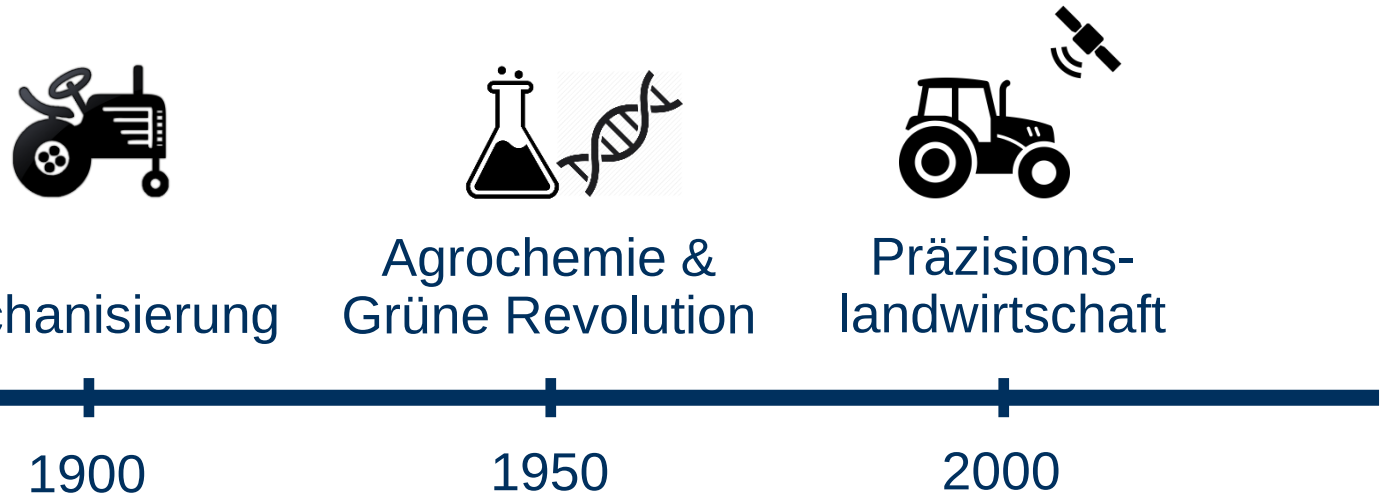
Digitale Transformation der Landwirtschaft – Chancen und Risiken für eine nachhaltige, biodiversitäts-freundlichere Agrarproduktion

Prof. Dr. Anna Cord, Agrarökologische Modellierung, Universität Bonn

DAF-Tagung 2026: „Systemische Weiterentwicklung von Landwirtschaft und Ernährung“
Berlin, 23. Oktober 2026

© Anna Cord

Technologie in der Landwirtschaft – Der Blick zurück



Anpassung der Agrarsysteme an die verfügbaren Technologien (⇒ Intensivierung, Homogenisierung)

Technologie in der Landwirtschaft – Der Blick nach vorne

Exzellenzcluster PhenoRob (Robotics and Phenotyping for Sustainable Crop Production)

PHENOROB

https://www.phenorob.de/

Gefördert durch DFG

Mechanisierung | Agrochemie & Grüne Revolution | Präzisions-landwirtschaft | **Roboter im Feld** | **Technologien ermöglichen bessere Anbausysteme**

1900 | 1950 | 2000 | 2020 | Zukunft

Anpassung der Agrarsysteme an die Technologie

Technologie für nachhaltige Agrarsysteme

Wuepper, Möhring, Cord et al. (2026). From technological fixes to systemic change: Vision-led innovation for Europe's crop farming systems, *Agricultural Systems*, 233, 104593

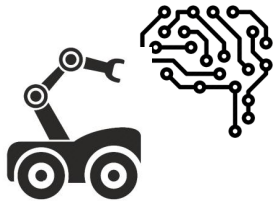
PhenoRob Vision:
Neue nachhaltige Anbausysteme mittels High-Tech

Präzisions-
landwirtschaft

2000

Roboter im Feld

2020



Technologien ermöglichen bessere Anbausysteme

Zukunft

- Sicherung der **Erträge**
- **Reduktion** des Einsatzes nötiger **Agrarchemikalien**
- Mehr **Diversifizierung** für **Biodiversität**
- **Neue Anbauformen und Feldstrukturen** angepasst an die Landschaft

Zukünftige Digitale Landwirtschaft

Bilder entfernt

Bildersuche
„Digitale Landwirtschaft“

- Einsatz **digitaler Technologien (Sensorik, Datenverarbeitung)**
- **(Teil)Automatisierung von Prozessen**
- **Integration und gemeinsame Verarbeitung komplexer Daten**

⇒ Verbesserung von **Präzision**, **Effizienz und Nachhaltigkeit** durch Informationen und evidenzbasierte Entscheidungen

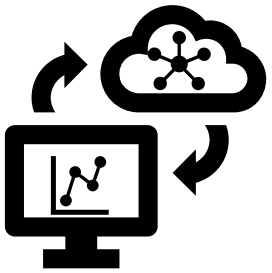
Bilder entfernt

Potentiale ausgewählter Technologien

Robotik

Sensorik

Künstliche Intelligenz



Modelle

Effizienz: Effizientere Nutzung von bspw. Düngemitteln und Pestiziden, dadurch geringere Umweltbelastung

Substitution: Neue Produktionstechnologien, die bspw. Pestizide vollständig ersetzen und dabei die Produktivität erhalten (bspw. autonome Roboter zur Unkrautbekämpfung)

Redesign: Entwicklung neuer Anbausysteme und Agrarlandschaften

Finger (2023). Digital innovations for sustainable and resilient agricultural systems. *European Review of Agricultural Economics,* 50(4), 1277-1309

Beispiel 1: Monitoring von Pflanzenkrankheiten

Bilder entfernt

Wissen

Anwendungskarte

Umsetzung

Beispiel 2: Laserbasierte Unkrautentfernung

Bilder entfernt

Schritt 1: Unterscheidung Kulturpflanze – Unkraut

Schritt 2: Unterscheidung Unkrautarten

Schritt 3: Real-time Entscheidung zur Entfernung oder Nicht-Entfernung

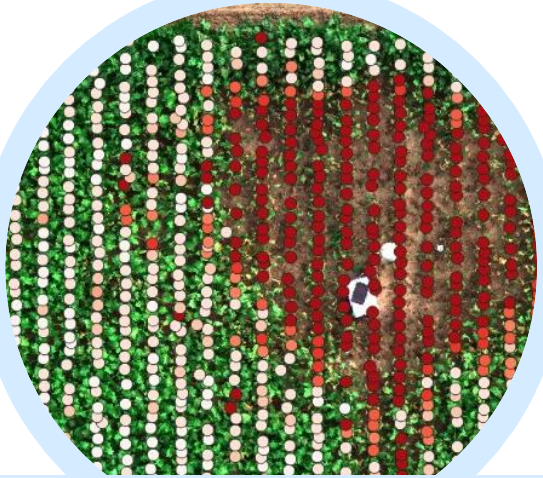
Zingsheim & Döring (2024). What weeding robots need to know about ecology. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 364, 108861

Parallele Entwicklungen und Synergien

Digitale Landwirtschaft

Digitales Agrobiodiversitäts-monitoring

Messgerät zur Erfassung von Artmerkmalen (*functional traits*)



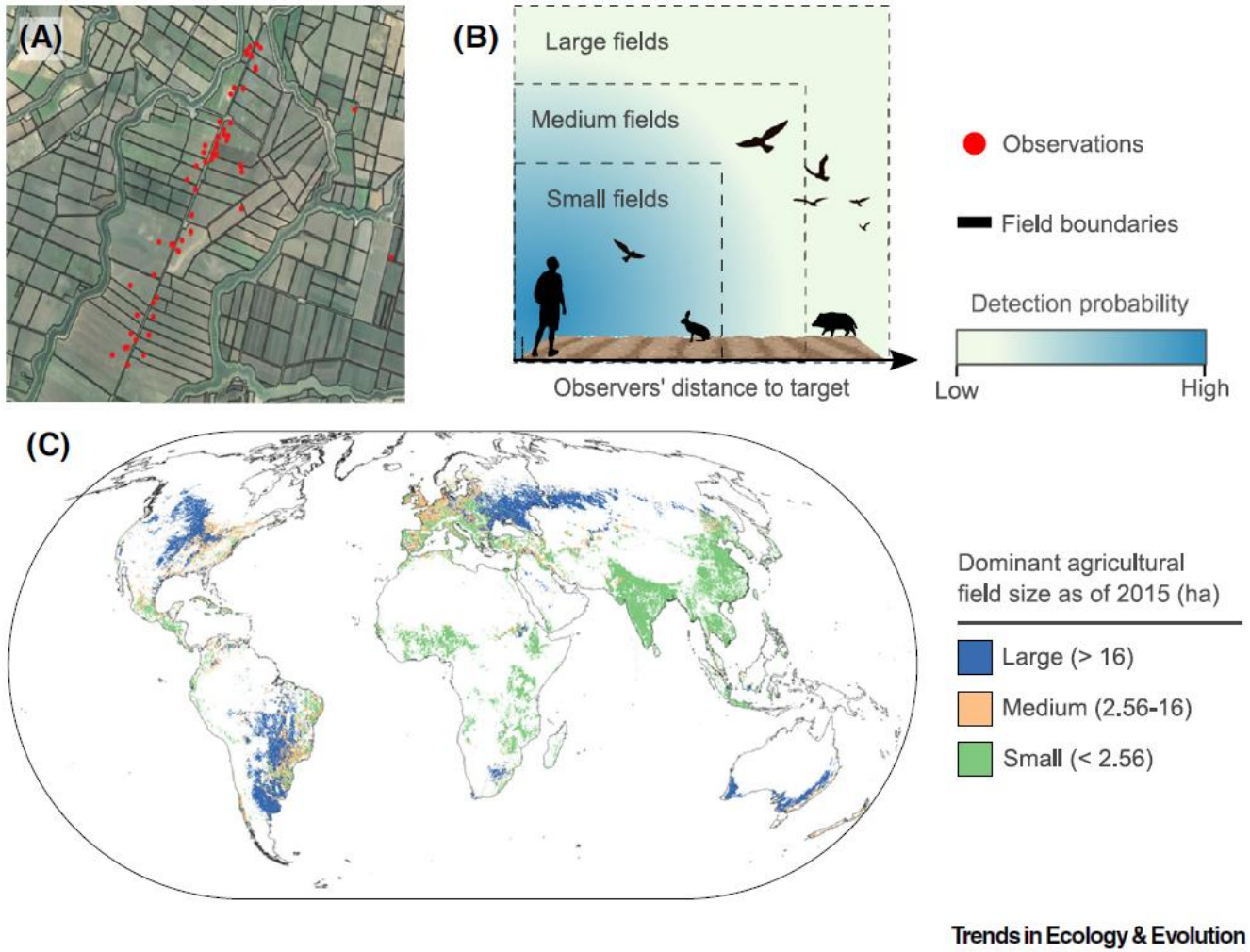
Algorithmus zur Erkennung/Modellierung der Artverbreitung

Gerät zur Identifizierung und Entfernung von Segetalflora

Assoziierte Agrobiodiversität =
„Wild biodiversity co-occurring in agricultural landscapes"

Jago et al. 2024, Adapting wild biodiversity conservation approaches to conserve agrobiodiversity, *Nature Sustainability*, 7, 1385–1394

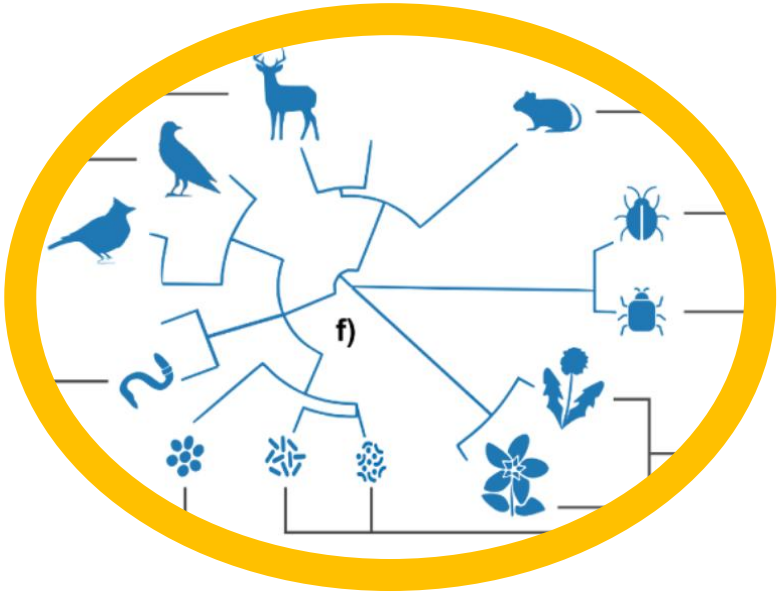
Daten- und Wissenslücken zur assoziierten Agrobiodiversität



Remelgado, Levers, Cord (2026). Cultivated lands: blind spots in global biodiversity data. *TREE*, 40(12), 1155-1158

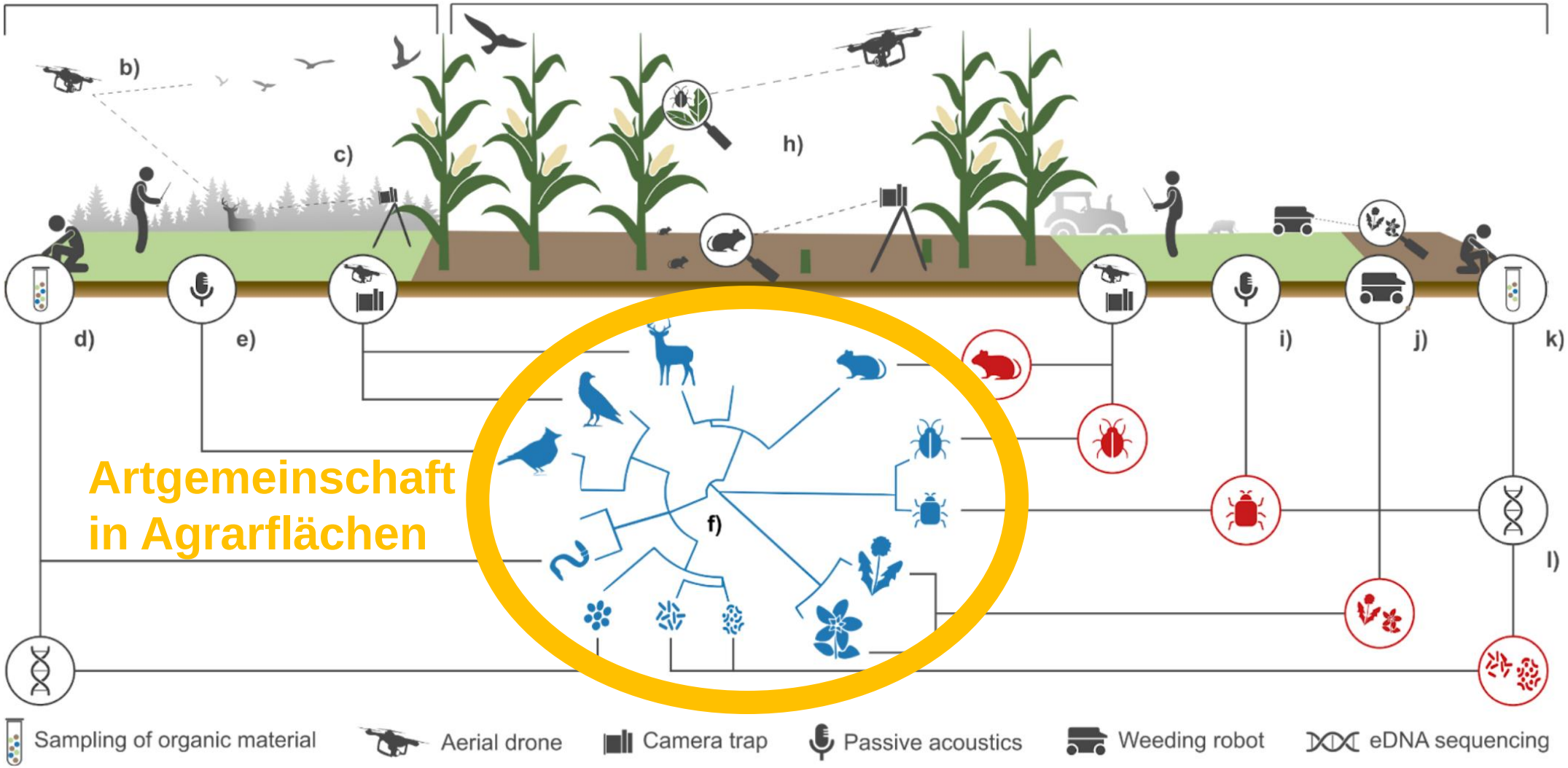
Daten- und Wissenslücken zur assoziierten Agrobiodiversität

Artgemeinschaft in Agrarflächen



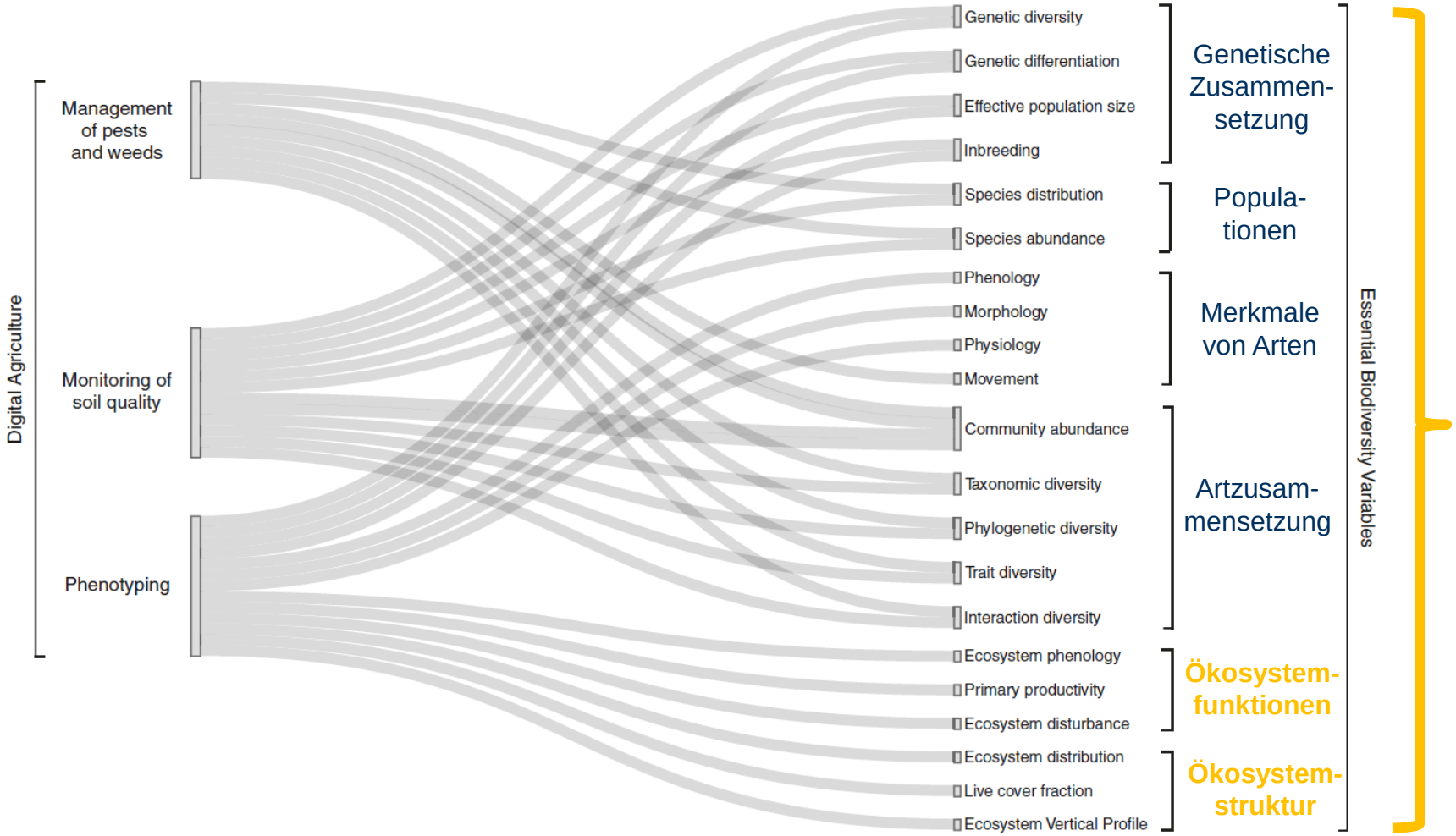
Digitales Biodiversitätsmonitoring

Digitale Landwirtschaft



Remelgado, …, Cord (2026). Narrowing farmland biodiversity knowledge gaps with Digital Agriculture. *npj Sustainable Agriculture*, 4,10

Erfassung von Essential Biodiversity Variables



Integriertes Agrarökosystemverständnis

Wissen und Methoden (inkl. Modellierung) aus Pflanzenbau und Agrobiodiversitäts-forschung zusammen führen

Bazzo et al. (in revision): Improving Model-Based Assessments of Agricultural Sustainability by Integrating Agrobiodiversity and Crop Models

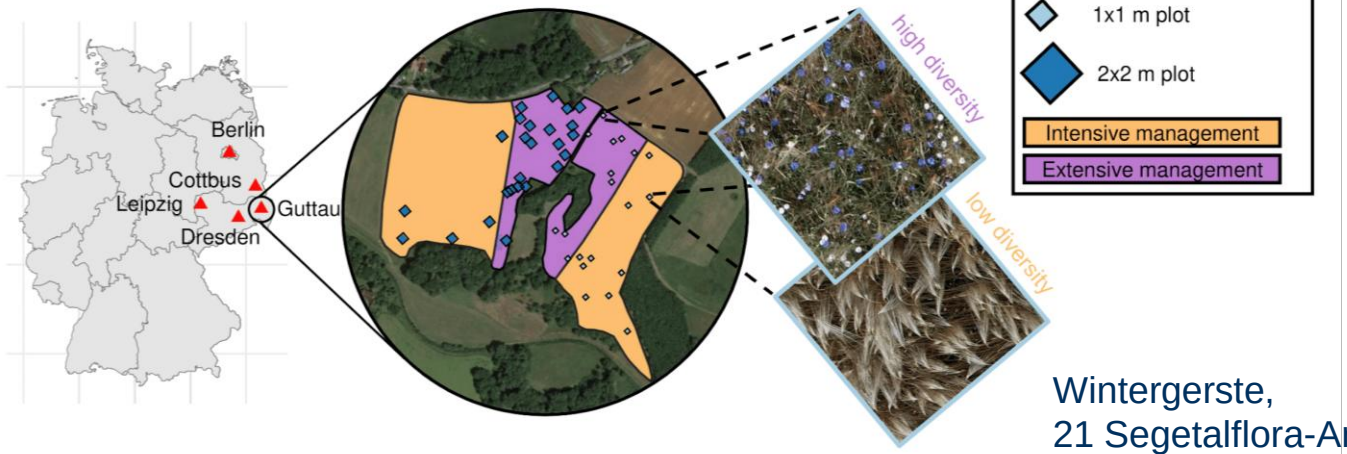
Remelgado, …, Cord (2026). Narrowing farmland biodiversity knowledge gaps with Digital Agriculture. *npj Sustainable Agriculture*, 4,10

Beispiel 1: Erfassung der Segetalflora mittels Drohnen und KI

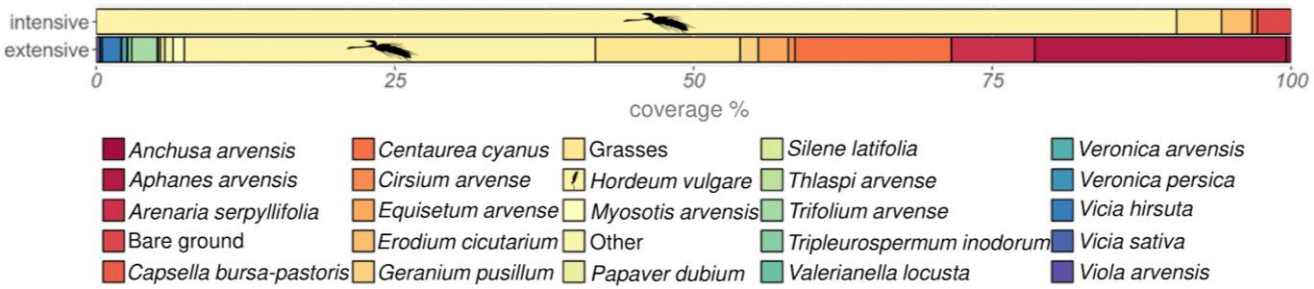
Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft

NATURA 2000

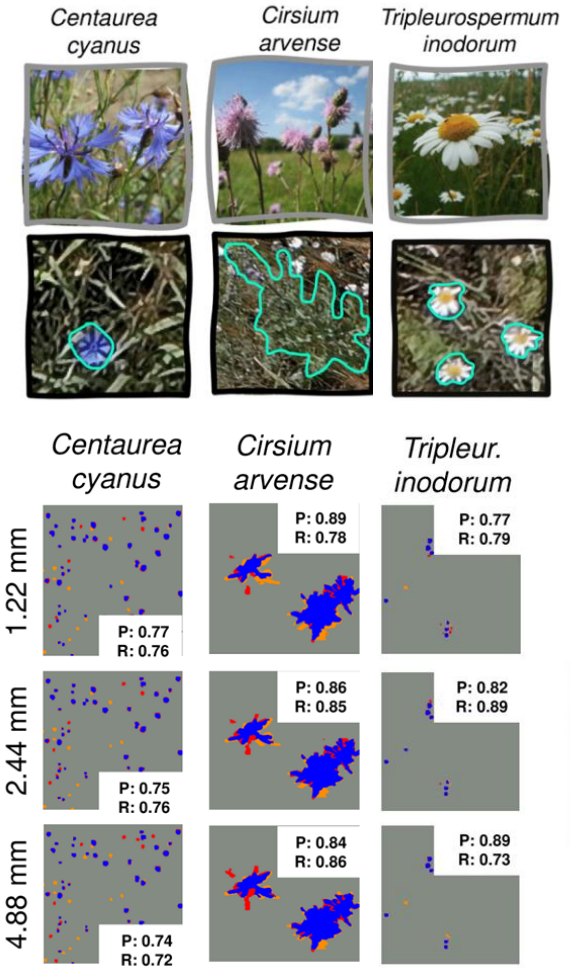
Felddaten-erhebung



Wintergerste,
21 Segetalflora-Arten



Erfassung von Individuen aus unterschiedlichen Flughöhen (10, 20 und 40 m)



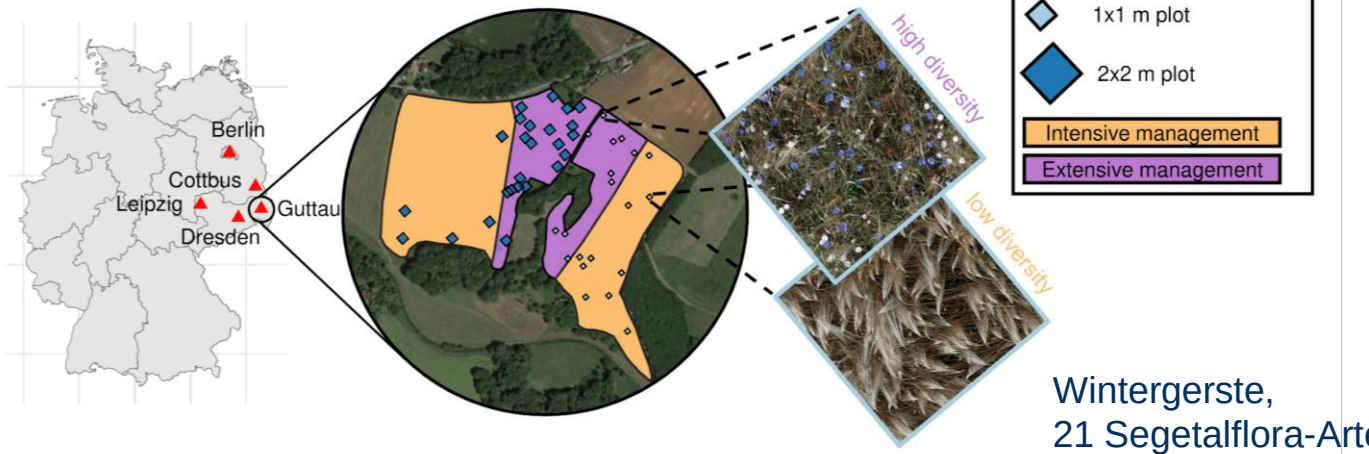
Barrasso, Krüger, Eltner, Cord (2024). Mapping indicator species of segetal flora for result-based payments in arable land using UAV imagery and deep learning, *Ecological Indicators*, 169, 112780

Beispiel 1: Erfassung der Segetalflora mittels Drohnen und KI

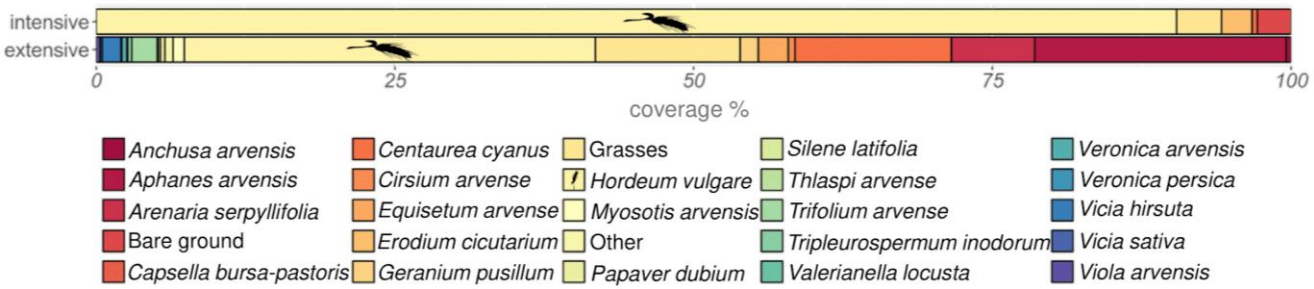
Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft

NATURA 2000

Felddaten-erhebung

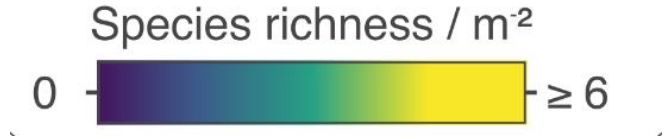


Wintergerste,
21 Segetalflora-Arten



Barrasso, Krüger, Eltner, Cord (2024). Mapping indicator species of segetal flora for result-based payments in arable land using UAV imagery and deep learning, *Ecological Indicators*, 169, 112780

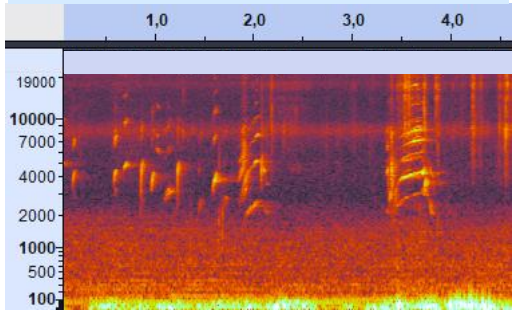
Bilder entfernt



Beispiel 2: Lokalisierung von Agrarvögeln mit Passivem Akustischem Monitoring

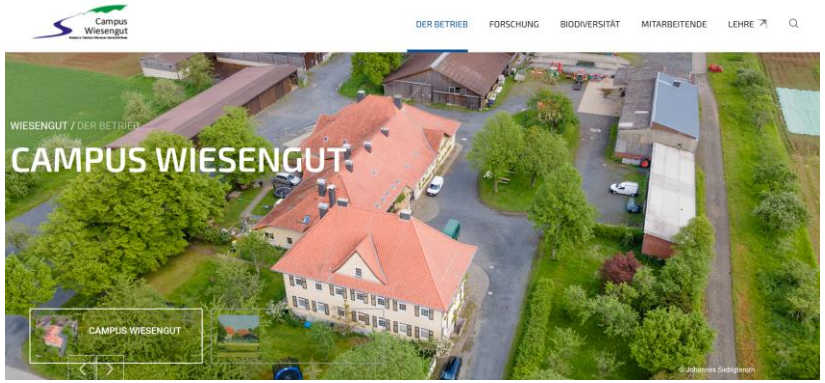
Modifiziertes (GPS-fähiges) AudioMoth-Gerät (Hill et al. 2019)

Automatisierte Auswertung (Spektrogramme, BirdNet Analyzer)



Messung des Zeitversatzes zwischen verschiedenen Aufnahmegeräten

Bilder entfernt



Regelmäßiges Raster aus Aufnahmegeräten

Bilder entfernt

Beispiel 2: Lokalisierung von Agrarvögeln

Raumnutzung: Hotspots der Detektion (9.-18. Juni 2026)

Tageszeitliche Dynamik

Bilder entfernt

- **Mai-September 2026:** 1 Minute alle 10 Minuten (2,4 Aufnahmestunden pro Gerät und Tag)
- Wöchentliche Erfassung der **Kulturpflanzen** (Höhe, Bedeckungsgrad, Phänologie) an 30 Stellen mit je 3 Plots (1m²), zusätzlich Nadir-Photos
- Wöchentliche **Drohnenbefliegung** (DJI P4 Multispectr.)
- Zweiwöchentliche Erfassung **Segetalflora** (22 Plots, 1m²)
- Dokumentation aller **Bewirtschaftungsmaßnahmen**

Ziel: Mechanistisches und detailliertes Verständnis von

- **Raumnutzung** durch Arten mit verschiedenen Habitatansprüchen
- Tages- und jahreszeitliche **Dynamik**

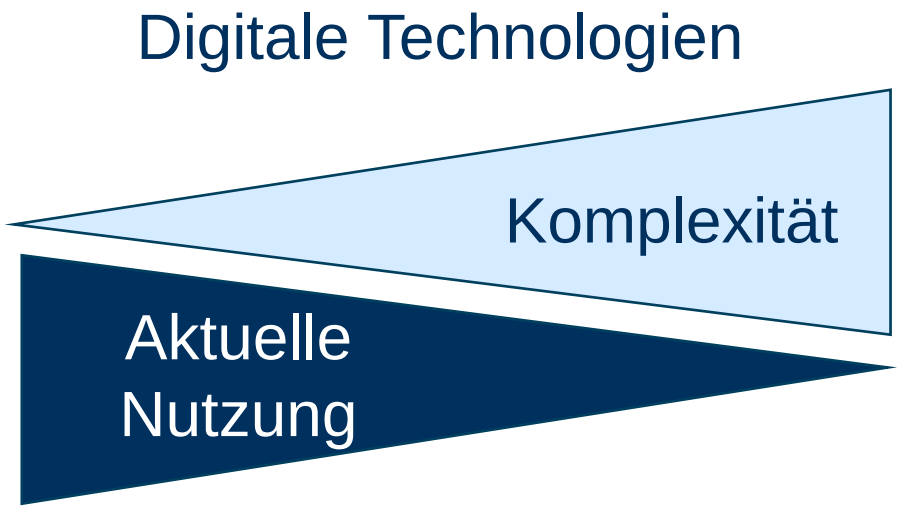
⇒ Zusammenhang mit **Kulturpflanzen-phänologie** und **Management**

Bazzo et al. (in prep.)

Wie können digitale Messungen dazu beitragen, eine nachhaltigere und biodiversitätsfreundlichere Agrarproduktion zu erreichen?

Besonderes Potential für mehr ökologische Nachhaltigkeit – unter Berücksichtigung der Produktionsziele – bieten **Technologien**, welche

- **komplexe Informationen** verarbeiten und
- darauf basierend **(automatisiert) Entscheidungen treffen**



Scheitern von Agrarumweltmaßnahmen bzgl. Erhalt der Agrobiodiversität – Können technologiegestützte ergebnisorientierte Fördermodelle helfen?

Maßnahmenorientierte Honorierung	Ergebnisorientierte Honorierung
Landwirte*innen erhalten Zahlungen für bestimmte Bewirtschaftungsarten, die an verbindliche Vorgaben geknüpft sind	Landwirt*innen werden dafür bezahlt, umweltbezogene öffentliche Güter oder Biodiversität bereitzustellen, allerdings nur wenn die angestrebten Ergebnisse erreicht werden

Ergebnisorientierte Agrarumweltmaßnahmen erfordern Beobachtungen!

Höhere ökologische Wirksamkeit

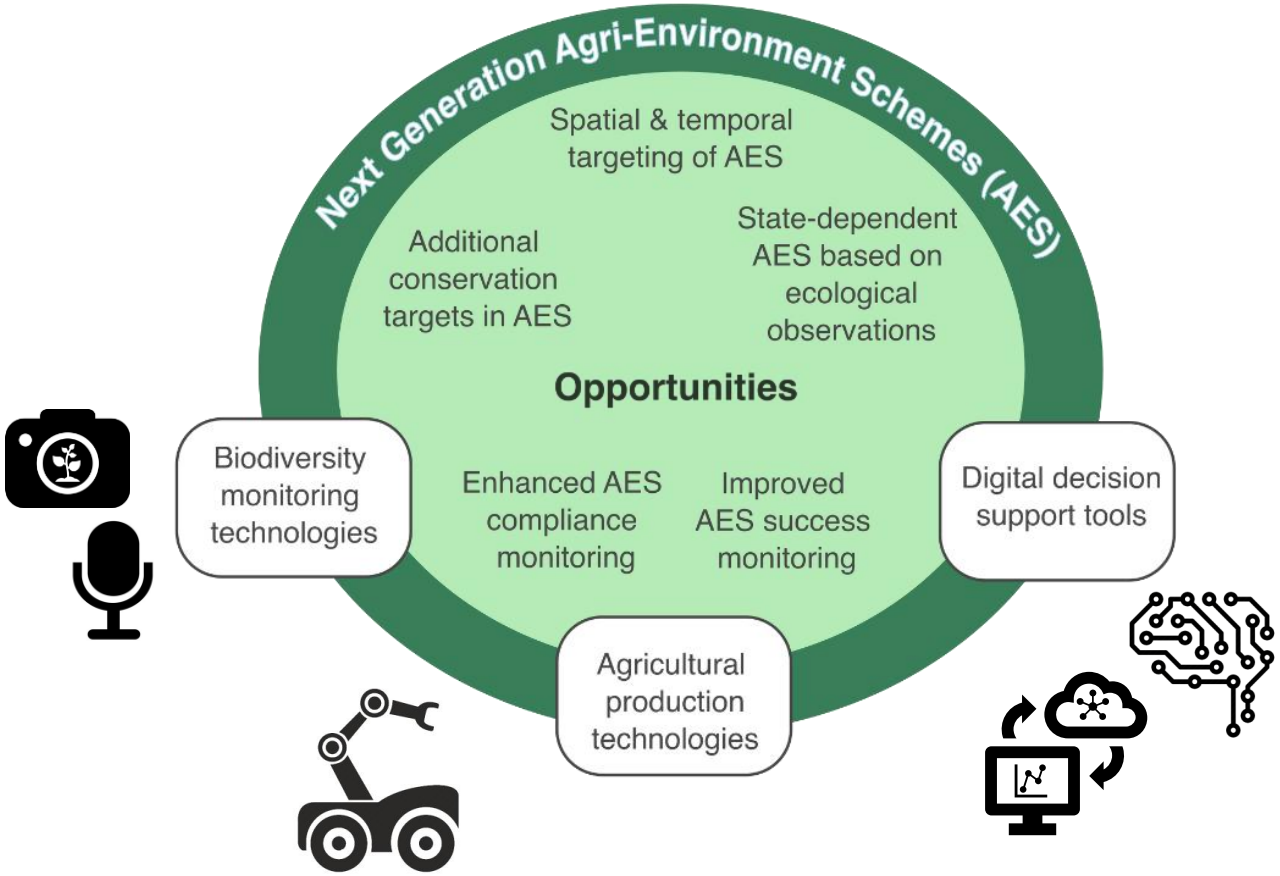
Flexibilität, Innovation, und Autonomie

Potenziell höhere Kosteneffizienz

Technologiegestützte neue Agrarumweltpolitiken?

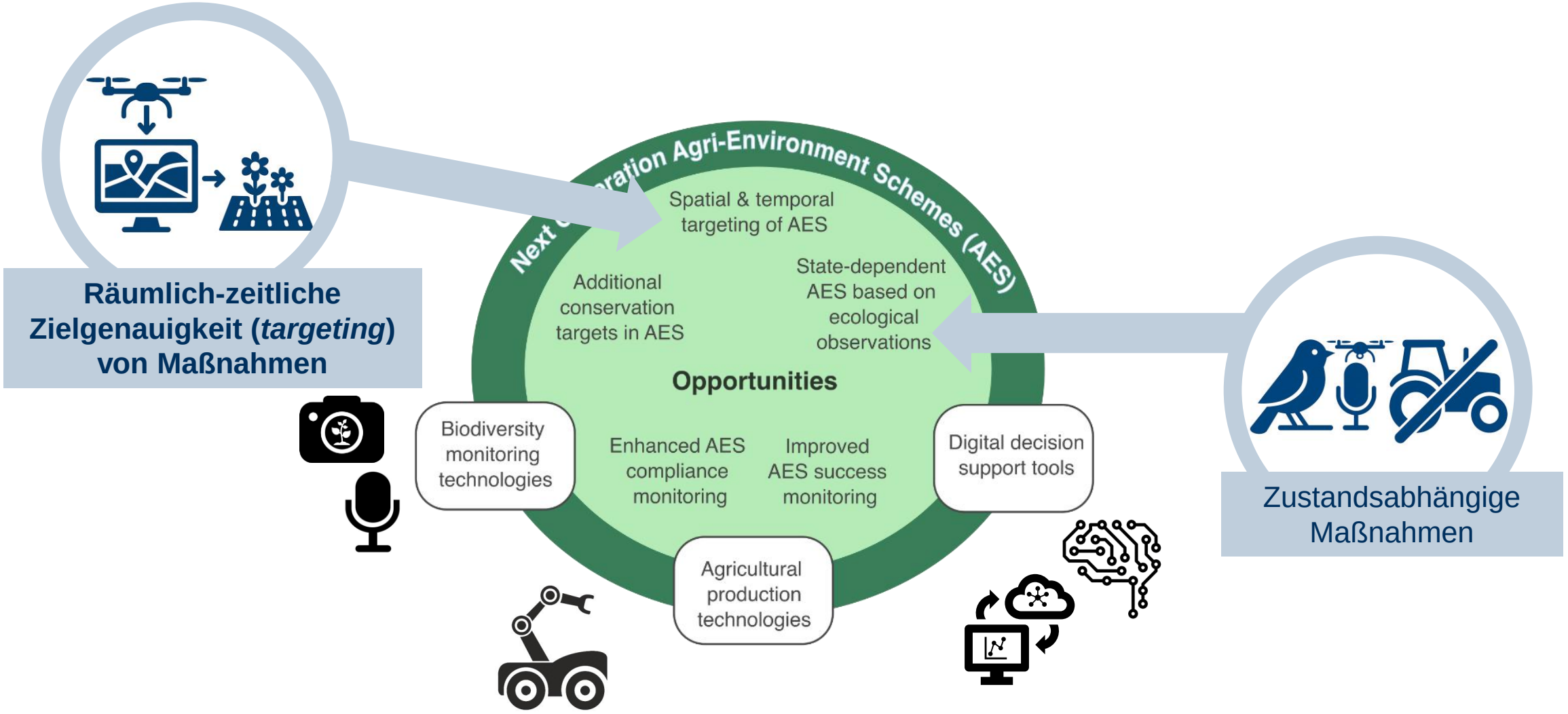
SCAN ME

Special Issue in *Biological Conservation* (2025/26):
“Harnessing technological developments in biodiversity monitoring and agricultural production to re-think agri-environment schemes”



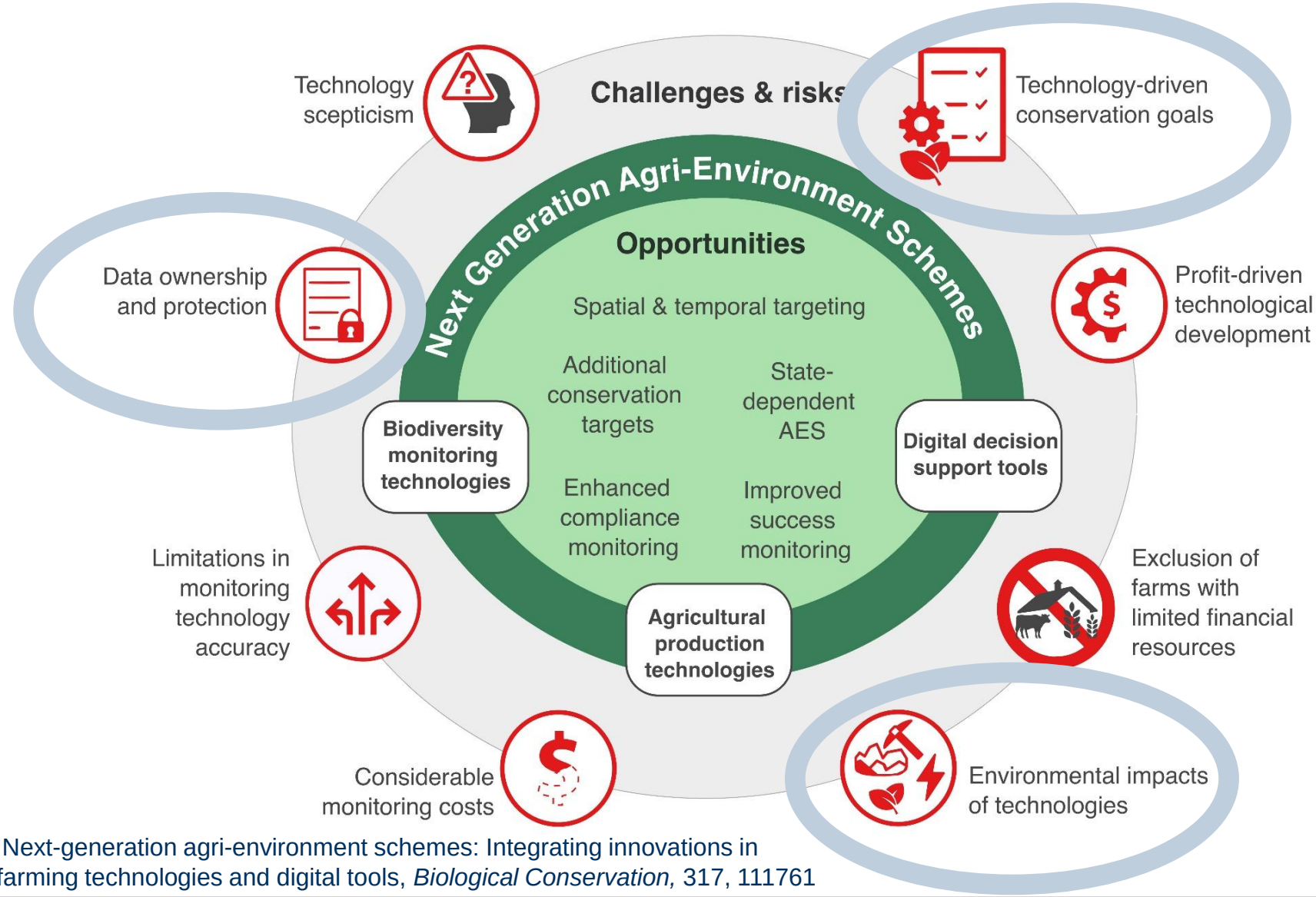
Cord & Wätzold (2026). Next-generation agri-environment schemes: Integrating innovations in biodiversity monitoring, farming technologies and digital tools, *Biological Conservation,* 317, 111761

Technologiegestützte neue Agrarumweltpolitiken?



Cord & Wätzold (2026). Next-generation agri-environment schemes: Integrating innovations in biodiversity monitoring, farming technologies and digital tools, *Biological Conservation,* 317, 111761

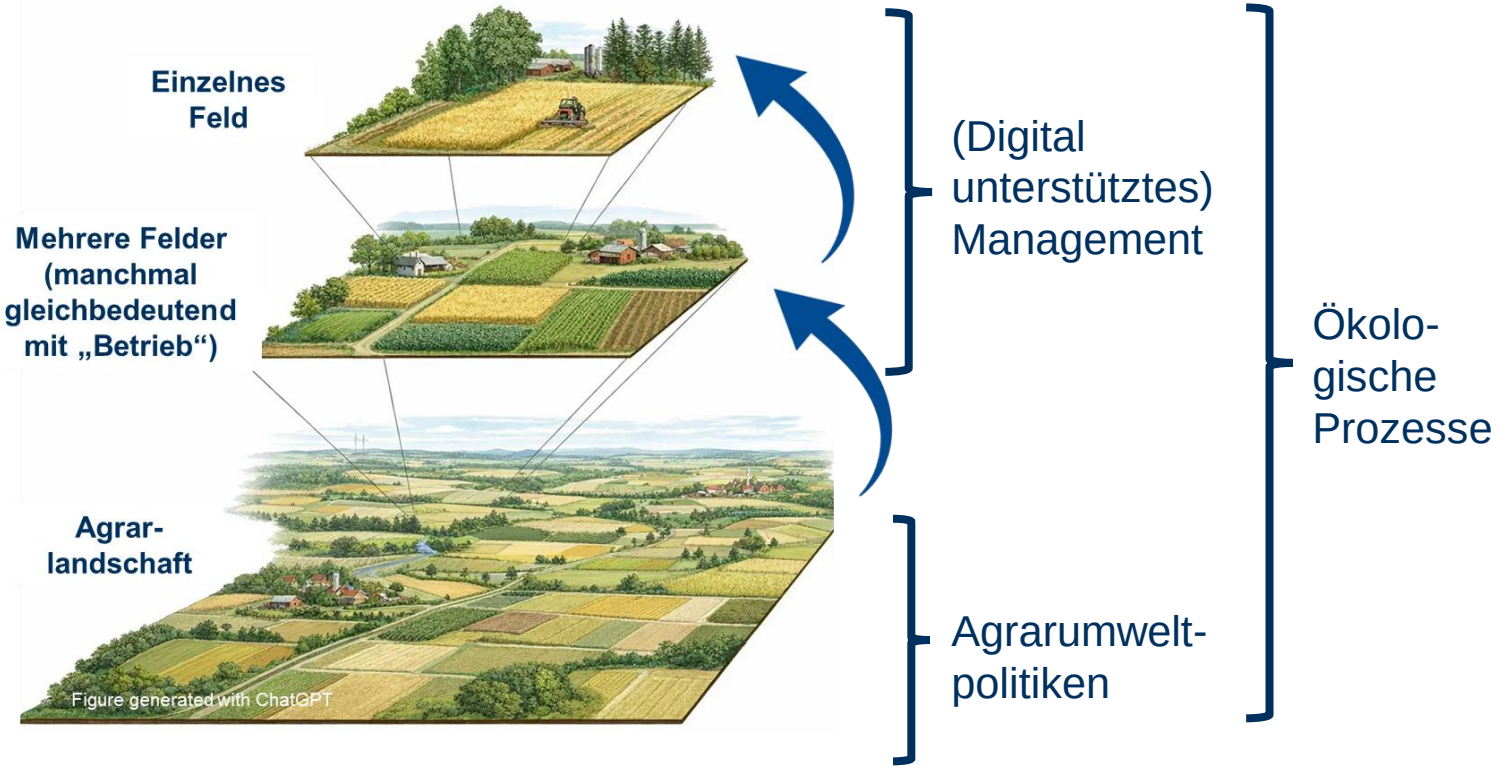
Technologiegestützte neue Agrarumweltpolitiken?



Cord & Wätzold (2026). Next-generation agri-environment schemes: Integrating innovations in biodiversity monitoring, farming technologies and digital tools, *Biological Conservation,* 317, 111761

Zusammenfassung und Ausblick

Langfristige Vision:
Technologisch-ökologischer Übergang von **ertragsorientierter Landwirtschaft** zu **proaktivem Management der Zustände und Funktionen** von Agrarökosystemen



Nächste Schritte:

- **Interdisziplinäre Synergien in Forschung und Lehre/Ausbildung:** Digitale Landwirtschaft und Agrobiodiversitätsmonitoring/-schutz gemeinsam erforschen und lehren
- **Praxis:** Transdisziplinäre (Pilot-)Projekte, Vertrauen durch Transparenz und Kommunikation
- **Agrarumweltpolitiken:** Proaktive Auseinandersetzung mit Potentialen und Risiken Digitaler Technologien

Vielen Dank!

anna.cord@uni-bonn.de

„Der Kampf um die Erhaltung der biologischen Vielfalt wird in landwirtschaftlichen Ökosystemen gewonnen oder verloren werden“

“The struggle to maintain biodiversity is going to be won or lost in agricultural ecosystems”

McIntyre et al. (**1992**), *Conservation Biology*