrankheiten und -parasiten sowie die Veränderung von ökonomischen Rahmenbedingungen der Bienenhaltung. Um Gefahren für die genetische Vielfalt der heimischen Populationen erkennen zu können und um eine möglichst breite Grundlage für die Honigbienenzüchtung zu erhalten, wird erstmalig in Deutschland die genetische Diversität der vorhandenen Honigbienenpopulationen bundesweit erfasst. Das Monitoring soll fundierte Informationen zur innerartlichen Vielfalt der Honigbiene in Deutschland liefern. Aus den gewonnenen Daten sollen das aktuelle Ausmaß der Gefährdung abgeleitet und darauf aufbauend Fördermaßnahmen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der Honigbienen Vielfalt entwickelt werden.

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie - Aktionsprogramm Insektenschutz - EU-Bestäuber Initiative - Nationales Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung tiergenetischer Ressourcen in Deutschland - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt



Abb. 75 Imker bei der Kontrolle einer Wabe (© Jonny Greig, Getty Images).

Indikator (41): Genetische Vielfalt der Honigbiene

Ökologische Relevanz	Neben ihrer Bedeutung als Nutztier für die Honigproduktion ist die Honigbiene, wegen ihrer Bestäubung von Nutz- und Wildpflanzen, von hohem Wert sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Biodiversität. Die Sicherung der genetischen Vielfalt der heimischen Honigbienenpopulation ist deshalb für die landwirtschaftliche Produktion als auch für die Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland wichtig. Die Erhaltung eines möglichst breiten Genpools ist dabei die Basis für eine Anpassung an zukünftige Bedarfe.
Beschreibung	Der Indikator zeigt die genetische Vielfalt der Honigbienen in Deutschland auf. Er soll eine differenzierte Aussage ermöglichen, welche Honigbienenrassen und -linien gehalten werden und welche Verwandtschafts- und Inzuchtverhältnisse bestehen.
Datengrundlage	Es werden 2.000 repräsentative Proben von Arbeiterinnen in Honigbienenenvölkern von Züchterinnen und Züchtern, Imkerinnen und Imkern sowie aus Wildpopulationen genetisch analysiert.
Berechnung	Die genetische Extraktion und die Laborarbeiten der Genotypisierung werden vom Länderinstitut für Bienenkunde Hohen Neuendorf durchgeführt. Ein SNP-Chip, auf dessen Basis die Unterscheidung der Bienen erfolgt, wurde mittels Simulationen von Bienenpopulationen konfiguriert. Die Populationen werden mittels Dendrogramm und Verwandtschaftsmatrix dargestellt. Die Verwandtschaftsbestimmung kann mit Parametern wie der Gewichtung der Allelhäufigkeiten angepasst werden. Das Dendrogramm wird mit den Zuordnungen der garantierten Zuchtpopulationen und mit den Ergebnissen der Fragebögen ausgewertet.
Räumliche Berichtsebene	Die Stichproben werden nach Bienendichte in den Regionen gewichtet und der daraus berechnete Indikator auf nationaler Ebene berichtet. Hierbei können regionale Besonderheiten berücksichtigt werden.
Berichtszeitraum / -intervall	Mit der bundesweiten Umsetzung des Monitorings konnte noch nicht begonnen werden. Mit dem Start der Probennahmen und der genetischen Analyse stehen erste Ergebnisse der Auswertung Ende 2024 bereit. Der Indikator kann nach einer Wiederholung dieser Erfassung nach fünf Jahren vollständig berichtet werden.
Interpretation	Aus den Ergebnissen kann ein Erfordernis zur Erhaltung evtl. gefährdeter Honigbienenlinien abgeleitet werden. Dies ist der Fall, wenn Populationen „entdeckt“ werden sollten, deren Genetik stark von denen der sonstigen Populationen abweichen. Die Konzeption und Validierung eines Verfahrens zur Gefährdungsbeurteilung kann als Anreiz für Züchter dienen, eine Zuchtlinie mit diesem Material zu beginnen.
Limitierung(en)	Derzeit noch nicht absehbar.

Zum aktuellen Zeitpunkt kann kein Statusbericht des Indikators erstellt werden, weil noch keine Daten vorliegen.

3

Teil III - Methoden- und Technologieentwicklung, Machbarkeitsstudien & Kooperationsprojekte

III 1. Einleitung



Die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften inklusive ihrer komplexen Abhängigkeiten von den agrarischen Einflussgrößen sowie Landschaftsstrukturen ist aktuell noch nicht ausreichend abbildbar. Daraus ergeben sich nach wie vor Limitierungen sowohl im Monitoring, vor allem aber auch in der Erfolgskontrolle spezifischer Maßnahmen oder Strategien (z. B. die Wirkung/der Erfolg von Agrarumweltmaßnahmen) zum Schutz und zur Förderung der biologischen Vielfalt. Daher besteht ein erheblicher Forschungsbedarf, um etablierte Erfassungsmethoden weiter zu optimieren, bestehende Forschungsexpertisen über Synergien zu bündeln sowie Ansätze zu entwickeln, um die unterschiedlichsten Datenquellen statistisch erschließen und ihre Qualität gewährleisten zu können. Dabei sollen Möglichkeiten wie auch Grenzen von gemeinsamen Auswertungen aufgezeigt werden aber vor allem auch verstärkt die Akteure in der Agrarlandschaft für den Schutz und die Förderung der biologischen Vielfalt sensibilisiert und aktiv z. B. über Citizen Science Projekte eingebunden (Empowerment) werden.

Im Vergleich zu dem im Teil II vorgestellten Indikatoren-Set für ein bundesweites Monitoring, unterscheidet sich der Fokus der zeitlich begrenzten Methoden- und Machbarkeitsstudien sowie Kooperationsprojekte. Diese wurden speziell für die Beantwortung von spezifischen Fragestellungen und methodischer Bedarfe konzipiert und durchgeführt. Dabei bringen sie ihre Ergebnisse und Lösungsansätze sowohl direkt in die MonViA-Indikatoren ein, sind aber auch freistehend / für sich wichtige Bausteine in der aktuellen Biodiversitätsforschung, um z. B. die generelle Machbarkeit bestimmter technischer Ansätze zu prüfen. Um ein Monitoring der biologischen Vielfalt im Vergleich zu etablierten, klassische Methoden in Zukunft effektiver (z. B. mit Blick auf Zeit, Aufwand/Effizienz, Personal) sowie bestandsschonender (d. h. tötungsfrei) zu gestalten, wurde die Einsatzfähigkeit und vor allem auch die Eignung der verschiedenen Ansätze getestet, validiert und Limitierungen aufgezeigt. Dabei spielt die KI-unterstützte Digitalisierung eine vermehrt wichtige Rolle für die Erhebung von Organismen und Verbesserung von statistischen Modellen, um u.a. Effekte der Landschaft, Landnutzungsstrategien und Agrarumweltmaßnahmen im Hinblick auf Biodiversität und Ökosystemleistungen bewerten zu können. Diese findet sowohl in automatisierten Fallensystemen Anwendung als auch in Kombination mit landwirtschaftlichen Maschinen in Anbausystemen. Weitere Aspekte der Wirksamkeit von häufigen insektenfördernden Maßnahmen wie Blühstreifen können durch populationsgenetische Daten getestet werden.

III 2. Methoden- und Technologieentwicklung, Machbarkeitsstudien

III 2.1 Verbesserung der Ökosystemleistungen

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Biodiversität

Ansprechpartner: Jan Thiele (jan.thiele@thuenen.de)

Mitwirkende: Mario App, Katrin Ronnenberg

Bestäubung von Kulturpflanzen oder Schädlingskontrolle sind wichtige Ökosystemleistungen die von Insekten in Agrarlandschaften erbracht werden. Die Habitatausstattung der Agrarlandschaft beeinflusst die Größe der Insektenpopulationen und damit wiederum deren erbrachte Ökosystemleistungen. Die Effekte der Landschaft auf Insekten können mit Simulationsmodellen ermittelt werden. Deswegen haben wir für die Schwebfliege *Episyrphus balteatus* und den Laufkäfer *Carabus auratus*, jeweils sogenannte Agenten-basierte Modelle (ABM) entwickelt. Diese Modelle beziehen jeweils den Lebenszyklus und die Bedürfnisse der verschiedenen Stadien beider Arten mit ein. Die Imagines von *E. balteatus* bestäuben auf der Suche nach Pollen und Nektar Blüten, während die Larven gefräßige Blattlausräuber sind. Sowohl die Larven als auch die Imagos von *C. auratus* sind generalistische Räuber. Mit den Simulationsmodellen können reale und hypothetische Landnutzungs- und Landschaftsszenarien untersucht werden. Beispielsweise kann prognostiziert werden, wie sich der Effekt von Landnutzungsstrategien und Biodiversitätsmaßnahmen auf die Populationen von *E. balteatus* und *C. auratus* auswirken.

Laufzeit: 10.2019 - 12.2023

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie - Aktionsprogramm Insektenschutz - EU-Bestäuber Initiative - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur - Gemeinsame Agrarpolitik - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

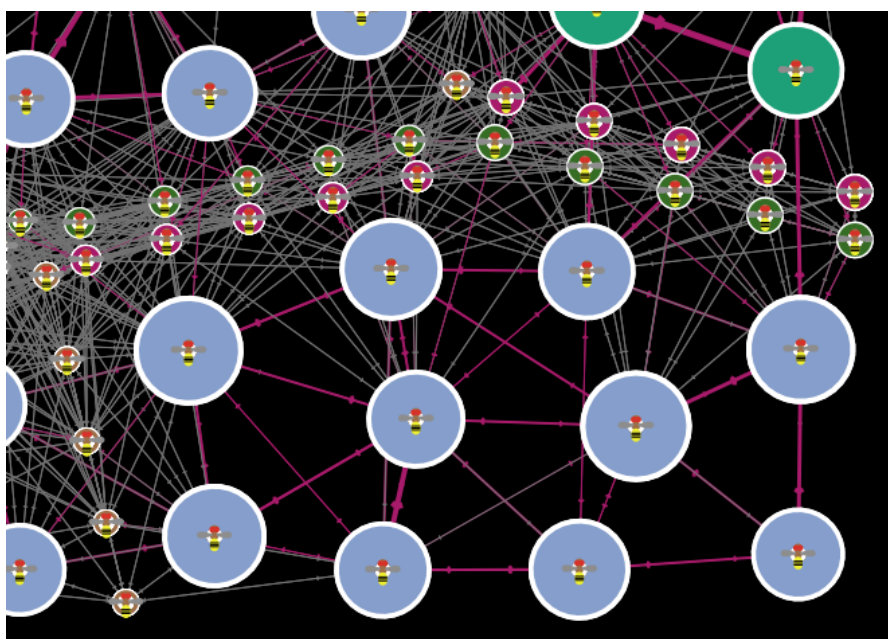


Abb. 76 Ausschnitt aus dem Schwebfliegenmodell in Aktion. Um Rechenzeit zu sparen, werden die Landschaften zu Habitatnetzwerken vereinfacht (© J. Thiele, Thünen-Institut).

Methodenentwicklung: Verbesserung der Ökosystemdienstleistungen

Beschreibung	Mit der eigens für ABM entworfenen Programmiersprache Netlogo 6.2.2. wurden jeweils ein Modell für die Schwebfliege <i>Episyrphus balteatus</i> und den Laufkäfer <i>Carabus auratus</i> entwickelt. Beide Modelle simulieren den Lebenszyklus der jeweiligen Art in der Agrarlandschaft. Die Größe der Population wird als Indikator für Bestäubung (<i>E. balteatus</i>) und Schädlingskontrolle (<i>C. auratus</i> und <i>E. balteatus</i>) gewertet.
Fragestellung	Wie beeinflussen die Zusammensetzung (Komposition) und Anordnung (Konfiguration) der Habitate in Landschaftsausschnitten von ein paar Quadratkilometern die Populationsdynamiken von <i>E. balteatus</i> und <i>C. auratus</i> ?
Untersuchungsmethodik / Versuchsdesign bzw. Konzeptentwicklung	Zur Validierung des Schwebfliegenmodells wurden empirische Daten zur Aktivität von <i>E. balteatus</i> in 13 Landschaftsausschnitten in Niederbayern und Unterfranken verwendet. Das Laufkäfermodell wurde anhand von Zeitreihen der Populationsentwicklung von <i>C. auratus</i> aus einem Wiederansiedlungsprojekt in einer Landschaft in Schleswig-Holstein validiert.
Ergebnisse der Studie	Die validierten Simulationsmodelle liefern realistische Prognosen der Populationsentwicklung von <i>E. balteatus</i> und <i>C. auratus</i> in Agrarlandschaften unter verschiedenen Szenarien der Landnutzung, Agrarumweltmaßnahmen und Ausstattung der Landschaft mit halbnatürlichen Landschaftselementen.
Diskussion	Mit beiden Modellen können die Aktivitäten und Abundanzen von <i>C. auratus</i> und <i>E. balteatus</i> in Agrarlandschaftsausschnitten detailliert simuliert und wichtige Einflussfaktoren analysiert werden. Je nach Größe der Landschaftsausschnitte benötigen die Berechnungen der Simulationen jedoch mehrere Stunden oder gar Tage, wodurch die Anwendung bislang weitgehend auf wissenschaftliche Fragestellungen begrenzt ist. Die Übertragbarkeit der Modelle auf andere Regionen sollte nach Möglichkeit anhand von Felddaten abgesichert werden.
Bewertung der Methode	Beide Modelle eignen sich für ein virtuelles Monitoring.
Entwicklungsstand	Beide Modelle sind einsatzfähig, befinden sich aber noch in der Betaphase.
Anwendung	Die Anwendung der Simulationsmodelle erfordert Expertenkenntnisse bei der Aufbereitung hochaufgelöster Landbedeckungsdaten und für die Schwebfliegen bei der Definition von Pflanzenartenlisten und -bedeckungsgrade in den Habitaten. Auch das Ansteuern der Simulationsläufe erfordert vertiefte Kenntnisse der speziellen Software und Programmiersprache.
Bemerkungen	Die Modelle können für die ad hoc-Bewertung aktueller und zukünftiger Landnutzungsstrategien und Agrarumweltmaßnahmen im Hinblick auf Biodiversität und Ökosystemleistungen von Insekten in Agrarlandschaften verwendet werden.

III 2.2 Biodiversitätsförderung durch verbesserte Anbausysteme

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Ansprechpartner: Friedrich Wüstemann (friedrich.wuestemann@thuenen.de), Thomas de Witte (thomas.dewitte@thuenen.de)

Der Ackerbau steht vor großen Herausforderungen (z. B. Biodiversitätsverlust, Klimawandel, Reduktion von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffüberschüssen). Daher müssen Ackerbausysteme in den kommenden Jahren umfassend weiterentwickelt werden. In der Vergangenheit hat die Wissenschaft zwar zu vielen Einzelfragen Lösungsansätze entwickelt, diese jedoch nicht bis zu einem praxisreifen Gesamtkonzept vorangetrieben. Daher müssen künftig die Akteure aus der Wissenschaft, der Industrie und der landwirtschaftlichen Praxis stärker zusammenarbeiten, um praxistaugliche Gesamtkonzepte zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund wurde ein Konzept für „Forschungswerkstätten im Ackerbau“ entwickelt. Das Konzept zeigt zum einen die notwendigen Rahmenbedingungen für derartige Praxisforschungsnetzwerke auf. Hierzu zählen Akteure und ihre Aufgaben, eine übergeordnete Struktur, die Datenerfassung und -auswertung, finanzielle Honorierung der landwirtschaftlichen Betriebe, die Entschädigung möglicher Ertragsverluste, die Projektdauer sowie der Wissenstransfer. Zum anderen wurde ein Vorschlag abgeleitet, wie Ackerbausysteme operativ weiterentwickelt werden können. Dieser umfasst sowohl die möglichst praxisnahe Erprobung weiterentwickelter Anbausysteme als auch den interaktiven und partizipativen Prozess zur Weiterentwicklung von Anbausystemen.

Laufzeit: 11.2019 - 06.2022

Politische Handlungsfelder: *Ackerbaustrategie 2035 – Düngeverordnung - Nachhaltige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*



Abb. 77 Vielfältige Agrarlandschaft (© M. Welling, Thünen-Institut).

Machbarkeitsstudie: Biodiversitätsförderung durch verbesserte Anbausysteme

Beschreibung	Auf Basis einer Literaturanalyse und von Expertengesprächen wurde ein Konzept für partizipative Praxisforschungsnetzwerke, sogenannte „Forschungswerkstätten im Ackerbau“ erarbeitet. In diesen Forschungswerkstätten sollen ackerbauliche Produktionssysteme durch Zusammenarbeit von Praxis, Beratung, Wissenschaft und Industrie weiterentwickelt und unter Praxisbedingungen erprobt werden.
Fragestellung	Welche Rahmenbedingungen und Ressourcen sind erforderlich, um ackerbauliche Produktionssysteme im Zusammenwirken von landwirtschaftlichen Betrieben, Beratern und der Wissenschaft weiterzuentwickeln, um negative Umweltwirkungen zu reduzieren?
Untersuchungsmethodik / Versuchsdesign bzw. Konzeptentwicklung	Mithilfe einer Literaturrecherche und auf Basis von Expertengesprächen wurde ein Konzept für Praxisforschungsnetzwerke entwickelt. Dieses wurde im Rahmen von Onlineworkshops mit Stakeholdern evaluiert und angepasst.
Ergebnisse der Studie	Die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure z. B. aus Praxis, Beratung, Wissenschaft und Industrie bietet zahlreiche Chancen, um ackerbauliche Produktionssysteme weiterzuentwickeln. Herausforderungen liegen in der Akquise von Fachpersonal, dass auf Augenhöhe die ackerbaulichen Herausforderungen an den verschiedenen Standorten diskutieren kann. Weiterhin muss die Flexibilität im Abruf von Fördermitteln erhöht werden.
Diskussion	Die bereits existierenden Praxis-Forschungsnetzwerke zielen vor allem darauf ab, ausgewählte Einzelfragen zu untersuchen oder bereits erprobte Verfahren zu demonstrieren. Dagegen liegt der Schwerpunkt des entwickelten Konzepts darin, das gesamte Ackerbausystem unter Praxisbedingungen gemeinsam weiterzuentwickeln.
Bewertung der Methode	Auf Flächen mit weiterentwickelten Anbausystemen können die Effekte auf ausgewählte Zielarten erfasst werden, deren Bewegungsradius eher klein ist und deren Habitat Ackerflächen sind. Weiterhin ist es möglich, vorhandene Erkenntnisse aus Monitoring-Aktivitäten bei der Weiterentwicklung von Anbausystemen zur Förderung der Biodiversität zu berücksichtigen und ggf. eine Erfolgskontrolle mittels Monitorings durchzuführen.
Entwicklungsstand	Das Konzept ist entwickelt, sollte jedoch vor einer umfangreichen Umsetzung in verschiedenen Regionen zunächst in einem Pilotprojekt in einer Region erprobt werden. Außerdem ist eine Weiterentwicklung für andere landwirtschaftliche Bereiche wie die Tierhaltung möglich und sinnvoll.
Anwendung	Bisher wurde das Konzept nicht praktisch geprüft, weshalb die Umsetzbarkeit vor einer Anwendung an ein bis zwei Standorten erprobt werden sollte. Sollte sich das Konzept als tragfähig erweisen, ist es sinnvoll zu prüfen, ob die vielen bisherigen Praxisforschungsaktivitäten in das Konzept integriert werden können, um Doppelarbeiten zu vermeiden.

III 2.3 Populationsgenetische Analyse von Wildbienen zur Bewertung der Wirksamkeit von Blühstreifen

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Biodiversität

Ansprechpartner: Frank Sommerlandt (frank.sommerlandt@thuenen.de), Wiebke Sickel (wiebke.sickel@thuenen.de)

Eine der am häufigsten umgesetzten Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität in Agrarlandschaften ist die Anlage von Blühflächen bzw. Blühstreifen. Der Aufwand und die Kosten zur Anlage von Blühflächen sind überschaubar, da sie sich gut in vorhandene landwirtschaftliche Routinen integrieren lassen. Außerdem können anhand von Veränderungen in den Artenzahlen wildlebender Pflanzen und Tiere schnell Erfolge gemessen werden. Allerdings geben diese Indikatoren keine Auskunft darüber, ob sich Blühstreifen positiv auf Populationsgrößen und -strukturen und damit auf die genetische Vielfalt auswirken. Deshalb wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie ein populationsgenetischer Ansatz mit ausgewählten Wildbienenarten getestet. Da die qualitative und räumlich-zeitliche Ausgestaltung von Blühflächen auf Landschaftsebene direkt Einfluss sowohl auf die Größe von Wildbienen-Populationen als auch auf Migrationsereignisse zwischen Populationen haben kann, könnten im Umkehrschluss populationsgenetische Indikatoren dazu geeignet sein, einen Beitrag zur Bemessung der Wirksamkeit von Blühstreifen zu liefern.

Laufzeit: 01.2020 - 12.2023

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie - Aktionsprogramm Insektenschutz - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur – EU-Bestäuber Initiative - "Farm-to-Fork" - Strategie - Gemeinsame Agrarpolitik – Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

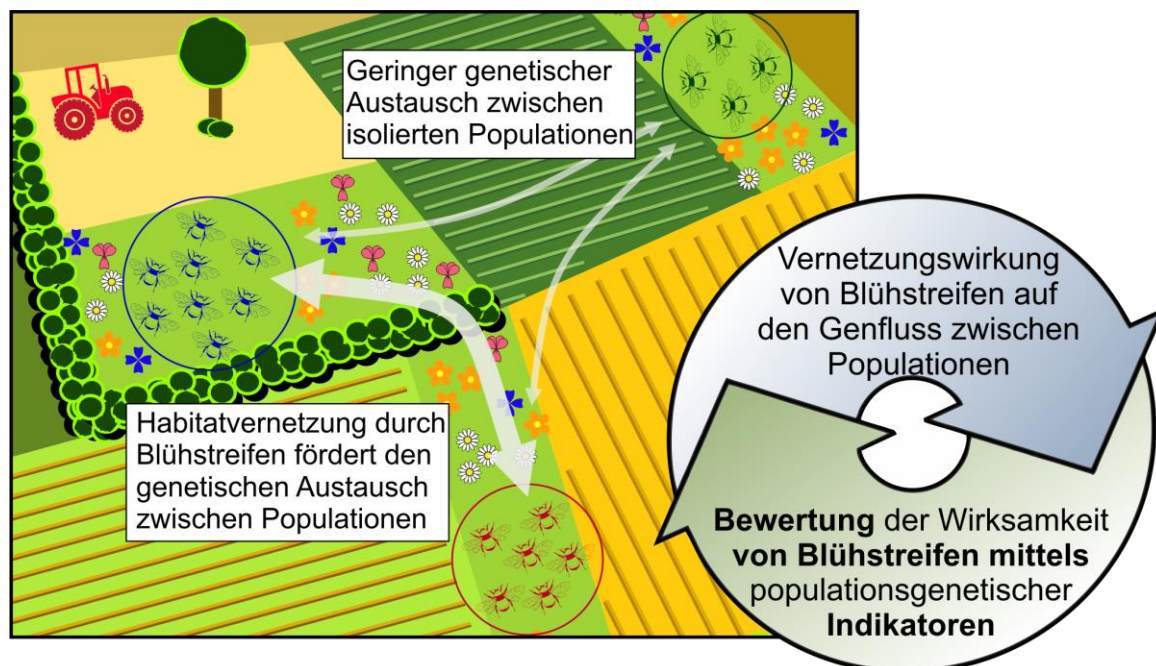


Abb. 78 Konzeptdarstellung der hypothesierten Wechselbeziehung zwischen der Populationsgenetik von Wildbienen und der Wirkung von Blühstreifen (© F. Sommerlandt, Thünen-Institut).

Machbarkeitsstudie: Populationsgenetische Analyse von Wildbienen zur Bewertung der Wirksamkeit von Blühstreifen

Ökologische Relevanz	Blühflächen und -streifen gehören zu den häufigsten Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität in Agrarlandschaften. Sie zielen unter anderem darauf ab, das Nahrungs- und Nistangebot für bestäubende Insekten zu erhöhen. Die Wirksamkeit von Blühstreifen wird maßgeblich durch ihre Zusammensetzung, ihre Flächengröße, ihre räumliche Lage sowie ihre Vernetzung untereinander und zu anderen naturnahen Habitaten bestimmt.
Beschreibung	Anhand populationsgenetischer Informationen von ausgewählten Wildbienenarten sollen Indikatoren abgeleitet werden, mit deren Hilfe die Wirksamkeit von Blühstreifen in Agrarlandschaften bewertet werden soll.
Fragestellung	Welche populationsgenetischen Zustands- und Wirkungsindikatoren sind geeignet, um die Wirkung von Blühstreifen auf den Genfluss und die genetische Vielfalt von Wildbienen bewerten zu können?
Untersuchungsmethodik / Versuchsdesign bzw. Konzeptentwicklung	Nicht-letale Gewebeproben (je ein Mittelbein) wurden von 625 Wildbienen-Individuen auf 22 Untersuchungsflächen in Sachsen-Anhalt im Sommer 2020 genommen. Die drei untersuchten Wildbienenarten unterscheiden sich in den funktionalen Eigenschaften Sozialität, Lektie und Ausbreitungs- und Fouragierdistanzen: <i>Bombus pascuorum</i> (138 Arbeiterinnen [w] und 31 Drohnen [d] von 16 Untersuchungsflächen [UF]; primitiv eusozial, polylektisch mit relativ langem Rüssel; 500 m Sammelradius), <i>B. lapidarius</i> (57 w, 71 d, 14 UF; primitiv eusozial, polylektisch mit kürzerem Rüssel, 500 m Sammelradius), <i>Dasypoda hirtipes</i> (78 Weibchen, 2 Männchen, 8 UF, oligolektisch auf Asteraceae, 1500 m Sammelradius). Aus den Mittelbeinen wurde genomische DNA (gDNA) isoliert und die Artbestimmung durch COI-Sequenzierung und Referenzdatenbank-Abgleich (GBOL) validiert. Ausgehend von der isolierten gDNA wurde eine RAD-Seq-Bibliothek erstellt, sequenziert und <i>single nucleotide polymorphisms</i> (SNPs, Einzelnukleotidpolymorphismen) wurden identifiziert (STACKS pipeline; Catchen <i>et al.</i> , <i>Molecular Ecology</i> (2013)). Anhand der erhaltenen SNP-Marker wurden populationsgenetische Parameter ermittelt (genetische Vielfalt, Verwandtschaft, Populationsstruktur, effektive Populationsgröße, Ausbreitungs- und Anpassungsprozesse der Populationen [<i>recent population expansion, recent adaptation</i>]). Unter Einbeziehung von Landschafts- und Landnutzungsdaten aus Strukturkartierungen wurden zusätzlich Vernetzungs- und Barrierewirkungen von Landschaftsstrukturen auf den Genfluss untersucht (<i>isolation by resistance</i>).
Ergebnisse der Studie	Es zeigte sich, dass die geringe Menge isolierter DNA pro Probe aufgrund des neuartigen, tötungsfreien Ansatzes ausreicht, um feinskalige populationsgenetische Parameter abzuleiten. Für die untersuchten Wildbienenarten war weder eine räumliche Strukturierung der Populationen noch eine mit der Distanz zunehmende Isolation erkennbar. Der Anteil an Blühflächen in der umgebenden Landschaft (Radius = 1 km) hatte keinen Einfluss auf die Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb der Subpopulationen.
Diskussion	Im Vergleich zu bestehenden Methoden, die zur Bewertung der Wirksamkeit von Blühstreifen meist auf Artebene Veränderungen in der Zusammensetzung wildlebender Tier- oder Pflanzengemeinschaften betrachten, kann eine Analyse auf populationsgenetischer bzw. -genomischer Ebene bereits frühe Signale von Anpassungs-, Migrations- und

Machbarkeitsstudie: Populationsgenetische Analyse von Wildbienen zur Bewertung der Wirksamkeit von Blühstreifen

	Flaschenhalssereignissen detektieren. Die getestete Methode lieferte ausreichende DNA-Mengen, um feinskalige populationsgenetische Parameter ableiten zu können, und eignet sich daher potentiell als „Frühwarnsystem“ genetischer Verarmung, bevor Aussterbeereignisse auf Artebene sichtbar werden.
Bewertung der Methode	Der bestandsschonende methodische Ansatz eignet sich, um die Wirksamkeit von Blühstreifen bewerten zu können. Es ist jedoch unabdinglich, die qualitative Ausgestaltung der untersuchten Blühstreifen (Pflegezustand, Blütenanzahl, -vielfalt und -bedeckung, Vergrasung, etc.) in die Interpretation bzw. schon vorher in das Studiendesign einfließen zu lassen.
Entwicklungsstand	Eine Weiterentwicklung der Methode ist erforderlich. Zum einen sollten die Indikatoren effektive Populationsgröße, <i>isolation by resistance</i> und <i>recent adaptation</i> auf ihre Anwendbarkeit getestet werden. Außerdem sollten die populationsgenetischen Indikatoren auf ihre Aussagekraft auf größeren räumlichen Skalen (auf 3 km) getestet werden. Hierfür müssen jedoch andere Datensätze zur Landnutzung (bspw. InVeKoS) aus dem Erfassungs-Jahr einfließen, die teilweise erst stark zeitverzögert verfügbar sind.

III 2.4 Farbschalenmonitoring zur Ermittlung der Bienendiversität und -vitalität

Bearbeitendes Institut

Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Bienenschutz, Braunschweig

Ansprechpartner: André Krahner (andre.krahner@julius-kuehn.de),

Mitwirkende: Oleg Lewkowski, Wiebke Kämper

Das Ziel des Bienenmonitorings ist es, Status quo und Trends der Wildbienenvielfalt in Deutschlands Agrarlandschaft zu ermitteln. Während Erfassungen über Nisthilfen und auf einzelne Bienengruppen fokussierte Ansätze nur einen kleinen Teil der Wildbienengemeinschaft erfassen, wird über Farbschalen die Gesamtheit der Wildbienengemeinschaft beprobt. Entsprechend stellen Farbschalen auch eine Schlüsselmethode im EU Bestäuber Monitoring (EuPoMS) dar. Die Stichprobenkulisse für die vorliegende Machbarkeitsstudie orientiert sich am HNV-Farmland und Ökosystem-Monitoring. Zudem werden durch Verschneidung mit Landschaftsdaten Belastungsindikatoren identifiziert und evaluiert. Das Farbschalen-Monitoring kann mittels Synergien mit anderen MonViA-Modulen zu umfangreicheren Auswertungen und klareren Handlungsempfehlungen bezüglich der Bedeutung von Landnutzung und dem Einfluss und der Effektivität von AUKM beitragen.

Anhand der bestimmten Parameter sollen Indikatoren der Vielfalt von Bienengemeinschaften, der Honig- und Wildbienen vitalität und deren Interaktion abgeleitet werden (Indikatoren: Biomasse, Diversität, Zusammensetzung der Artengemeinschaft, Habitatsprüche und Gesundheit). Ableitungen zur Honigbienen- und Wildbienen vitalität liefern wertvolle Informationen zum Status der Bienen in der Agrarlandschaft und sollen die Erhebungen weiterer Module im Rahmen des MonViA-Verbundprojekts ergänzen.

Laufzeit: 11.2022 - 12.2023

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie 2035 – EU-Biodiversitätsstrategie - EU Bestäuber-Initiative - Gemeinsame Agrarpolitik - UN Nachhaltigkeitsziele

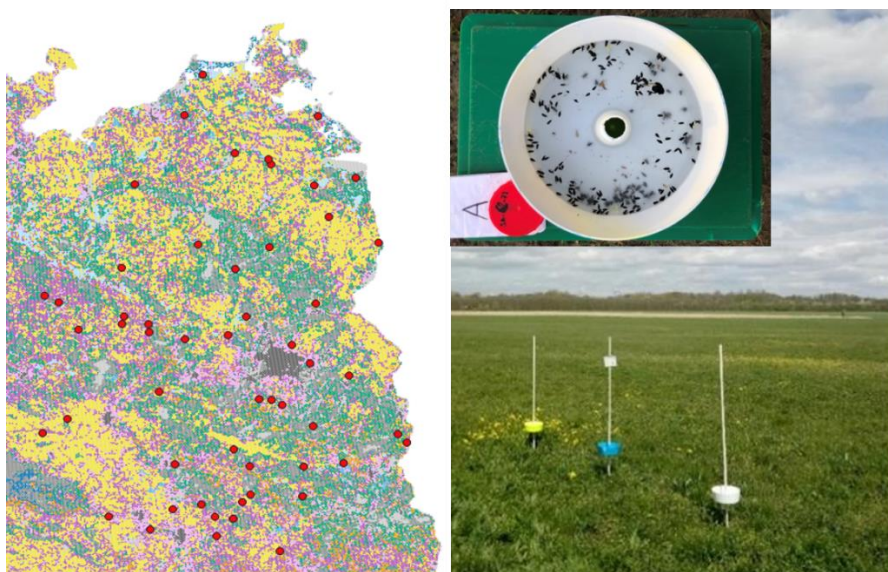


Abb. 79 Links: Übersicht der Beprobungsstandorte im nordostdeutschen Tiefland (Farben repräsentieren die Agrarraumtypen). Rechts unten: Farbschalenset aus gelber, blauer und weißer Schale an einem Grünlandstandort. Rechts oben: Farbschalenaufnahme zur weiteren Analyse u.a. Bildsegmentierung zur Bestimmung von Biomasse und Individuenzahlen (© JKI).

Farbschalenmonitoring zur Ermittlung der Bienendiversität und -vitalität

Beschreibung	Im April/Mai 2023 wurde eine Pilotfeldstudie zur Beprobung der zwei HNV-Bodenbedeckungsklassen (Ackerland, Grünland) in der Standortregion ‚Kontinentales Tiefland‘ in fünf Bundesländern mittels Farbschalen durchgeführt. Anhand dieses Vorversuchs soll die Beprobungsintensität und -frequenz optimiert und ein möglichst bestandschonendes Monitoring konzipiert werden. Außerdem wurde eine methodische Vereinfachung der Beprobung und Analyse getestet.
Fragestellung	Einschätzung der Eignung der Farbschalenmethode und einer vereinfachenden Datenerhebungsmethode für ein flächendeckendes Monitoring der Bienendiversität und Bienenvitalität in Agrarlandschaften; Bestimmung von weiteren Parametern, die für eine Ableitung von Indikatoren zu erheben sind.
Untersuchungsmethodik	Bienen werden mit standardisierten Farbschalensets (blau, weiß, gelb) gefangen und die Arten mittels Metabarcoding bestimmt. Die Farbschalensets werden auf dem Feldrain der Flächen des High-Nature-Value (HNV) Farmland Monitorings dreimal jährlich aufgestellt (zwei Sets pro Standort). Es werden die HNV-Flächen beprobt, die die Bodenbedeckungsklassen Ackerflächen und Grünland repräsentieren. Die Machbarkeitsstudie beschränkt sich auf den Nordosten Deutschlands (Niedersachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt; insgesamt 54 Standorte), und auf einen Erfassungszeitpunkt im Frühjahr, in dem die stärksten Unterschiede in der Phänologie zwischen den Standorten auftreten. Die so erhobenen Daten werden mit Daten zur Landnutzung, Witterung sowie zur Phänologie in Beziehung gesetzt. Neben den Daten zur Artenzusammensetzung der Bienengemeinschaften werden die Sammelproben der Standorte auf Bienenpathogene und Pflanzenschutzmittelrückstände untersucht (chemische Rückstandsanalytik). Korrelationen zwischen ausgezählten Bienenindividuen, deren Biomasse sowie über eine automatisiertes Bilderkennungsverfahren geschätzte Individuenzahlen werden zur Evaluierung vereinfachter Beprobungs- bzw. Probenprozessierungsansätze herangezogen.
Ergebnisse der Studie	Für nahezu ein Viertel der Fläche Deutschlands konnten belastbare Daten der Artenvielfalt und des Individuenreichtums der Bienen sowie der Zusammensetzung von Bienengemeinschaften erhoben werden. Angesichts eines Gesamtergebnisses von rund 2600 letal erfassten Bienenindividuen von über 50 Standorten, die über nahezu ein Viertel der Fläche Deutschlands verteilt sind, ist von einer allenfalls unerheblichen Beeinträchtigung der beprobten Bienengemeinschaften durch die Erfassungen auszugehen. Für den Großteil der Standorte liegen die Beprobungstermine in einem Abstand von 7 Tagen um den phänologischen Mittelpunkt des Erfassungszeitraums. Entsprechend wurden die Bienengemeinschaften trotz der weiträumigen Ausdehnung der Untersuchungsgebiete zu vergleichbaren Zuständen ihrer Jahresentwicklung beprobt.
Diskussion	Über den Vorversuch konnte demonstriert werden, dass die Farbschalenmethode, in Verbindung mit einer modernen Hochdurchsatzmethode zur Artenbestimmung (Metabarcoding – eine molekularbiologische Methode), geeignet ist, vergleichbare Daten über die

Farbschalenmonitoring zur Ermittlung der Bienendiversität und -vitalität

	Bienengemeinschaften in Agrarlandschaften in einem überregionalen Bezugsraum zu erheben.
Bewertung der Methode	Die Farbschalenmethode ist für ein hochstandardisiertes Monitoring eines Großteils der Wildbienenarten und Honigbienen geeignet. Mehrere Beprobungen im Jahr zu vergleichbaren Entwicklungszuständen (Phänologie) der Bienengemeinschaften sind möglich, so dass belastbare Aussagen zur Wildbienenvielfalt durch jahres- und standortübergreifende Vergleiche möglich werden. Die Stichprobenkulisse des HNV ist grundsätzlich geeignet, die landwirtschaftlich genutzte Fläche Deutschlands auch für den für Wildbienen relevanten Landschaftsmaßstab abzubilden.
Entwicklungsstand	Die Farbschalenmethode ist leicht umsetzbar, seit Jahrzehnten etabliert und hat einen hohen Standardisierungsgrad erreicht. Die Anwendbarkeit für ein flächendeckendes Monitoring der Wildbienengemeinschaften auf Agrarflächen Deutschlands wurde im Pilotfeldversuch demonstriert. Auch das zur Bienenbestimmung genutzte Metabarcoding-Verfahren ist bereits seit Jahren etabliert. An die Beprobung anschließende Verfahren zur Schätzung der Häufigkeit von Bienenindividuen sind weiterzuentwickeln. Die Weiterentwicklung solcher Verfahren ist allerdings nicht erforderlich für die Umsetzung eines bundesweiten Monitorings der Bienen über Farbschalen, sondern dient der Verringerung des Arbeitsaufwandes und ist in einem bereits laufenden Monitoring-Prozess möglich.
Anwendung	Die verwendete Methode der Bienenerfassung im Freiland bedarf keiner speziellen Vorkenntnisse und kann daher durch unterschiedliche regionale Bearbeiter ohne Expertenwissen übernommen werden. Für die nachfolgende Prozessierung werden aktuell Verfahren entwickelt bzw. weiterentwickelt, die das Handling von Proben vereinfachen und ein Training der Anwender verkürzen. Während für die vorliegende Machbarkeitsstudie die Stichprobenkulisse des HNV-Monitorings genutzt wurde, lässt sich die hier vorgestellte Methodik grundsätzlich auch auf andere Stichprobenkulissen anwenden, insbesondere die Stichprobenkulisse des EU Land Use/Cover Area Survey (LUCAS). Damit ist eine Harmonisierung bzw. Nutzung von Synergien mit transnationalen Ansätzen, insbesondere dem European Monitoring of Biodiversity in Agricultural Landscapes (EMBAL) gewährleistet.

III 2.5 Kamerafalle zum automatisierten Insektenmonitoring

Bearbeitendes Institut:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz

Ansprechpartner: Annette Herz (annette.herz@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Maximilian Sittinger, Hannah Hamm, Philipp Kassel, Maximilian Pink, Johannes Uhler

Herkömmliche Methoden zum Monitoring der Insektendiversität und –abundanz setzen in den meisten Fällen das Abtöten der gefangenen Insekten voraus, um diese anschließend anhand morphologischer Merkmale oder mit molekularen Verfahren zu bestimmen. Durch den hohen Arbeitsaufwand werden diese Methoden meistens nur punktuell räumlich (z. B. Malaisefallen) und/oder zeitlich (z. B. Keschern) eingesetzt. Die somit gewonnenen Daten haben zwar eine hohe taxonomische Auflösung, können aber in vielen Fällen nur begrenzt in Bezug auf größere räumliche und zeitliche Skalen ausgewertet werden. Neue Entwicklungen im Bereich des automatisierten Insektenmonitorings können bei deutlich geringerem Arbeits- und Kostenaufwand Daten in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung liefern und somit als zusätzliches nicht-invasives Monitoring-Tool die traditionellen Aufnahmemethoden komplementieren.

Im Monitoringmodul „Nützlinge in Refugialhabitaten“ wurde eine DIY (Do-it-yourself) Kamerafalle entwickelt, die durch den Einsatz von KI-basierter Software Insekten auf einer Plattform mit künstlichen Blütenformen automatisch erkennt und Bilder der Insekten aufnimmt. Das wetterfeste Kamerafallensystem besteht aus kostengünstigen Hardwarekomponenten und ermöglicht durch die Stromversorgung über ein Solarpanel einen kontinuierlichen Einsatz über die ganze Saison. Die komplette Software ist Open Source veröffentlicht (<https://github.com/maxsitt>). Zusammen mit den frei verfügbaren Anleitungen zum Zusammenbau und zur Programmierung der Kamerafalle, kann diese von jedem Interessierten, z. B. auch im Rahmen von Citizen Science Projekten, eingesetzt, modifiziert und weiterentwickelt werden (<https://maxsitt.github.io/insect-detect-docs/>).

Im Rahmen des Monitorings von Schwebfliegen und anderen Nützlingen in Streuobstwiesen, wurden im Sommer 2023 mehrere Kamerafallen als zusätzliche Methode zum Monitoring mit Gelbschalen und Malaisefallen eingesetzt und die so gewonnenen Daten zu Insektenvielfalt und -vorkommen verglichen, um die Genauigkeit der Kamerafallen-Aufnahmen zu validieren.



Abb. 80 Solarbetriebene Kamerafalle zum kontinuierlichen automatisierten Monitoring von blütenbesuchenden Insekten. (© M. Sittinger, JKI).

Laufzeit: 05.2022 - 12.2024

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie 2035 - Aktionsprogramm Insektenschutz - EU-Biodiversitätsstrategie - EU Bestäuber-Initiative - Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

Technologieentwicklung: Kamerafalle zum automatisierten Insektenmonitoring

Beschreibung	Die Kamerafalle ermöglicht es, spezifisch trainierte <i>deep learning</i> -Modelle zur Erkennung von Insekten auf der KI-fähigen Kamera in Echtzeit einzusetzen und hierdurch deren Aufnahme auf einer Plattform mit künstlichen Blüten gezielt auszulösen. Kombiniert mit einem <i>object tracker</i> , der jedem Insekt eine individuelle <i>tracking ID</i> zuweist und somit Mehrfachzählungen vermeiden kann, wird die Menge an zu speichernden Daten drastisch reduziert. Die Klassifizierung der Insektenbilder wird in einem zweiten Schritt auf dem lokalen Rechner durchgeführt, auch hierfür können Modelle verwendet werden, die auf eigene Datensätze trainiert wurden. Das System ist kostengünstig, hat einen geringen Stromverbrauch und wird über ein Solarpanel mit Strom versorgt.
Fragestellung	Entwicklung und Validierung einer innovativen, nicht-invasiven Methode zum automatisierten Insektenmonitoring mit einer KI-fähigen Kamerafalle.
Untersuchungsmethodik	Testen der Genauigkeit des Erkennungsmodells in Kombination mit einem <i>object tracker</i> in Laborversuchen. Evaluierung der Ergebnisse des Klassifizierungsmodells hinsichtlich Genauigkeit und taxonomischer Auflösung über visuelle Verifizierung.
Ergebnisse der Studie	Erkennung und <i>tracking</i> von Insekten auf der Blütenplattform funktioniert in den meisten Fällen sehr zuverlässig. 2023 wurden mehrere Kamerafallen in Feldversuchen validiert.
Diskussion	Vor einem breiteren Einsatz der Kamerafalle muss das System mit traditionellen Methoden verglichen und validiert werden.
Bewertung der Methode	Nach erfolgreicher Validierung kann die Kamerafalle zum automatisierten, nicht-invasiven und kostengünstigen Monitoring von Insekten mit hoher zeitlicher Auflösung eingesetzt werden.
Entwicklungsstand	Die Kamerafalle und die dazugehörige Software wird kontinuierlich weiterentwickelt und optimiert (Stand Winter 2023).
Anwendung	Nachbau, Einsatz und Modifizierung der Hardware/Software ist mit den bereitgestellten Anleitungen und der Open Source Software problemlos auch für Laien (z. B. Bürgerwissenschaftler) möglich.
Bemerkungen	Das Kamerafallensystem kann sehr einfach auf andere Zielgruppen (z. B. bodenbewohnende Insekten) angepasst werden, hierzu ist lediglich eine Änderung des Fallendesigns (z. B. andere Aufnahmeplattform) notwendig.
Quelle(n)	Dokumentations-Webseite der Kamerafalle: Github Insectdetect

III 2.6 Field Automatic Insect Recognizer - Device (FAIR-Device): Stationäre Erfassung fliegender Insekten

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Agrartechnologie

Ansprechpartner: Martin Kraft (martin.kraft@thuenen.de)

Mitwirkende: Juan Chiavassa

Die Digitalisierung eröffnet zahlreiche Möglichkeiten, Daten zur biologischen Vielfalt zu erheben. Im Teilprojekt „Technologieentwicklung“ wurde untersucht, welche Organismen automatisiert mit stationären Anlagen in der Agrarlandschaft erfasst werden können.

Im Thünen-Institut für Agrartechnologie wurde das Field Automatic Insect Recognizer - Device (FAIR-Device) entwickelt und getestet, mit dem fliegende Insekten automatisiert und unschädlich erfasst werden können. Kernkomponente des Erkennungs- und Unterscheidungssystems ist die Bildanalyse und die sogenannte optoakustische Erfassung der Flügelschlagfrequenz (wingbeat frequency, WBF) der Insekten. Der erste Prototyp des FAIR-Device wurde bereits getestet und die Bildanalyse evaluiert.

Bis zur praktischen Einsatzfähigkeit des FAIR-Device sind noch erhebliche Forschungs- und Entwicklungsleistungen erforderlich. Es wird jedoch erwartet, dass automatisierte Erfassungssysteme in Zukunft wichtige Informationen für das Monitoring der biologischen Vielfalt gewinnen können. Automatisierte online-Systeme weisen eine hohe zeitliche Auflösung der Beobachtungen auf und können räumlich verteilt in höheren Stückzahlen betrieben werden.

Laufzeit: 09.2019 - 08.2022

Politische Handlungsfelder: Agrobiodiversitätsstrategie - Aktionsprogramm Insektenschutz – Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

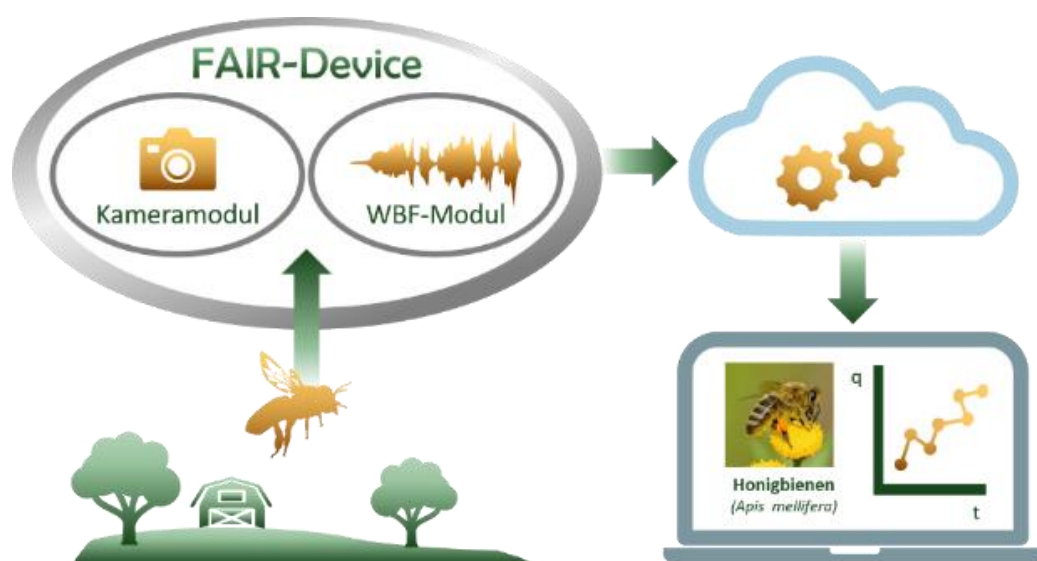


Abb. 81 Komponenten des FAIR-Device (© J. Chiavassa, Thünen-Institut).

Technologieentwicklung: Field Automatic Insect Recognizer - Device (FAIR-Device): Stationäre Erfassung fliegender Insekten

Beschreibung	Im Projekt wurde der Ansatz verfolgt, Insekten mit einer nicht tödlichen Falle und einer Kamera zu erkennen und zu registrieren.
Fragestellung	Können Parameter der biologischen Vielfalt automatisch während der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen bestimmt werden?
Technologie- und Konzeptentwicklung	In der ersten Projektphase wurde eine systematische Übersicht erstellt, welche physikalischen Parameter von lebenden Tieren kontaktlos gemessen werden können. In der zweiten Phase ist ein System zur automatischen Erfassung fliegender Insekten entwickelt und anhand eines im Institut angefertigten Prototyps geprüft worden.
Ergebnisse der Studie	Der Prototyp des optischen FAIR-Device (Field Automatic Insect Recognizer) ist entwickelt und getestet worden. Eine Veröffentlichung ist in Vorbereitung. Ein Vorteil des FAIR-Device ist die Verknüpfung jedes Ereignisses mit der genauen Uhrzeit.
Diskussion	Neben der genauen zeitlichen Zuordnung der Ereignisse hat das FAIR-Device weitere Vorteile gegenüber Fallensystemen wie z. B. Malaise-Fallen: Es ist nicht tödlich und erfordert, sobald es ausgereift ist, nur einen minimalen, laufenden Arbeitsaufwand für die Erfassung und Identifizierung.
Bewertung der Methode	Technologien zur automatischen Erfassung von Insekten eröffnen vielfältige Möglichkeiten für Langzeitbeobachtungen und die Untersuchung der räumlichen Variabilität der Biodiversität. Da es noch keine ausgereiften Systeme in der hier untersuchten Art gibt, können sie zumindest auf kurze Sicht noch nicht zum Monitoring beitragen.
Entwicklungsstand	Das FAIR-Device konnte in der Projektlaufzeit mit nur einem von zwei geplanten Sensorsystemen ausgestattet werden und bedarf der weiteren technischen Entwicklung. Das optoakustische Modul zur Analyse von WBF-Daten befindet sich noch in der Kalibrierungsphase und wird zukünftig ebenfalls getestet.
Anwendung	Die betrachteten Technologien und Konzepte werden aktuell in anderen Projekten und Arbeitsgruppen zu ausgereiften Systemen weiterentwickelt.

III 2.7 Entwicklung von technischen Konzepten zur Biodiversitätsbestimmung in der Agrarlandschaft

Bearbeitendes Institut:

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz

Ansprechpartner: Dieter von Hörsten (dieter.von-hoersten@julius-kuehn.de)

Mitwirkende: Lisa-Marie Urso

Das Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften erfordert neue Methoden der Erfassung und Überwachung, um die Beziehungen zwischen der biologischen Vielfalt und der landwirtschaftlichen Produktion sowie der Landnutzung und dem Agrarstrukturwandel in offenen Landschaften zu verstehen. Im Rahmen des Teilprojekts "Technologische Entwicklung" wurde untersucht, in welchen Phasen der landwirtschaftlichen Produktion das Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften am besten integriert werden kann. Aufbauend auf einer Sondierungsstudie wurden in einer Konzeptstudie drei Szenarien entwickelt, bei denen ein Netzwerk aus Wetterstationen und akustischen sowie visuellen Sensoren für ein Monitoring der biologischen Vielfalt eingesetzt werden sollen. Zwei Szenarien (S1 „Netzwerk zur akustischen Biodiversitätsbestimmung in Agrarlandschaften“ und S3 „Landmaschinen bestückt mit Sensoren“) zeigen vielversprechende Ergebnisse mit Blick auf eine spätere praktische Umsetzung und haben durch eine einfache technische Umsetzbarkeit das Interesse und die Akzeptanz der Verbände erlangt. Die optische Erkennung in S3 Erkennung zeigt in diesen ersten Tests ein größeres Potenzial als die anderen Szenarien, jedoch sind weitere Forschungen in diesem Bereich erforderlich, wobei Instrumente wie Digitalisierung und / oder künstliche Intelligenz berücksichtigt werden müssen, um das Potenzial dieser Konzepte besser bewerten zu können.

Laufzeit: 15.06.2019 - 31.12.2021

Politische Handlungsfelder: Ackerbaustrategie 2035 - Agrobiodiversitätsstrategie - Aktionsprogramm Insektenschutz - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt - Klimaschutzprogramm

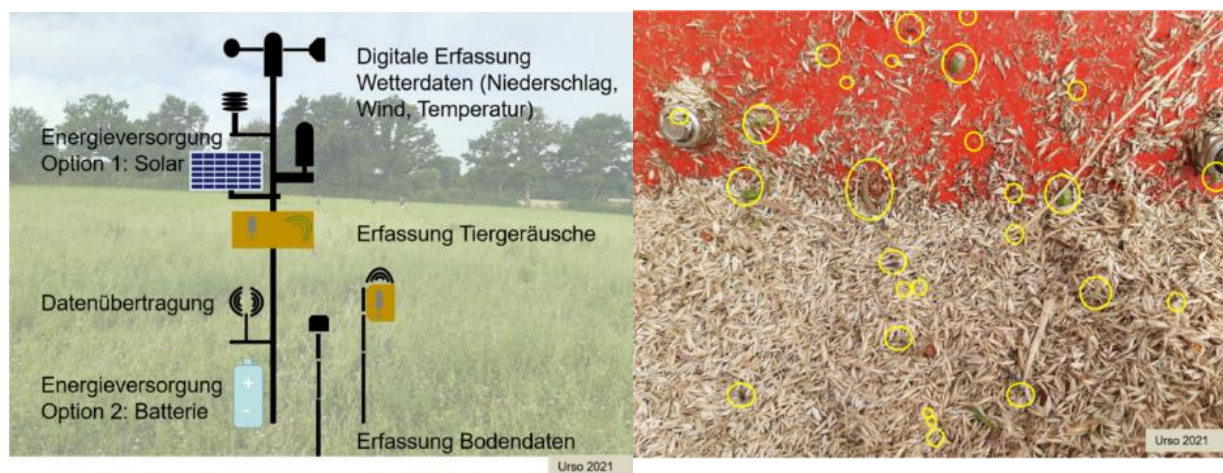


Abb. 82 Nutzung von Wetterstationen und Bodensensoren zum akustischen Biodiversitäts-Monitoring (links). Kameraaufnahme auf einem Mähwerk mit detektierten Insekten (rechts) (© Urso, JKI).

Technologieentwicklung: Entwicklung von technischen Konzepten zur Biodiversitätsbestimmung in der Agrarlandschaft

Beschreibung	Die Technologieentwicklung eröffnet zahlreiche Möglichkeiten, die biologische Vielfalt zu beobachten. Unter Berücksichtigung der neuen Technologien wurden drei Szenarien in Betracht gezogen, die das Monitoring von Insekten und anderen Wildtieren in verschiedenen landwirtschaftlichen Produktionsprozessen im Ackerbau beschreiben. Das erste Szenario „S1-Netzwerk zur akustischen Biodiversitätsbestimmung in Agrarlandschaften“ nutzt eine Wetterstation, bestückt mit akustischen Modulen und Bodensensoren, um Daten über die Vögel, Wirbeltiere und Insekten zu erheben. Das Szenario wurde auf die Erkennung von Vögeln konzentriert. Das zweite Szenario „S2-Feldroboter bestückt mit akustischen Modulen, Kamera und Wetterstation“ wurde nicht weiterentwickelt. Es würde aber eine gezielte und zuverlässige Datenerfassung ermöglichen, große Gebiete mit langsamer und kontinuierlicher Bewegung abdecken und mit geringer Störung erfassen. Das dritte Szenario „S3-Landmaschinen bestückt mit Sensoren“ betrachtet die Verwendung von optischen Sensoren zur Detektion von Insekten an Landmaschinen in der Praxis. Die ersten Vorversuche haben das enorme Potential der visuellen Erfassung von Insekten beim Grasmähen und auch das Potential des Mähdruschs gezeigt.
Fragestellung	In welche Verfahrensschritte der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion lässt sich ein Monitoring am besten integrieren?
Untersuchungsmethodik	Screening der landwirtschaftlichen Verfahrensschritte und deren technische Umsetzung. Bewertung in welchem Verfahrensschritt eine Monitoringmaßnahme integriert werden kann. Entwicklung einer Konzeptstudie zu einem „Netzwerk zur akustischen Biodiversitätsbestimmung in Agrarlandschaften“ zu „Feldroboter bestückt mit akustischen Modulen, Kamera und Wetterstation“ und zu „Landmaschinen bestückt mit Sensoren“.
Ergebnisse der Studie	Das Konzept von vernetzten Wetterstationen (S1), bestückt mit akustischen Modulen, hat gezeigt, dass es möglich ist, diesen Ansatz in die Praxis umzusetzen und vielfältig nutzen zu können. Die Konzeptstudie hat aber auch gezeigt, dass es Bereiche gibt, in denen weitere Forschung betrieben werden muss und die akustische Detektion an Grenzen stößt. Die Erstellung von Bilddatenbanken in Verbindung mit der Nutzung von künstlicher Intelligenz bietet interessante Ansatzpunkte für das Monitoring von auf derzeit in der Praxis eingesetzten landwirtschaftlichen Maschinen. Details der Stromversorgung und der Datenübertragung sind künftig noch näher zu betrachten, vor allem wenn ein ganzjähriger Einsatz erfolgen soll. Die akustische Erfassung von Bodenlebewesen als Indikator für unterirdische Biodiversität ist in weiteren Recherchen zu betrachten. Erste beispielhafte Vorversuche der visuellen Erfassung von Insekten beim Mähdrusch und auch beim Grasmähen haben gezeigt, dass in dem Bereich sehr viel Potential für ein Monitoring von Insektenarten liegt. Es müssen weitere praktische Untersuchungen erfolgen, um die Potenziale der Konzepte für einen Einsatz in der Praxis zu bewerten.
Diskussion	Um die Vor- und Nachteile im Vergleich zu bestehenden Methoden bewerten zu können, müssten Prototypen entwickelt und getestet werden.

Technologieentwicklung: Entwicklung von technischen Konzepten zur Biodiversitätsbestimmung in der Agrarlandschaft

Bewertung der Methode	Für eine abschließende Bewertung ist eine Weiterentwicklung des Konzeptes und eine Umsetzung notwendig, die in diesem Projekt nicht durchgeführt wurde.
Entwicklungsstand	Das technologische Konzept wurde beschrieben (TRL 2).
Anwendung	Die Anwendung der Konzeptstudien wird, mit aktuellem Wissensstand, als erfolgversprechend eingestuft. Dies müsste jedoch in praktischen Versuchen ermittelt werden.

III 2.8 Eignung des Formats Citizen Science an der Agrarforschung und Ansätze zur Qualitätssicherung

Bearbeitendes Institut: Thünen-Institut für Biodiversität

Ansprechpartnerin: Anett Richter (ehemals Thünen-Institut, anett.richter@leipzig.de)

Ein effektives Monitoring der biologischen Vielfalt erfordert die Integration von Biodiversitätsinformationen, die Verknüpfung von technischen Designs sowie die Integration verschiedener Netzwerke von Akteuren (Kühl et al. 2020). Entsprechend dem integrativen Ansatz ist der Aufbau eines Monitorings der biologischen Vielfalt im Kontext von ökologisch-technischen sowie sozialen Aspekten durchzuführen. Bei der Konzeption und Erprobung eines bundesweiten Monitorings der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften sind Citizen Science (CS)-Ansätze zu integrieren. Diese Form der freiwilligen Mitwirkung von Landwirten und eventuell weiteren Akteuren wie Imker, Jäger und Gärtner beim jährlichen Zählen und Dokumentieren von Biodiversitätsindikatoren auf den Betrieben sollen ein verbessertes Verständnis der Zusammenhänge zwischen Bewirtschaftung und Artenvielfalt schaffen und die Motivation zu einem achtsamen Umgang mit der Natur fördern. Es wurden konzeptionelle als auch empirische Analysen durchgeführt, um der Frage nach der Anwendung von CS in der Agrarforschung und der Etablierung von Qualitätskriterien nachzugehen.

Laufzeit: 01.10.2019 - 31.05.2022

Politische Handlungsfelder: Aktionsprogramm Insektenschutz - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur – Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

Machbarkeitsstudie: Eignung des Formats Citizen Science an der Agrarforschung und Ansätze zur Qualitätssicherung

Beschreibung	Citizen Science (CS) ist in der Agrarforschung bisher wenig verankert, erlangt aber zunehmend an Bedeutung. Es mangelte bisher an Grundkenntnissen zur Eignung von CS als Instrument in der Agrarforschung und im Monitoring und an einem Verständnis über verschiedene Rollen der Akteure z. B. Agrarberatungen sowie der Bereitschaft für ehrenamtliche Beteiligungen. Anhand konzeptioneller und empirischer Studien sollen die Eignung von CS zur Erfassung von biologischer Vielfalt in Agrarlandschaften und Grundbedingungen für die Anwendung des Ansatzes, wie beispielsweise Mindestanforderungen und Indikatoren für die Qualitätssicherung, erarbeitet werden.
Fragestellung	Welche Eignung hat das Format Citizen Science an der Agrarforschung und welche Indikatoren benötigt es für die Sicherung der Qualität von Citizen Science-basiertem Monitoring?
Untersuchungsmethodik	Analyse zur Eignung von CS in Agrarforschung: Inhalts- und Textanalyse zum Status Quo von CS in Agrarwissenschaften auf der Grundlage von 270 Projekten auf Plattformen Analyse zur Rolle von Agrarberatungen: Mixed-Method Ansatz und 10 Experteninterviews mit Niedersächsischen Akteuren der umweltbezogenen Agrarberatung Analyse zur Überprüfung der Wahrnehmung von Tier- und Pflanzenarten bei Akteuren und Entwicklung eines Verständnisses ihrer Bereitschaft zur ehrenamtlichen Beteiligung: Umfrage mit 89 Lernenden und 14 Lehrenden Entwicklung von Indikatoren zur Qualitätssicherung: Auswertung von Konferenzworkshops, Literaturreview nach Schlagwörtern und Ableitung von Indikatoren
Ergebnisse der Studien	CS eignet sich in der Agrarforschung als Ansatz für folgende Bereiche: Gemeinsam Agrarforschung betreiben, Monitoring etablieren, Innovationen überprüfen und Agrarpolitiken gestalten. Darauf basierend können drei grundlegende Handlungsempfehlungen zur Stärkung von Citizen Science in den Agrarräumen abgeleitet werden. Agrarumweltberater sind vielfach der Ansicht, dass Biodiversität einen inhärenten Wert hat und ihre Beratungstätigkeiten eine wichtige Mittlerrolle zwischen unterschiedlichen Interessen darstellt. Dabei sehen sie sich in der Rolle der Interessenvermittlung und in der Rolle der Akteure des Interessenausgleichs. Die Ergebnisse zeigen, dass es aktuell keine spezifischen Zielbilder zur Biodiversität von landwirtschaftlichen Flächen gibt. Agrarumweltberater orientieren sich an regionalen Flächennutzungsplänen, Landschaftsrahmenplänen und Schutzgebietsverordnungen. Wenn regionale Leitbilder von Biodiversitätszielen entwickelt werden, sollten diese mit hinreichender Genauigkeit in Bezug auf Ziele, Maßnahmen, Raumbezüge und Zeithorizonte entworfen werden. Es existiert eine differenzierte Wahrnehmung zu Insekten bei Lernenden und Lehrenden in Grundschulen. Bei den Lernenden waren Bienen, Marienkäfer und Fliegen am bekanntesten. Die Schülerschaft unterschied nicht zwischen Wild- und Honigbienen. Im Alltag fokussierte sich das Interesse der Schüler- und Lehrerschaft auf die Ordnungen der Heuschrecken, der Bienen, Wespen und

Machbarkeitsstudie: Eignung des Formats Citizen Science an der Agrarforschung und Ansätze zur Qualitätssicherung

	Ameisen, der Schmetterlinge und der Libellen. Wenige Lehrkräfte gaben an, die Begriffe „Citizen Science“ und „Monitoring“ zu kennen. Es wurden Indikatoren entwickelt, um die Effektivität und Effizienz des ehrenamtlichen Biodiversitätsmonitorings in MonViA-Modulen zu erfassen und zu bewerten. Diese berücksichtigen die Bedürfnisse und Hindernisse der Teilnehmenden. Die Indikatoren zur Qualitätssicherung dienen der internen und externen Kommunikation, dem Projektmanagement und generieren Ergebnisse, die auch für Entscheidungsträger und Förderer von Interesse sind.
Diskussion	Siehe Diskussionen in den jeweiligen Publikationen von Richter 2022 und Von Gönner & Richter 2023.
Bewertung des Ansatzes	Der Ansatz CS ist prinzipiell für eine Anwendung bei der Erfassung von biologischer Vielfalt in Agrarlandschaften machbar. Es gilt zu beachten, dass Mindestanforderungen an CS eingehalten werden. Zur Sicherung der Qualität sind die entwickelten Indikatoren dienlich. Um CS zu stärken, benötigt es: 1) Aufbau von Kapazitäten für Citizen Science zur Bearbeitung agrarwissenschaftlicher Forschungsfragen und Monitoring, 2) Stärkung und Vernetzung vorhandener Strukturen der Agrarräume und 3) Unterstützung neu zu entwickelnder Citizen Science-Projekte im Agrarbereich durch Austausch und Wissenstransfer mit etablierten Naturschutz- und biodiversitätsfokussierten Citizen Science-Initiativen sowie mit der partizipativen Agrarforschung. Der Integration der Akteure z. B. Agrarberatungen wird eine besondere Rolle zugewiesen. Bildungs- und Kommunikationsmaßnahmen z. B. zum Erwerb von Artenkenntnis werden empfohlen.
Entwicklungsstand	Die Erkenntnisse wurden zu einer Konzeption und Vorstellung eines Citizen Science-basierten Monitoring-Vorhabens „FarmMobil“ sowie zu einem „Programm zur Entwicklung von Kapazitäten für Citizen Science (Bürgerwissenschaften) für mehr Biodiversität in den Agrarlandschaften“ zusammengeführt.
Quelle(n)	Richter, A. (2022a): Abschlussbericht. Konzeption und Vorstellung eines Citizen Science-basierten Monitoring- Vorhabens „FarmMobil“ in Verbindung mit den Ergebnissen des MonViA- Moduls Richter, A., Lüken, D. (2022b): Abschlussbericht. Entwicklung von Citizen Science Indikatoren sowie Konzeption und Antragstellung „Programm zur Entwicklung von Kapazitäten für Citizen Science (Bürgerwissenschaften) für mehr Biodiversität in den Agrarlandschaften“. Von Gönner, J., Richter, A. (2023): Citizen Science als Instrument für die ehrenamtliche Beteiligung an der Agrarforschung der Zukunft? Voluntaris. Jahrgang 11 (2023). Heft 1. S. 73-95. https://doi.org/10.5771/2196-3886-2023-1-73

III 3. Kooperationsprojekte



Das Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften wird komplementär zu etablierten und in der Entwicklung befindlichen Monitoringprogrammen konzipiert, sodass es sich in die nationale, aber auch europäische Monitoringlandschaft einfügt. Seit Beginn der MonViA-Pilotphase in 2019 wurden deshalb aktiv Schnittstellen zu laufenden Monitoringprogrammen gesucht und Synergien einer gemeinsamen Datenauswertung abgeschätzt. Im Rahmen von Kooperationsprojekten wertet das Thünen-Institut gemeinsam mit dem Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) e. V. und dem Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ) Daten aus dem Monitoring häufiger Brutvögel (MhB) und dem Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) aus. Ziel dieser Kooperationsprojekte ist es, zu evaluieren, inwieweit durch gemeinsame Auswertung von naturschutzfachlichen und landwirtschaftlichen Monitoringdaten differenziertere Aussagen über den Zustand und die Entwicklung der biologischen Vielfalt in Deutschland getroffen werden können. Zudem werden Möglichkeiten und Grenzen der gemeinsamen Auswertung von naturschutzfachlichen und landwirtschaftlichen Monitoringdaten hinsichtlich der Ursachenanalyse von Biodiversitätsveränderungen (bezogen auf Agrarvögel und Tagfalter) aufgezeigt. Darüber hinaus wird in Zusammenarbeit mit dem DDA und der Georg-August-Universität Göttingen die Umsetzung eines integrativen Monitoringansatzes, d. h. die Auswertung heterogener Datensätze von strukturierten Monitoringdaten mit semi- bzw. unstrukturierten Gelegenheitsbeobachtungsdaten für die Anwendung im Trendmonitoring abgeschätzt.

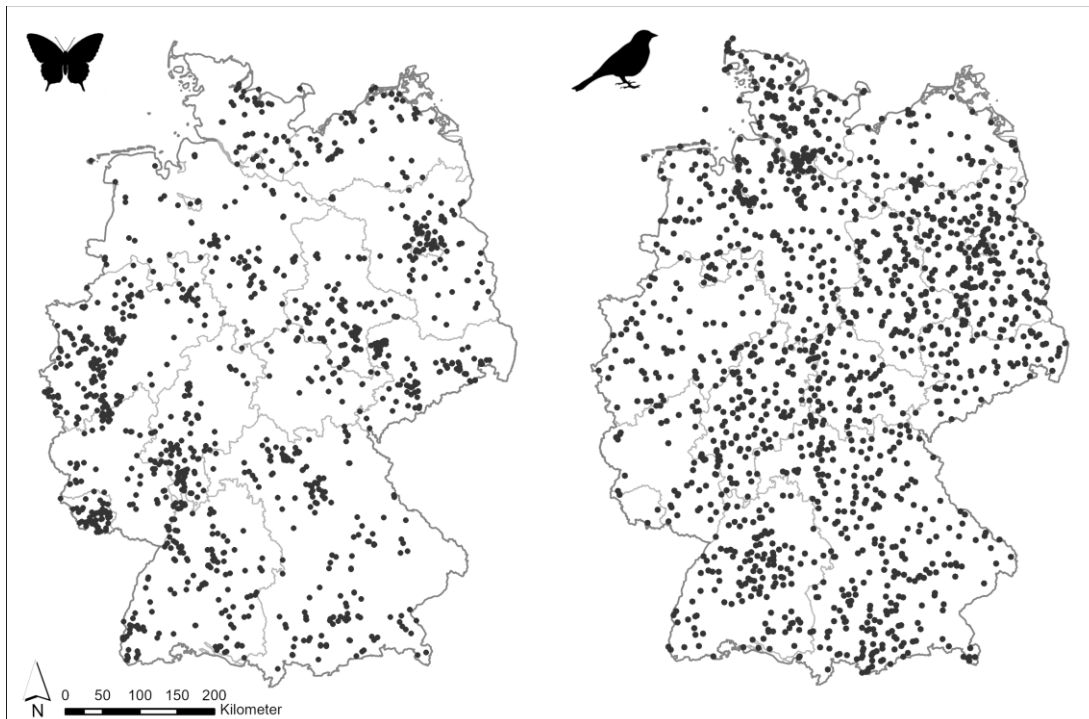


Abb. 83 Räumliche Verteilung der Transekte des Tagfalter-Monitorings Deutschland (TMD). (© Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, UFZ) und ausgewählter Probeflächen des Monitorings häufiger Brutvögel (MhB). (© Dachverband Deutscher Avifaunisten).

III 3.1 Tagfalter

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig

Ansprechpartner: Toni Kasiske (toni.kasiske@thuenen.de), Jens Dauber (jens.dauber@thuenen.de),
Sebastian Klimek (sebastian.klimek@thuenen.de)

Beteiligte Institute:

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Kooperationspartner:

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)

Schmetterlinge reagieren aufgrund ihrer Lebensweise und den teilweise sehr spezifischen Lebensraumanprüchen sehr empfindlich auf Veränderungen in der Landnutzung und stellen daher wichtige Indikatoren für den Zustand von Lebensräumen dar. Derzeit fehlt es jedoch an Studien, die eine Ableitung von Effekten der Art und Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung auf Schmetterlinge über große Skalen hinweg erlauben. In dem Kooperationsprojekt werden erstmals die Effekte der Landnutzung und Landschaftsstruktur auf Tagfalter in Agrarlandschaften über ganz Deutschland hinweg analysiert. Im Rahmen des Projekts werden Daten zur Tagfalter-Vielfalt basierend auf dem seit 2005 stattfindenden bundesweiten Tagfalter-Monitoring Deutschland mit ausgewählten Belastungsindikatoren in Beziehung gesetzt, um ein besseres Verständnis der wesentlichen Einflussfaktoren auf Verbreitungsmuster und Bestandsveränderungen der Biodiversität schaffen zu können. Das Kooperationsprojekt teilt sich in drei Arbeitspakete auf, von denen zwei den Fokus auf die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Nutzung richten. In einem dritten Arbeitspaket soll die Repräsentativität des TMD näher analysiert werden, um Möglichkeiten und Grenzen bei der Verwendung der Daten im Hinblick auf politische Handlungsfelder näher zu beleuchten.

Zum aktuellen Zeitpunkt wurden bereits die Ergebnisse des ersten Arbeitspakets in einer wissenschaftlichen Publikation veröffentlicht (Kasiske et al. 2023). Ziel der Studie war es, mögliche Potenziale und Einschränkungen bei der Verwendung von großräumigen Agrarstrukturerhebungen zur Analyse der Effekte von Landbedeckung und Landnutzungsintensität auf Schmetterlinge herauszuarbeiten. Hierbei wurde insbesondere die Fragestellung verfolgt, ob sich bei einer hohen Intensität organischer Düngung und einer hohen Besatzdichte an Raufutterfressern in der umgebenden Landschaft der Schmetterlingstransekte ein Rückgang der Diversität sowie eine Verschiebung in der Artgemeinschaft feststellen lässt. Zur Bearbeitung der Fragestellung wurden die Schmetterlingsdaten des TMD mit den Daten der Agrarstrukturerhebung auf Gemeindeebene aus den Jahren 2007, 2010 und 2016 in Beziehung gesetzt. Auf Basis der Agrarstrukturerhebungen wurden drei Indikatoren zur Landnutzung und Landnutzungsintensität abgeleitet. Der Anteil an Dauergrünland wurde hierbei als Indikator für die Habitatverfügbarkeit genutzt. Während die gesamte Viehbesatzdichte als Indikator für die organische Düngeintensität herangezogen wurde, wurde die Besatzdichte an Raufutterfressern als Indikator für die Nutzungsintensität im Grünland verwendet. Die Indikatoren wurden daraufhin mit den jährlichen Daten zur Schmetterlingsdiversität auf den jeweiligen Transekten in Verbindung gebracht und mögliche Effekte mithilfe von statistischen Modellen analysiert. Zur Analyse möglicher Effekte auf die Artgemeinschaften wurden zudem die mittlere Größe und Habitatspezialisierung der Schmetterlinge auf den Transekten untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass hohe Besatzdichten an Raufutterfressern mit einer geringen Artenzahl von Schmetterlingen einhergehen. Weiterhin wurde festgestellt, dass hohe Besatzdichten auf Ebene der Artgemeinschaften zu einer Verschiebung hin zu mobilen Habitat-Generalisten führen (Kasiske et al. 2023). Die Ergebnisse unterstreichen somit die Bedeutung von geringen Tierbesatzdichten, um den Rückgang der Insektenvielfalt in Agrarlandschaften zu stoppen. Die Untersuchung verdeutlicht, dass Daten zur Landnutzung und zum Tierbesatz auf Gemeindeebene grundsätzlich geeignet sind, um räumliche Muster der Artenvielfalt im Offenland zu erklären. Dennoch weisen die Daten einige Limitierungen auf,

welche potenzielle Analysen einschränken. So ist auf Basis der Untersuchung davon auszugehen, dass bestimmte Effekte (bspw. Effekte der organischen Düngeintensität) aufgrund der räumlichen Auflösung der Agrarstrukturhebungen nur marginal abgebildet werden können. Um einen zeitlich, inhaltlich und räumlich besseren Informationsgehalt zu gewährleisten, sollten zukünftig verstärkt Daten z. B. aus dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) und der Fernerkundung für bundesweite Analysen herangezogen werden.

Im zweiten Arbeitspaket innerhalb des Kooperationsprojektes fokussieren wir uns auf die Nutzungsintensität im Grünland und analysieren die Effekte des Mahdregimes (d. h. Anzahl Schnitte pro Jahr und Datum der ersten Mahd im Jahr) auf Schmetterlinge. Hierfür werden in Zusammenarbeit mit dem Thünen-Institut für Betriebswirtschaft hochaufgelöste Fernerkundungsdaten als Datenbasis für die Landnutzung herangezogen. Ein Manuskript wurde eingereicht und ist derzeit (Stand: Februar 2024) in Begutachtung. Als drittes Arbeitspaket ist vorgesehen, die Repräsentativität der Transekte des TMD hinsichtlich diverser Landnutzungsgradienten näher zu untersuchen. Die Ergebnisse sollen Auskunft darüber geben, für welche zukünftigen Analysen und Ziele im Rahmen von politischen Handlungsfeldern die Transekte hinsichtlich der Gradientenabdeckung besonders geeignet wären bzw. das Stichprobenset für eine optimale Aussagekraft ggf. noch zu erweitern wäre. Die Bearbeitung dieser Fragestellung steht aktuell noch aus.

Laufzeit: 11.2020 - 05.2024

Politische Handlungsfelder: Aktionsprogramm Insektenschutz - EU Bestäuber Initiative - EU Biodiversitätsstrategie - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur - Gemeinsame Agrarpolitik



Abb. 84 Das Tagpfauenauge (*Aglais io*) - eine der häufigsten Tagfalterarten in deutschen Agrarlandschaften (© T. Kasiske, Thünen-Institut).

III 3.2 Agrarvögel

Bearbeitendes Institut:

Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig

Ansprechpartner: Sebastian Klimek (sebastian.klimek@thuenen.de), Christian Levers (christian.levers@thuenen.de)

Beteiligte Institute:

Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, Braunschweig

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig

Kooperationspartner:

Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) e.V., Münster

Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Naturschutzbiologie, Göttingen

Vögel sind als Indikatoren für den Zustand der Biodiversität in nationalen und internationalen Indikatorensystemen fest verankert. Als Agrarvögel werden diejenigen Vogelarten bezeichnet, die vorrangig landwirtschaftliche Flächen als Brut- und/oder Nahrungshabitat nutzen. Das Monitoring häufiger Brutvögel, welches vom Dachverband Deutscher Avifaunisten koordiniert wird, gewährleistet eine Ableitung der Trendentwicklungen häufiger Vogelarten in der Agrarlandschaft. Das Monitoringprogramm lässt Aussagen zum Zustand und der Veränderung häufiger Agrarvogelarten zu, direkte Rückschlüsse auf die tatsächlichen Ursachen der Bestandsveränderungen sind nicht möglich. Das Kooperationsprojekt verfolgt folgende übergeordnete Ziele:

- Erfassung der Auswirkungen von agrarischer Landnutzung und Landschaftsstruktur auf die Anzahl und Abundanz von Agrarvögeln in Raum und Zeit,
- Entwicklung und Erprobung statistischer Methoden zur Abschätzung der Populationstrends von Agrarvögeln, und
- Analyse der Wirksamkeit von Agrar-Umwelt-Förderinstrumenten für die Erhaltung und Förderung von Agrarvögeln.

Die Ergebnisse ermöglichen ein besseres Verständnis der Treiber von Bestandsveränderungen von Agrarvögeln. Zudem werden Möglichkeiten und Grenzen der Verwendung bestehender Daten zur Art und Intensität der Landnutzung hinsichtlich der Ursachenanalyse von Bestandsveränderungen aufgezeigt sowie Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Agrarumweltpolitik für einen verbesserten Schutz von Agrarvögeln abgeleitet. Die Untersuchungen und Ergebnisse des Kooperationsprojektes tragen insbesondere zur Entwicklung eines integrierten Monitoringansatzes, d. h. eine Kombination von strukturierten Daten (bspw. Monitoring häufiger Brutvögel) mit semi- bzw. unstrukturierten Gelegenheitsbeobachtungsdaten (bspw. ornitho.de) bei und unterstützen die Entwicklung und Festlegung von geeigneten Belastungsindikatoren für Biodiversität.

Um die übergeordneten Ziele zu erreichen, wurden folgende drei Fragestellungen bearbeitet:

1. Kann über die Integration von Daten mit unterschiedlicher Struktur die Abschätzung von Populationstrends von Agrarvögeln verbessert werden?
2. Hängt der Nutzen von Brachen für Agrarvögel von der Komplexität der Landschaft ab?
3. Welchen Einfluss haben Feldgröße und Kulturartenvielfalt auf die Artenvielfalt und Abundanz von Agrarvögeln?

Fragestellung 1

Um das Potenzial integrierter Modelle zur Abschätzung von Bestandstrends besser einschätzen können, wurden Daten aus dem MhB und aus ornitho.de sowie weiteren Online-Portalen (eBird.org, Observation.org) mithilfe von innovativen statistischen Verfahren zusammen analysiert, also integriert, und zeitliche Veränderungen in der Häufigkeit von 26 Agrarvogelarten untersucht. Bei der Einbindung einer sehr

großen Menge semi- bzw. unstrukturierter Gelegenheitsbeobachtungsdaten aus Online-Portalen konnten Trends in der Zu- oder Abnahme der Agrarvogelbestände mit höherer Präzision ermittelt werden. Die Ergebnisse verdeutlichen damit, dass die Kombination von semi- bzw. unstrukturierten Daten mit strukturierten Daten aus einem standardisierten Monitoringprogramm ein großes Potenzial zur präziseren Bestimmung und schnelleren Nachweis von Biodiversitätsänderungen hat. Daten aus Online-Portalen können somit Trendaussagen präzisieren, aber nicht ein strukturiertes Monitoringprogramm ersetzen. Die Ergebnisse wurden in der Fachzeitschrift *Diversity and Distributions* veröffentlicht (Hertzog et al. 2021).

Fragestellung 2

Brachflächen wirken sich positiv auf die Agrarvögel aus. Durch Änderungen in der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU hat die Brachfläche in Deutschland seit Beginn der 2000er Jahre stark abgenommen. In der Untersuchung wurden erstmals konsistente positive Zusammenhänge zwischen dem Anteil der Brachen und der Anzahl und Häufigkeit von Agrarvögeln innerhalb eines neunjährigen Untersuchungszeitraums festgestellt. Die Zusammenhänge zwischen der Zahl der registrierten Brutpaare, der Arten und dem Anteil der Brachen variierten von Art zu Art. Bei 63 % der untersuchten Arten gab es positive Zusammenhänge über den betrachteten Zeitraum. Der Nutzen von Brachen für Agrarvögel hängt jedoch entscheidend von der Komplexität der umgebenden Landschaft ab. Den größten Beitrag kann eine Erhöhung des Anteils der Brachen in strukturierten Agrarlandschaften mit einer mittleren Dichte an Grenzlinien (z. B. Hecken, Waldränder) bieten. Um bundesweit rückläufige Bestandsentwicklungen von Agrarvögeln aufzuhalten, ist die Wiederherstellung und Erhaltung eines Mindestanteils an Brachen in der Agrarlandschaft erforderlich. Die Ergebnisse machen deutlich, dass das Anlegen von Brachen in Agrarlandschaften, die eine mittlere Komplexität aufweisen, besonders effektiv ist. Die mittlere Dichte an Grenzlinien liegt in Deutschland bei rund 65 Metern pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche. Brachen sollten daher vor allem in solchen Regionen mit mittlerer struktureller Komplexität gefördert werden. Die Untersuchung trägt wesentlich dazu bei, Aussagen zur Wirkung von Agrar-Umwelt-Förderinstrumenten auf Agrarvögel zu treffen und ermöglicht die Ableitung von Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Agrarumweltpolitik für einen verbesserten Schutz von Agrarvögeln. Die Ergebnisse wurden in der Fachzeitschrift *Journal of Applied Ecology* veröffentlicht (Hertzog et al. 2023).

Fragestellung 3

Um die Einflüsse von Feldgröße und Kulturartenvielfalt auf Agrarvögel großräumig zu analysieren, werden in Zusammenarbeit mit dem Thünen-Institut für Betriebswirtschaft hochaufgelöste Fernerkundungsdaten als Datenbasis herangezogen. Erste Ergebnisse zeigen, dass größere Felder nicht generell mit einer geringeren Vielfalt oder Häufigkeit von Vögeln verbunden sind. Die Reaktionen auf die Feldgröße und die Fruchtartenvielfalt wurden weitgehend durch den Anteil an Gehölzstrukturen (z. B. Hecken, Gehölze) in der umgebenden Landschaft beeinflusst. Die Artenvielfalt nahm mit zunehmender Feldgröße ab, wenn der Anteil an Gehölzstrukturen gering war, nahm jedoch zu, wenn der Anteil an Gehölzstrukturen hoch war. In den meisten Landschaften wirkte sich die Feldgröße tendenziell stärker auf die Vielfalt und Häufigkeit von Agrarvögeln aus als die Kulturartenvielfalt. Maßnahmen im Rahmen der 2023 neu angelaufenen GAP mit Auswirkungen auf die Feldgröße und Kulturartenvielfalt sollten die Landschaftsstruktur (d. h. den Anteil an Gehölzstrukturen) berücksichtigen. In Landschaften mit geringem Gehölzanteil sollte gezielt eine Verkleinerung der Felder gefördert werden, während in strukturell komplexen Landschaften mit zahlreichen Hecken und Gehölzen eher eine höhere Kulturartenvielfalt gefördert werden sollte. Das Manuskript wurde in der Fachzeitschrift *Journal of Applied Ecology* im März 2024 veröffentlicht (Frank et al. 2024).

Laufzeit: 10.2019 - 12.2023

Politische Handlungsfelder: *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - EU Biodiversitätsstrategie - Vogelschutzrichtlinie - EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur - Gemeinsame Agrarpolitik - Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*

4

Teil IV – Gesamtausblick und Fazit

Ausblick

Ab 2024 geht MonViA von der Pilotphase in die Umsetzungsphase über. In dieser Phase können die weitergeführten Konzepte aus ihrer Testphase heraus in einen Monitoring-Normalbetrieb inklusive regelmäßiger Berichterstattung überführt werden. Erste Analysen der MonViA-Indikatoren (siehe Statusblätter in Teil II) bilden beispielhafte Entwicklungstrends und regionale Muster ab. Module der Lebensraumvielfalt können bereits jetzt durch Zugriff auf bestehende Datenreihen ihre Indikatoren vollständig berichten. Um die entwickelten Monitoringkonzepte für ein langfristiges Biodiversitätsmonitoring bundesweit umsetzen und Indikatoren berichten zu können, ist es unerlässlich, die notwendigen technischen und personellen Voraussetzungen zu schaffen. Nur so lassen sich die benötigten langfristigen, inhaltlich hochwertigen und räumlich hoch aufgelösten Datenzeitreihen aufbauen. Etablierte Kooperationen mit einschlägigen Forschungseinrichtungen, Landesanstalten und Fachbehörden der Länder einschließlich Pflanzenschutzdiensten sowie die Zusammenarbeit mit Ehrenamtlichen werden dabei fortgeführt und ausgeweitet. Da der Agrarraum den größten Flächenanteil Deutschlands ausmacht, werden speziell auf ihn ausgerichtete Indikatoren benötigt, um den Erhalt, die Förderung und die nachhaltige Nutzung der Biodiversität in Deutschland zu verbessern.

Fernerkundungs- sowie Agrarstatistik und -förderdaten als wichtige Bezugsgrößen des Biodiversitätsmonitorings

Für das Monitoring der **Lebensraumvielfalt in Agrarlandschaften** wird angestrebt, die vorgeschlagenen Indikatoren aus den vier Modulen Landschaft, Landnutzung, Nutzungsintensität und Landschaftselemente dauerhaft zu erheben und für die Berichterstattung zu sogenannten Komposit-Indikatoren der Lebensraumvielfalt zusammenzuführen. Dieses gemeinsame Indikatorenportfolio wird jährlich aktualisiert und stellt eine deutschlandweite, flächendeckende, räumlich hoch aufgelöste und inhaltlich differenzierte Darstellung der Lebensraumvielfalt und darauf aufbauender Monitoring-Indikatoren (z. B. organismische und genetische MonViA-Module) für die Biodiversität im Offenland dar. Damit wird es eine wichtige Grundlage für weitere Monitoringaktivitäten und die Politikberatung in verschiedenen Handlungsfeldern sein und innerhalb des Ressorts zur Verfügung gestellt werden. Die Landnutzungskomposite und deren Indikatoren sind die Basis einer konsistenten Datengrundlage für Landnutzung, Landschaftselemente und Agrarumweltmaßnahmen im Offenland (Abb. 86).

Eine neue Dimension in der Abbildung räumlicher Muster aus **Satellitendaten** eröffnet sich aktuell mit der großflächigen Verfügbarkeit sehr hoch aufgelöster (VHR), kommerzieller Satellitendaten, die durch einen Rahmenvertrag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) für die behördliche Nutzung auf Bundesebene verfügbar gemacht wurden.

Eine weitere wichtige Datenquelle für das Biodiversitätsmonitoring sowie das Wirkungsmonitoring zur Düngeverordnung und die Klimaberichterstattung sind personen- und betriebsbezogene **Agrarförderdaten**. Für MonViA ist die Nutzung dieser Daten bislang vom Abwägungsprozess der Bundesländer abhängig, der sehr aufwändig ist. Bislang erfolgt zwischen MonViA sowie der Klimaberichterstattung und dem Wirkungsmonitoring zur Düngeverordnung eine abgestimmte Datenakquise. Über die Indikatoren hinaus, können ex-post Abschätzungen zur Inanspruchnahme und Mittelverwendung der Fördermaßnahmen sowie darauf aufbauende ex-ante Abschätzungen genutzt werden, um für neue Förderinstrumente z. B. den erwarteten Umsetzungsumfang abzuschätzen und darauf aufbauend erwartete Biodiversitätseffekte abzuleiten. In Kombination mit weiteren Datenquellen (**Agrarstatistik-, Geofachdaten** zur Landnutzung, Standortfaktoren, Kulissen etc.) können die Wirkung unterschiedlicher Politiken sowie intrinsischer und extrinsischer Faktoren überprüft, Kausalitäten identifiziert und Empfehlungen für die Politikgestaltung entwickelt werden. Das in MonViA aufzubauende Datenbanksystem und die damit verfügbaren Landnutzungskomposite unterstützen die Politikberatung auf national konsistenter Datengrundlage im Bereich Biodiversität und darüber hinaus.

Biologische Vielfalt braucht Indikatoren- und Methodenvielfalt

Um Status Quo und langfristige Trends der biologischen Vielfalt repräsentativ abbilden zu können, wird ein breites Set an Indikatoren und Erhebungsmethoden benötigt. Die Organismengruppen der Wild- und Honigbienen, Nützlinge und Schaderreger, Insekten im Weinbau, Makrozoobenthos (insb. Insekten) in Kleingewässern, Ackerunkräuter, Regenwürmer sowie Bodenmikroorganismen haben sich als geeignet für ein Monitoring herausgestellt und erlauben dabei Rückschlüsse auf den Zustand der Habitate und wichtige Ökosystemleistungen wie u. a. die Regulierung von Nährstoffkreisläufen, die Bodenbildung sowie die natürliche Schädlingskontrolle und die Bestäubung. Mit Etablierung und Start der Monitoringprogramme werden weitere alternative Datenquellen bzw. verschiedene Methoden der Datenerhebung eruiert und hinsichtlich ihrer Eignung geprüft. Ebenso haben innovative Methoden wie z. B. das Metabarcoding, KI-basierte Erhebungen und der Citizen Science-Ansatz das Potential, Datenlücken mit vergleichsweise geringem personellem und finanziellem Aufwand zu schließen. Vertiefend können auf dieser Basis Wissenslücken identifiziert und über spezielle Fragestellungen zur Erfassung von Ursachen-Wirkungsanalysen adressiert werden.

Unterstützt wurde die Indikatorenentwicklung dabei durch flankierende Methoden- und Machbarkeitsstudien sowie Kooperationsprojekte (Teil III). Diese Studien und Projekte testen und validieren Konzepte für ein effektives und bestandsschonendes Monitoring unter Berücksichtigung der Einsatzfähigkeit und insbesondere der Eignung von verschiedenen neuen und innovativen Ansätzen. Sie zeigten Limitierungen auf und identifizierten Schnittstellen. **Innovative, bestandsschonende und automatisierte Methoden** zur Datenerfassung und -verarbeitung wie Simulationsmodelle, Metabarcoding oder die visuelle Erfassung von Kamerafallen und Sensoren eröffnen vielfältige Möglichkeiten für Langzeitbeobachtungen der Biodiversität und das Einsparen von Ressourcen. Für ein standardisiertes und flächendeckendes Monitoring hat sich die komplementäre Nutzung von bewährten, klassischen und neuen bzw. innovativen Erfassungsmethoden als bestgeeignet herausgestellt. So können sich beispielsweise die Farbschalenmethode oder Malaisefallen in Verbindung mit molekularbiologischen Methoden bei der Artbestimmung gut ergänzen, gleiches gilt für die Nutzung automatisierter Methoden und Künstlicher Intelligenz. Hierbei entstehen Daten in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung, die langfristig bei deutlich geringerem Arbeits- und Kostenaufwand invasive Methoden ablösen könnten. Auch die Artbestimmung mittels eDNA Analysen oder Metabarcoding wird immer präziser, da die molekulare Beschreibung der heimischen Fauna und der Arten stetig vervollständigt und zur Verfügung gestellt wird. Die vorgestellten Methoden dienen als eine Art Werkzeugkasten und lassen sich grundsätzlich auch auf andere Stichprobenkulissen anwenden sowie auf andere Zielgruppen anpassen. Das ermöglicht eine Harmonisierung bzw. Nutzung von Synergien nicht nur auf nationaler, sondern auch auf europäischer Ebene, wie zum Beispiel mit dem European Monitoring of Biodiversity in Agricultural Landscapes (EMBAL).

Genetische Vielfalt als Grundvoraussetzung

Die langfristige Abbildung des Zustandes und der Entwicklung der genetischen Vielfalt bei Nutztieren, Nutzpflanzen und Honigbienen eignet sich, um geeignete Erhaltungsmaßnahmen (z. B. Zuchtprogramme, Ex-situ Erhaltung) frühzeitig ableiten und steuern zu können. Das Monitoring zur genetischen Vielfalt unterstützt dabei die fortlaufende Umsetzung der Nationalen Fachprogramme für pflanzen- und tiergenetische Ressourcen.

Das Monitoring der Nutztierassortimentsvielfalt basiert teilweise bereits auf etablierte Strukturen und Berichtswesen. Zukünftig ist geplant, diese Berichte um auch genetische Daten wie Verwandtschaftsverhältnisse zu erweitern, um ein umfassenderes und präziseres Bild der Zuchtpopulation zu erhalten. Eine dem Tierzuchtgesetz zugehörige Monitoring-Verordnung für die Einführung von Pedigree-basierten Methoden oder der genomischen Charakterisierung ist dafür angedacht, aber bisher noch nicht verabschiedet worden. Ebenso ist zu überprüfen, ob und wie Aspekte wie die Züchterstruktur oder die regionale Verteilung der Zuchttierbestände einbezogen werden.

Aus den Informationen der Entwicklung der Fruchtarten- und Sortenvielfalt der Kulturpflanzen entsteht eine wertvolle Datensammlung, die eine prioritäre Ex-situ Erhaltung und ggf. gezielte Anbauförderung erlaubt und überdies mögliche Konzentrationsprozesse bei der großflächigen Sortenwahl aufdecken kann. Erste Ergebnisse zur genetischen Kulturpflanzenvielfalt im Anbau werden voraussichtlich in 2024 vorliegen.

Nach der erstmaligen, nationalen Durchführung des genetischen Honigbienenmonitorings und der Analyse der Ergebnisse kann beurteilt werden, ob sich die gewählte Erfassungs- und Auswertungsmethode bewiesen hat. Wenn dem so ist, soll zukünftig eine erneute Durchführung des Monitorings stattfinden. Aufgrund der Berechnungsunterschiede der drei Indikatoren ist es nicht vorgesehen, diese als Komposit-Indikatoren zusammenzuführen.

Bürgerwissenschaften im Einsatz für die biologische Vielfalt

Bei der Erfassung der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften leistet die aktive Einbindung und freiwillige Mitwirkung interessierter Personen und Gruppen wertvolle Beiträge und bietet zusätzliche Datenquellen. Aufgrund des vielversprechenden Potentials wurde innerhalb von MonViA eine Handreichung entwickelt, um die Planung und Umsetzung von Citizen Science in den Agrarlandschaften zu ermöglichen und bestimmte Qualitätsanforderungen zu gewährleisten (Richter et al. 2022). **Citizen Science-Ansätze** wurden in verschiedenen Modulen getestet, beispielsweise für das Wildbienen-Monitoring durch Nisthilfen und Hummel-Transekte oder für das Zählen von Nützlingen und Schädlingen auf Streuobstwiesen und im Zuckerrübenanbau. Bildungs- und Informationsangebote dieser Ansätze sensibilisieren für die Bedeutung der biologischen Vielfalt und ihrer nachhaltigen Nutzung und ermöglichen die Einbindung von interessierten Personen und Gruppen unabhängig von Artenkenntnissen. Unbestritten ist dabei die Aneignung neuen Wissens und der Beitrag zur Umweltbildung der Beteiligten. Besonders in Bezug auf markante Organismengruppen wie Bienen oder Nützlinge und Schaderreger hat sich anhand der aktiven Beteiligung von Freiwilligen an den Modulen ein großes gesellschaftliches Interesse gezeigt.

MonViA interne und externe Synergien für eine stärkere Aussagekraft der Indikatoren

Bereits mit Start der Indikatorenentwicklung fand ein besonders enger Austausch zwischen den Modulen der Lebensraumvielfalt und den organismischen bzw. genetischen Modulen statt. Im Zuge des Designs der Monitoringprogramme wurden wichtige Einflussgrößen für die Indikatoren identifiziert und bestehende Datenbedarfe an erklärenden Co-Variablen mit dem aus MonViA generierten Angebot abgestimmt. Für die Indikatorenentwicklung und Auswertung wurden dabei MonViA-Modularbeiten eng verzahnt und aufeinander abgestimmt, interne Synergien und Arbeitsabläufe im Testlauf etabliert und der Datenaustausch sowie die Datenauswertung optimiert. Darüber hinaus wurden auch inhaltliche und methodische Synergien z. B. für die Auswahl von Beprobungsflächen zwischen organismischen Modulen wie u. a. mit direktem Bezug zur Ackerfläche zwischen den Modulen der Ackerunkräuter, Schaderreger und Regenwürmer im Testlauf geprüft. Über die MonViA-Indikatoren hinaus stellt die gemeinsame Auswertung von naturschutzfachlichen und landwirtschaftlichen Monitoringdaten sowie die (Weiter-)Entwicklung und Anwendung statistischer Methoden zur Umsetzung eines integrativen Monitoringansatzes eine langfristige Daueraufgabe im Biodiversitätsmonitoring dar. Es wird angestrebt, die in den Kooperationsprojekten (siehe Teil III) erarbeitete Methode der modellbasierten Datenintegration für weitere Artengruppen zu testen, insbesondere im Hinblick auf die Übertragbarkeit der Methode. Die Untersuchungen zu Treibern von Biodiversitätsveränderungen werden für weitere Artengruppen durchgeführt und unter Verwendung eines „Multi-Taxon-Ansatzes“ untersucht. Geplant ist zusätzlich, die Auswirkungen eines politikinduzierten Landschafts- und Nutzungswandels auf die Biodiversität basierend auf Szenarien zu analysieren.

Die Projektpartner Julius Kühn-Institut und Thünen-Institut können als Teil der beiden Konsortien der nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI), NFDI4Biodiversity und FAIRagro, ihre Erfahrungen für das übergeordnete MonViA-Datenmanagement einbringen. Beide NFDI-Konsortien zielen auf die Etablierung von **interoperablen und skalierbaren Forschungsdateninfrastrukturen** im Bereich der Biodiversitäts- und Agrosystemforschung ab. Es wird angestrebt, am Beispiel der vorgeschlagenen Indikatoren und dafür genutzten Infrastrukturen zusammen mit FAIRagro Lösungen zum Forschungsdatenmanagement zu etablieren. Darüber hinaus sollen innerhalb des Konsortiums standardisierte Schnittstellen zur Interoperabilität und Kopplung der zurzeit getrennten Infrastrukturen der Ressortforschungsinstitute eingerichtet werden sowie die zentralisierte Informationsbereitstellung der Metadaten zur Beschreibung der Datenqualität und des z. B. (Geo)Datenlebenszyklus. Perspektivisch ist für

die Berichterstattung die Entwicklung und der Einsatz von Referenzwerten denkbar. Für eine objektive Interpretation der Ergebnisse sollten nach den ersten Erhebungen die jeweiligen Power-Analysen der Module mit den neuen Daten aktualisiert werden. Diese tragen zur Entwicklung der Referenzwerte bei, die eine generelle Bewertung des Status der Organismenvielfalt in Agrarlandschaften erlauben.

Einbettung in die nationale und europäische Monitoringlandschaft

Das Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften wurde komplementär zu etablierten und in der Entwicklung befindlichen Monitoringprogrammen konzipiert, sodass es sich in die nationale, aber auch europäische Monitoringlandschaft einfügt. Seit Beginn der MonViA-Pilotphase in 2019 wurden aktiv Schnittstellen zu laufenden Monitoringprogrammen gesucht und Synergien einer gemeinsamen Datenauswertung abgeschätzt. Als Vertragsstaat verschiedener internationaler Abkommen (z. B. CBD, SDG) verpflichtet sich Deutschland, die biologische Vielfalt zu schützen, zu erhalten und nachhaltig zu nutzen. Das kann nur mithilfe eines zugehörigen und abgestimmten Monitorings erreicht werden. Der Bedarf an einem Biodiversitätsmonitoring wird ebenfalls vor dem Hintergrund des gegenwärtig beschlossenen EU-Gesetzes zur Wiederherstellung der Natur deutlich und des Verordnungsentwurfs zum Bodenschutz (Abb. 85). Auf der anderen Seite bestehen bereits Verordnungen und Monitoringaufgaben, die ihrerseits auf Daten und Indikatoren zurückgreifen, welche ebenso ein Biodiversitätsmonitoring unterstützen könnten (z. B. Erfassung räumlicher Daten zu Landnutzung und Landschaftselementen für Berichterstattung im Rahmen der EU-LULUCF-VO). Im Zuge dieser Verordnungen werden bindende Zielvereinbarungen getroffen, über deren Erreichung die Mitgliedsstaaten berichten müssen.

Deutschland muss bereits heute und zukünftig eine Datengrundlage generieren, die es erlaubt, entsprechende Indikatoren im Kontext verschiedener politischer Rahmenbedingungen zu erstellen und zu berichten. Hierzu können die in MonViA konzipierten Monitoringprogramme beispielsweise zur Lebensraumvielfalt, zur Organismen- sowie zur genetischen Vielfalt einen wichtigen Beitrag liefern. Hierbei sollte eine schrittweise Annäherung an europaweite Monitoringsysteme (z. B. EMBAL, EUPoMS) und Datenstrukturen angestrebt werden. Des Weiteren wird empfohlen, Datengrundlagen und Methoden für das Biodiversitätsmonitoring und eine aufzubauende Berichterstattung mit bestehenden Monitoringverordnungen und -programmen sowie auf Grundlage absehbarer Verordnungen abzustimmen. Auf Basis einer solchen Vernetzung können Synergien im Sinne einer Komplementarität von einzelnen Komponenten (z. B. Daten, Indikatoren) für verschiedene Monitoringvorhaben gefördert werden.

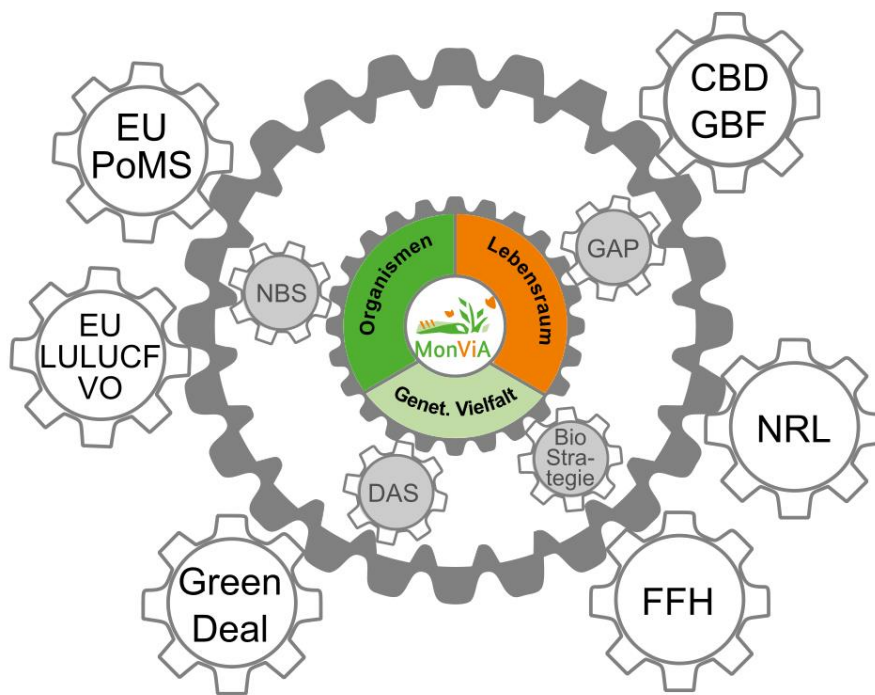


Abb. 85 Übersicht der mit Blick auf ein Biodiversitätsmonitoring wichtigsten aktuell laufenden, rahmengebenden politischen Strategien und politischen Handlungsfelder auf internationaler und nationaler Ebene, die ineinandergreifen und an die MonViA-Indikatoren anknüpfen können (EU PoMS: EU Pollinator Monitoring Scheme; CBD GBF: Convention on Biological Diversity Global Biodiversity Framework; NRL: Nature Restoration Law; FFH: Flora-Fauna-Habitat Richtlinie; EU LULUCF VO: EU Land use, Land use change and forestry Verordnung; NBS: Nationale Biodiversitätsstrategie; GAP: Gemeinsame Agrarpolitik; DAS: Deutsche Klimaanpassungsstrategie) © MonViA.

Die Nutzung von Synergien und die Harmonisierung von Erfassungen ist besonders auf nationaler Ebene voranzutreiben. Abbildung 86 veranschaulicht hierzu existierende und im Aufbau befindliche Monitoringprogramme auf nationaler Ebene und setzt diese in Beziehung zu den Monitoringmodulen von MonViA. Die Vielzahl der Verbindungslinien zeigen, dass es verschiedene Anknüpfungspunkte gibt, mithilfe derer bestehende Monitoringvorhaben um Biodiversitätsdaten, die auf den Agrarraum zugeschnitten sind, ergänzt werden können.

Neben den verschiedenen Anknüpfungspunkten an nationale Monitoringprogramme bietet MonViA eine wichtige Schnittstelle zwischen dem **Nationalen Monitoringzentrum zur Biodiversität (NMZB)** und der landwirtschaftlichen Praxis und ergänzt komplementär zu bestehenden Programmen die Monitoringexpertise zum Agrarraum. Bereits in der Pilotphase stand MonViA über die Gremienarbeit und Teilnahme an Fachforen im aktiven Austausch mit dem NMZB. Für MonViA ist es zukünftig wichtig, den Austausch und die Zusammenarbeit mit dem NMZB fortzuführen und zu stärken. Das

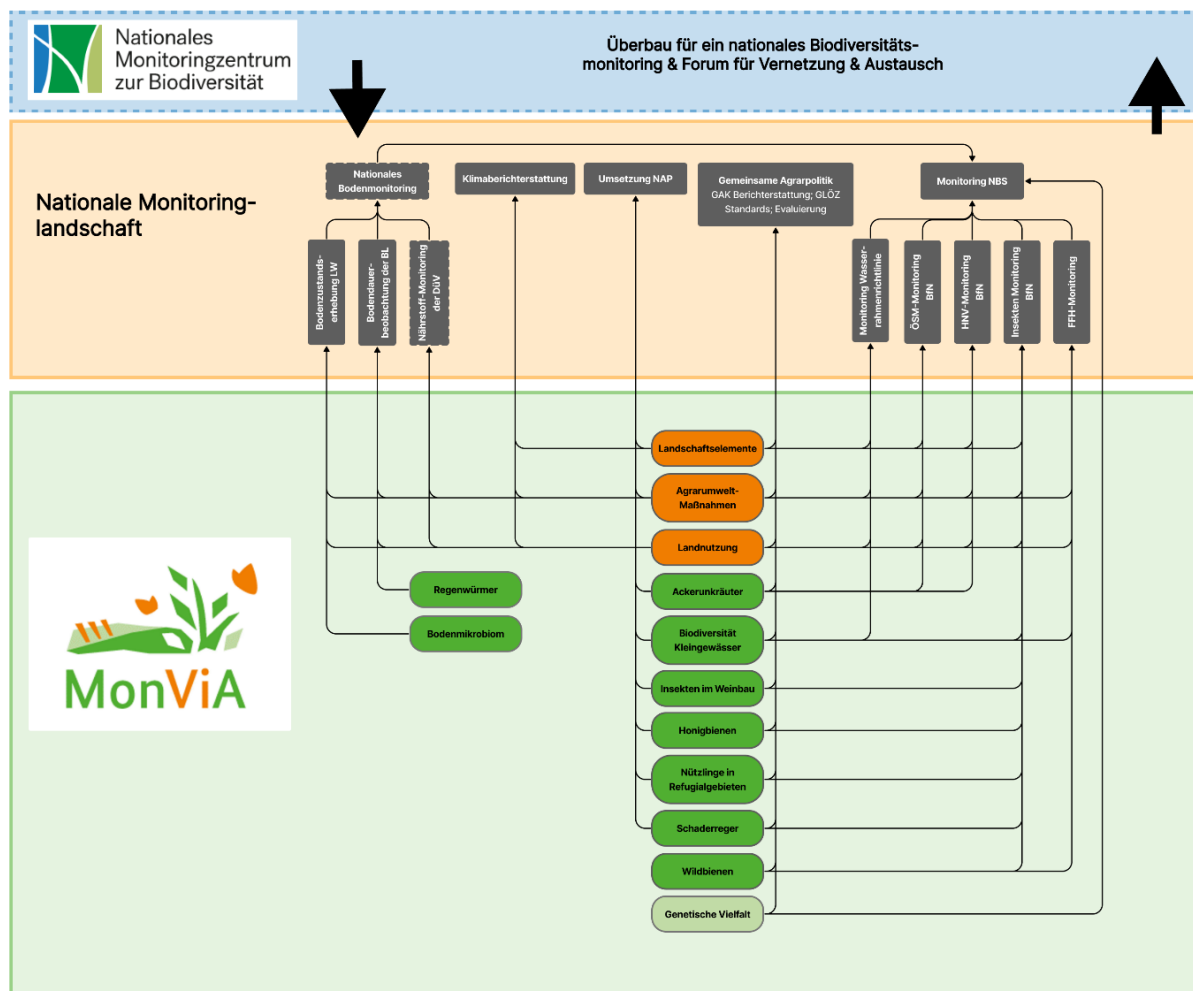


Abb. 86 MonViA Anknüpfungspunkte an nationale Monitoringprogramme und -vorhaben¹ (© MonViA).

trifft insbesondere auf den Entwicklungsprozess eines bundesweiten Biodiversitätsmonitorings zu, welcher vom NMZB koordiniert und weiterentwickelt wird und in dem MonViA die Expertise für ein Biodiversitätsmonitoring in Agrarlandschaften einbringen kann. Hierbei kann MonViA das BMEL darin unterstützen, die Belange der Landwirtschaft einzubringen. Des Weiteren entwickelt das NMZB derzeit ein Informations- und Vernetzungsportal mit dem Ziel, Biodiversitätsdaten aus verschiedenen Quellen zu bündeln und Informationen über den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität schneller verfügbar zu machen. Hierfür kann MonViA einen Beitrag zur Förderung der Verfügbarkeit und Zugänglichkeit relevanter, auf den Agrarraum zugeschnittener Biodiversitäts- und Monitoringdaten leisten.

Auf Basis der herausgestellten nationalen und europäischen Einbettungsmöglichkeiten empfehlen wir, die in MonViA entwickelten Indikatoren als relevante Zielgrößen für die Erhebung des Status quo und Abbildung der Veränderung der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften dauerhaft zu etablieren.

¹ Detaillierte Beschreibung der möglichen Anknüpfungspunkte sind den jeweiligen Monitoringkonzepten zu entnehmen.

Fazit

Biodiversität ist ein wichtiges Schutzgut, zugleich aber auch die Grundlage für ein nachhaltiges Landwirtschafts- und Ernährungssystem. Basierend auf diesem Verständnis ist mit der MonViA Pilotphase das Fundament für ein Monitoring in der Agrarlandschaft Deutschlands gelegt worden. Gemeinsam mit den nun anstehenden Arbeiten in der Umsetzungsphase kann MonViA einen bedeutsamen Baustein für das sich im Aufbau befindliche nationale Biodiversitätsmonitoring, sowie internationalen Biodiversitätsziele bis 2030 und darüber hinaus darstellen.

Um ein deutschlandweit kohärentes und regionsübergreifendes Verständnis zu fördern, ist die Harmonisierung von Erhebungsmethoden und Indikatoren unerlässlich. Die so erzielte Vermeidung von Doppelarbeit und die Nutzung von Synergien münden in ein aussagekräftiges Biodiversitätskonzept. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können nicht nur in zielgerichtete Förder- und Forschungsprogramme des Bundes und der Länder einfließen, sondern auch Landwirtinnen und Landwirte dazu anhalten, nachhaltige und biodiversitätsfördernde Praktiken zu adaptieren und umweltschädigende Verhaltensweisen zu überdenken.

Monitoring von Trends bzw. Veränderungen per se zielt auf eine langfristige Erfassung ab, um aussagekräftig sein zu können. Folglich sind langfristige Kooperationen zwischen Wissenschaft, Politik, Praxis (Landwirtschaftsbetriebe, Beratungsdienste, Verbände) und Gesellschaft notwendig, um Monitoring-Aktivitäten sicherzustellen. Einen Beitrag dazu leistet die Ausschöpfung von Potentialen durch die Verschneidung und Nutzung von externen Monitoringdaten, die Anwendung von innovativen Erfassungsmethoden und die Anknüpfung an bestehende Monitoringsysteme. Die **Sicherstellung einer nachhaltigen Finanzierung** bietet eine wertvolle Gelegenheit, um die Verankerung des bundesweiten Monitorings zu gewährleisten. Es eröffnet die Möglichkeit, durch stabile finanzielle Zusagen, personelle sowie langfristige strukturelle Kapazitäten aufzubauen, was für die kontinuierliche Erfassung und Bewertung von Trends in der biologischen Vielfalt und den damit verbundenen Agrarumweltmaßnahmen unerlässlich ist.

Anhang

Anhang I

Tab. 3 Aggregation der Landbedeckungsklassen des digitalen ATKIS-Basis-Landschaftsmodells (Basis-DLM).

Level1 Name	Level1 Code	Level2 Code	Level2 Name	ATKIS Objektart + Merkmal	
Versiegelte Flächen	40	40	Siedlung	41001	
Landwirt- schaftliche Fläche	30	31	Ackerland	43001	1010,1011, 1012
		32	Grünland	43001	1020, 1021
		33	Dauerkultur	43001	1030, 1031, 1040, 1050
sonstige Vegetation	35	35	Gehölz im Offenland	43003	
		36	Heide/Moor/Sumpf	43004, 43005, 43006	
		37	Unland	43007	
Wald	50	51	Laubwald	43002	1100
		52	Nadelwald	43002	1200
		53	Mischwald	43002	1300
Gewässer	60	60	Gewässer	44001	

Anhang II

Tab. 4 Hierarchischer Klassenkatalog für die jährliche Erfassung der landwirtschaftlichen (Haupt-) Nutzung auf Basis von Sentinel-1/-2- und Landsat-Satellitendaten (Level 1-3).

Level 1		Level 2		Level 3	
100	Ackerland	110	Wintergetreide	1101	Winterweizen
				1102	Wintergerste
				1103	Winterroggen
				1104	Sonst. Winterungen
		120	Sommergetreide	1201	Sommergetreide
				1202	anderes Getreide (z. B. Hirse, Sorghum)
		130	Mais	1300	Mais
		140	Hackfrüchte	1401	Kartoffeln
				1402	Zuckerrübe
				1403	andere Hackfrüchte
		150	Ölfrüchte	1501	Raps
				1502	Sonnenblumen
				1503	weitere Ölfrüchte / Handelsgewächse
200	Dauergrünland	200	Dauergrünland	1601	Hülsenfrüchte (Körnergewinnung)
				1602	Ackerfutter (Feldgras / Futter-Leguminosen)
				1603	Gartenbauerzeugnisse
				1604	weitere Kulturen
				2001	(überw.) Wiese
				2002	(überw.) Weide
				2003	Mischnutzung
				3001	Gehölz
				3002	Sonstiges (Sumpf, Unland, Heide)
				3003	Brachen
400	Dauerkulturen	400	Dauerkulturen	4001	Rebflächen
				4002	Hopfen
				4003	Plantagen

Abkürzungsverzeichnis

ABM	Agenten-basierte Modelle
AFB	Amerikanische Faulbrut
API	Aktionsprogramm Insektenschutz
ASV	Amplikon Sequenzvarianten
ATKIS	Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem
AUKM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen
BKR	Boden-Klima-Raum
BSI	Bare Soil Index
BZE LW	Bodenzustandserhebung Landwirtschaft
CBD	Convention on Biological Diversity
CS	Citizen Science / Bürgerwissenschaften
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DDA	Dachverband Deutscher Avifaunisten
DeBiMo	Deutsches Bienen Monitoring
DIY	Do-it-yourself
DüV	Düngeverordnung
EMBAL	European Monitoring of Biodiversity in Agricultural Landscapes
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera bzw. Eintags-, Stein- und Köcherfliegen
ETR	Exposure Toxicity Ratio
EuPoMS	EU Pollinator Monitoring Scheme
FAIR	Field Automatic Insect Recognizer
FFH	Fauna-Flora-Habitat
GAK	Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes"
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GBF	Global Biodiversity Framework (der CBD)
GBOL	German Barcode of Life
gDNA	genomische DNA
gLE	gehölzbetonte Landschaftselemente
HFF	Hauptfutterfläche
HNV	High-Nature-Value
InVeKos	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
KG	Kleingewässer
KI	Künstliche Intelligenz
LC	Letale Konzentration / Dosis
LiDAR	Light Detection and Ranging
LUCAS	Land Use/Cover Area frame statistical Survey
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
MhB	Monitoring häufiger Brutvögel
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
MZB	Makrozoobenthos (am Gewässergrund lebende, wirbellose Organismen)
NAP	Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz
NBS	Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt
NIR	Nahes Infrarot
NMZB	Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität
NOB	Number of days per year with bare soil
NRL	Nature Restoration Law
ÖSM	Ökosystemmonitoring
PCR	Polymerase-Kettenreaktion
PSD	Pflanzenschutzdienste
PSM	Pflanzenschutzmittel

RETI	Rhithron Feeding Type Index
SAVI	Soil-Adjusted Vegetation Index
SDG	Sustainable Development Goals
SI-Div	Schadinsektendiversität
SNPs	single nucleotide polymorphisms
TMD	Tagfalter Monitoring Deutschland
TU	Toxic Unit
UF	Untersuchungsfläche
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
VHR	very high resolution
WBF	wingbeat frequency

Literaturverzeichnis

- Abdi, A.M., Carrié, R., Sidemo-Holm, W., Cai, Z., Boke-Olén, N., Smith, H.G., Eklundh, L., Ekroos, J., (2021). Biodiversity decline with increasing crop productivity in agricultural fields revealed by satellite remote sensing. *Ecological Indicators* 130, 108098. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108098>
- Alignier, A., Solé-Senan, X., Robleño, I., Baraibar, B., Fahrig, L., Giralt, D. et al. (2020): Configurational crop heterogeneity increases within-field plant diversity. In: *J Appl Ecol* 57 (4), S. 654–663. DOI: 10.1111/1365-2664.13585.
- Anderson, A., McCormack, S., Helden, A., Sheridan, H., Kinsella, A., & Purvis, G. (2011). The potential of parasitoid Hymenoptera as bioindicators of arthropod diversity in agricultural grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 48(2), 382–390. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01937.x>
- Aremu, C. O. (2011). Genetic diversity: a review for need and measurements for intraspecies crop improvement. *J Microbiol Biotech Res* 1:80–85.
- Batáry, P., Báldi, A., Kleijn, D., Tschamntke, T. (2011): Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. In: *Proceedings. Biological sciences* 278 (1713), S. 1894–1902. DOI: 10.1098/rspb.2010.1923.
- Beyer, F., Brandt, P., Schmidt, M., Stahl, U., Golla, B., Gerighausen, H., Möller, M., (2023). A paradigm shift towards decentralized cloud-integrated spatial data infrastructures: Lessons learned and solutions provided for public authorities (preprint). *Earth ArXiv*. \url{<https://doi.org/10.31223/X53H3N>}
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I. 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 (2021): Deutschland in 3D - Projekt „Digitaler Zwilling“ ist gestartet. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. https://www.bkg.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BKG/DE/PM_2021/211013-Digitaler_Zwilling.html, (4/13/2023).
- BKG (2023): Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM). Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Dienstleistungszentrum des Bundes für Geoinformation und Geodäsie (DLZ). Erstellung: 20.10.2000, letzte Änderung: 07.07.2023. <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/digitale-landschaftsmodelle/digitales-basis-landschaftsmodell-ebenen-basis-dlm-ebenen.html> (11.10.2023)
- BLE (Hrsg.) (2021a). Einheimische Nutztierassen in Deutschland und Rote Liste gefährdeter Nutztierassen 2021. Bonn, 236 S.

Blickensdörfer L., Schwieder, M., Pflugmacher, D., Nendel, C., Erasmí, S., Hostert, P. (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

Blüthgen, N., Staab, M., Achury, R., Weisser, W.W. (2022). Unravelling insect declines: can space replace time? *Biology Letters*, 18 (4), 20210666. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0666>

BMEL (Hrsg.) (2015). Nationales Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Kulturpflanzen. Berlin, 66 S. (Aktualisierung erscheint 2024).

BMEL (Hrsg.) (2021b). Nationales Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung tiergenetischer Ressourcen in Deutschland (noch nicht veröffentlicht).

BMEL (Hrsg.) (2024). Biologische Vielfalt stärken. Nationale Strategie zu genetischen Ressourcen für Ernährung, Landwirtschaft, Forst und Fischerei. Bonn. [Biologische Vielfalt stärken \(bmel.de\)](https://www.bmel.de/DE/themen/biologische_vielfalt/biologische_vielfalt.html)

Bonneuil, C., Goffaux, R., Bonnin, I., Montalent, P., Hamon, C., Balfourier, F., Goldringer, I. (2012). A new integrative indicator to assess crop genetic diversity, *Ecological Indicators*, 23, 280-289.

Brauns, M., Garcia, X. F., & MT, P. (2016). Vorschrift für die standardisierte Probenahme des biologischen Qualitätselementes „Makrozoobenthos“ im Eulitoral von Seen. 27 S.+ Anhänge. Miler, O., Böhmer, J. und Pusch, M. (2016): Weiterentwicklung des deutschen Makro-zoobenthos-Bewertungsverfahrens für Seen ‚AESHNA‘ zu einer Strukturgüte-gestützten Gesamtseebewertung. Abschlussbericht für das Umweltbundesamt, Forschungskennzahl, 3712(24), 223.

Bundessortenamt: <https://www.bundessortenamt.de/bsa/sorten/datenbanken/>

Burkhardt, U., Russell, D. J., Decker, P., Döhler, M., Höfer, H., Lesch, S. et al. (2014). The Edaphobase project of GBIF-Germany—A new online soil-zoological data warehouse. *Applied Soil Ecology*, 83, 3-12. <https://portal.edaphobase.org/>.

Caracciolo, F., Cafiero, C. and S. Diulgheroff (2014). Higher-order composite indices for plant genetic resources for food and agriculture targets, *Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Background Study Paper No. 67*.

CBD COP15 (2022): Beschluss 15/4. zum Globalen Biodiversitätsrahmen von Kunming-Montreal der Konferenz der Vertragsparteien des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD). <https://www.un.org/depts/german/umwelt/COP-15-DEC-4.pdf>

Chao, A., Henderson, P. A., Chun-Huo, C., Faye, M., Hu, K.-H., Dornelas, M., Magurran, A. E. (2021). Measuring temporal change in alpha diversity: A framework integrating taxonomic, phylogenetic and functional diversity and the iNEXT.3D standardization. In: *Methods Ecol Evol*. DOI: 10.1111/2041-210X.13682.

CPVO Sortenfinder: <https://cpvo.europa.eu/en/applications-and-examinations/cpvo-variety-finder>

Dachbrodt-Saaydeh, S., Sellmann, J., & Roßberg, D. (2019). Clusters for the regional evaluation and analysis of pesticide use intensity (CEPI) in arable crops. *Journal für Kulturpflanzen*, 71(10), 264-270.

Davies, B. R., Biggs, J., Williams, P. J., Lee, J. T., & Thompson, S. (2010). A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ponds, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape. *Pond conservation in Europe*, 7-17.

Deutsches Bienenmonitoring: <https://www.debimo.de>

Dieker, P., Dauber, J., Oerder, B. (2022): MonViA-Wildbienen-Monitoring in Agrarlandschaften – Umsetzungskonzept. Interner Bericht, Thünen-Institut, 21 S.

Dieker, P., Grabener, S., Hellwig, N., Kasiske, T., Krüger, L., Lakemann, L., Lindermann, L., Ogan, S., Sickel, W., Sommerlandt, F., Stahl, S. (2023). Wildbienen-Monitoring in Agrarlandschaften – Update-Treffen 2023. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19978.79042>

Ecogenics (2013): Molekulargenetische Sortenbestimmung der Deutschen Genbank Obst: Apfel, Abschlussbericht zu Projekt 2809BE010

Eurostat (2022): LUCAS Grid. [https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/lucas/data/lucas-grid\(16/08/2023\)](https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/lucas/data/lucas-grid(16/08/2023))

Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J. et al. (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.

Faith, D.P. (1992): Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*, 61(1), 1-10. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(92\)91201-3](https://doi.org/10.1016/0006-3207(92)91201-3)

Fernandez, F. F. (2013). Common set of ECPGR SSR markers for Malus characterization. Pp. 26-27 (abstract of presentation) In: Lateur M., Ordidge M., Engels J. and Lipman E. Report of a Working Group on Malus/Pyrus. Fourth Meeting, 7-9 March 2012, Weggis, Switzerland. *Bioversity International*, Rome, Italy.

Finn, D. R., Schroeder, J., Samad, M. S., Poeplau, C., & Tebbe, C. C. (2023). Importance of sample pre-treatments for the DNA-based characterization of microbiomes in cropland and forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 184, 109077.

Frank, C., Hertzog, L. R., Klimek, S., Schwieder, M., Tetteh, G. O., Böhner, H. G. S., Röder, N., Levers, C., Katzenberger, J., Kreft, H., Kamp, J., (2024). Woody semi-natural habitats modulate the effects of field size and functional crop diversity on farmland birds. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14604>

Fu, G., Xiao, N., Qi, Y., Wang, W., Li, J., Zhao, C. et al. (2021). Fusing multidimensional hierarchical information into finer spatial landscape metrics. *Ecology and Evolution*, 11(21), 15225-15236. DOI: 10.1002/ece3.8206.

Fu, Y. B. (2015). Understanding crop genetic diversity under modern plant breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 128, 2131-2142.

Fu, Y-B., Somers, DJ. (2009). Genome-wide reduction of genetic diversity in wheat breeding, *Crop Science*, 49, 161-168.

García-Feced, C., Weissteiner, C. J., Baraldi, A., Paracchini, M. L., Maes, J., Zulian, G. et al. (2015). Semi-natural vegetation in agricultural land: European map and links to ecosystem service supply. In *Agron. Sustain. Dev.* 35 (1), 273–283. DOI: 10.1007/s13593-014-0238-1

Hellawell, J. M. (1986). Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. *Elsevier Applied Science*, London.

Hellwig, N., Schubert, L., Kirmer, A., Tischew, S.; Dieker, P. (2022): Effects of wildflower strips, landscape structure and agricultural practices on wild bee assemblages – A matter of data resolution and spacial scale? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 326, 107764, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107764>

Hellwig, N., Sommerlandt, F. M. J., Grabener, S., Lindermann, L., Sickel, W., Krüger, L., Dieker, P. (2024). Six steps towards a Spatial Design for Large-Scale Pollinator Surveillance Monitoring. *Insects*, 15(4), 229. <https://doi.org/20.3390/insects15040229>

Hendriksma, H. P., Erler, S., & Greil, H. (2020). Perspectives on long-term bee vitality monitoring. *Journal of Cultivated Plants / Journal für Kulturpflanzen*, 72(5), 123-131. 10.5073/JfK.2020.05.02.

Hertzog, L. R., Frank, C., Klimek, S., Röder, N., Böhner, H. G., & Kamp, J. (2021). Model-based integration of citizen science data from disparate sources increases the precision of bird population trends. *Diversity and Distributions*, 27(6), 1106-1119.

Hertzog, L. R., Klimek, S., Röder, N., Frank, C., Böhner, H. G., & Kamp, J. (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

Hoppe, A., Du, M., Bernstein, R., Tiesler, F. K., Kärcher, M., & Bienefeld, K. (2020). Substantial genetic progress in the international *Apis mellifera carnica* population since the implementation of genetic evaluation. *Insects*, 11(11), 768.

JKI (2022). Beschreibung der Aktualisierung des Verzeichnisses regionalisierter Kleinstrukturanteile (VKS) im Jahr 2022. Julius Kühn-Institut. <https://www.julius-kuehn.de/sf/ab/raeumliche-analysen-und-modellierung/kleinstrukturen-in-der-agrarlandschaft/>.

- Johannesen, J., Wöhl, S., Berg, S., & Otten, C. (2022). Annual Fluctuations in Winter Colony Losses of *Apis mellifera* L. Are Predicted by Honey Flow Dynamics of the Preceding Year. *Insects*, 13(9), 829. <https://doi.org/10.3390/insects13090829>
- Kaczmarek, M., Entling, M. H., & Hoffmann, C. (2022). Using malaise traps and metabarcoding for biodiversity assessment in vineyards: Effects of weather and trapping effort. *Insects*, 13(6), 507. <https://doi.org/10.3390/insects13060507>
- Kaczmarek, M., Entling, M. H., & Hoffmann, C. (2023). Differentiating the effects of organic management, pesticide reduction, and landscape diversification for arthropod conservation in viticulture. *Biodiversity and Conservation*, 32(8), 2637–2653. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02621-y>
- Kaczmarek, M., Gillich, M., Entling, M. H., Hoffmann, C., & Schirmel, J. (2023b). Differential responses of Orthoptera in vineyards to organic farming, pesticide reduction, and landscape heterogeneity. *Journal of Insect Conservation*, 27(5), 729–741.
- Kaczmarek, M., Krahner, A., Entling, M. H., Hoffmann, C. (2021). Insektendiversität im Weinbau – Einfluss von Bewirtschaftung und Landschaft. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung des Julius Kühn-Instituts. <https://doi.org/10.5073/20210817-121649>.
- Kasiske, T., Dauber, J., Harpke, A., Klimek, S., Kühn, E., Settele, J., & Musche, M. (2023). Livestock density affects species richness and community composition of butterflies: A nationwide study. *Ecological Indicators*, 146, 109866. DOI:10.1016/j.ecolind.2023.109866.
- Khoury, C. K. et al. (2021). Crop genetic erosion: understanding and responding to loss of crop diversity, *New Phytologist*, 233(1), 84–118.
- Kruess, A., Tscharntke, T., (1994). Habitat Fragmentation, Species Loss, and Biological Control. *Science* 264, 1581–1584. <https://doi.org/10.1126/science.264.5165.1581>
- Landwirtschaftliche Zeitreihen: <https://histat.gesis.org/histat/de/data/themes/21>
- Lausch, A., Blaschke, T., Haase, D., Herzog, F., Syrbe, R. U., Tischendorf, L., & Walz, U. (2015). Understanding and quantifying landscape structure—A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. *Ecological Modelling*, 295, 31–41. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2014.08.018
- LAWA-AO (2021). Rahmenkonzept Monitoring. Teil B, Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen. Arbeitspapier II, Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL.

- Li, P., Kleijn, D., Badenhauer, I., Zaragoza-Trello, C., Gross, N., Raemakers, I., & Scheper, J. (2020). The relative importance of green infrastructure as refuge habitat for pollinators increases with local land-use intensity. *Journal of Applied Ecology*, 57(8), 1494-1503. DOI: 10.1111/1365-2664.13658
- Liess, M., Liebmann, L., Vormeier, P., Weisner, O., Altenburger, R., Borchardt, D., Brack, W., Chatzinotas, A., Escher, B., Foit, K. (2021). Pesticides are the dominant stressors for vulnerable insects in lowland streams. *Water Research*, 201, 117262.
- Lindermann, L., Grabener, S., Fornoff, F., Hopfenmüller, S., Schiele, S., Stahl, J., Dieker, P. (2023). Wildbienen und Wespen in Nisthilfen bestimmen. Ein Bestimmungsschlüssel für Deutschland; Ratgeber, Braunschweig. Johann Heinrich von Thünen-Institut für Biodiversität, 132 Seiten. DOI: 10.3220/MX1685523077000
- Lindermann, L., Grabener, S., Hellwig, N., Stahl, J., Dieker, P. (2024) Citizen Science-Based Monitoring of Cavity-Nesting Wild Bees and Wasps – Benefits for Volunteers, Insects and Ecological Science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 9(1): 22, pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.632>
- Lorenz, S., Trau, F. N., Tron, N., & Heinz, M. (2022). MOSAIC – Biodiversitätsplattform des Julius Kühn-Instituts zur Gewässerforschung. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut. Quedlinburg, Deutschland, Saphir-Verl., 223, DOI: 10.5073/20221209-085459.
- Lucas, C., Bouten, W., Koma, Z., Kissling, W. D., & Seijmonsbergen, A. C. (2019). Identification of linear vegetation elements in a rural landscape using LiDAR point clouds. *Remote Sensing*, 11(3), 292. DOI: 10.3390/rs11030292
- Margalef, R. (1958). Temporal succession and spatial heterogeneity in natural phytoplankton. Barcelona, Spain.
- Mathes, J., Plambeck, G., & Schaumburg, J. (2002). Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km² zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. *Implementierung der EU-WRRL in Deutschland: Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite. Aktuelle Reihe*, 5(2002), 15-23.
- Meinikmann, K., Strassemer, J., Lorenz, S. (2021). Konzept für ein Biodiversitätsmonitoring in Kleingewässern der Agrarlandschaft in Deutschland. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 216, DOI: <https://doi.org/10.5073/20211216-081403>.
- Möller, M., Boutarfa, L., Strassemer, J. (2020). PhenoWin – An R Shiny application for visualization and extraction of phenological windows in Germany. *Computers and Electronics in Agriculture* 175, 105534. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105534>
- Möller, M., Doms, J., Gerstmann, H., & Feike, T. (2019). A framework for standardized calculation of weather indices in Germany. *Theoretical and applied climatology*, 136, 377-390. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2473-x>
- Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., Biesmeijer, C., Bogusch, P., Dathe, H.H., De la Rúa, P., De Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sánchez, F.J., Lhomme, P., Pauly, A.,

Potts, S.G., Praz, C., Quaranta, M., Radchenko, V.G., Scheuchl, E., Smit, J., Straka, J., Terzo, M., Tomozii, B., Window, J. and Michez, D. (2014). European Red List of Bees. Luxembourg: Publication Office of the European Union.

Perić, Z., Naya Geiger, A., & Nordheim, S. (2022, April). Beobachtung der Landschaftselemente anhand von LiDAR-Daten. In *Umweltinformationssysteme-Wie trägt die Digitalisierung zur Nachhaltigkeit bei? Tagungsband des 28. Workshops "Umweltinformationssysteme (UIS 2021)" des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe „Informatik im Umweltschutz“ der Gesellschaft für Informatik (GI)* (pp. 169-182). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Perić, Z., Neukampf, R., Sinn, C. (2022). Geografisches hexagonales Gitter mit 1 Quadratkilometer Zellengröße für Deutschland - Geographical hexagonal grid with one square kilometer cell size for Germany (Version 1) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6623511>

Perović, D., Gámez-Virués, S., Börschig, C., Klein, A-M., Krauss, J., Steckel, J. et al. (2015): Configurational landscape heterogeneity shapes functional community composition of grassland butterflies. *Journal of applied ecology*, 52(2), 505-513. DOI: 10.1111/1365-2664.12394.

Pingel M., Sietz D., Klimek S., Röder N., Golla B. (2023) Typology of agricultural land systems to support tailoring conservation measures for farmland biodiversity: A case study from Germany. (Manuskript eingereicht zur Publikation)

Redlich, S., Martin, E. A., Wende, B., & Steffan-Dewenter, I. (2018). Landscape heterogeneity rather than crop diversity mediates bird diversity in agricultural landscapes. *PLoS One*, 13(8), e0200438. DOI: 10.1371/journal.pone.0200438.

Richter, A. (2022a) Abschlussbericht. Konzeption und Vorstellung eines Citizen Science-basierten Monitoring-Vorhabens „FarmMobil“ in Verbindung mit den Ergebnissen des MonViA- Moduls Qualitätszeigende Arten (QA).

Richter, A. & Lüken, D. (2022b) Abschlussbericht. Entwicklung von Citizen Science Indikatoren sowie Konzeption und Antragstellung „Programm zur Entwicklung von Kapazitäten für Citizen Science (Bürgerwissenschaften) für mehr Biodiversität in den Agrarlandschaften“.

Roßberg, D., Michel, V., Graf, R., & Neukampf, R. (2007). Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 59(7), 155-161. https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00056830 [zitiert am 17.10.2023]

Scheuchl, E., Schwenninger, H.R., Burger R., Diestelhorst, O., Kuhlmann, M., Saure, C., Schmid-Egger, C. & Silló, N. (2023). Die Wildbienenarten Deutschlands – Kritisches Verzeichnis und aktualisierte Checkliste der Wildbienen Deutschlands (Hymenoptera, Anthophila). *Anthophila*, 1(1), 25-138

Schöll, F., Haybach, A., & König, B. (2005). Das erweiterte Potamontypieverfahren zur ökologischen Bewertung von Bundeswasserstraßen (Fließgewässertypen 10 und 20: kies- und sandgeprägte Ströme, Qualitätskomponente

Makrozoobenthos) nach Maßgabe der EU-Wasserrahmenrichtlinie. *Hydrologie und Wasserwirtschaft*, 49(5), 234-247.

Schweder, H. (1992). Neue Indices für die Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern, abgeleitet aus der Makroinvertebraten-Ernährungstypologie. *Limnologie aktuell*, 3, 353-377.

Schwieder, M., Wesemeyer, M., Frantz, D., Pfoch, K., Erasmí, S., Pickert, J., Nendel, C., Hostert, P. (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

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.

Sickel, W., Kulow, J., Krüger, L., Dieker P. (2023). BEE-quest of the nest: A novel method for eDNA based, nonlethal detection of cavity-nesting hymenopterans and other arthropods. *Environmental DNA*, 5, 1162-1176. <https://doi.org/10.1002/edn3.490>

Sirami, C., Gross, N., Baillod, A. B., Bertrand, C., Carrié, R., Hass, A., & Fahrig, L. (2019). Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(33), 16442-16447. DOI: 10.1073/pnas.1906419116.

Spellerberg, I. F., & Fedor, P. J. (2003). A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ Index. *Global ecology and biogeography*, 12(3), 177-179. DOI:10.1046/j.1466-822X.2003.00015.x

Statistisches Jahrbuch Deutsches Reich: <http://www.digizeitschriften.de/dms/toc/?PID=PPN514401303>

Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMEL) ab 1956 abrufbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/archiv/statistisches-jahrbuch>

Strassemeyer, J., Daehmlow, D., Dominic, A. R., Lorenz, S., & Golla, B. A. R. N. (2017). SYNOPS-WEB, an online tool for environmental risk assessment to evaluate pesticide strategies on field level. *Crop protection*, 97, 28-44.

Tetteh, G. O., Gocht, A., Erasmí, S., Schwieder, M., & Conrad, C. (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

TierZG (2019). Tierzuchtgesetz vom 18. Januar 2019 (Bundesgesetzblatt. I S. 18), das zuletzt durch Artikel 102 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist: http://www.gesetze-im-internet.de/tierzg_2019/TierZG.pdf

Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T. C., Westphal, C., & Batáry, P. (2021). Beyond organic farming—harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in ecology & evolution*, 36(10), 919-930. DOI: 10.1016/j.tree.2021.06.010.

Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (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.

Tschumi, M., Birkhofer, K., Blasiusson, S., Jörgensen, M., Smith, H. G., & Ekroos, J. (2020). Woody elements benefit bird diversity to a larger extent than semi-natural grasslands in cereal-dominated landscapes. *Basic and applied ecology*, 46, 15–23. DOI: 10.1016/j.baae.2020.03.005.

Van de Wouw, M., van Hintum, T., Kik, C., van Treuren, R., & Visser, B. (2010). Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta analysis. *Theoretical and applied genetics*, 120, 1241–1252.

Von Gönner, J., Richter A. (2023). Citizen Science als Instrument für die ehrenamtliche Beteiligung an der Agrarforschung der Zukunft? *Voluntaris*, 11(1), 73–95. <https://doi.org/10.5771/2196-3886-2023-1-73>.

Wang, H., Dumack, K., Rissi, D. V., Finn, D. R., Bonkowski, M., Tebbe, C. C. (2024). Profiling the eukaryotic soil microbiome with differential primers and an antifungal peptide nucleic acid probe (PNA): Implications for diversity assessment. *Applied Soil Ecology*, 200, 105464. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105464>

Westrich, P., Frommer, U., Mandery, K., Riemann, H., Ruhnke, H., Saure, C. & Voith, J. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera: Apidae) Deutschlands. – In: Binot-Hafke, M., Balzer, S., Becker, N., Gruttke, H., Haupt, H., Hofbauer, N.; Ludwig, G.; Matzke-Hajek, G. & Strauch, M. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3): 373–416

Wick, A., Bänsch-Baltruschat, B., Keller, M., Scharmüller, A., Schäfer, R., Foit, K., Liess, M., Maaßen, S., Lischeid G. (2019). Umsetzung des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pestiziden. Teil 2: Konzeption eines repräsentativen Monitorings zur Belastung von Kleingewässern in der Agrarlandschaft. Abschlussbericht. Umweltbundesamt, Texte 08/2019, ISSN 1862-4804.

Williams, P., Whitfield, M., Biggs, J., Bray, S., Fox, G., Nicolet, P., & Sear, D. (2004). Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological conservation*, 115(2), 329–341.

Woodcock, B. A., Oliver, A. E., Newbold, L. K., Soon Gweon, H., Read, D. S., Sayed, U., Savage, J., Bacon, J., Upcott, E., Howell, K., Turvey, K., Roy, D. B., Pereira, M. G., Sleep, D., Greenop, A., Pywell, R. F. (2022). Citizen science monitoring reveals links between honeybee health, pesticide exposure and seasonal availability of floral resources. *Scientific Reports*, 12 (1), 14331.

Yang, J., Schrader, S., & Tebbe, C. C. (2024). Legacy effects of earthworms on soil microbial abundance, diversity, and community dynamics. *Soil Biology and Biochemistry*, 190, 109294.

Zinnbauer, M., Eysholdt, M., Henseler, M., Herrmann, F., Kreins, P., Kunkel, R., Nguyen, H., Tetzlaff, B., Venohr, M., Wolters, T., Wendland, F. (2023). Quantifizierung aktueller und zukünftiger Nährstoffeinträge und

Handlungsbedarfe für ein deutschlandweites Nährstoffmanagement - AGRUM-DE. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 454 p, Thünen Rep 108, DOI:10.3220/REP1684153697000