

Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften:

Wie erfahren wir mehr über Zustand und Entwicklung der Wildbienen-Populationen und die Veränderungen ihrer Lebensräume?

Niels Hellwig, Swantje Grabener, Toni Kasiske, Lasse Krüger, Leonie Lakemann, Lara Lindermann, Sophie Ogan, Wiebke Sickel, Frank Sommerlandt, Johanna Stahl, Petra Dieker

Thünen-Institut für Biodiversität

Wolfenbüttel, 16.11.2023



J. Kulow



Fragestellungen

- (1) Wie steht es um die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften?
 - Was ist Biodiversität?
 - Warum brauchen wir Biodiversität?
 - Was wissen wir über den Verlust der Biodiversität?

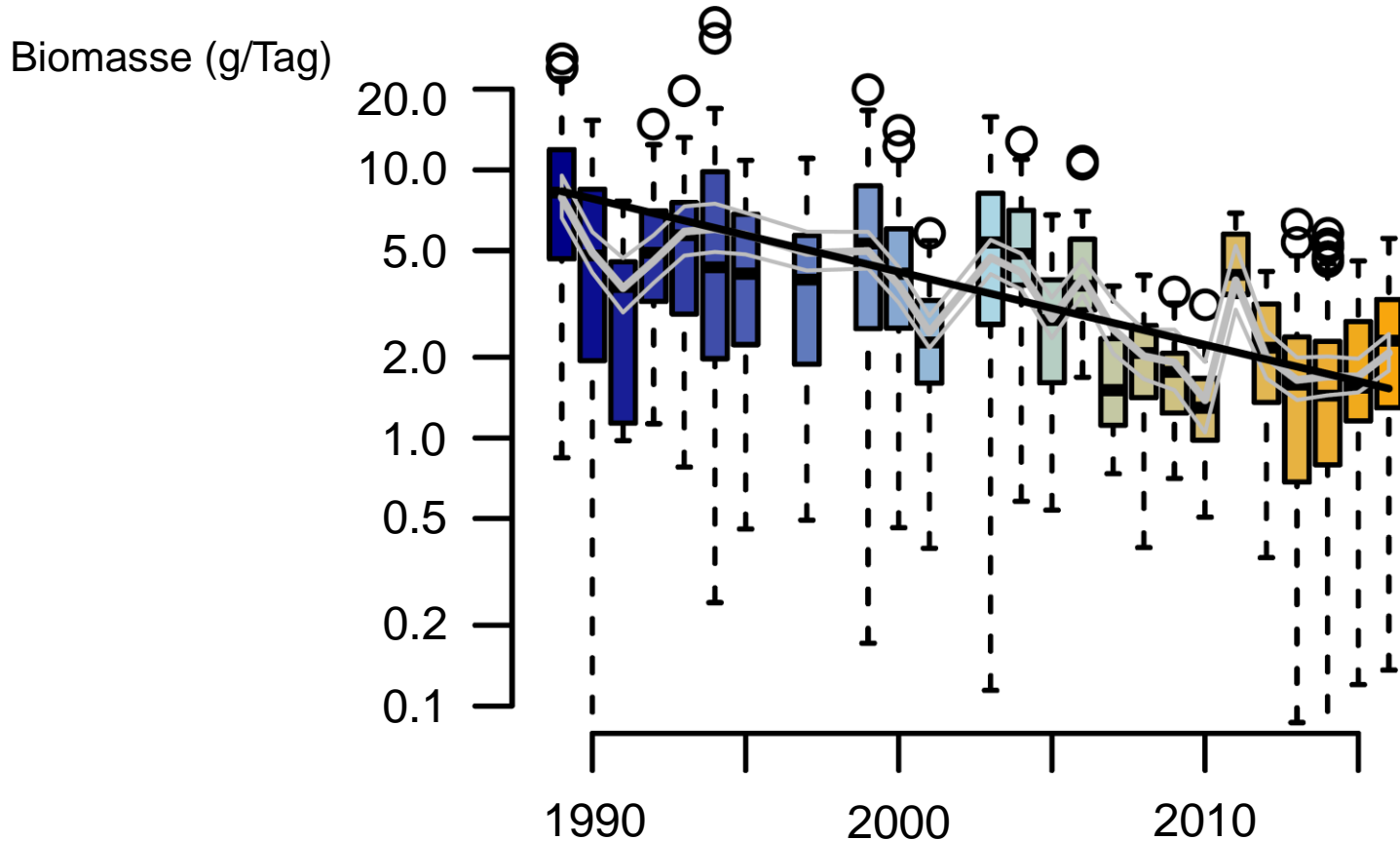
- (2) Wie erfahren wir mehr über Zustand und Entwicklung der Wildbienen-Populationen und die Veränderungen ihrer Lebensräume?
 - Entwicklung eines bundesweiten Biodiversitätsmonitorings in Agrarlandschaften



- (3) Wie können wir Biodiversität schützen und fördern?

1 Wie steht es um die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften?

Rückgang der Insektenbiomasse in Schutzgebieten Deutschlands



verändert nach Hallmann et al. 2017



Was ist Biodiversität?

(a) Artendiversität

(b) Phylogenetische Diversität

(c) Biomasse



Plantae



Bacteria



Fungi

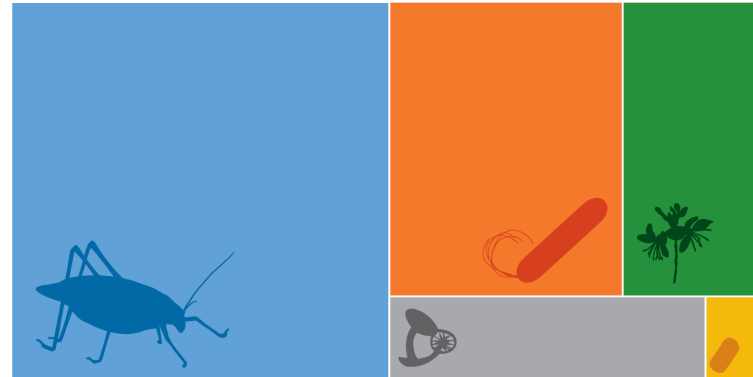


Archaea

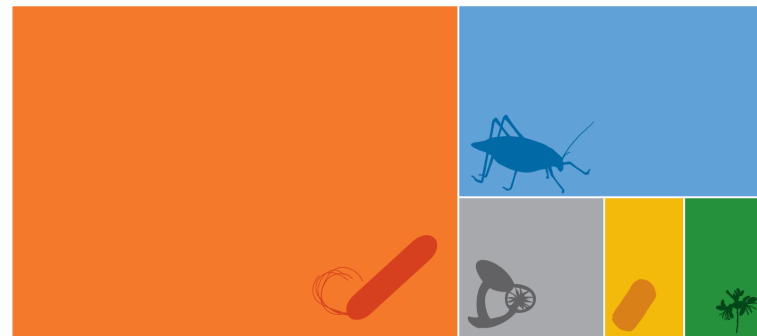


Animalia

a Species diversity



b Phylogenetic diversity



c Biomass



Díaz & Malhi 2022



Was ist Biodiversität?

Dimensionen der Biodiversität

Naturwissenschaftliche Dimensionen

Landschaften

Ökosysteme

Arten

Gene

Quantitativ

Qualitativ

Funktionell

Räumlich

Zeitlich

Sozioökonomische Dimensionen

Ökosystemleistungen

Naturkapital

verändert nach Dauber 2020



Warum brauchen wir Biodiversität?



Nataly-Nete/stock.adobe.com



JUAN GAERTNER/ SCIENCE PHOTO LIBRARY

Weber 2018



Krawczyk-Foto/stock.adobe.com



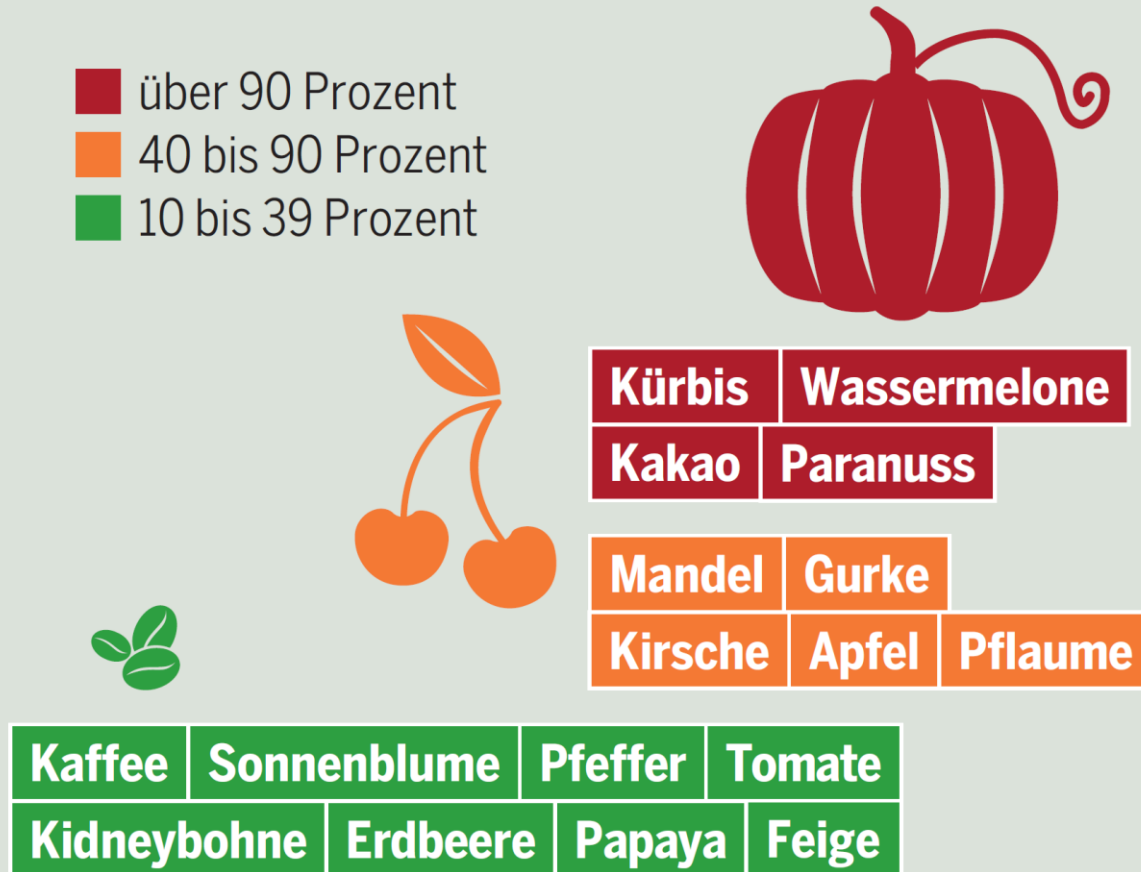
N. Hellwig



Ernteeinbußen ohne tierische Bestäubung

Ernteeinbußen bei Totalverlust tierischer Bestäubung, nach Frucht

- über 90 Prozent
- 40 bis 90 Prozent
- 10 bis 39 Prozent



© PESTIZIDATLAS 2022 / IPBES, SANCHEZ-BAYO, WYCHKHUS

Goulson 2022



Früchtequalität nach Art der Bestäubung

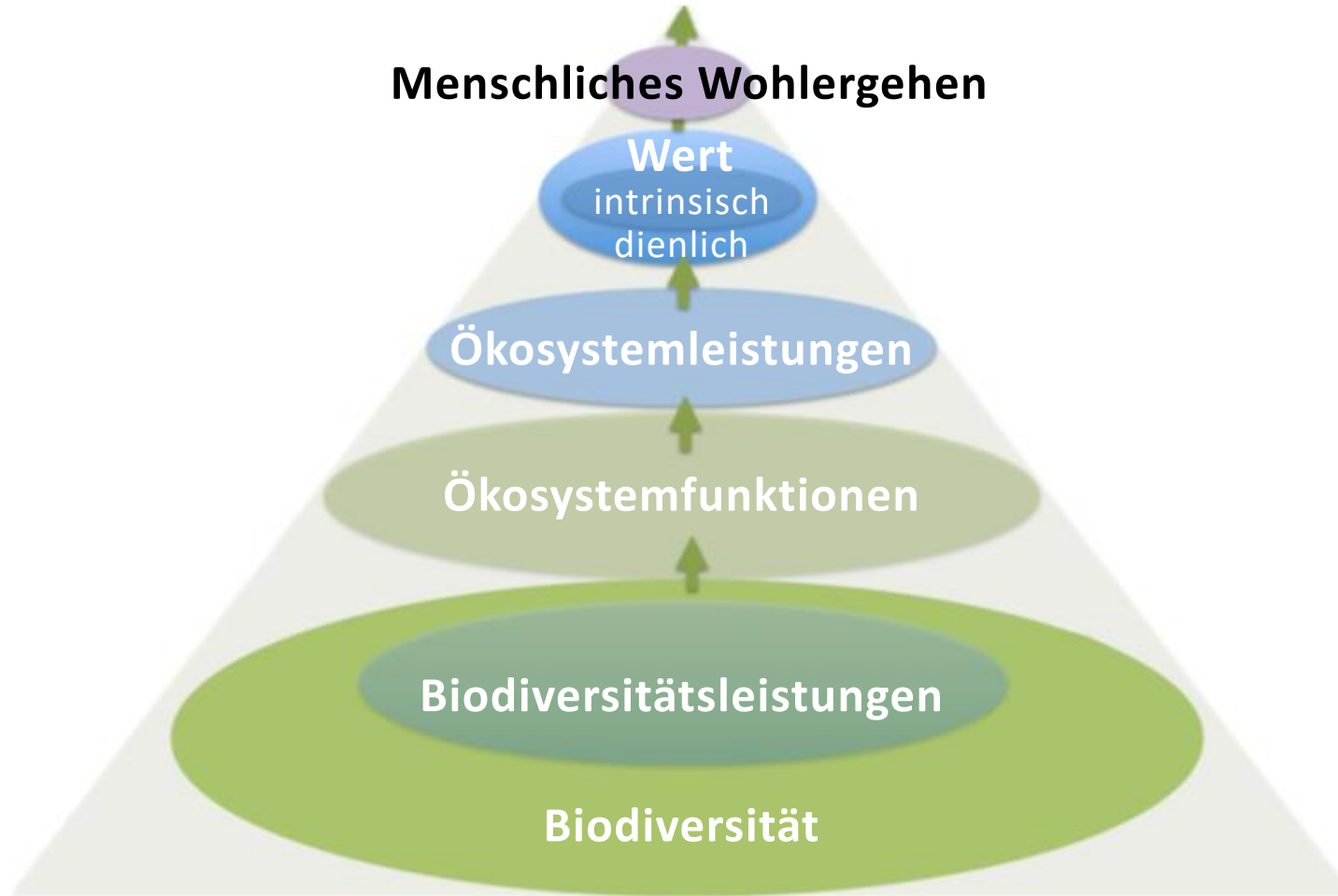


- **Bestäubung durch Insekten:** < 20 % verformte Erdbeeren
- **Bestäubung durch Wind:** ca. 65 % verformte Erdbeeren und kürzere Haltbarkeit

Klatt et al. 2014



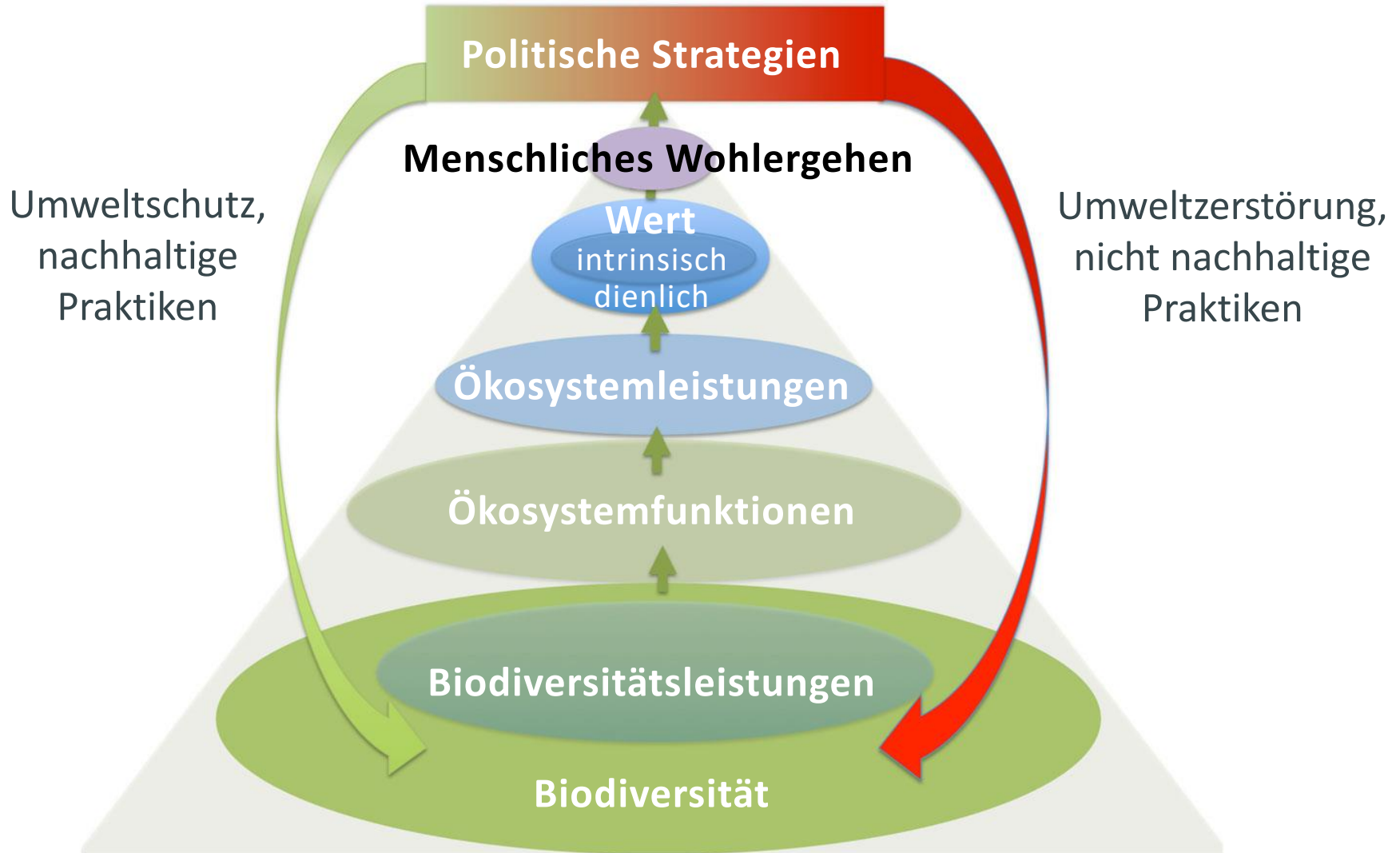
Biodiversität als Grundlage sozialökologischer Systeme



verändert nach Seddon et al. 2016



Biodiversität als Grundlage sozialökologischer Systeme



verändert nach Seddon et al. 2016

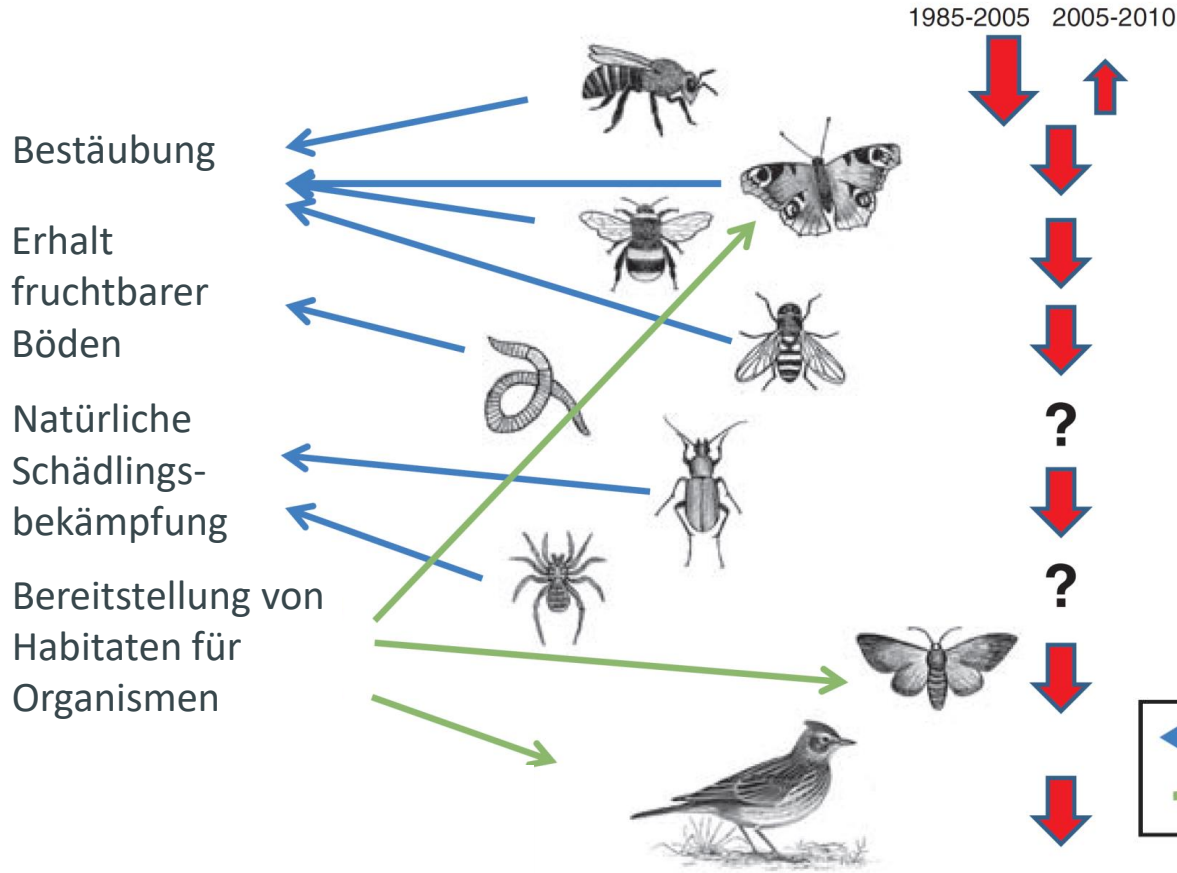


Verlust von Biodiversität → Verlust von Ökosystemleistungen

Ökosystemleistungen

Biodiversitätskomponenten

Trends in der Agrarlandschaft

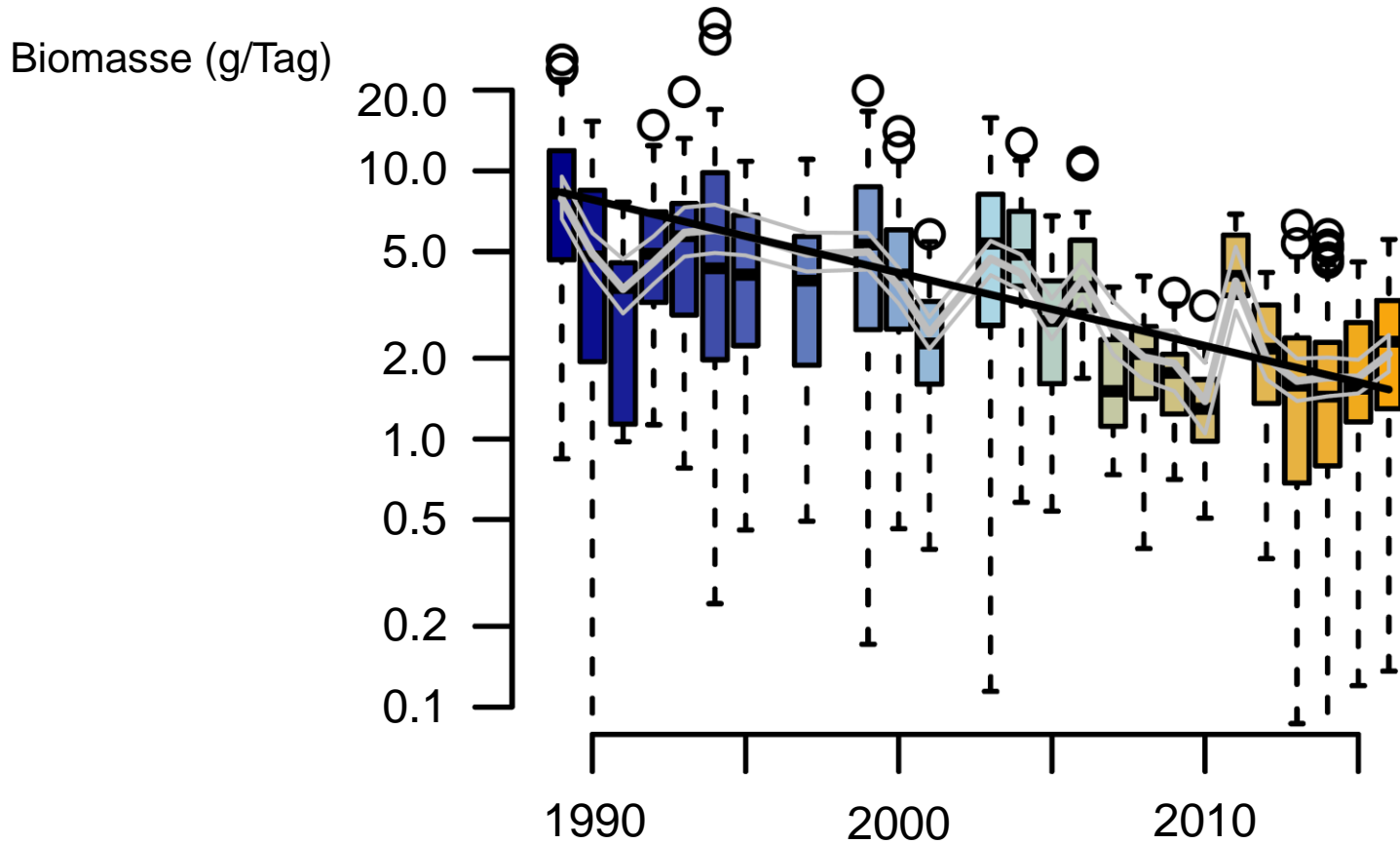


verändert nach EASAC 2015



Was wissen wir über den Verlust der Biodiversität?

Rückgang der Insektenbiomasse in Schutzgebieten Deutschlands



verändert nach Hallmann et al. 2017



Was wissen wir über den Verlust der Biodiversität?

Das sechste Massensterben der Erdgeschichte

REVIEW

doi:10.1038/nature09678

Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?

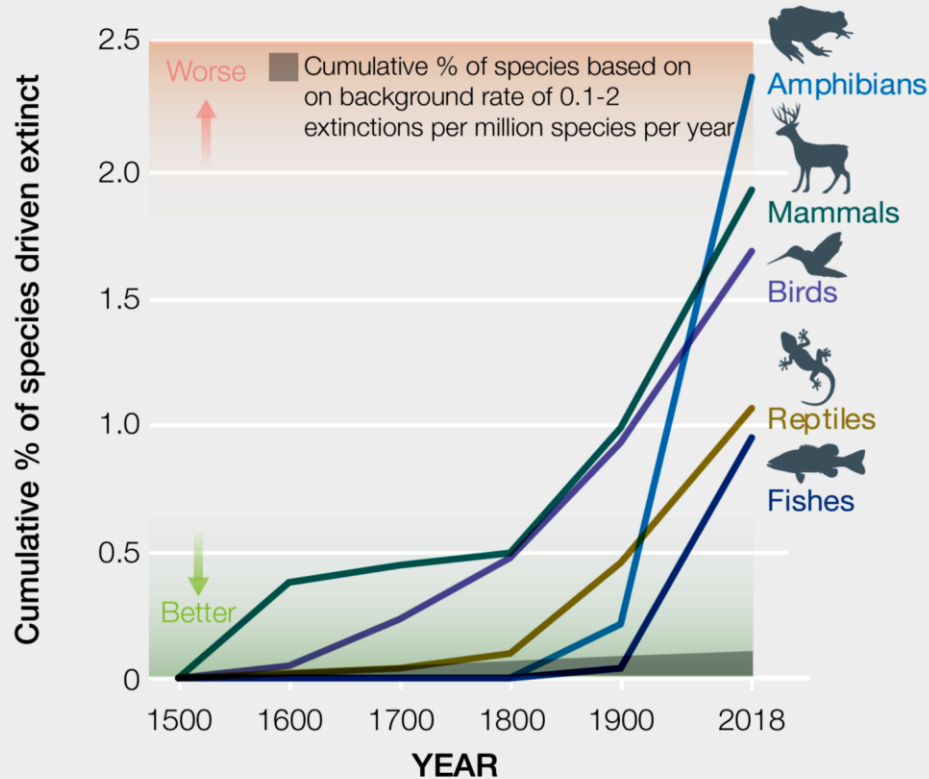
Anthony D. Barnosky^{1,2,3}, Nicholas Matzke¹, Susumu Tomiya^{1,2,3}, Guinevere O. U. Wogan^{1,3}, Brian Swartz^{1,2}, Tiago B. Quental^{1,2†}, Charles Marshall^{1,2}, Jenny L. McGuire^{1,2,3†}, Emily L. Lindsey^{1,2}, Kaitlin C. Maguire^{1,2}, Ben Mersey^{1,4} & Elizabeth A. Ferrer^{1,2}

Barnosky et al. 2011

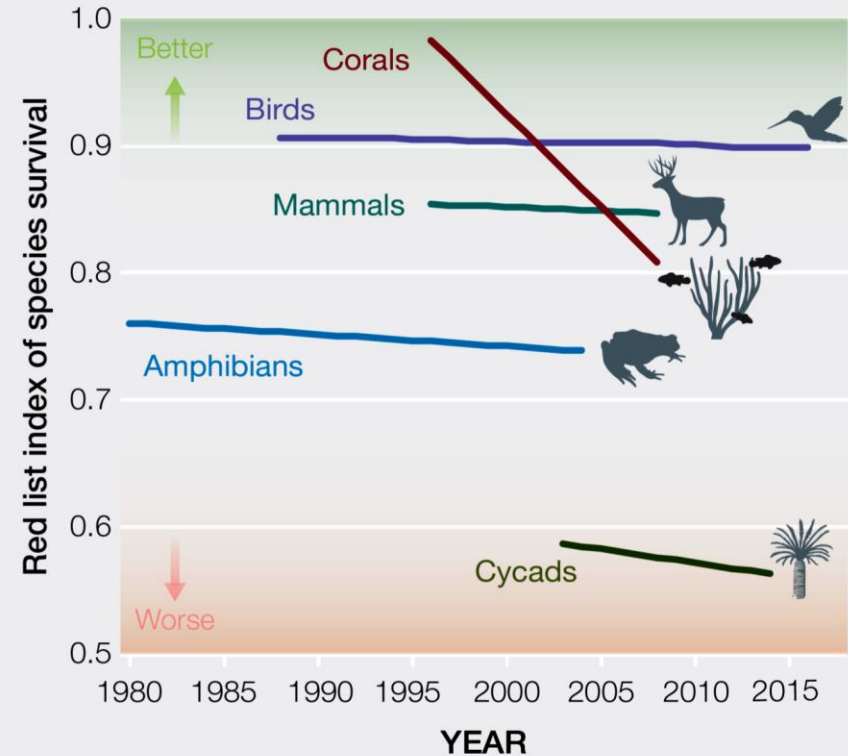


Zunahme an ausgestorbenen und gefährdeten Arten

Aussterbeereignisse seit 1500



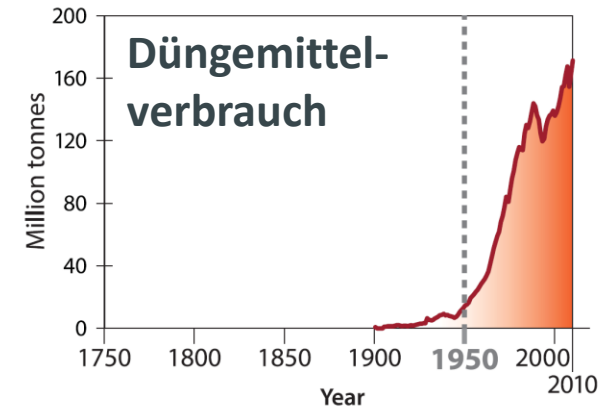
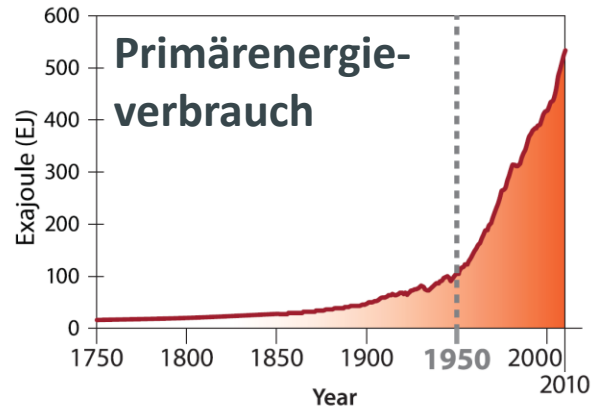
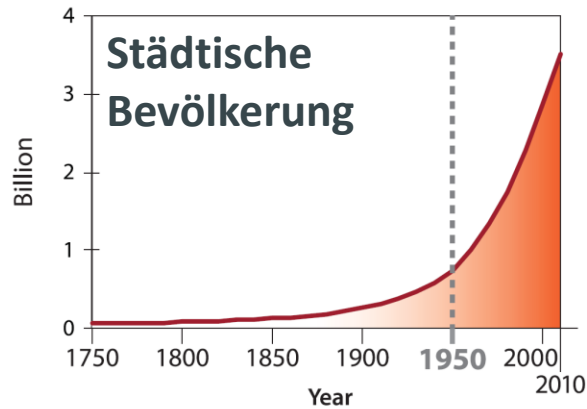
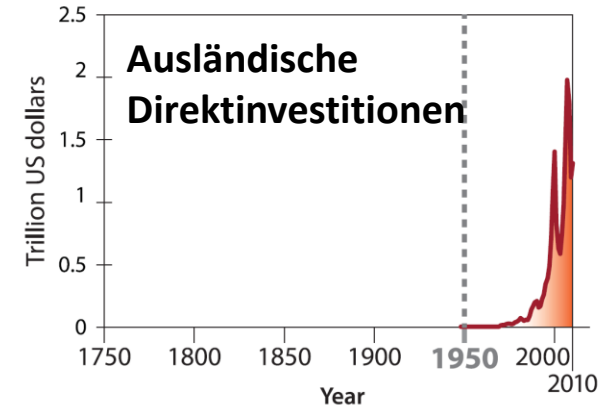
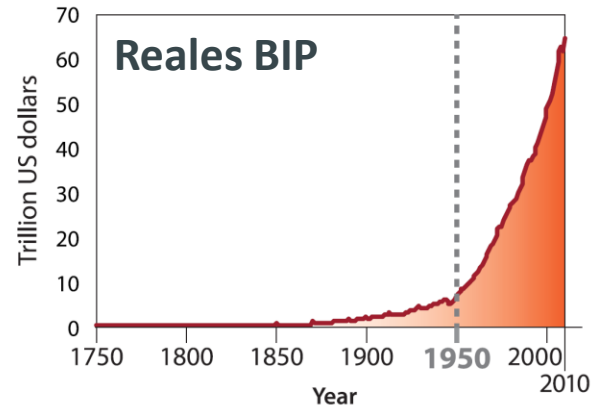
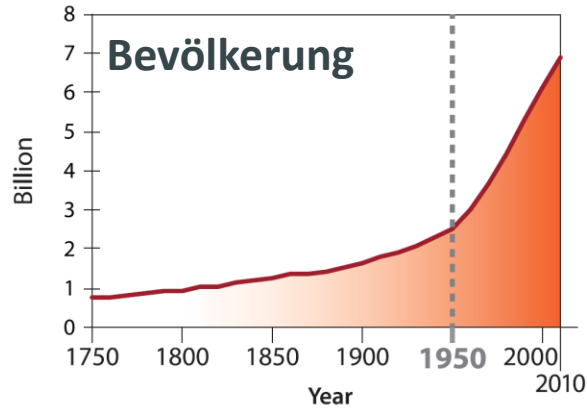
Abnahme des Rote-Liste-Index seit 1980



verändert nach IPBES 2019



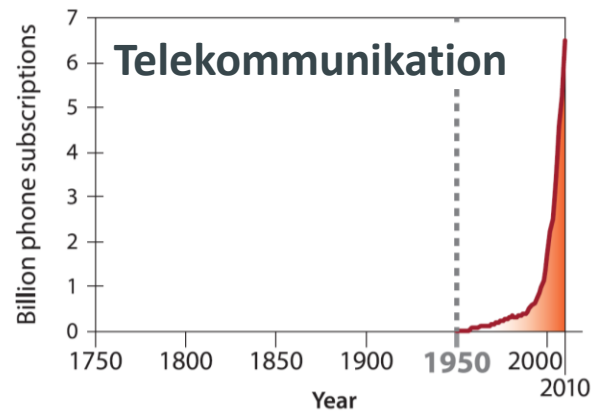
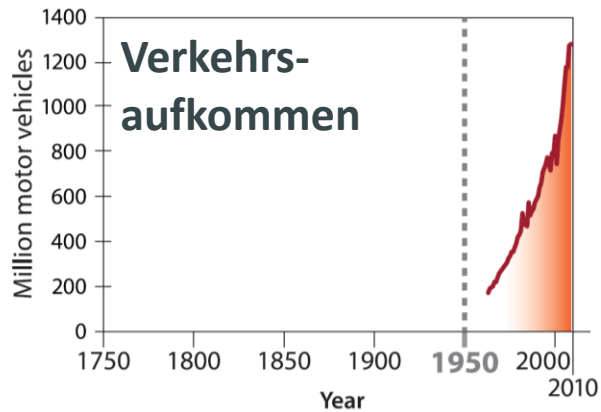
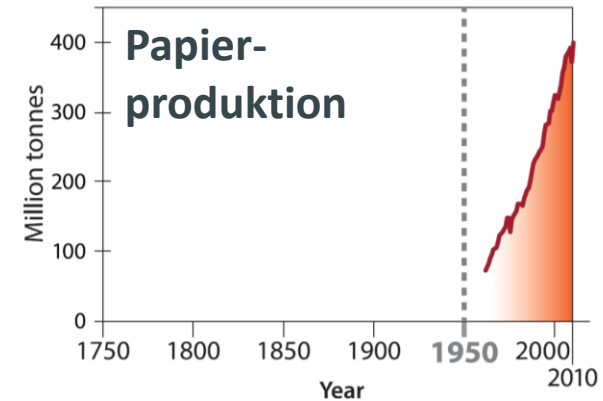
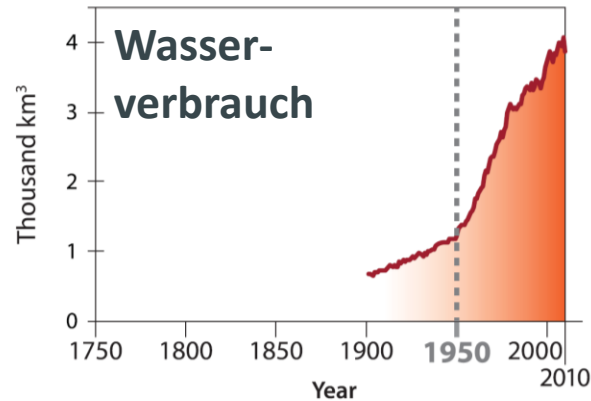
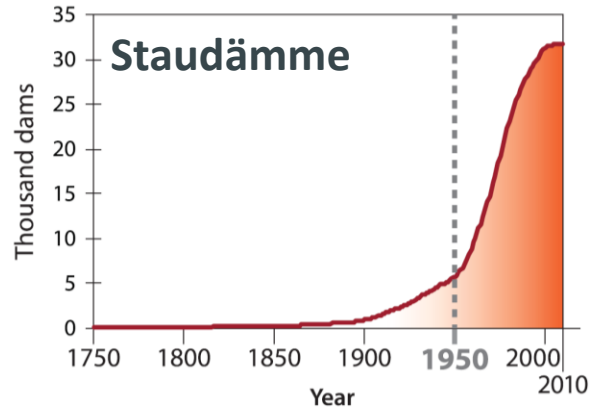
Ursachen verstehen: Megatrends des Anthropozän



verändert nach Steffen et al. 2015



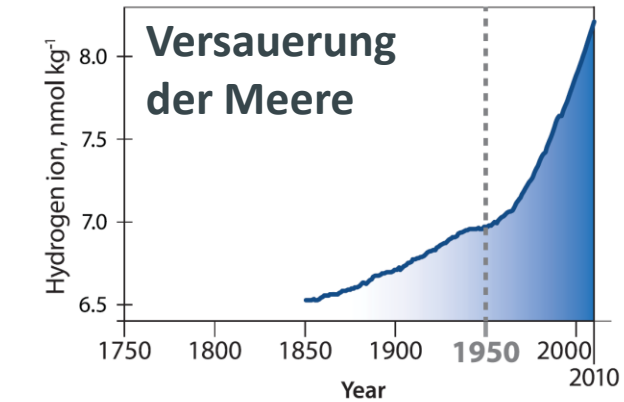
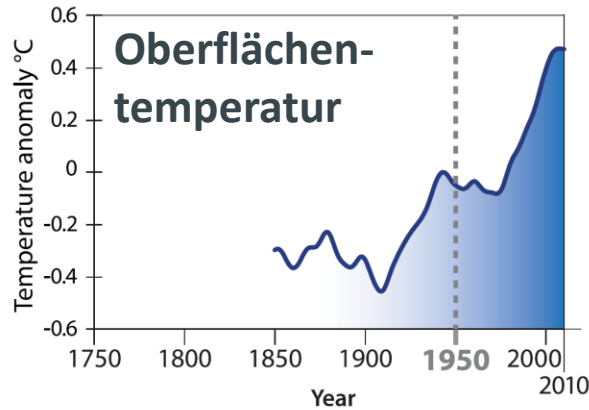
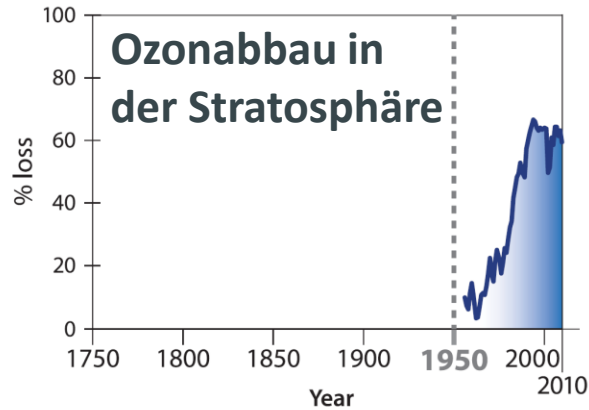
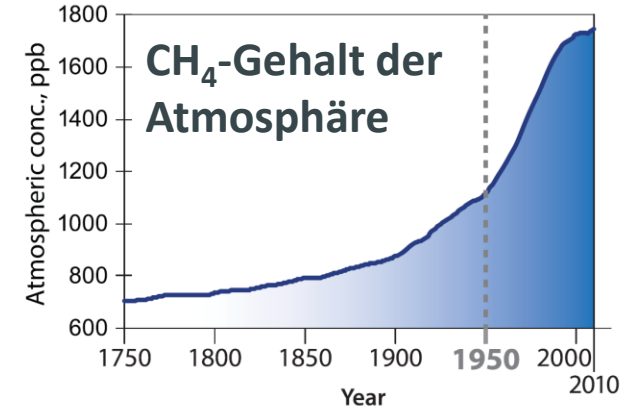
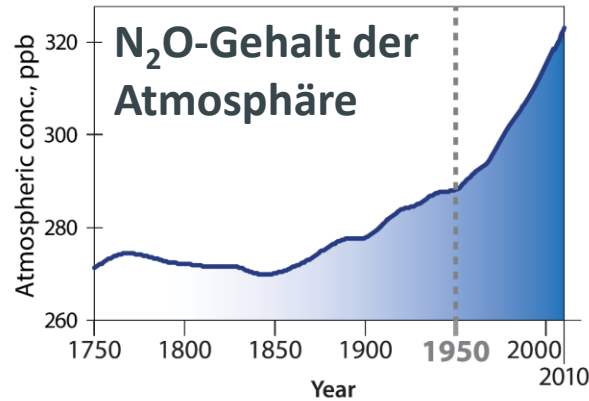
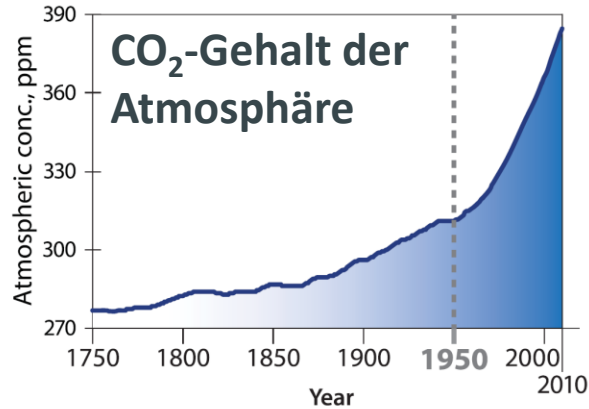
Ursachen verstehen: Megatrends des Anthropozän



verändert nach Steffen et al. 2015



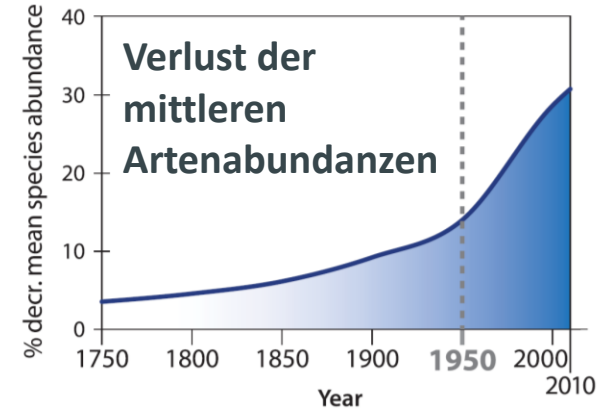
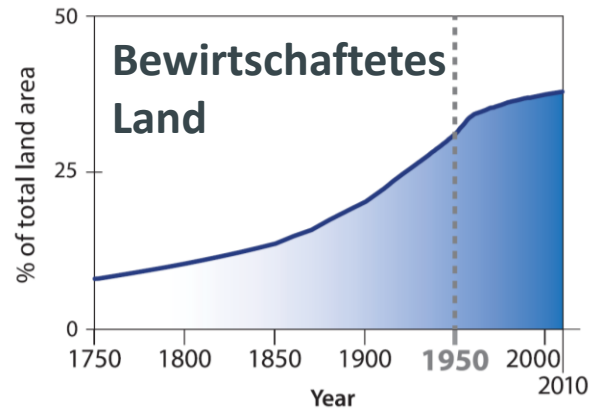
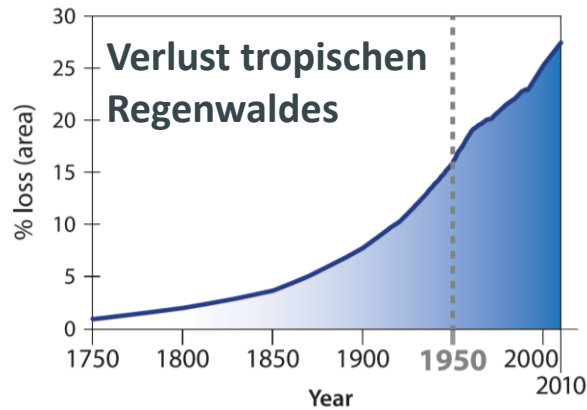
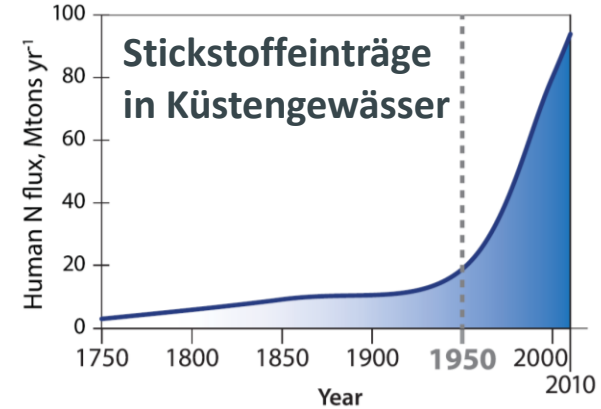
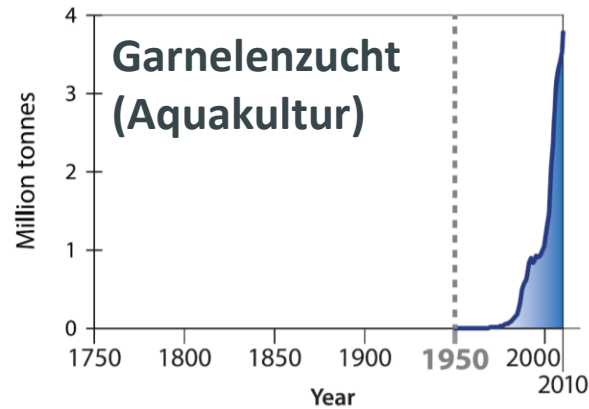
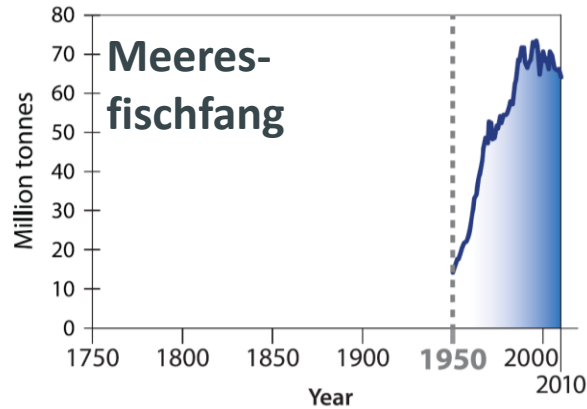
Ursachen verstehen: Megatrends des Anthropozän



verändert nach Steffen et al. 2015



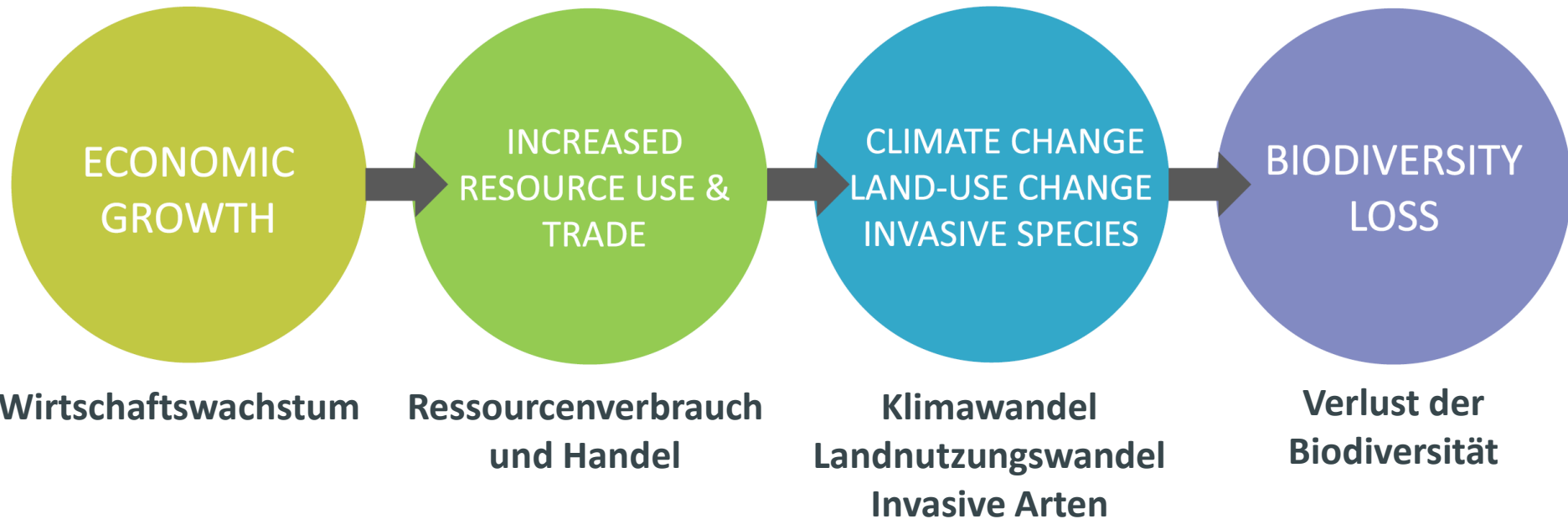
Ursachen verstehen: Megatrends des Anthropozän



verändert nach Steffen et al. 2015



Ursachen verstehen: Megatrends des Anthropozän



Otero et al. 2020

Landnutzungswandel in Mitteleuropa (Beispiel: Schweiz)



Arisdorf



Diegen

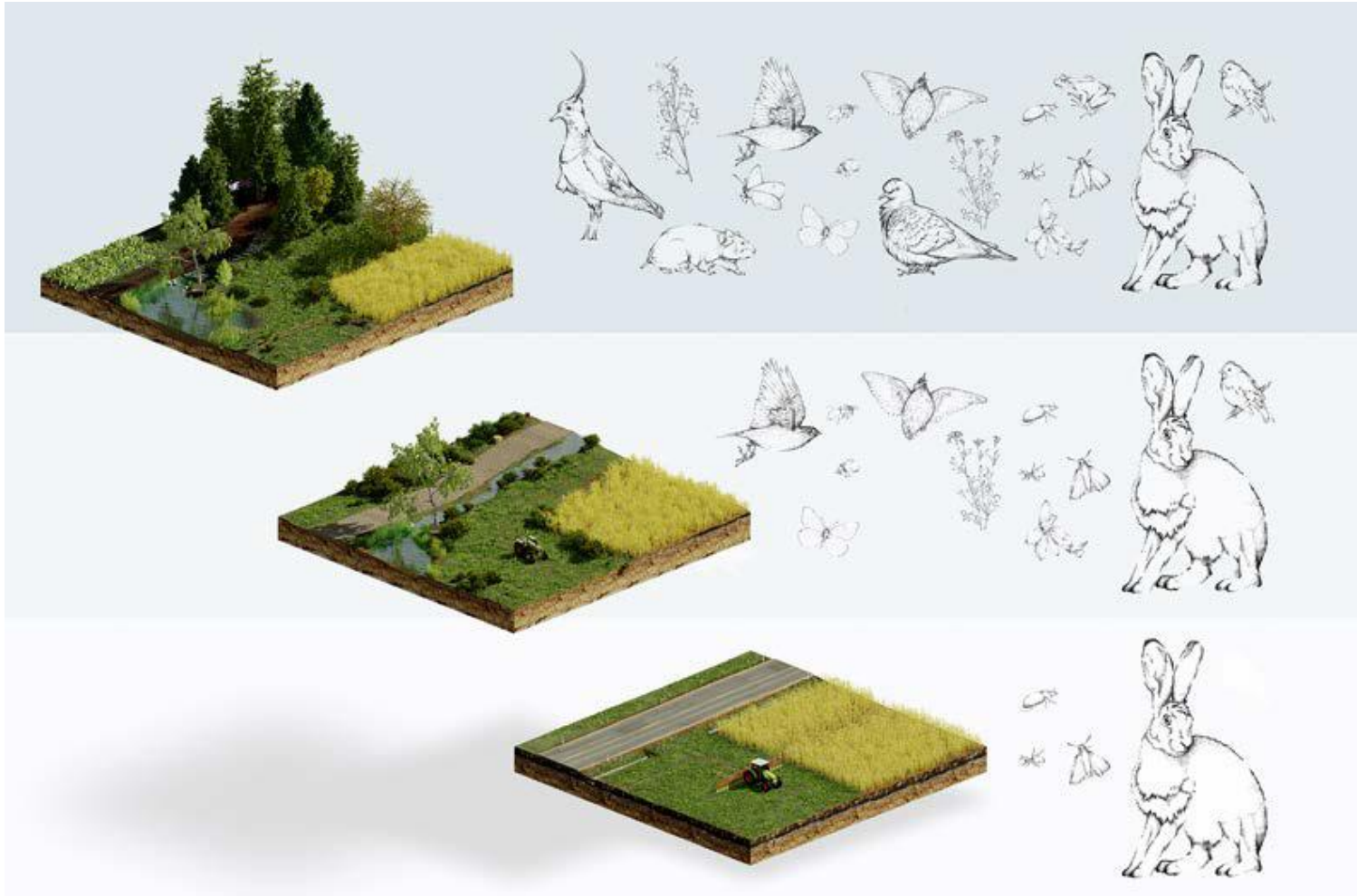


© K.M. Tanner,
K.C. Ewald

Essl & Rabitsch 2013



Landnutzungswandel in Mitteleuropa



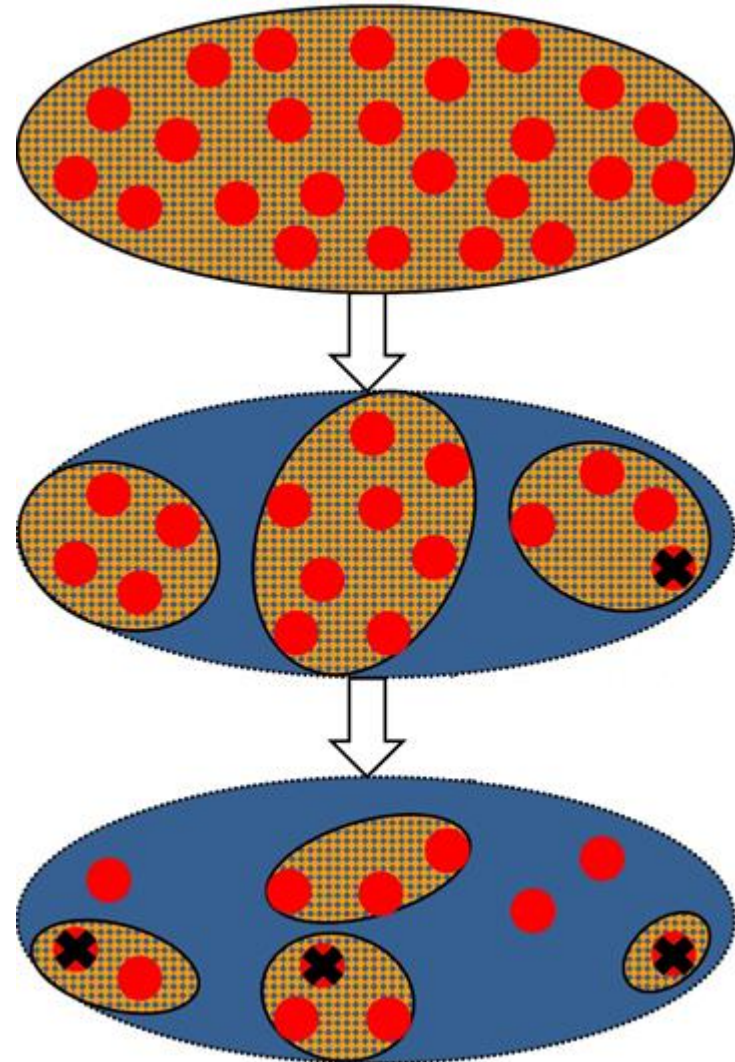
Leopoldina et al. 2020



Landnutzungswandel in Mitteleuropa

Habitatfragmentierung

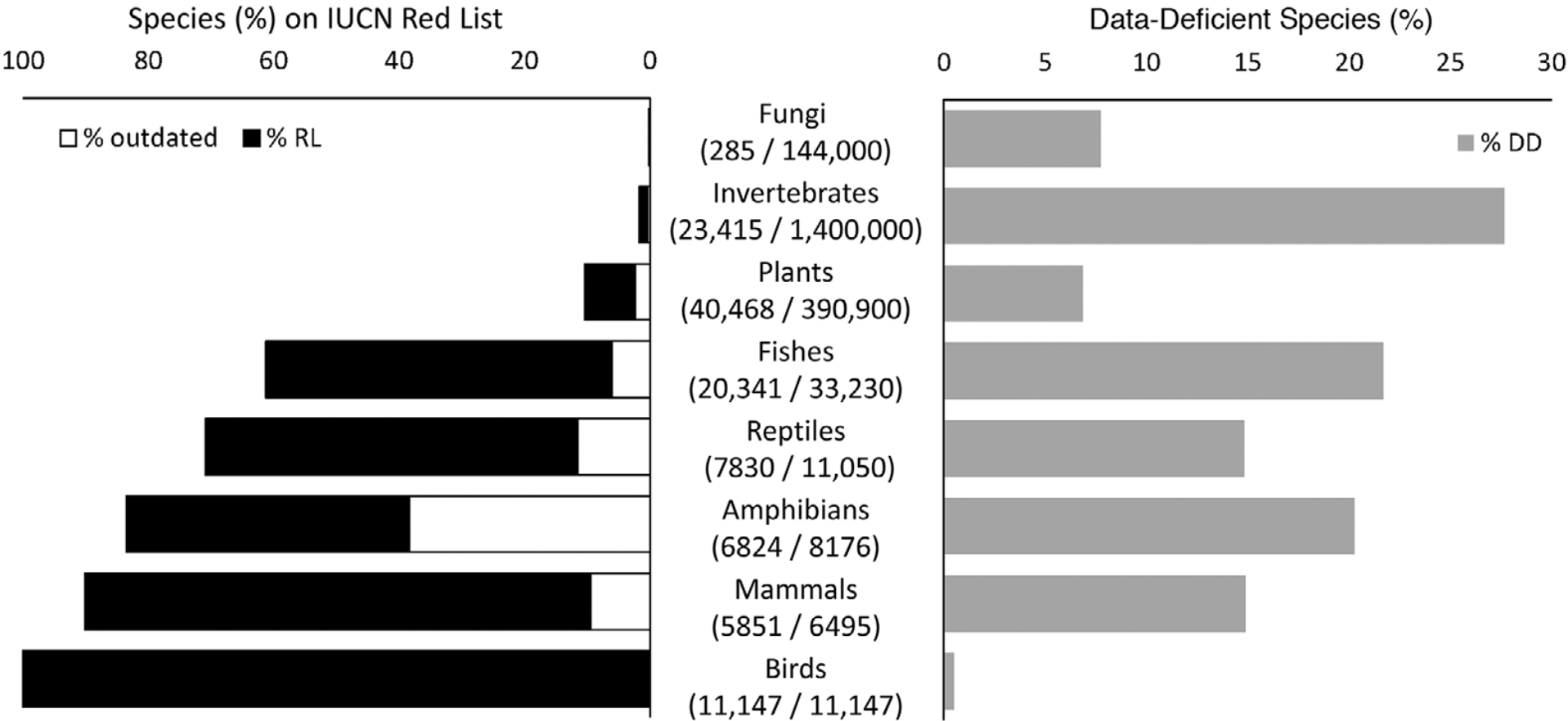
- Gefährdung von Spezialisten und Generalisten
 - durch **Wegfall ökologischer Nischen** und
 - durch **Verlust genetischer Diversität** innerhalb kleiner werdender Habitatfragmente



verändert nach Habel & Schmitt 2018



Es gibt noch große Wissenslücken...



Hochkirch et al. 2021

2

Wie erfahren wir mehr über Zustand und Entwicklung der Wildbienen-Populationen und die Veränderungen ihrer Lebensräume?



Andrena fulva



Chelostoma florissomne

N. Hellwig



Wildbienen- Diversität

fast 600 Arten in
Deutschland



Osmia cornuta



Anthophora plumipes



Anthidium manicatum



Bombus hypnorum



Xylocopa violacea



Megachile willughbiella



Andrena flavipes



Osmia bicornis



Halictus scabiosae



Andrena chrysoceles



Lasioglossum sexnotatum

N. Hellwig



Umwelteinflüsse aus Wildbienensicht



Habitat

Nahrung

Nistplätze

Nistmaterial

„Bienen-Landschaft“

Blühpflanzen

Totholz / Pflanzenstängel

Hohlräume

Schneckenhäuser

Bodeneigenschaften

Neigung / Exposition

Wetterlage

Umweltfaktoren

überwiegend
natürlich

überwiegend
anthropogen

Landbedeckung / Landnutzung

Vegetation

Pflanzenanbau

Klima

Pestizideinsatz

Boden

Flächenversiegelung

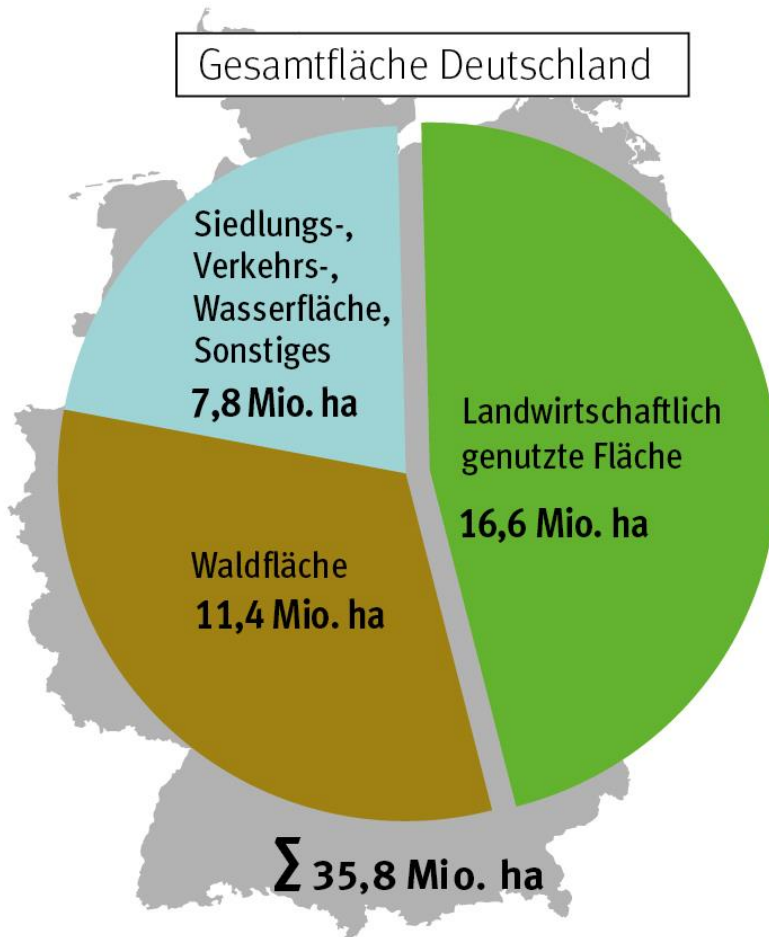
Topographie

Umweltschutz

Hellwig et al. 2022, verändert



Warum braucht Deutschland ein Agrarlandschaftsmonitoring?



Ausgangssituation

- ca. 46 % der Fläche Deutschlands wird landwirtschaftlich genutzt
- Veränderungen in **landwirtschaftlicher Nutzung** und Bewirtschaftungsformen sind **Hauptursache für Rückgang der Biodiversität**

Quelle: FNR, BMEL, Statistisches Bundesamt
© FNR 2023



Entwicklung eines **bundesweiten Biodiversitätsmonitorings in Agrarlandschaften**,
das Veränderungen der biologischen Vielfalt erfasst
(komplementär zu bestehenden Ansätzen, Schnittstelle zum Wald),
eine **Bewertung agrarumweltpolitischer Maßnahmen** ermöglicht
und das bestehende Indikatorenset um **relevante Indikatoren für die
Landwirtschaft** ergänzt.





Pilotphase (2019-2023)

Ab 2024:
Umsetzungsphase
ausgewählter Module



Kooperationsprojekte



Ziel des Wildbienen-Monitorings in Agrarlandschaften



1 Schaffen einer **wissenschaftlichen Datengrundlage**

zum Zustand und zur Entwicklung von Wildbienenbeständen,
zur Wirkung von biodiversitätsfördernden Maßnahmen auf Wildbienen,
zur Bestäubungsleistung,
zu Ursachen für den Rückgang von Wildbienen,

2 Einbinden von Ehrenamtlichen im Monitoring



**Politik beraten,
Öffentlichkeit informieren**

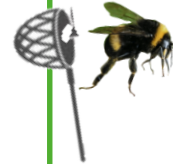


L. Lindermann



Wildbienen-Monitoring: Aktuell getestete Module

**Monitoring hohlraumnistender
Wildbienen**



Hummel-Monitoring

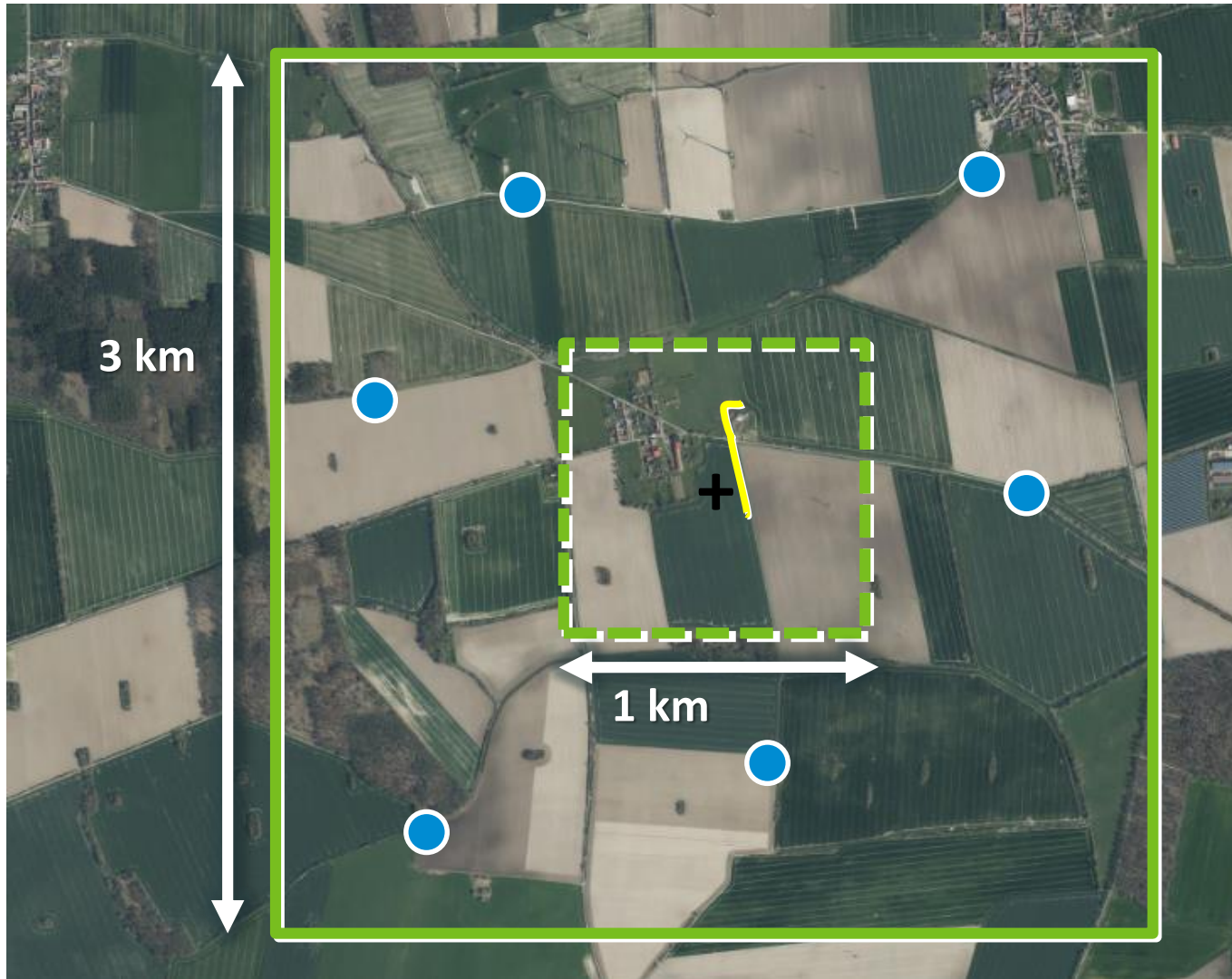


Citizen Science

- niedrigschwelliges Angebot -



Landschaftsfenster als Sampling-Einheit



- + LUCAS-Gitterpunkt
- Nisthilfestandorte für hohlraumnistende Wildbienen
- Transekt für das Hummel-Monitoring

Hintergrundkarte: DOP20 (BKG)

verändert nach Hellwig et al. *eingereicht*

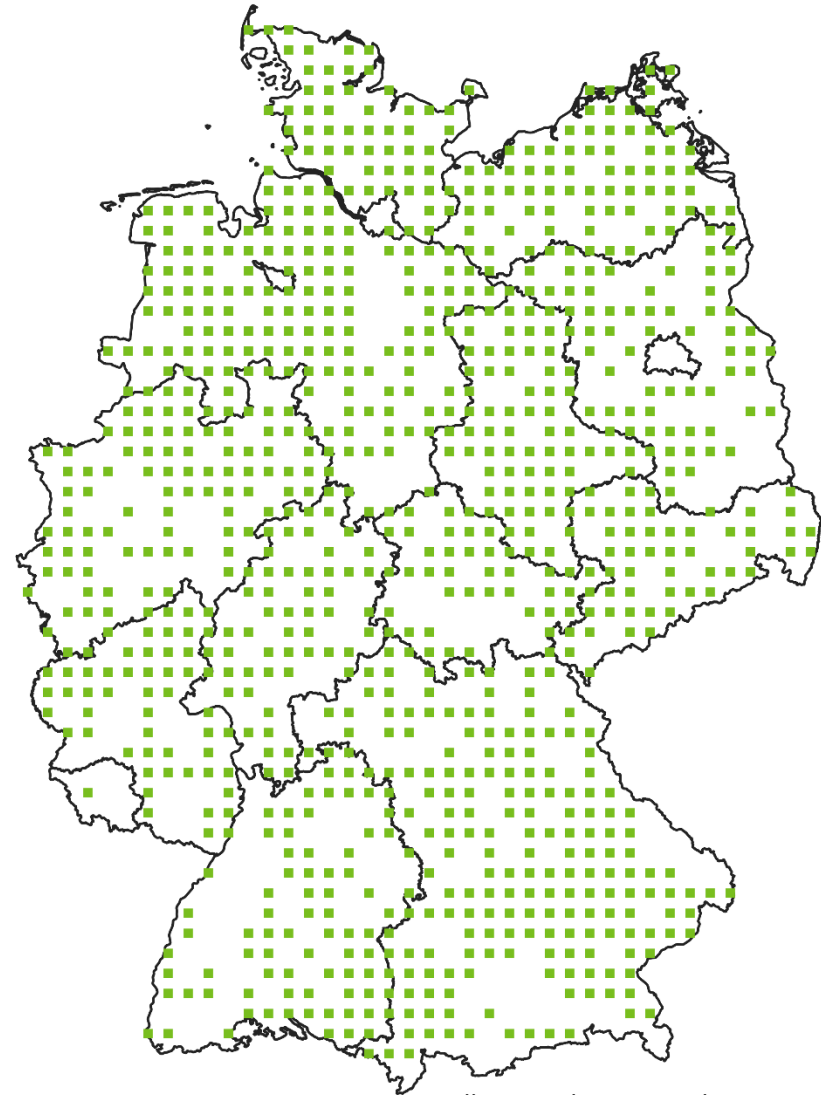


Stichprobenkulisse in Agrarlandschaften Deutschlands

Auswertung auf Bundesebene:
950 LUCAS-Monitoringflächen

Anforderung an die LUCAS-Monitoringflächen:
Mindestens 30 % der Fläche müssen
in landwirtschaftlicher Nutzung sein

Flächen in Ihrer Nähe:
[https://wildbienen.thuenen.de/
mitmachen/monitoring-flaechen](https://wildbienen.thuenen.de/mitmachen/monitoring-flaechen)

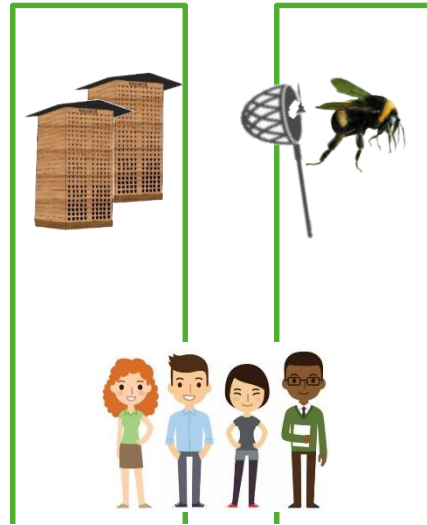


Hellwig et al. *eingereicht*



Wildbienen-Monitoring: Aktuell getestete Module

- Beobachterunabhängige Daten
- Aussagen zur Beziehung Wildbienen ~ Agrarlandschaft
- Umweltbildung



Citizen Science

- niedrigschwelliges Angebot -



Expert*innen

- Validierung der Fotos -



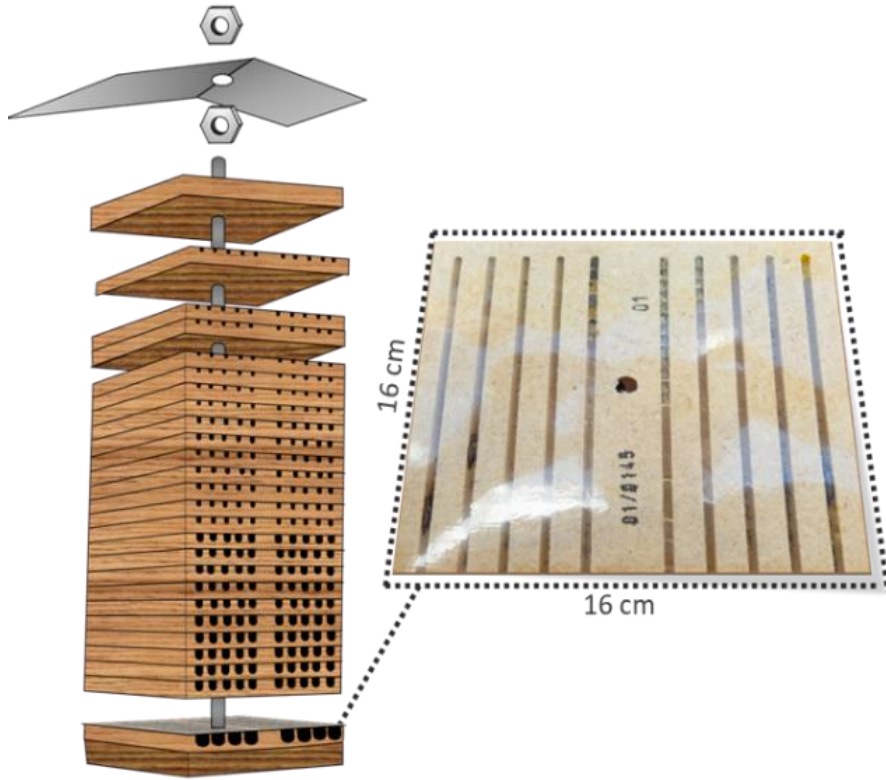
DNA-Analyse

- Artebene, Ressourcen -

- Einstieg in die Wildbienen-Bestimmung
- Aufbau von Wildbienen-Expertise



Monitoring hohlraumnistender Wildbienen



Lindermann et al. *eingereicht*



L. Lindermann



Monitoring hohlraumnistender Wildbienen

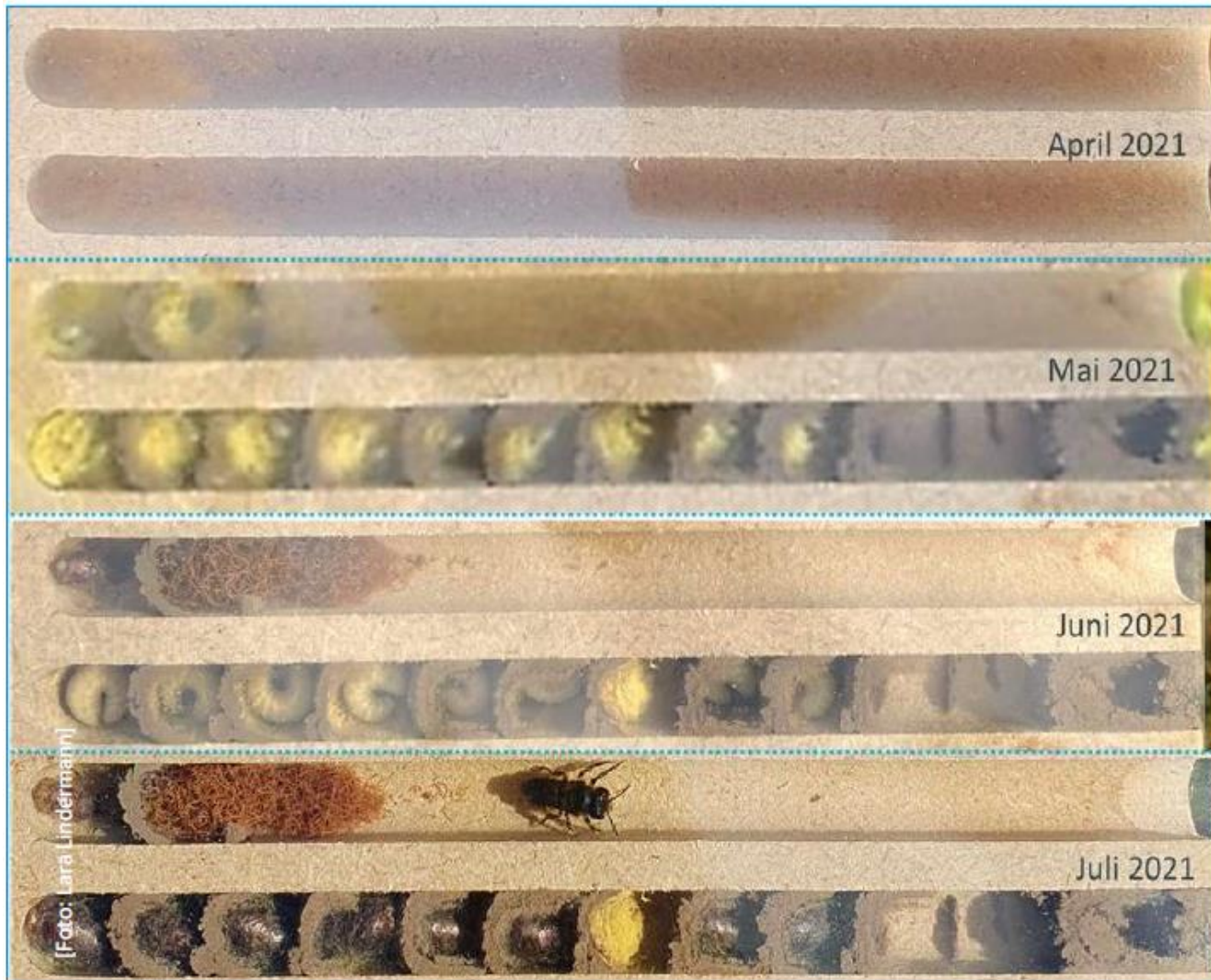
Bestimmungsschlüssel zum Download:

wildbienen.thuenen.de





Monitoring hohlraumnistender Wildbienen





Monitoring hohlraumnistender Wildbienen

In drei Schritten zu standardisierten und beobachterunabhängigen Daten:

Aufstellen der Nisthilfen

[Feb/März, April/Mai]

1 Kontrolle / Monat

[April-September]

eDNA-Sampling





Monitoring hohlraumnistender Wildbienen

Freiwillige berichten von Ihren Erfahrungen bei der Teilnahme im Monitoring:

<https://vimeo.com/thuenen>





Ergebnisse der Testphase

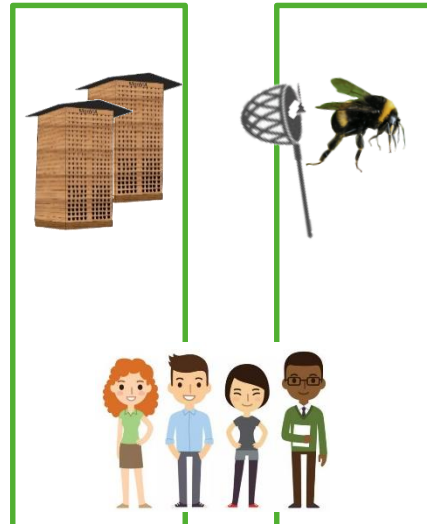


- ✓ Standardisierte Nisthilfe
[Publikation in Vorbereitung]
- ✓ Monatliche Öffnung ist störungsfrei
[Ergebnis einer Abschlussarbeit]
- ✓ Ehrenamtliche können Bewohner identifizieren (92% korrekt)
[Publikation in Begutachtung]
- ✓ Schlüpfende adulte Tiere können automatisch identifiziert werden (82-86 % korrekt)
[Publikation in Vorbereitung]
- ✓ Erfassung mittels eDNA ist möglich
[Publikation in Begutachtung]



Wildbienen-Monitoring: Aktuell getestete Module

- Beobachterunabhängige Daten
- Aussagen zur Beziehung Wildbienen ~ Agrarlandschaft
- Umweltbildung



Citizen Science

- niedrigschwelliges Angebot -



Expert*innen

- Validierung der Fotos -



DNA-Analyse

- Artebene, Ressourcen -

- Einstieg in die Wildbienen-Bestimmung
- Aufbau von Wildbienen-Expertise



Hummel-Monitoring

- **Transekt-Erfassung** auf Wegen, entlang so vieler Habitats wie möglich
- 8 Begehungen von März bis Oktober
- Requisitenorientierte Erfassung





Hummel-Monitoring

Ablauf des Hummel-Monitorings für die freiwilligen Teilnehmer*innen

- Teilnahme an **Bestimmungskursen**
- Belegfotos von gesichteten Hummeln gewährleisten die **Qualität der Monitoringdaten**
- **Rückmeldungen zu Bestimmungsergebnissen**
- **Austauschtreffen**





Hummel-Monitoring

Die sieben häufigsten Hummelarten in der Agrarlandschaft
<https://wildbienen.thuenen.de/>



	Königin/Arbeiterin	Männchen	Anmerkungen
Erdhummel (Komplex) <i>Bombus terrestris</i>			Dem Erdhummel- oder terrestris-lucorum-Komplex gehören vier schwer unterscheidbare Arten an: Dunkle Erdhummel (<i>B. terrestris</i>), Helle Erdhummel (<i>B. lucorum</i>), Kryptarum-Erdhummel (<i>B. cryptarum</i>) und Große Erdhummel (<i>B. magnus</i>)
Steinhummel <i>Bombus lapidarius</i>			Die Steinhummel ist nur schwer von ähnlich gefärbten Arten zu unterscheiden. Dazu zählen Distelhummel (<i>B. soroeensis</i>), Samthummel (<i>B. consus</i>) und Felsen-Kuckuckshummel (<i>B. ruderstris</i>).
Ackerhummel <i>Bombus pascuorum</i>			Sehr variable Art. Verwechslungen sind mit der Mooshummel (<i>B. muscorum</i>) und der Verdienlicherchen Hummel (<i>B. humilis</i>) möglich.
Bunthummel (Weidh.) <i>Bombus lucorum</i>			Kann Ähnlichkeiten zur Sandhummel (<i>B. veteris</i>) aufweisen.
Gartenhummel <i>Bombus hortorum</i>			Große Ähnlichkeit zur Feldhummel (<i>B. ruderstris</i>)
Baumhummel <i>Bombus hyporum</i>			
Wiesenhummel <i>Bombus pratorum</i>			

Legende

Fabrikvarianten sind als getrennte Körperhüllen dargestellt
 - Kopf
 - Brust/Thorax
 - Hinterleib/Abdomen
 - Rücken-segmente T1-T8
 - Segmente 6-7
 - Segmente 8-9

Weiterführende Bestimmungsliteratur
 Galka et al., 2018, Quetz & Neyer Verlag, Wildbienen Welt, 2019, Südwestverlag, Edelweiss
 v. Hagen & Aichhorn, 2014, Fauna Verlag, Notulae
 Pohl et al., 2010, Natur, 138: 978-990-089312-7

Bildquellen
 Alle Fotoaufnahmen unterliegen der Creative Commons License
<https://commons.wikimedia.org>, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/depot/>

Sommerlandt 2021.v1

Bestimmungshilfen für Hummelarten

Wiesenhummel - *Bombus (Pyrobombus) pratorum* (Linnaeus 1761)

Kopf kurz

- Bei **Weibchen** auf dem Thorax direkt hinter dem Kopf immer (manchmal nur sehr wenige) gelbe Haare.
- Die Männchen ähneln jenen der Steinhummel. Allerdings ist das Gesicht **weniger kontrastreich** gefärbt und gelbe Behaarung auch oberhalb der Antennenbasis sichtbar. Der Mandibelbart der Männchen ist hell.
- Gesichtsbehaarung der Männchen kann **sehr variabel** sein (auch im gleichen Untersuchungsgebiet).

Mandibel
mit 2 Zähnen und geradem Saugrand

Metatarsus 2
lange dünne und dicke kurze Haare

Metatarsus 3
abgenudelt

© G. Beuerle

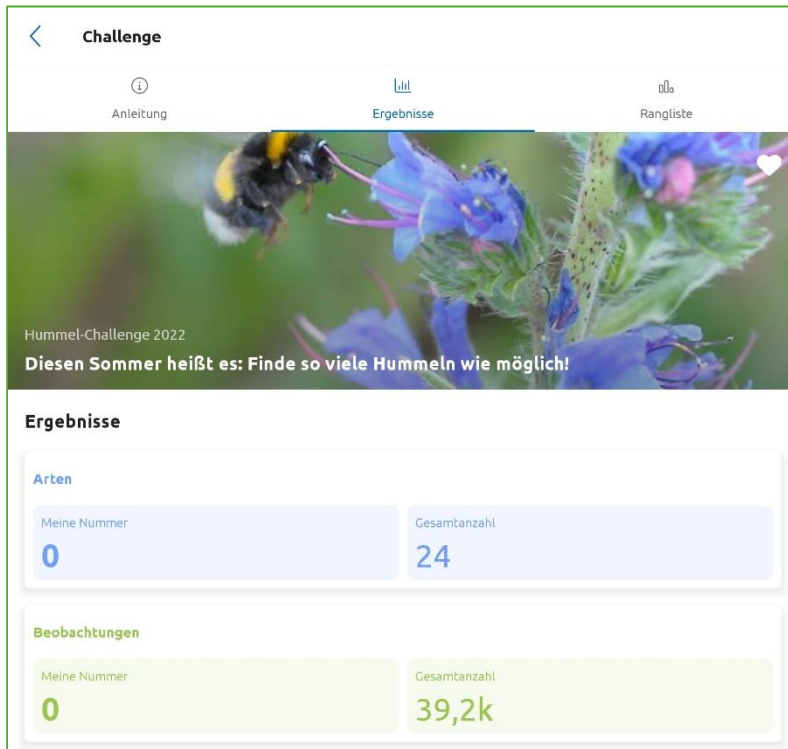
© S. Grabener

© S. Grabener

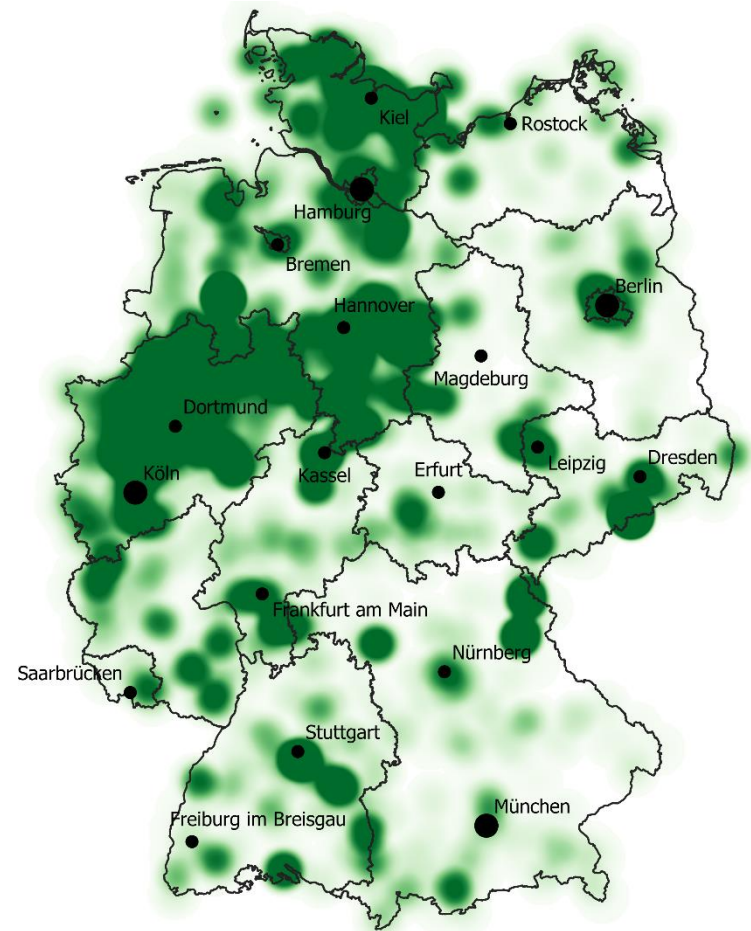


Hummel-Challenge

Zusammenarbeit mit [observation.org](https://www.observation.org)
Identifizierung mit Fotos über ObsIdentify



Beobachtungen 24.07.-06.08.2023



→ mehr als 50.000 Beobachtungen aus
insgesamt 9 Wochen in 2022 und 2023

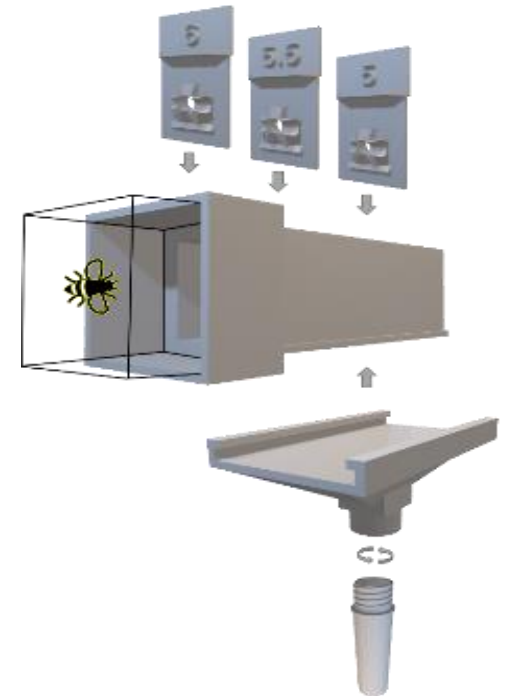


Ergebnisse der Testphase



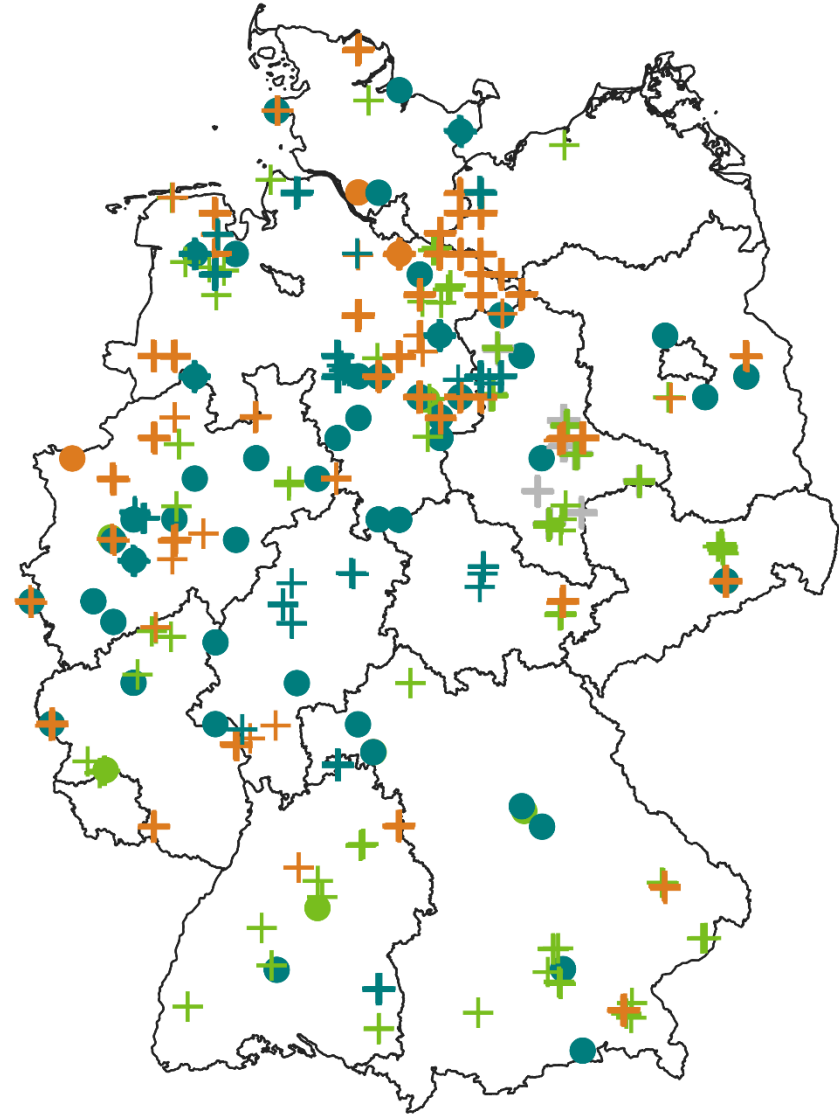
F. Sommerlandt

- ✓ Standardisierte Hummel-Transekte
[Publikation in Vorbereitung]
- ✓ Ehrenamtliche haben seit 2021 Hummeln aus 12 Artengruppen nachgewiesen
[Publikation in Vorbereitung]
- ✓ Hummel-Challenge eignet sich für die Erhebung unstrukturierter Daten
[Publikation in Vorbereitung]
- ✓ Pollenhöschen lassen sich schonend mit dem „Pollenstripper“ einsammeln (Quote bisher ~45%)
[Publikation in Vorbereitung]





Bisherige Monitoringaktivitäten Freiwilliger in Deutschland



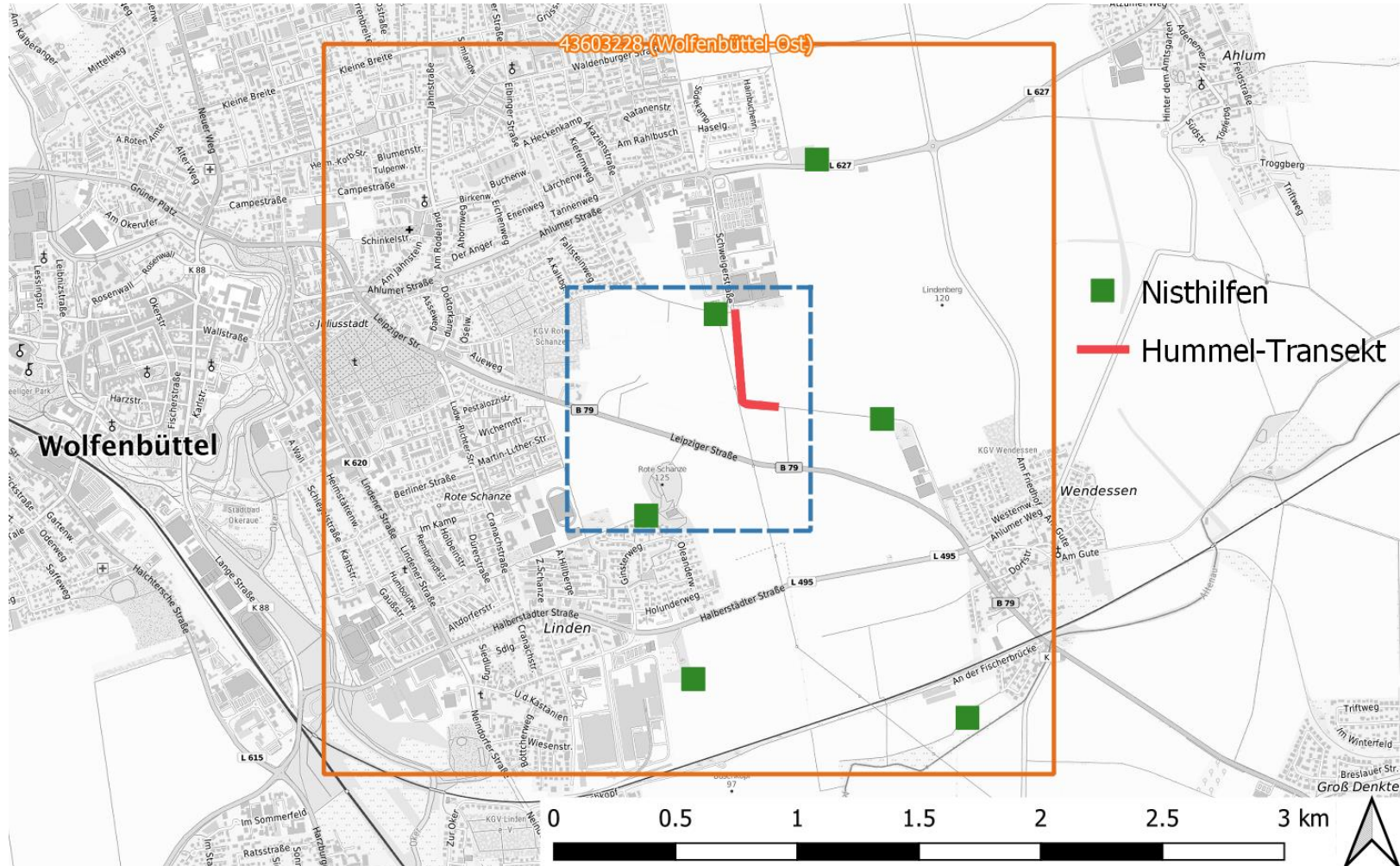
	2020	2021	2022	2023
Nisthilfenstandorte	+	+	+	+
Hummel-Transekte		●	●	●

Stand: November 2023


Hintergrundkarte: © GeoBasis-DE / BKG (2023)



Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost

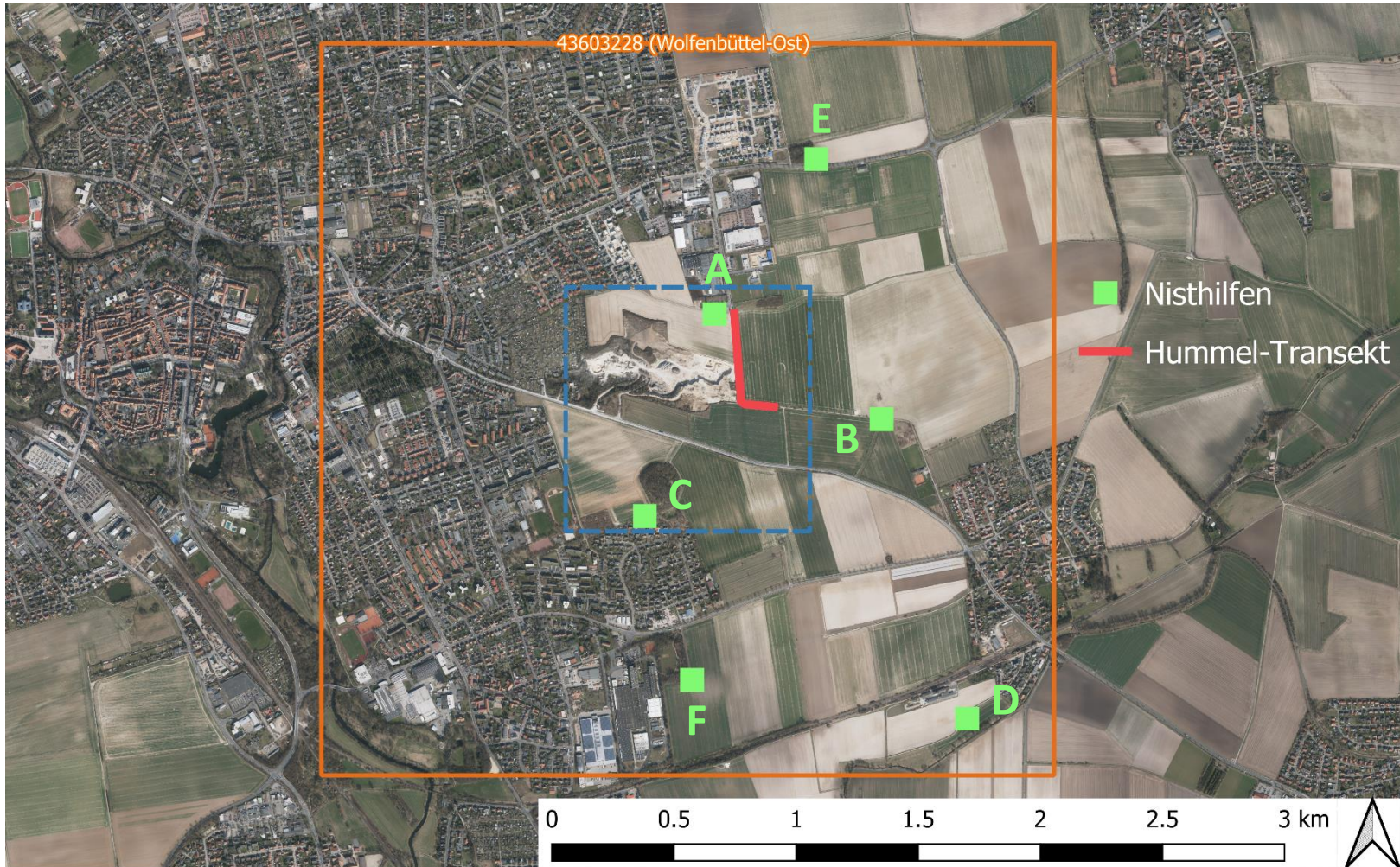


Hintergrundkarte: © TopPlusOpen / BKG (2023)

 Landschaftsfenster im Wildbienenmonitoring



Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost



Hintergrundkarte: © DOP20 / BKG (2023)

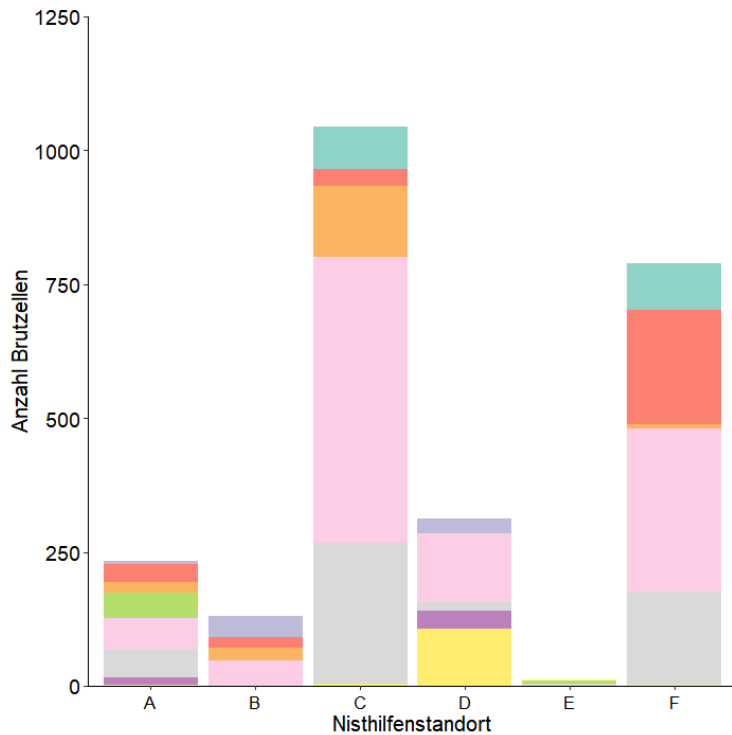
 Landschaftsfenster im Wildbienenmonitoring



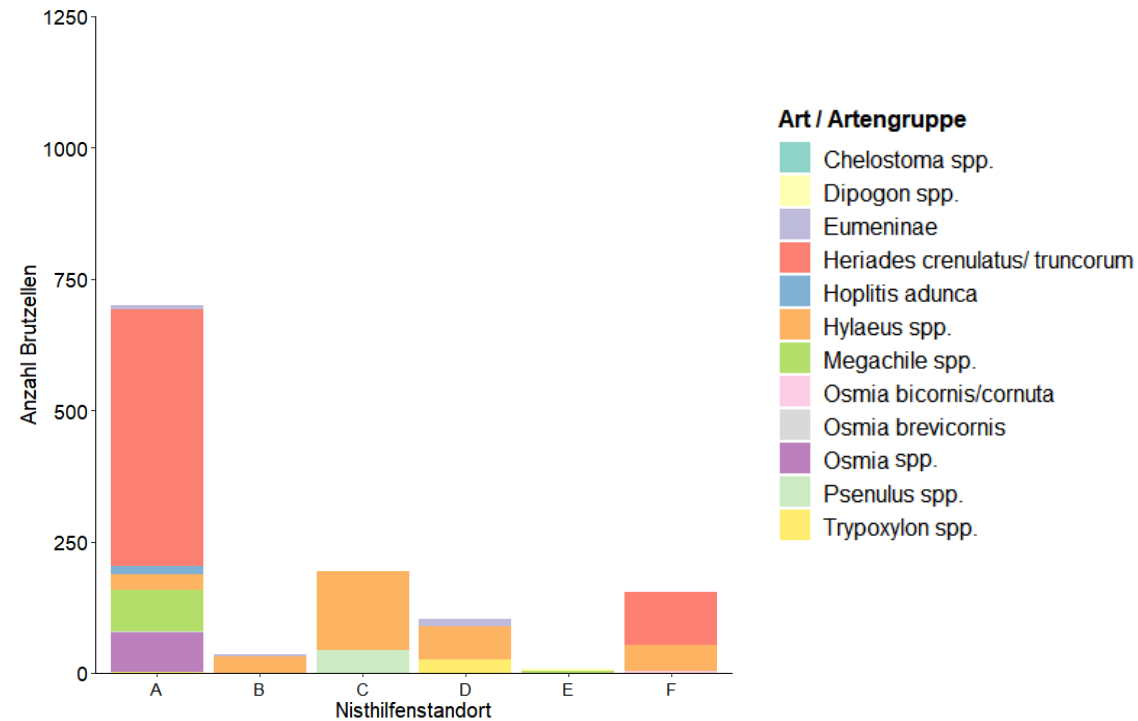
Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost

Nisthilfen-Belegung 2022

Frühe Nisthilfen



Späte Nisthilfen



- Art / Artengruppe**
- Chelostoma spp.
 - Dipogon spp.
 - Eumeninae
 - Heriades crenulatus/ truncorum
 - Hoplitis adunca
 - Hylaeus spp.
 - Megachile spp.
 - Osmia bicornis/cornuta
 - Osmia brevicornis
 - Osmia spp.
 - Psenulus spp.
 - Trypoxylon spp.



Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost

Nisthilfen-Belegung im September 2022

Beispiele Standort E



Fotos: Diehl / Schilling



Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost

Nisthilfen-Belegung im September 2022

Beispiele Standort A



Fotos: Diehl / Schilling



Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost

Nisthilfen-Belegung im September 2022

Beispiele Standort C



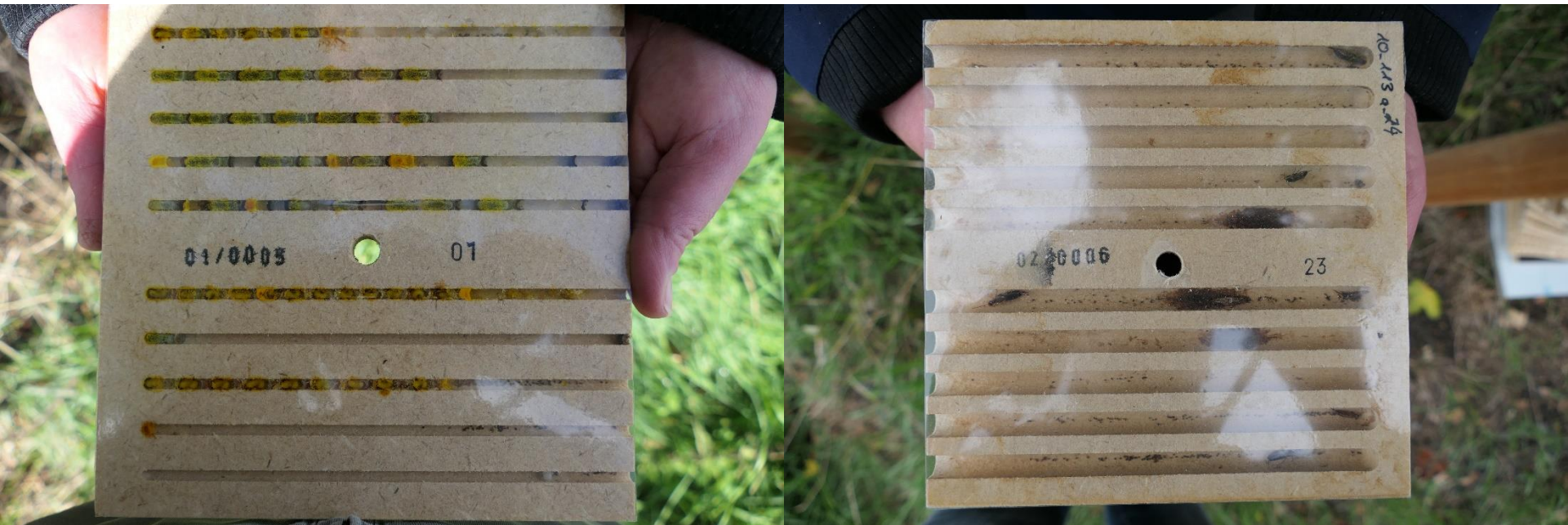
Fotos: Diehl / Schilling



Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost

Nisthilfen-Belegung im September 2022

Beispiele Standort F

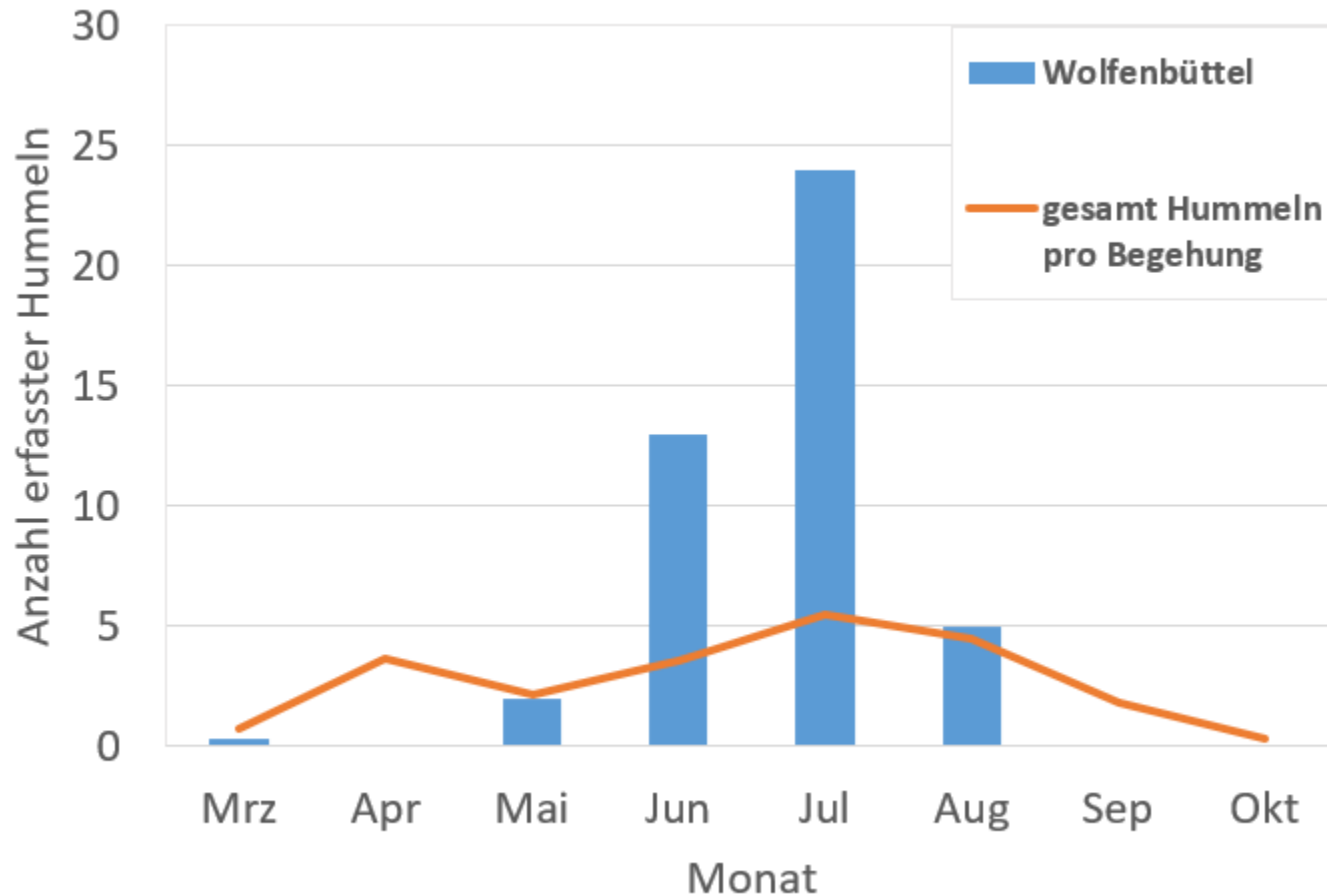


Fotos: Diehl / Schilling



Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost

Hummel-Monitoring 2023





Wildbienen-Monitoring: Fläche Wolfenbüttel-Ost

Hummel-Monitoring 2023

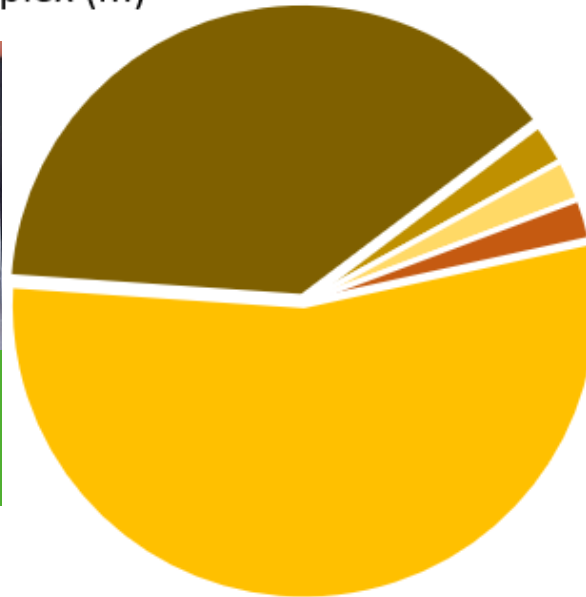
Dunkle Erdhummel
Komplex (m)



Helle Erdhummel-
Komplex (w)
(*Bombus lucorum* agg.)



Gartenhummel-Komplex
(*Bombus hortorum* agg.)



Steinhummel

Helle Erdhummel Komplex (w)
Gartenhummel Komplex
Wald-Kuckuckshummel



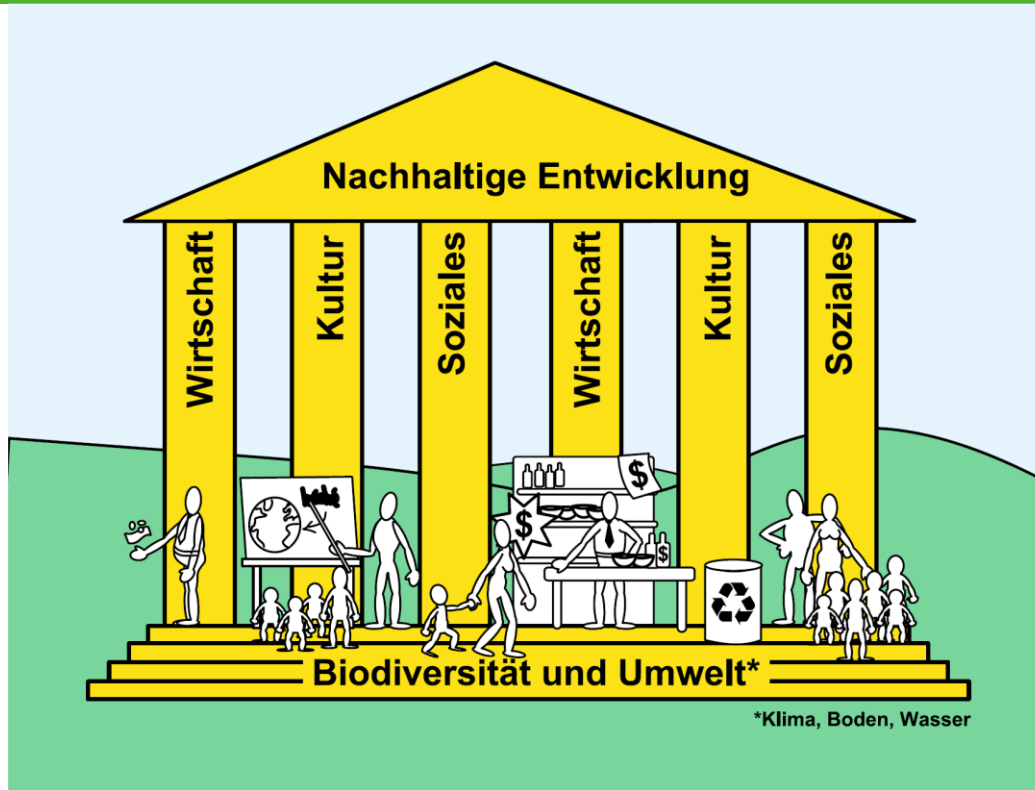
Wald-Kuckuckshummel
(*Bombus sylvestris*)

Steinhummel (*Bombus lapidarius*)

Fotos: Eckert

3

Wie können wir Biodiversität schützen und fördern?



Mehr-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

Niekisch 2007, zitiert nach Wittig & Niekisch 2014



Mehr Vielfalt in der Agrarlandschaft

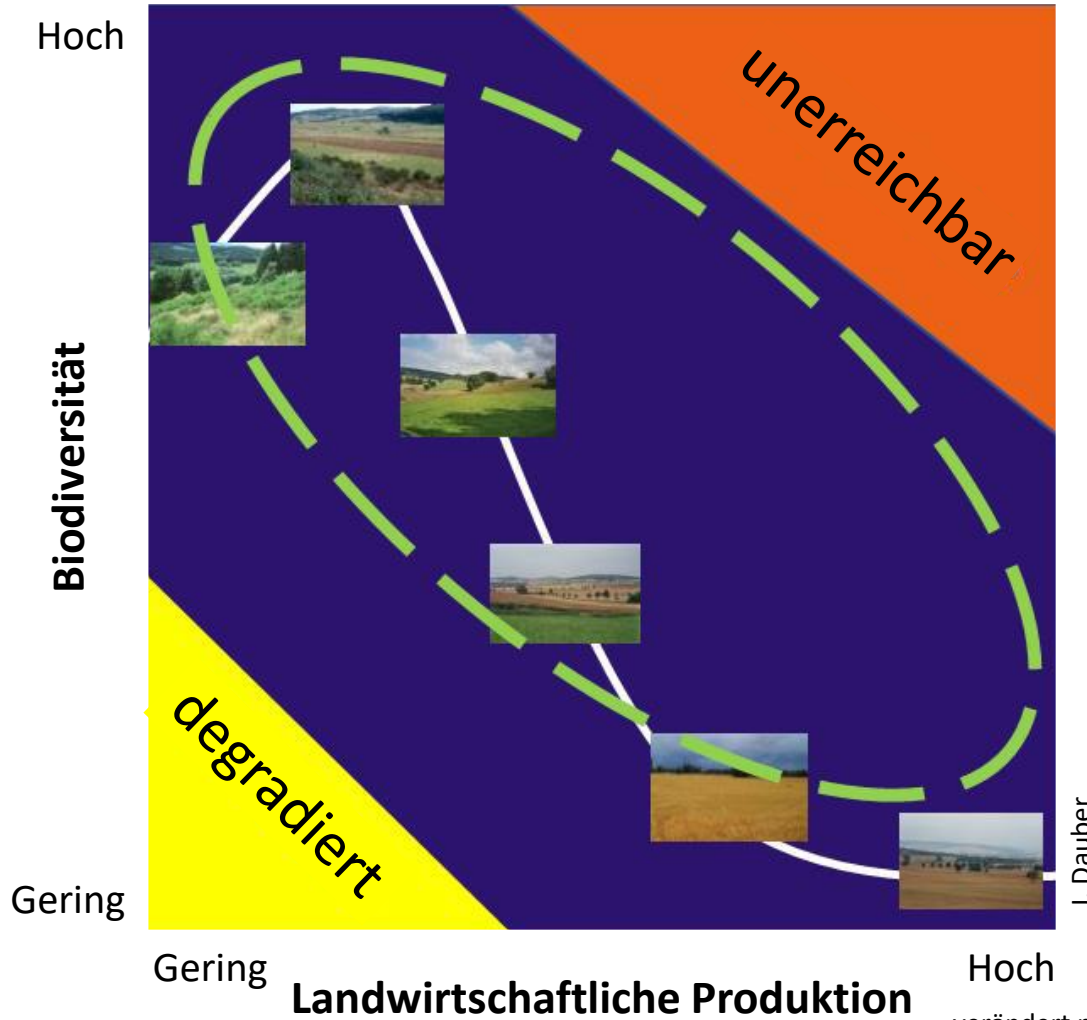


Teja Tschardtke / Tibor Härtel

Tschardtke 2021



Wege zur zukünftigen Ernährungssicherheit





Mehr Vielfalt in der Agrarlandschaft

Biodiversitätsfördernde Maßnahmen: Beispiel Blühstreifen

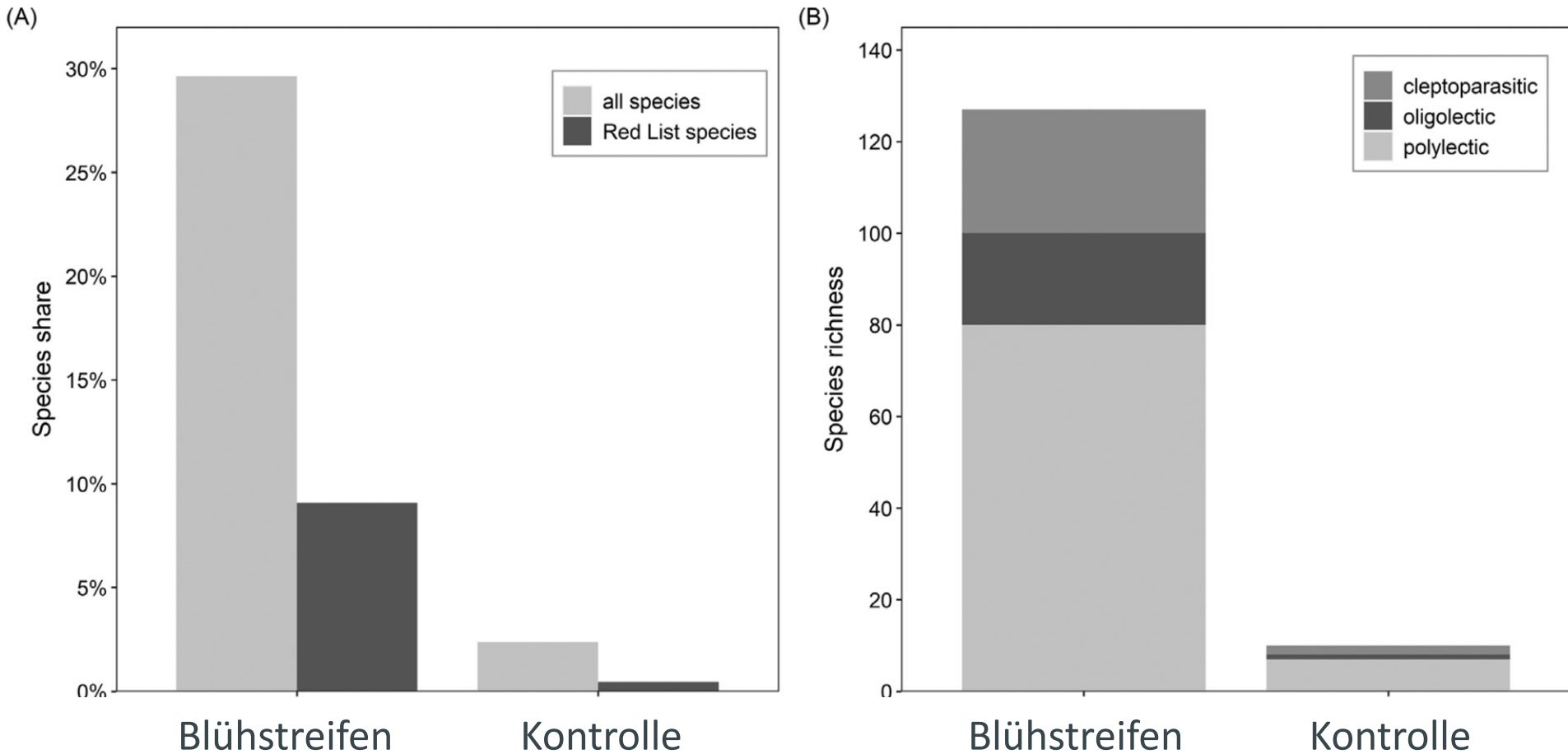


Katja Jacot / Agroscope

Alix et al. 2022



Wildbienen auf Blühstreifen in Sachsen-Anhalt



Schubert et al. 2022

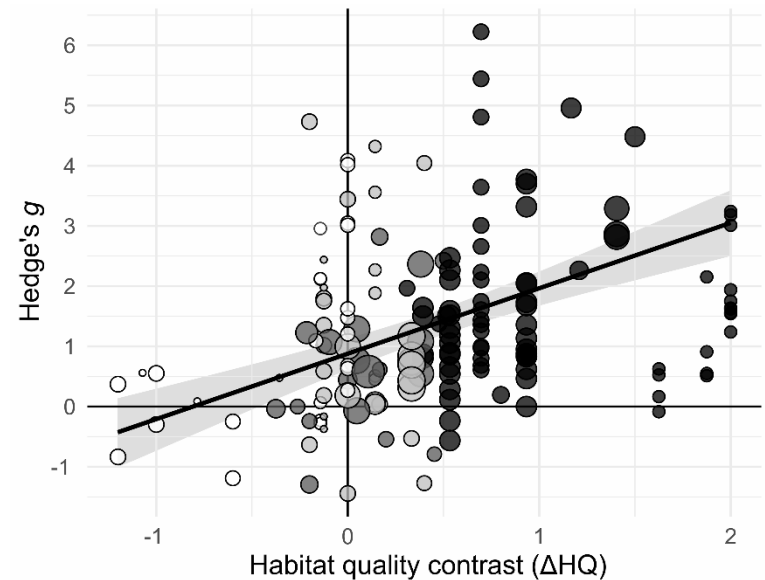
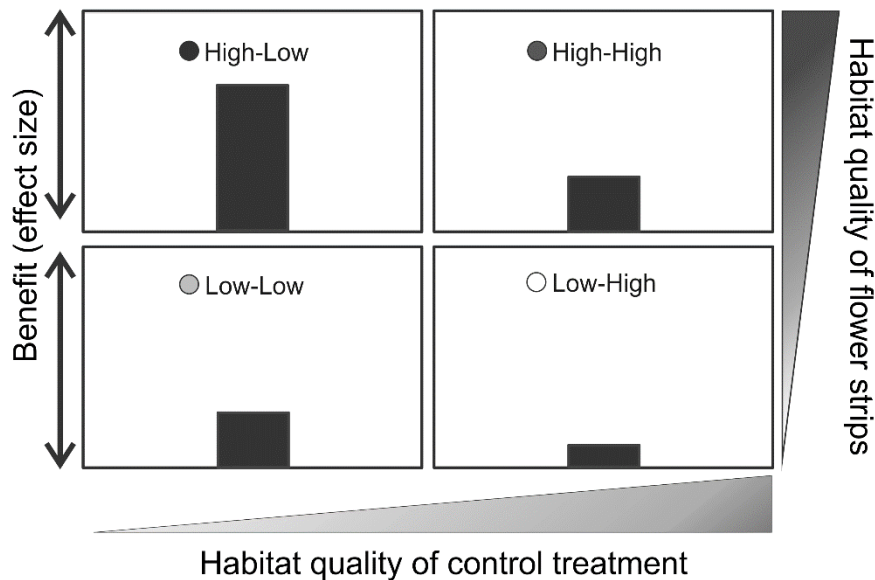


Mehr Vielfalt in der Agrarlandschaft

Biodiversitätsfördernde Maßnahmen: Beispiel Blühstreifen

Meta-Analyse

zur Effektivität von Blühstreifen für bestäubende Insekten in der Agrarlandschaft



Je größer der Kontrast in der Habitatqualität, desto größer der Effekt von Blühstreifen auf die **Artenzahl und Abundanz von bestäubenden Insekten**.

Pérez-Sánchez et al. 2023



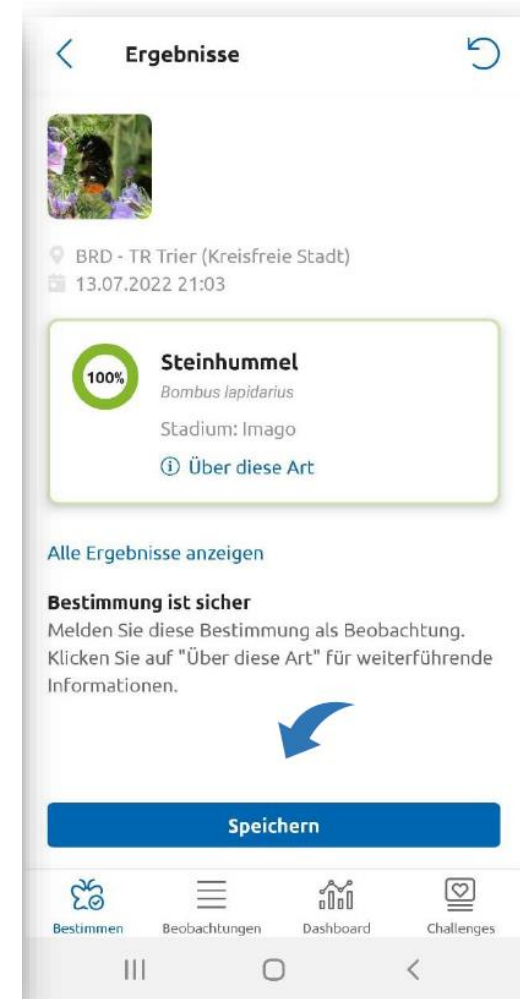
Persönliches Engagement

Umweltbildung und Citizen-Science-Projekte



Astrid Steindorf

IPBES 2016; Weber 2018; Wittig & Niekisch 2014





- Biodiversität ist als **Grundlage für unser Überleben** unverzichtbar. Die Beiträge der Biodiversität zum menschlichen Wohlergehen sind vielfältig (sog. versorgende, regulierende, kulturelle und unterstützende Ökosystemleistungen).
- Unsere Lebensweise verursacht einen **Biodiversitätsverlust**, der seit Mitte des 20. Jahrhunderts stark zugenommen hat. **Biodiversität braucht Vielfalt in der Landschaft.**
- Um Biodiversität in der Agrarlandschaft langfristig zu erhalten und zielgenau von der lokalen bis zur globalen Skala zu fördern, ist ein besseres räumlich differenziertes Verständnis von Populationstrends im Landschaftskontext erforderlich.



Schlussfolgerungen

- Das bundesweite Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften (MonViA) bietet die Möglichkeit, **standardisierte Monitoringdaten** zu Veränderungen der Biodiversität bereitzustellen und die **Wirkung agrarumweltpolitischer Maßnahmen** zu bewerten.
- Die Testphase des Wildbienen-Monitorings in Agrarlandschaften hat bereits **zahlreiche Freiwillige bundesweit** aktiviert. Mittels Citizen Science werden einerseits wertvolle Daten zur **räumlichen und zeitlichen Verbreitung von Wildbienen** gewonnen. Andererseits wird das **Bewusstsein für die Vielfalt und die Bedeutung von Wildbienen** als Bestäuber gestärkt.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



niels.hellwig@thuenen.de

Thünen-Institut für Biodiversität

Mehr Informationen zu unseren Projekten: wildbienen.thuenen.de

Folgen Sie uns auf Instagram: [@wildbienen.thuenen](https://www.instagram.com/wildbienen.thuenen)



Alix, A., Bylemans, D., Dauber, J., Dohmen, P., Knauer, K., Maltby, L., Mayer, C.J., Pepiette, Z., Smith, B. (2022): Optimising agricultural food production and biodiversity in European landscapes: Report of an online-workshop. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut (= Thünen Report, 98).

Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., Mersey, B., Ferrer, E.A. (2011): Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* **471**, 51-57.

Dauber, J. (2020): Biodiversität in der Landwirtschaft: Wo stehen wir? Wo wollen wir hin? Und welche Wege gibt es? In: Lange, J. (Hrsg.): *Biodiversität und die Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik*. Rehburg-Loccum: Loccumer Landwirtschaftstagung 2020, Loccumer Protokolle, 11-34.

Díaz, S., Malhi, Y. (2022): Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives. *Annual Review of Environment and Resources* **47**, 31-63.

EASAC (2015): Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids. Halle (Saale): Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina.

Essl, F., Rabitsch, W. (Hrsg.) (2013): Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Berlin, Heidelberg: Springer.

FNR (2023): Flächennutzung in Deutschland. <https://mediathek.fnr.de/flachennutzung-in-deutschland.html> (16.11.2023).

Goulson, D. (2022): Ein ökologisches Armageddon. In: Heinrich-Böll-Stiftung, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Pestizid-Aktions-Netzwerk e.V. (Hrsg.): *Pestizidatlas. Daten und Fakten zu Giften in der Landwirtschaft*. 24-25.

Habel, J.C., Schmitt, T. (2018): Vanishing of the common species: Empty habitats and the role of genetic diversity. *Biological Conservation* **218**, 211-216.

Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., de Kroon, H. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* **12**, e0185809.

Hellwig, N., Schubert, L.F., 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 spatial scale? *Agriculture, Ecosystems and Environment* **326**, 107764.

Hellwig, N., Sommerlandt, F.M.J., Grabener, S., Lindermann, L., Sickel, W., Krüger, L., Dieker, P. (eingereicht): Six steps towards the sampling design for large-scale pollinator monitoring.

Hochkirch, A., Samways, M.J., Gerlach, J., Böhm, M., Williams, P., Cardoso, P., Cumberlidge, N., Stephenson, P.J., Seddon, M.B., Clausnitzer, V., Borges, P.A.V., Mueller, G.M., Pearce-Kelly, P., Raimondo, D.C., Danielczak, A., Dijkstra, K.-D.B. (2021): A strategy for the next decade to address data deficiency in neglected biodiversity. *Conservation Biology* **35**, 502-509.

IPBES (2016): The assessment report on pollinators, pollination and food production. Bonn: IPBES secretariat.

IPBES (2019): The global assessment report on biodiversity and ecosystem services: Summary for policy makers. Bonn: IPBES secretariat.

Klatt, B.K., Klaus, F., Westphal, C., Tschardt, T. (2014): Enhancing crop shelf life with pollination. *Agriculture & Food Security* **3**, 14.

Landis, D.A. (2017): Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology* **18**, 1-12.

Leopoldina, acatech, Union der deutschen Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) (2020): Biodiversität und Management von Agrarlandschaften – Umfassendes Handeln ist jetzt wichtig. Halle (Saale).

Lindermann, L., Grabener, S., Fornoff, F., Hofpenmüller, 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.

Lindermann, L., Grabener, S., Hellwig, N., Stahl, J., Dieker, P. (eingereicht): Citizen-science based monitoring of wild bees and wasps in nesting aids – benefits for volunteers, wild bees and ecological science.



Literatur

- Niekisch, M. (2007):** „Achtung: Missverständnis!“ Manfred Niekisch plädiert dafür, den sperrigen Begriff Nachhaltigkeit neu zu definieren. *natur + kosmos* **5**, 2-3.
- Otero, I., Farrell, K.N., Pueyo, S., Kallis, G., Kehoe, L., Haberl, H., Plutzer, C., Hobson, P., García-Márquez, J., Rodríguez-Labajos, B., Martín, J.-L., Erb, K.-H., Schindler, S., Nielsen, J., Skorin, T., Settele, J., Essl, F., Gómez-Baggethun, E., Brotons, L., Rabitsch, W., Schneider, F., Pe'er, G. (2020):** Biodiversity policy beyond economic growth. *Conservation Letters* **13**(4), e12713.
- Pérez-Sánchez, A.J., Schröder, B., Dauber, J., Hellwig, N. (2023):** Flower strip effectiveness for pollinating insects in agricultural landscapes depends on established contrast in habitat quality: A meta-analysis. *Ecological Solutions and Evidence* **4**(3), e12261.
- Schubert, L.F., Hellwig, N., Kirmer, A., Schmid-Egger, C., Schmidt, A., Dieker, P., Tischew, S. (2022):** Habitat quality and surrounding landscape structures influence wild bee occurrence in perennial wildflower strips: Wild bee occurrence in wildflower strips. *Basic and Applied Ecology* **60**, 76-86.
- Seddon, N., Mace, G.M., Naeem, S., Tobias, J.A., Pigot, A.L., Cavanagh, R., Mouillot, D., Vause, J., Walpole, M. (2016):** Biodiversity in the Anthropocene: prospects and policy. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **283**, 20162094.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., Ludwig, C. (2015):** The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review* **2**(1), 81-98.
- Tscharntke, T. (2021):** Disrupting plant-pollinator systems endangers food security. *One Earth* **4**, 1217-1219.
- Weber, E. (2018):** Biodiversität – Warum wir ohne Vielfalt nicht leben können. Berlin: Springer-Verlag.
- Wittig, R., Niekisch, M. (2014):** Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.