Landwirtschaft im Klimawandel: Handlungsfelder in Nord und Süd

Naturschutz und Biodiversität in der Kulturlandschaft

Thomas Döring

Fachgebiet Agrarökologie und Organischer Landbau, Universität Bonn

Münster, 29.02.2020

Übersicht

1. **Biodiversität in der Landwirtschaft: Funktionen**
2. **Biodiversitätsrückgang: Trends und Ursachen**
3. **Klimawandel und Biodiversität**
4. **Allianzen für eine vielfältige Landwirtschaft**

1. Biodiversität: Funktionen & Trends

Bsp: Ökologische Funktionen von Insekten

- **Bestäubung**
- **Schädlingskontrolle** durch Nützlinge
- Verbreitung von **Samen**
- **Nahrung** für andere Arten (z.B. Vögel, Säugetiere, Amphibien, Reptilien)
- Zerkleinerung und **Abbau organischer Substanz** → Humusaufbau → Bodenfruchtbarkeit
- Fraß von **Beikräutern**
- **Indikatororganismen** für den Zustand von (Agrar-) Ökosystemen
- Sicherstellung von hoher **Wasserqualität** (Filterung und Reinigung von Fließ- und Stillgewässern)
- **Ästhetischer** Wert

Eristalis tenax (Mistbiene)

Bibio marci (Märzfliege)

Wert der **Bestäubung** in globaler landwirtschaftlicher Produktion für den direkten menschlichen Verzehr: **€ 150 Mrd.** (Kalkulation für 2009 (Gallai et al.))

35% aller Kulturpflanzenarten
abhängig von guter Bestäubung
(Obst, Fruchtgemüse, Raps, Futterpflanzen, Energiepflanzen, Arznei- und Gewürzpflanzen)

Natürliche Kontrolle von Schädlingen

Anzahl Blattläuse pro 100 Pflanzentriebe

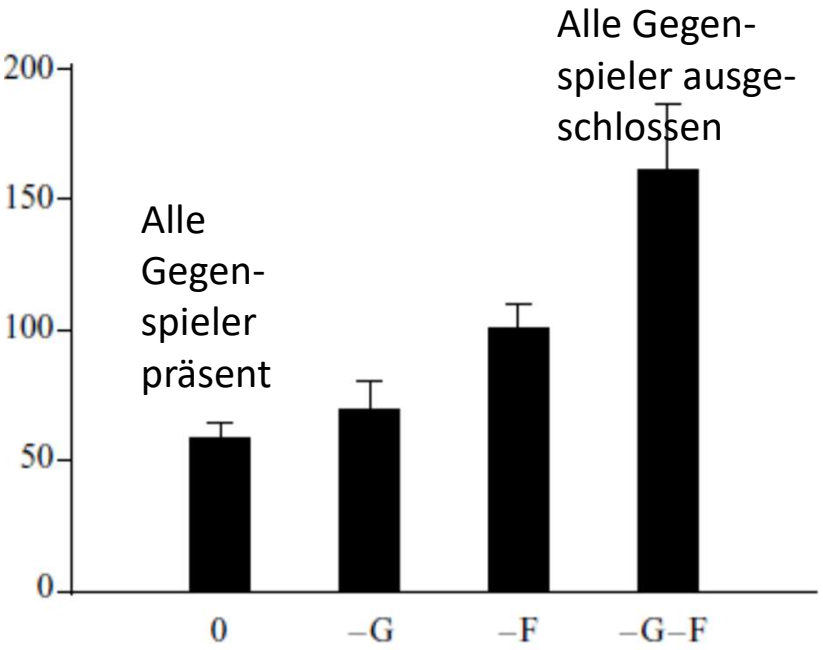


Figure 1. Aphid densities at the end of the experiment (milk ripening). 0, open control; −G, ground-dwelling predator removal; −F, flying predator and parasitoid removal; −G−F, removal of all predators and parasitoids.

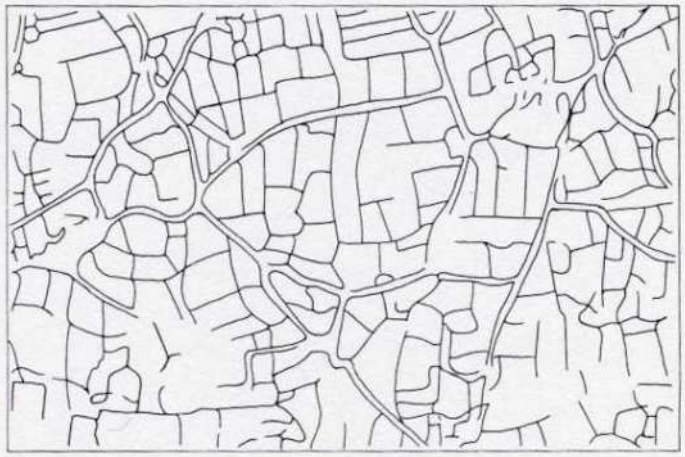
Bei Ausschluss der Gegenspieler gibt es mehr als doppelt so viele Blattläuse.

Schmidt et al. 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proc. R. Soc. Lond. B* 2003 270, 1905-1909.

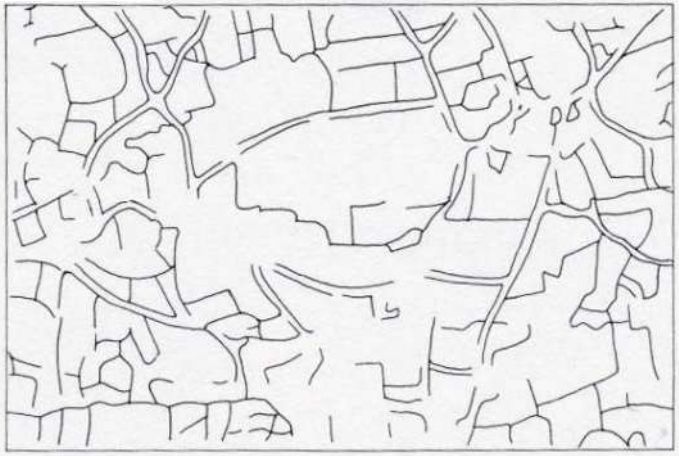
2. Rückgang der Biodiversität: Trends und Ursachen

Ausräumung der Landschaft

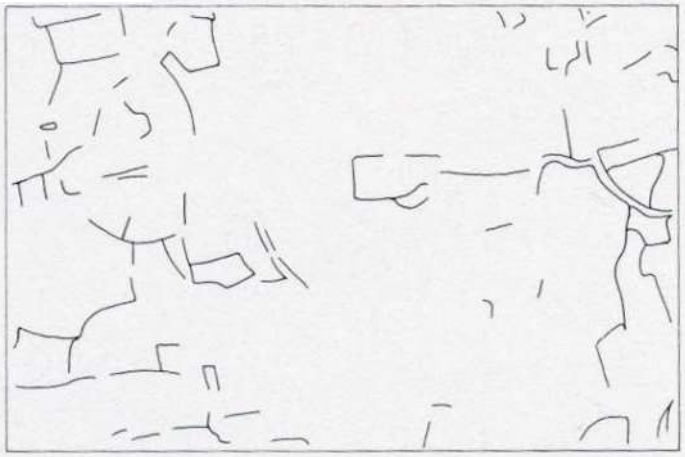
1877



1954



1979



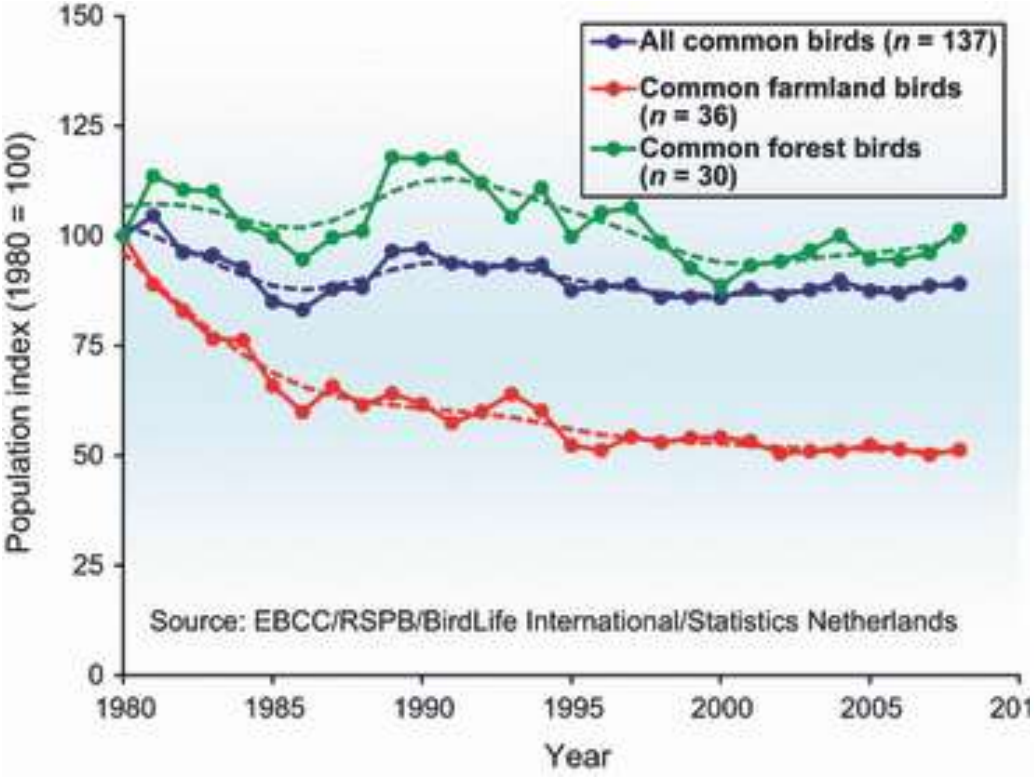
Knickdichte in m je ha

1877	133.4
1954	93.8
1979	29.1

Knicks im Raum Satrup/Angeln (SH), Knauer 1980, aus Jedicke. 1990. Biotopverbund

Rückläufige Populationstrends bei Vogelarten

([Whittingham 2011, J Appl Ecol]; EBCC/RSPB/BirdLifeInternational/Statistics)



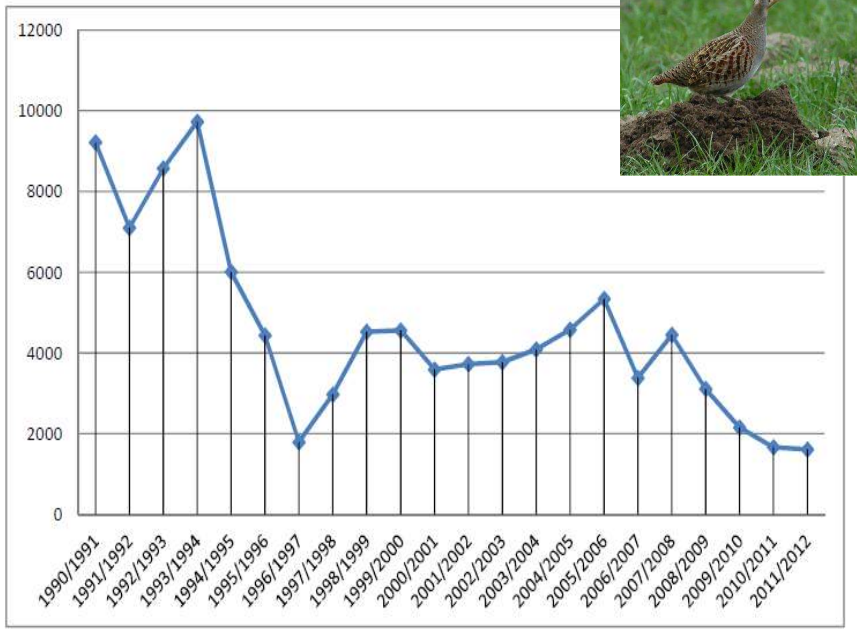


Abb. 3 Rebhuhnjagdstrecke in Bayern verändert nach Bayerischer Jagdverband e.V. (2012b)

Populationsrückgang am stärksten bei Vogelarten der Agrarlandschaft

Drastischer Populationsrückgang beim Rebhuhn

„Laut einer Datensammlung des European Bird Census Council ist der Bestand des Rebhuhns europaweit seit 1980 um 94 Prozent zurückgegangen“ ([Jagdverband.de], 2016)

Rückläufige Populationstrends bei Insekten

Rückgang der Biomasse von Insekten um über 75% in 27 Jahren

(Hallmann et al. 2017, PloS One)

Biological Conservation 232 (2019) 8–27

Contents lists available at ScienceDirect

Biological Conservation

journal homepage: www.elsevier.com/locate/biocon

Review

Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers

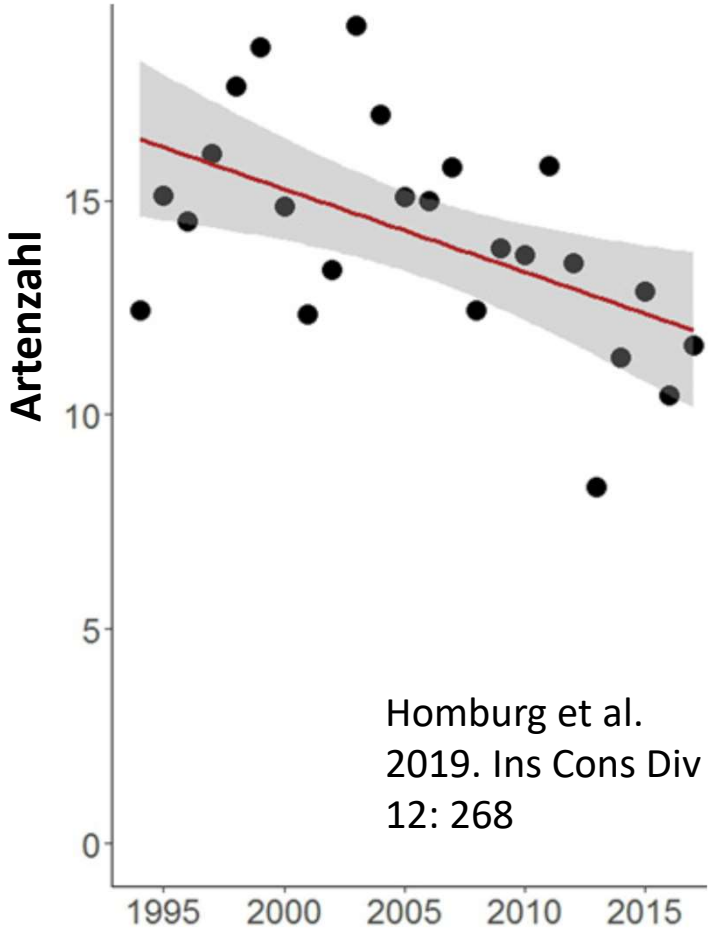
Francisco Sánchez-Bayo[a,*], Kris A.G. Wyckhuys[b,c,d]

[a] School of Life & Environmental Sciences, Sydney Institute of Agriculture, The University of Sydney, Eveleigh, NSW 2015, Australia
[b] School of Biological Sciences, University of Queensland, Brisbane, Australia
[c] Chrysalis, Hanoi, Viet Nam
[d] Institute of Plant Protection, China Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China

Sánchez-Bayo et al. 2019. Biol Cons 232:8-27

Beispiel Laufkäfer

Laufkäfer in der Lüneburger Heide



Homburg et al. 2019. Ins Cons Div 12: 268

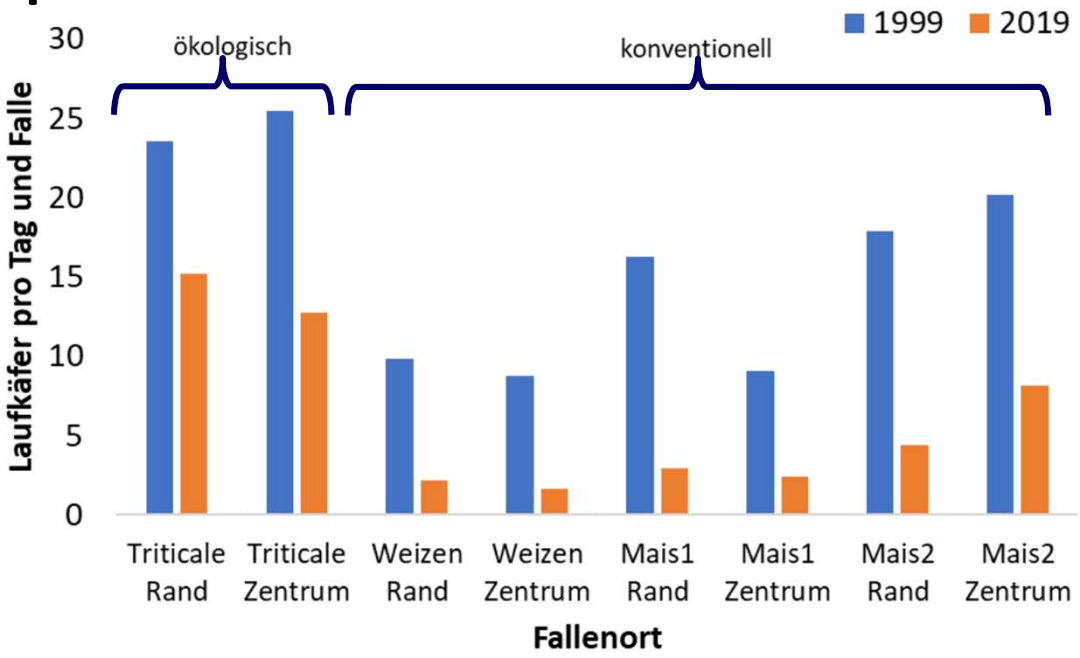
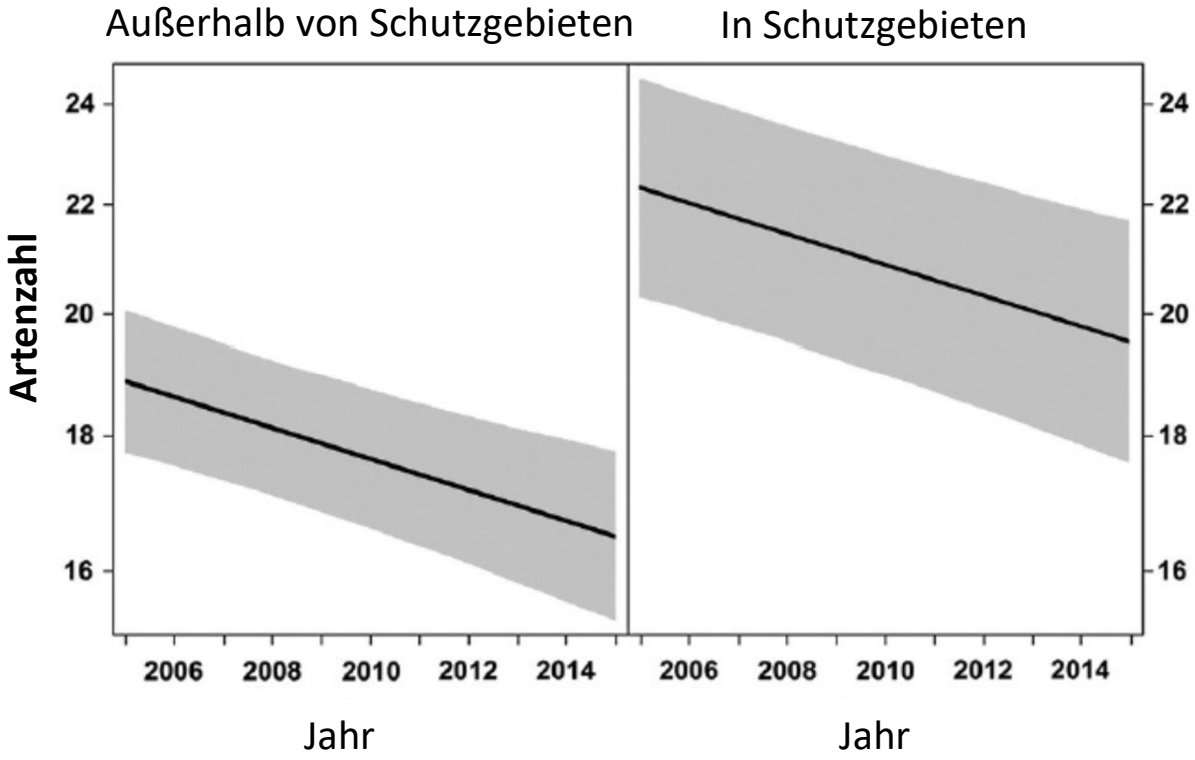


Tabelle 2

Abnahme der Carabidenfangzahlen in % zwischen den Jahren 1951/52 und 1978/82 auf Ackerstandorten Schleswig-Holsteins (nach HEYDEMANN & MEYER 1983)

Acker-Ökosystemtyp	Artenzahl	Individuenzahl
Wintergetreide/ Sandboden	52 %	50 %
Wintergetreide/ Lehmboden	32 %	21 %
Hackfrucht/ Sandboden	15 %	19 %
Hackfrucht/ Lehmboden	45 %	27 %

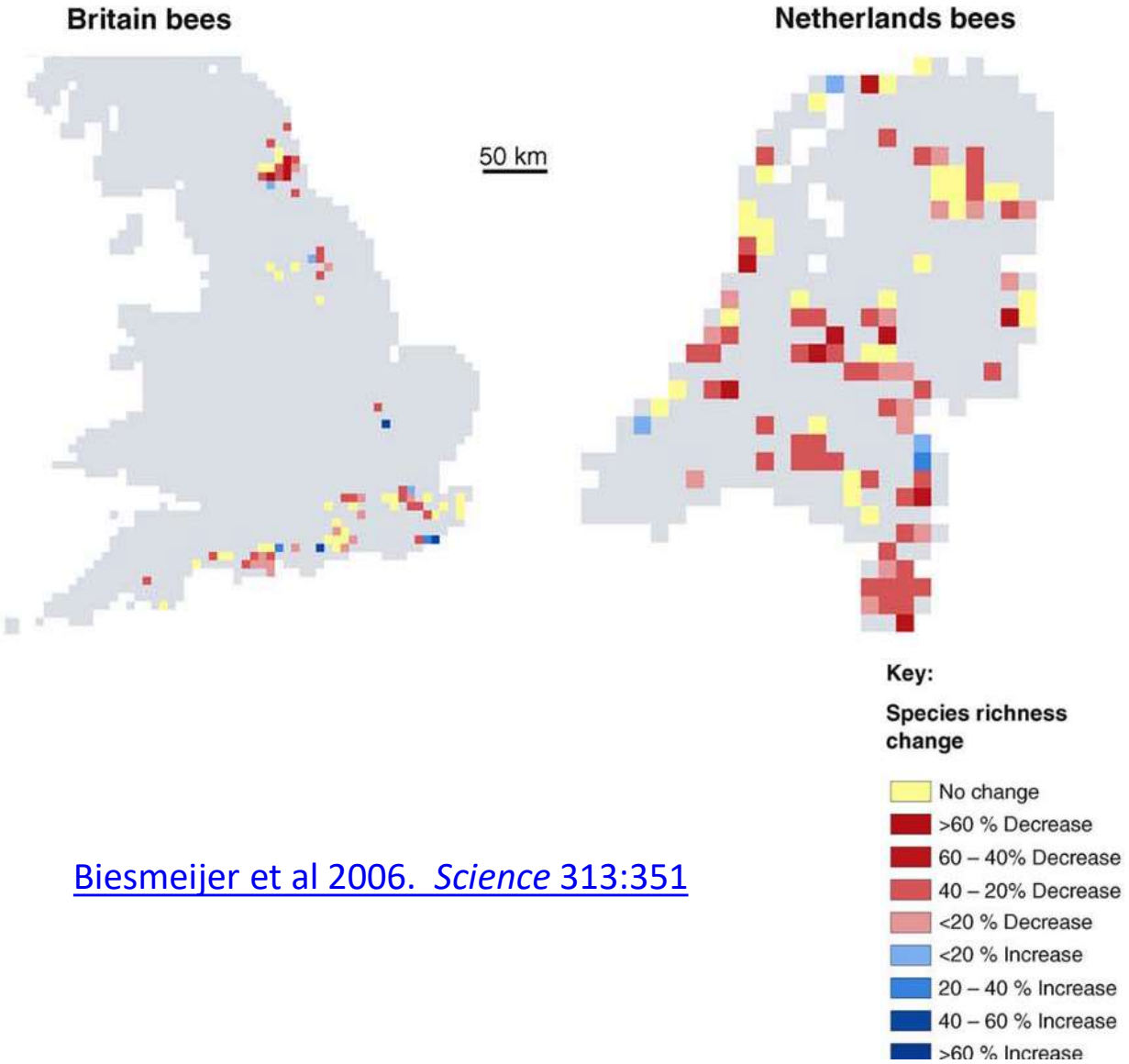
Beispiel Tagfalter



Melitaea aurelia

Rada et al. 2019. *Diversity and Distributions.* 25:217–224.

Beispiel Wildbienen

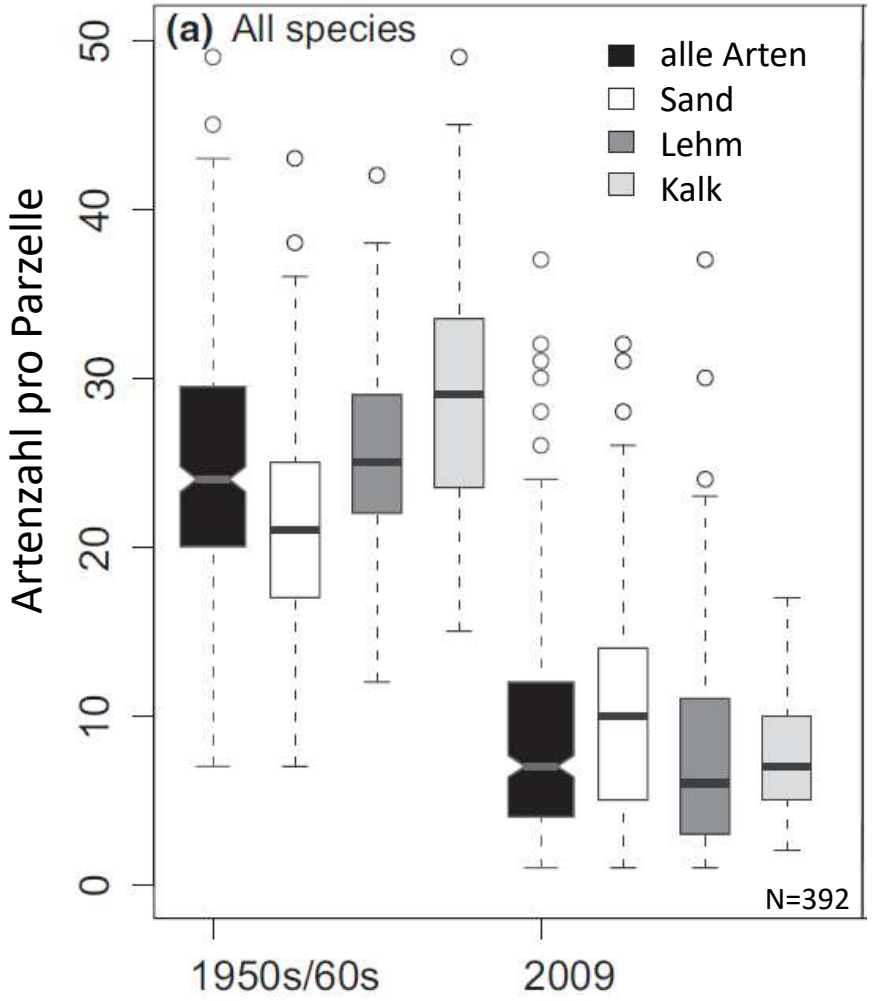


Biesmeijer et al 2006. *Science* 313:351

Rückgang bei Pflanzen

In Deutschland sind
27.5% aller vorkommenden Pflanzenarten bestandsgefährdet.

Segetalflora, Deutschland



Meyer et al. 2013

Großer Frauenspiegel im ökologischen Roggenacker, Wiesengut bei Hennef

Trends: Zusammenschau

Die Rate des Verlusts der Biodiversität überschreitet planetare Grenzwerte.

Die Arten-Aussterberate ist 100 – 1000 mal größer, als es durch natürliche Prozesse erklärbar wäre.

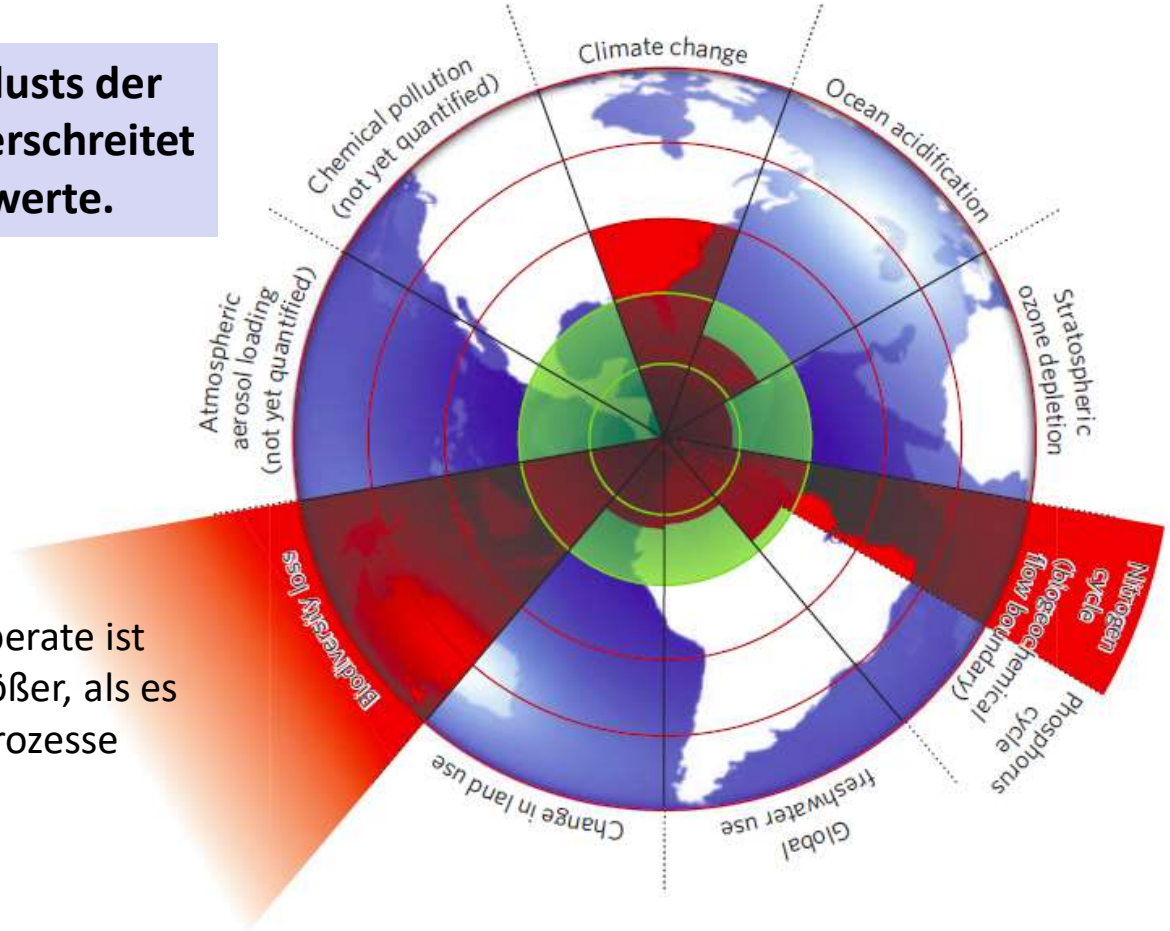
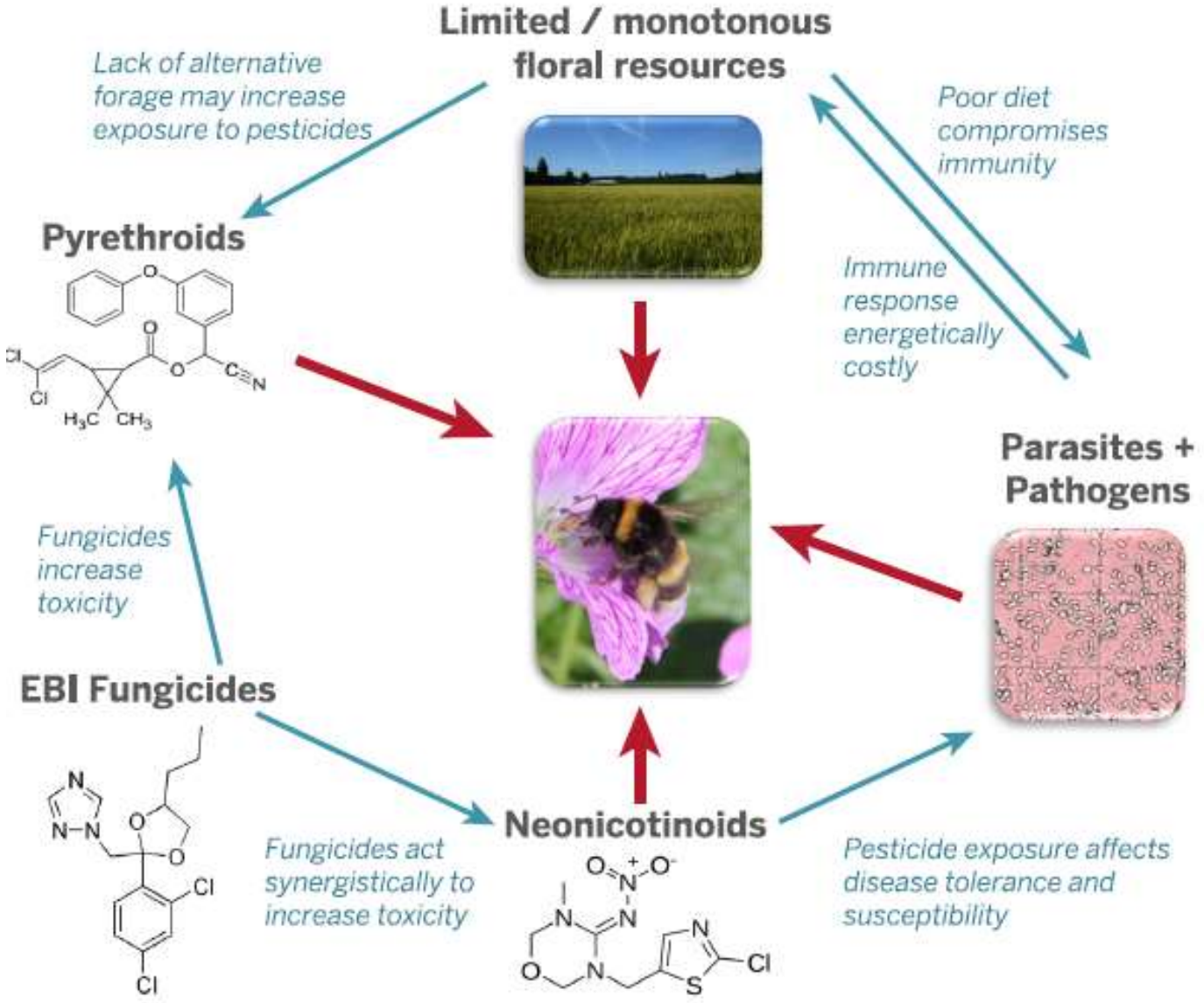


Figure 1 | Beyond the boundary. The inner green shading represents the proposed safe operating space for nine planetary systems. The red wedges represent an estimate of the current position for each variable.

Rockström et al. 2009, Nature, Vol. 461.

Ursachen: Ein Zusammenspiel vieler Faktoren



Goulson et al. 2015. *Science* 347:1255957

Rückgangsursachen im Ackerland

- Biozideinsatz: direkte Toxizität von Insektiziden u. teilw. von Fungiziden; indirekte Wirkung durch Reduktion des Nahrungsangebotes (Herbizide)
- Ausräumen der Landschaft
- Intensive Bodenbearbeitung
- Fehlende Nahrungsressourcen (Blüten: Nektar; Beikräuter: Samen, Blüten, etc.)
- Zusätzliche biotische Stressoren (Krankheiten, Parasiten)
- Konkurrenz durch invasive Arten (z.B. bei Hummeln)

Kartoffelacker

Rückgangsursachen im Grünland

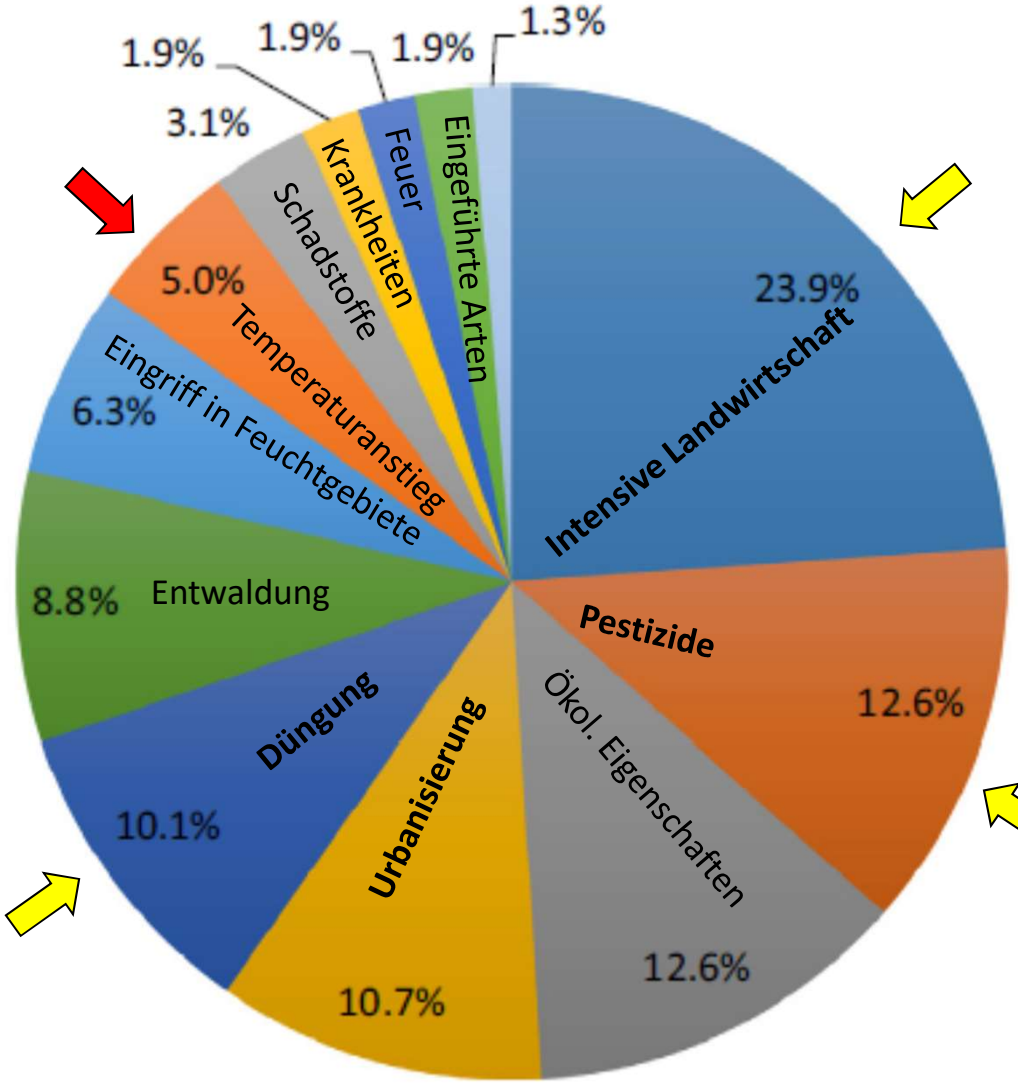
Intensivierung

- erhöhte N-Düngung
- Schnitthäufigkeit
- Früher Schnitt
- Hohe Besatzdichte
- Floristische Verarmung
- Aufgabe von Grünland

Artenreiches Grünland in der Rhön

UNIVERSITÄT BONN

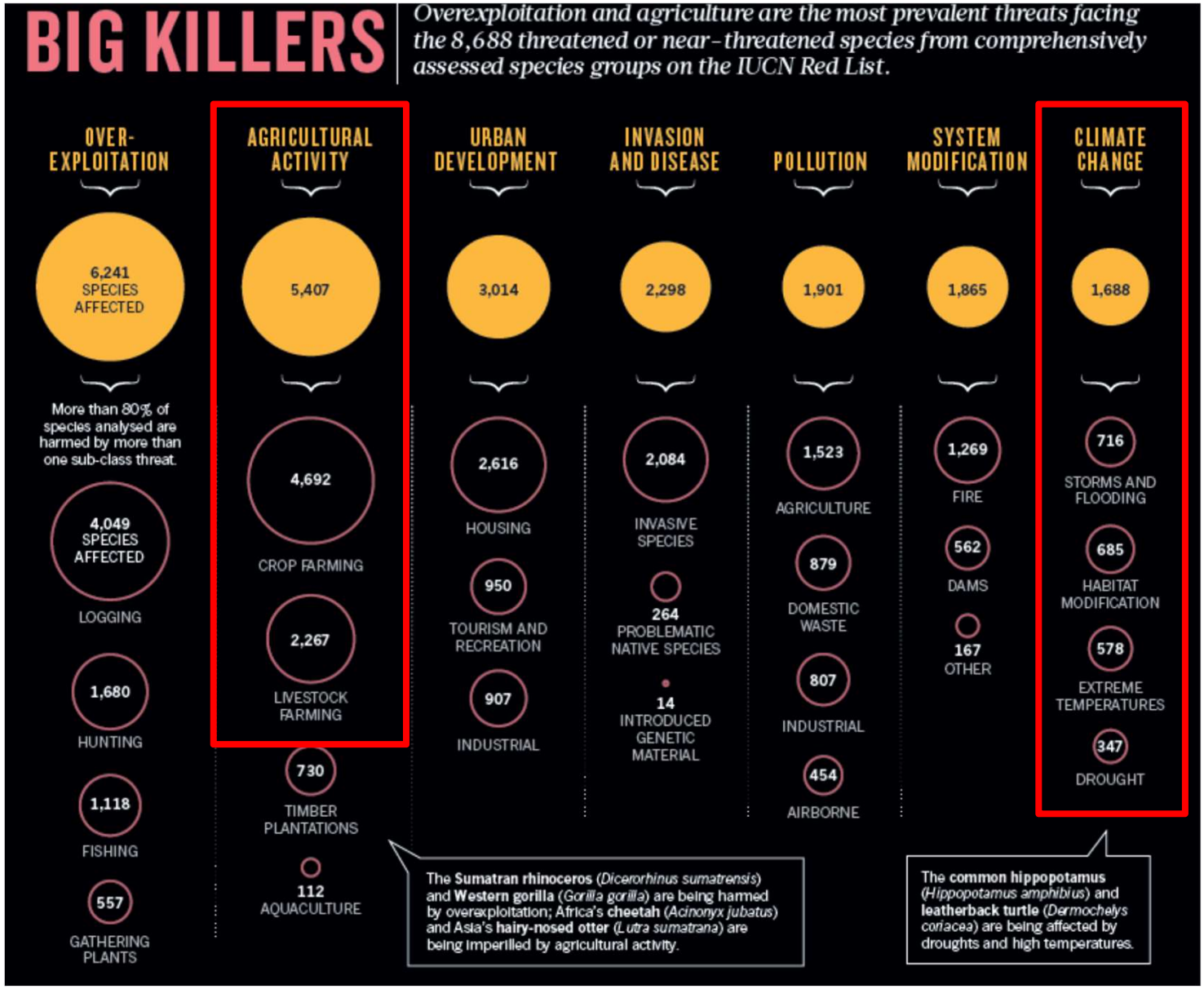
Ursachen des Insektenrückgangs – global



Sánchez-Bayo et al. 2019. Biol. Cons. 232:8-27

UNIVERSITÄT BONN

Ursachen des Biodiversitätsrückgangs - global



Maxwell 2016. Nature 536: 143-145

3. Biodiversität und Klimawandel

Besonderheit in Agrarökosystemen: Unterscheidung von

Diversität der Kulturarten
(Nutzpflanzen und Nutztiere)
→ **„Geplante“ Diversität**

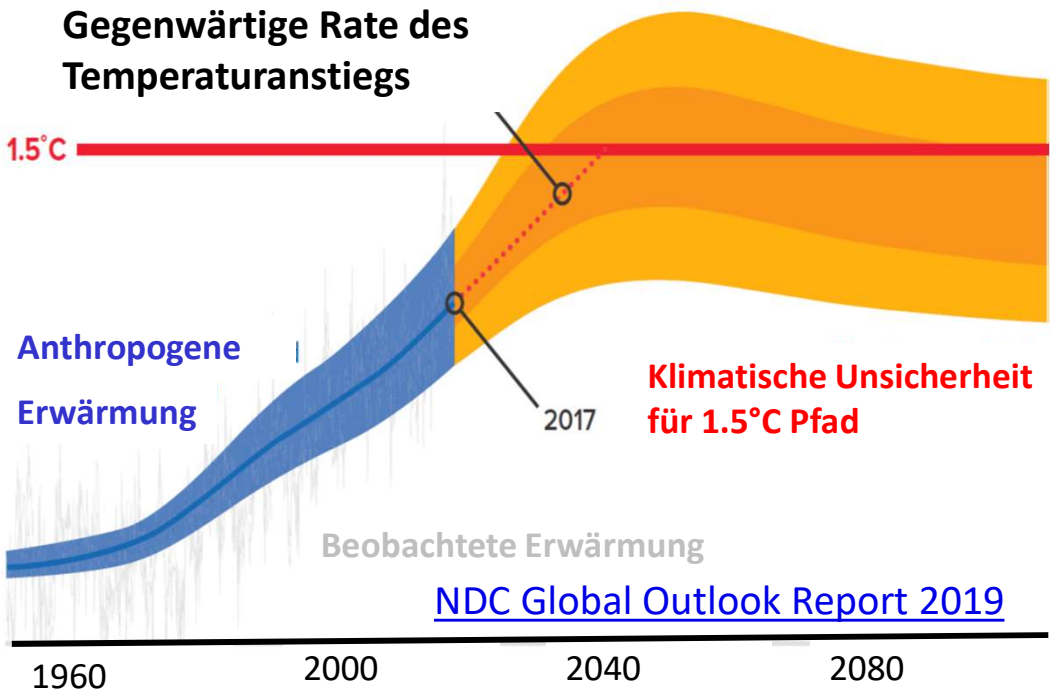
Weizenpopulation

Diversität der Wildarten
→ **„Assoziierte“ Diversität**

Ackerbeikräuter auf dem Wiesengut (2018)

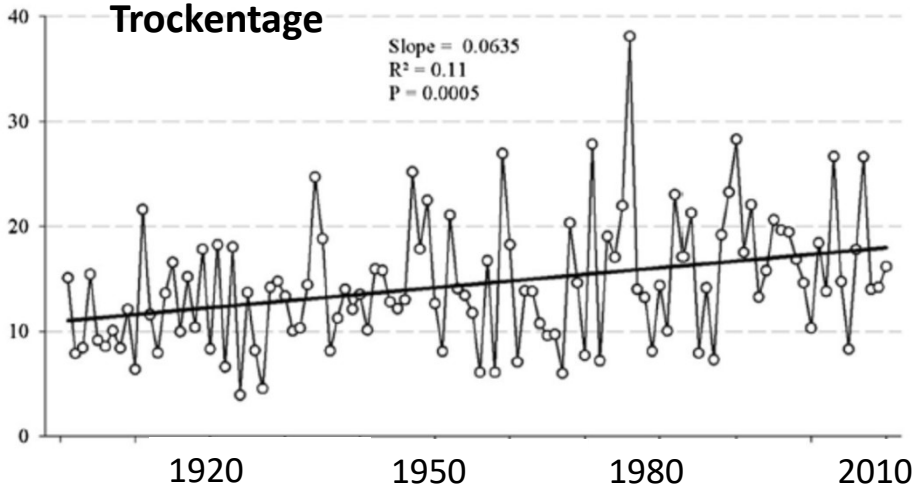
Unterscheidung von geplanter und assoziierter Diversität nicht immer ganz scharf, z.B. im Dauergrünland

Woran anpassen?



NDC Global Outlook Report 2019

Maisacker bei Fehrbellin, Brandenburg, 28.7.2017 (dpa/Bernd Settnik)



Anzahl Trockentage in niederschlagsfreien Perioden >5 Tage, Lüttger & Feike 2018. Theor. Appl. Climatol. 132: 15-29

Maisacker Sommer 2018

UNIVERSITÄT BONN

Woran anpassen?

1. **Höhere Temperaturen**
2. **Veränderte Niederschlagsverteilung**
3. **Höhere Umweltvariabilität (Extremereignisse)**
   - Häufigere Starkregenereignisse
   - Häufigere und längere Trockenperioden
   - Häufigere und stärkere Hitzewellen
4. **Höhere CO_2-Konzentration**
5. **Neue Pflanzenkrankheiten und Schädlinge**
6. **Vermehrte Übertragung von Pflanzenviren**
7. **Verringerte Fähigkeit von Böden, Schaderreger zu unterdrücken**
8. **Stärkerer Humusabbau**
9. **…**

UNIVERSITÄT BONN

Starkregenereignisse

"It's a good idea – providing they can find anywhere dry enough to test it!"

„Gute Idee – vorausgesetzt, sie finden einen Ort, der trocken genug ist, um es zu testen“

Farmers' Guardian, 3 August 2012, p. 9

UNIVERSITÄT BONN

Assoziierte Biodiversität in der Kulturlandschaft reagiert auf Klimawandel

direkt

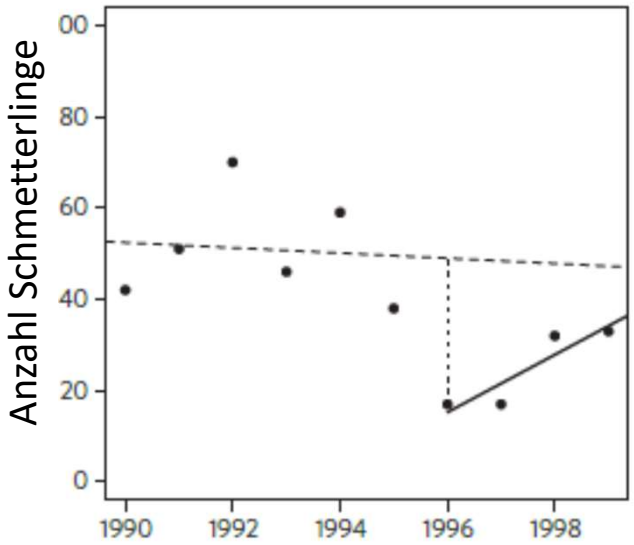
- Extremereignisse als Stressoren für (ohnehin geschwächte) Populationen[1]
- Phänologischer Mis-match[2]
- Erhöhte N-Mineralisation in nährstoffarmen Ökosystemen[3]
- Ausbreitung von Pathogenen
- Fläche besiedelbarer Habitate schrumpft (z.B. Bergregionen)

indirekt

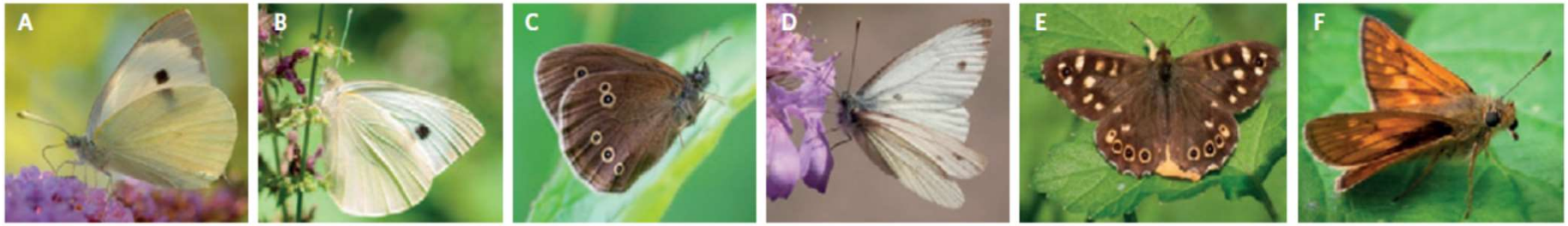
- Nutzungsänderung (kompensatorische Intensivierung)
- Nutzungsaufgabe von Marginalstandorten
- Unangepasstes Management (z.B. Grünland: Überweidung)

[1]Oliver et al. (2015). *Nature Climate Change* 5: 941–945. doi:10.1038/nclimate2746
[2]Schweiger et al. (2008). *Ecology* 89: 3472–3479. doi:10.1890/07-1748.1
[3] Schuerings et al. (2014). *Biogeosciences* 11: 7051–7060. doi:10.5194/bg-11-7051-2014

Assoziierte Biodiversität in der Kulturlandschaft reagiert auf Klimawandel

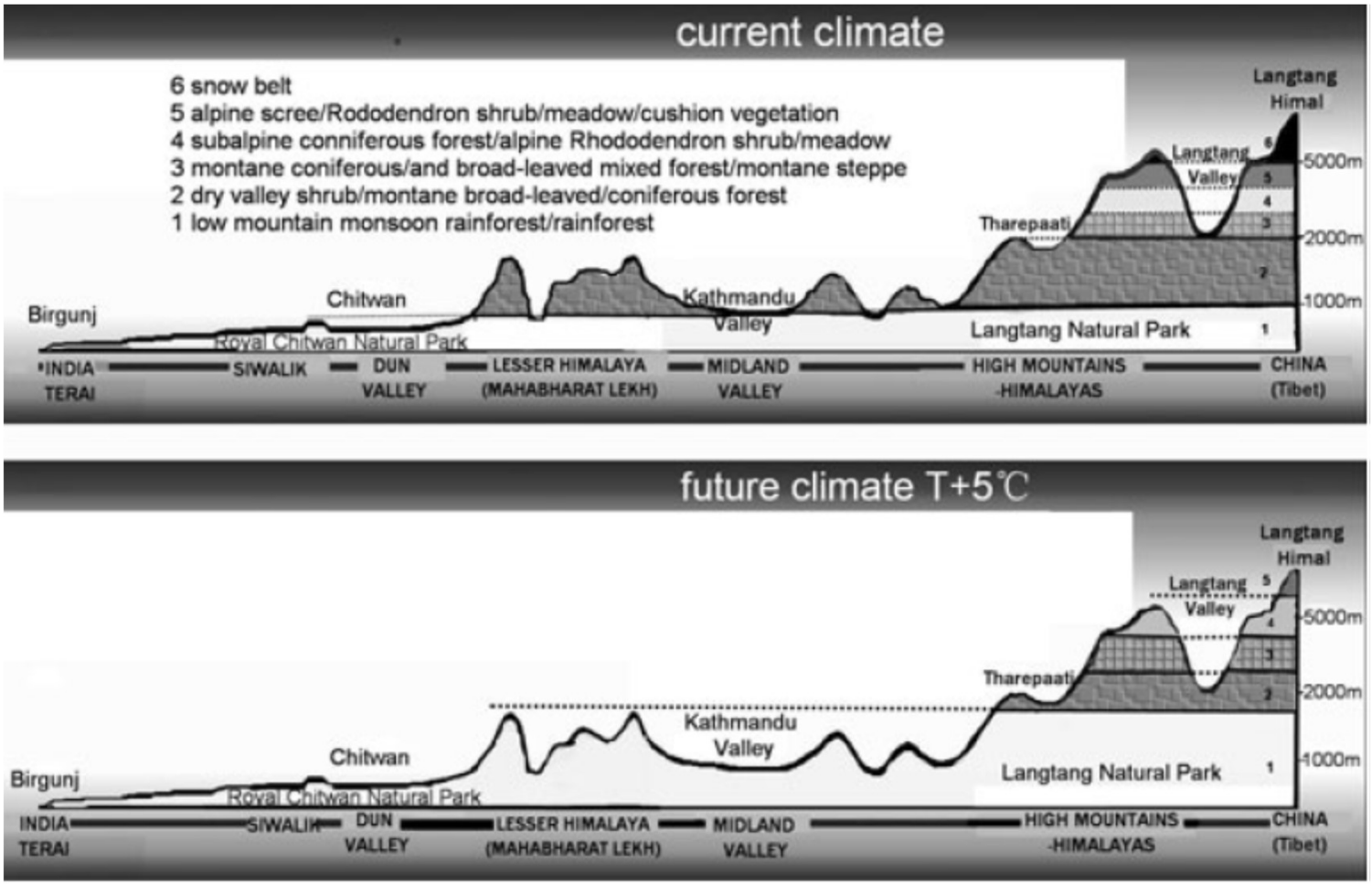


Art	Populationsrückgang (%) im Trockenjahr	Erholungsrate
Species	Population collapse (%)	Recovery rate (butterfly count yr^{-1})
A *Pieris brassicae*	66 (40, 80)	3.4 (−0.2, 8.5)
B *Pieris rapae*	56 (31, 74)	−3.7 (−10.8, 0.7)
C *Aphantopus hyperantus*	51 (14, 76)	23.9 (7.3, 44.4)
D *Pieris napi*	45 (21, 70)	3.4 (−1.5, 9.8)
E *Pararge aegeria*	41 (22, 56)	11.0 (3.0, 20.2)
F *Ochlodes sylvanus*	24 (−7, 45)	−4.7 (−9.7, 1.0)



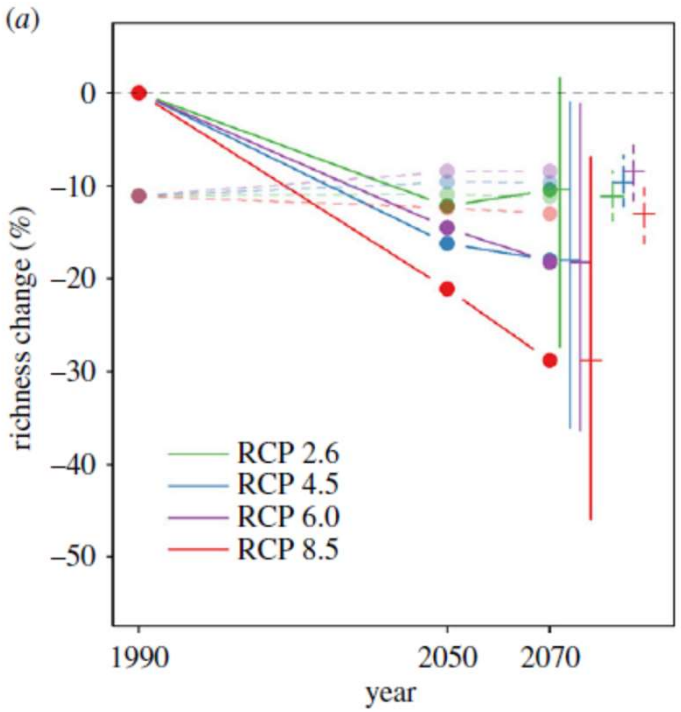
[1]Oliver et al. (2015). *Nature Climate Change* 5: 941–945. doi:10.1038/nclimate2746

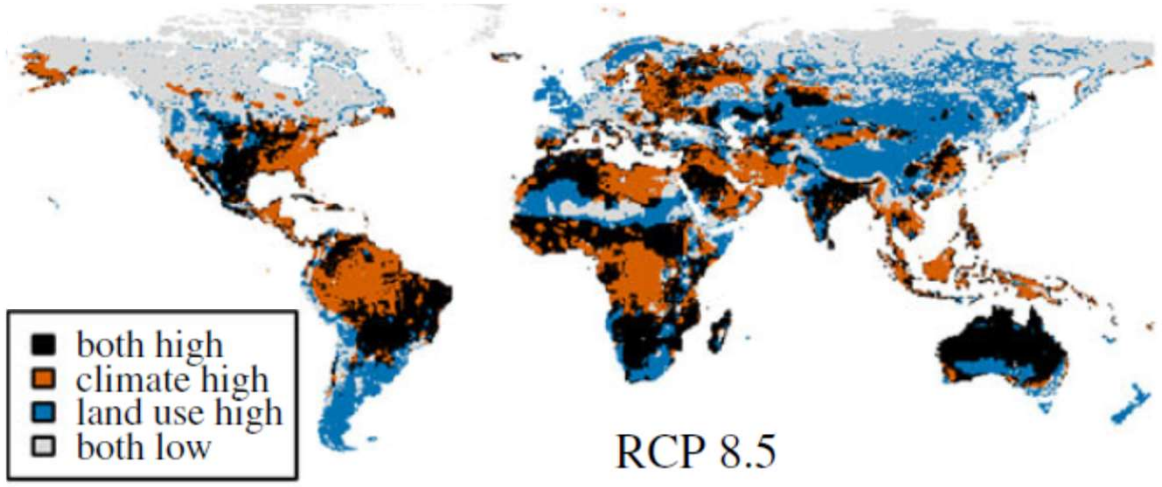
Effekte des Klimawandels auf Vegetationszone im Himalaya



Xu et al. 2009. Conservation Biology 23: 520. 10.1111/j.1523-1739.2009.01237.x

Gemeinsamer Effekt von Klimawandel und Landnutzung auf Artenzahl der Wirbeltiere





Newbold 2018. Proc. Roy. Soc B

Stabilisierende Effekte

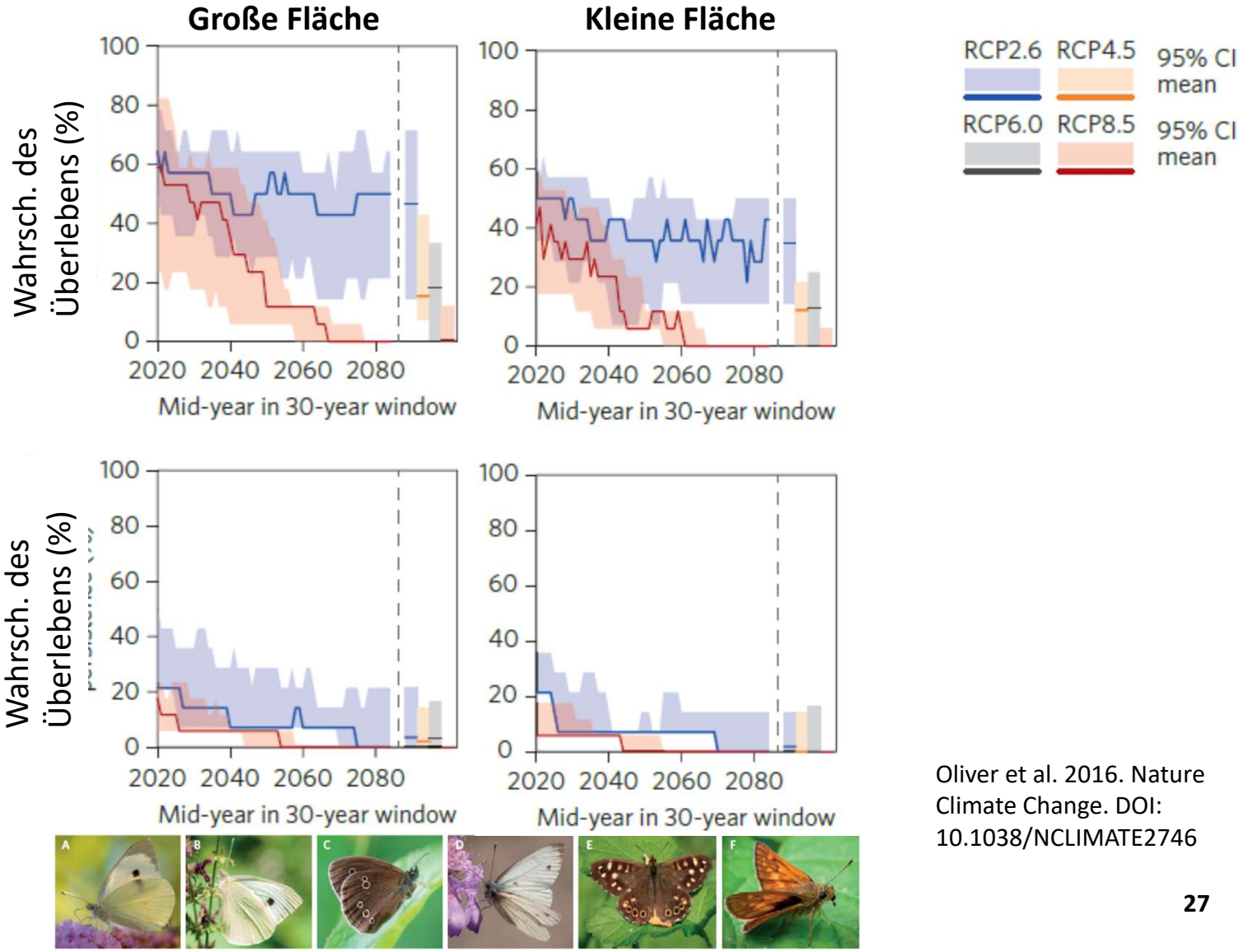
Resilienz der Vegetation:

- Beobachtung: Nach Störung (Extremereignis) erholt sich die Gemeinschaft wieder
- Mechanismus: Vormals dominante Arten werden geschwächt, Konkurrenz nimmt ab, andere Arten nutzen diese Lücke und werden dominant.
- Voraussetzung: Es gibt mehrere funktionell ähnliche Arten, die sich in ihrer Reaktion auf die Störung unterscheiden

Lloret et al. 2012. Global Change Biology (2012) 18: 797–805, doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02624.x

Stabilisierende Effekte

Halbnatürliche Ökosysteme als Refugien



Oliver et al. 2016. Nature Climate Change. DOI: 10.1038/NCLIMATE2746

Geplante Biodiversität als Puffer gegen den Klimawandel

Potenzielle globale Beiträge verschiedener Landnutzungsoptionen

für THG-Minderung, Klimaanpassung, Kampf gegen Desertifikation und Landdegradation, sowie Beitrag zur Ernährungssicherheit; gekürzt

IPCC 2019

	Minderung	Anpassung	Land-Degradation	Ernährungs-sicherheit	Kosten
Höhere Nahrungsproduktion					?
Agroforstwirtschaft					x
Verbesserte Pflanzenanbausysteme					xx
Verbesserte Nutztiersysteme					xxx
Landwirtschaftliche Diversifizierung					x
Verrringerter Umbruch von Grünland in Acker					x
Integriertes Wassermanagement					xx
Höherer Bodenkohlenstoffgehalt					xx
Verringerte Bodenerosion					xx
Verringerte Bodenverdichtung					x

Ansätze der Diversifizierung

a) ‘Neue’ Kulturarten anbauen

→ Trocken- bzw. hitzeresistente Arten

b) Mehr Kulturen gleichzeitig auf dem Feld anbauen

→ Mischkulturen

c) Agroforstwirtschaft

d) Genetische Diversität nutzen

→ Sortenmischungen, Populationssorten

e) Habitate gestalten, assoziierte Diversisität fördern

UNIVERSITÄT BONN

a) Kulturartenwahl

Beispiel 2: Ripsenhirse (*Panicum miliaceum*) – eine Kulturpflanze für (semi-)aride Gebiete

Wasserbedarf (l/g TM):
Hirse: 267
Weizen: 557
Q: Kalusche 2016

DER TROCKENHEIT GEWACHSEN

⟶ Rispenhirse hat Potenzial als Sommerung

AUTORIN:
Brigitte Stein

Werner Vogt-Kaute betonte zum Einstieg: „Rispenhirse ist etwas völlig anderes als

Ernährung. Dafür müssen die Körner allerdings geschält werden. „Die runden

Bild: Julia Rösch, Bayr. Verwaltungsstelle

⟶ **Merkmale von Rispenhirsen**

Ergebnis eines Sortenversuchs in Unterfranken

SORTE	ERTRAG (DT/HA)	WUCHSHÖHE (CM)	LAGER	REIFE
RUS Mittel	35	84	4	3
Krupnoskoroje	34	75	7,5	2,5
Quartett	32	77	3	2
Aseldo	31	82	2	5
Consanti	36	95	2	5
Kornberger	33	83	4	4
Lisa	29	91	2	3
Bernburger	31	93	7	3
Braunhirse	32	90	2	2
Italienische Herkunft	29	110	2	9

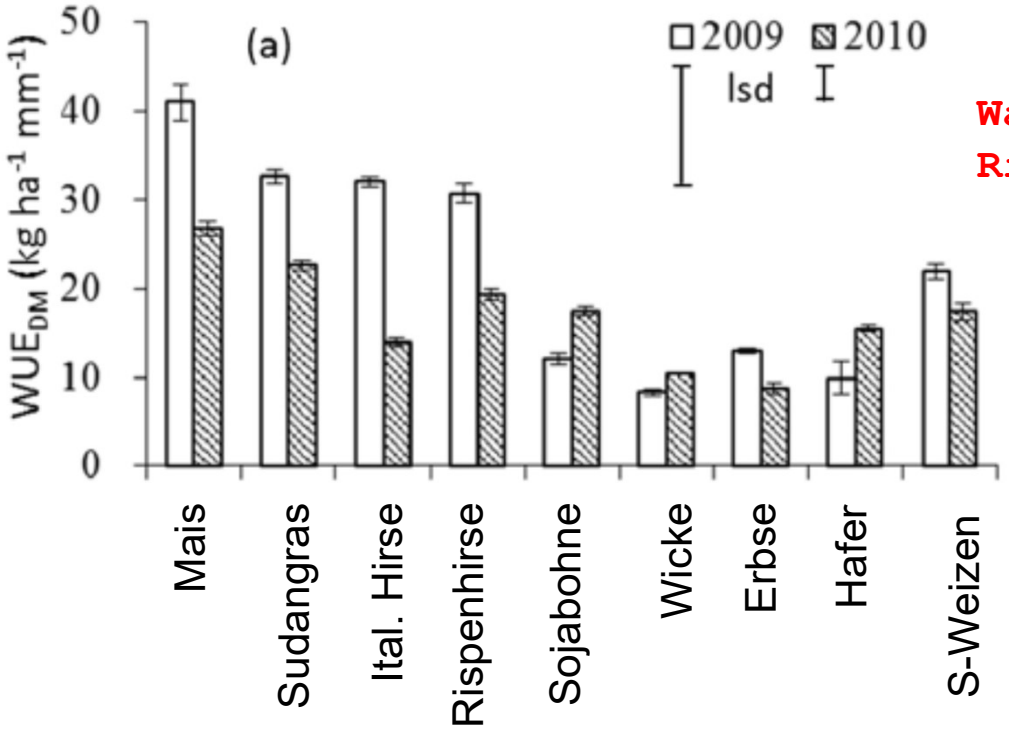
QUELLE: WERNER VOGT-KAUTE;
BONITURNOTEN: 1 (GERING/FRÜH) BIS 9 (STARK/SPÄT)

8 *bioland* SEPTEMBER 2019

a) Kulturartenwahl

Beispiel 2: Ripsenhirse (*Panicum miliaceum*) – eine Kulturpflanze für (semi-)aride Gebiete

Wassernutzungseffizienz des Biomasseertrags (kg DM/ha/mm)
in 2009 (weiß) and 2010 (gestreift); Fehlerbalken: SEM; LSD zwischen Arten je Jahr



Wassernutzungseffizienz von Rispenhirse eher mäßig

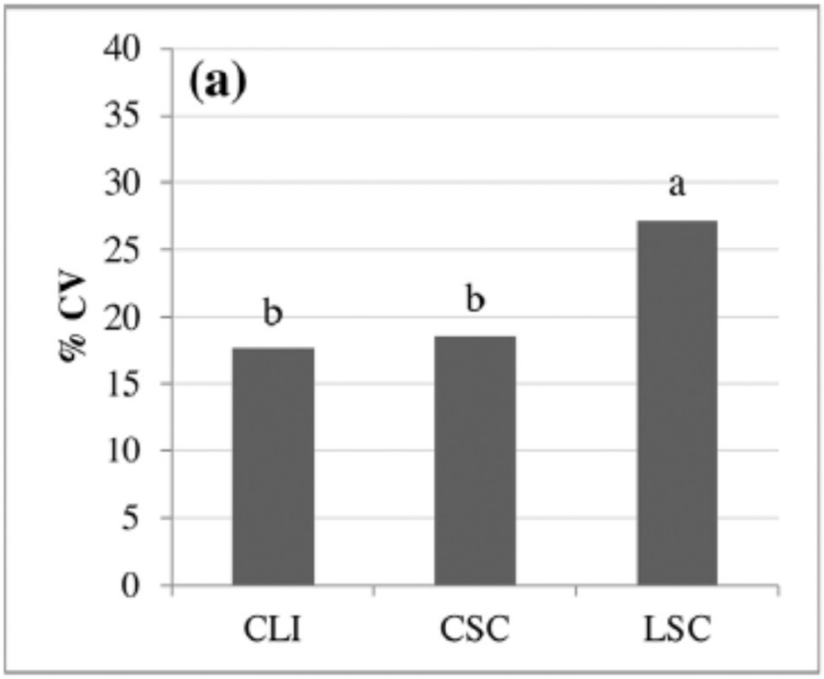
Zhang et al. 2018. Eur. J. Agronom. 93:1

UNIVERSITÄT BONN

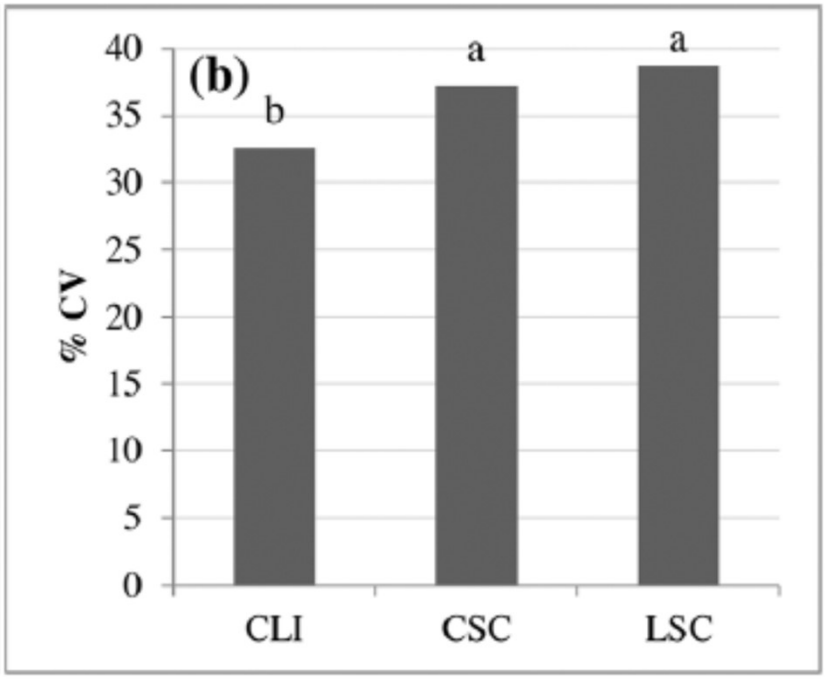
b) Mischkulturen

Beispiel 1: Meta-Analyse zum Mischanbau: Wie reagiert die Ertragsstabilität?

Zeitliche Ertragsvariabilität



Räumliche Ertragsvariabilität



CLI: Getreide + Körnerleguminose

CSC: Getreide in Reinsaat

LSC: Leguminose in Reinsaat

Raseduzzaman & Jensen 2017. EJA 91:25

b) Mischkulturen

Field Crops Research 198 (2016) 269–279

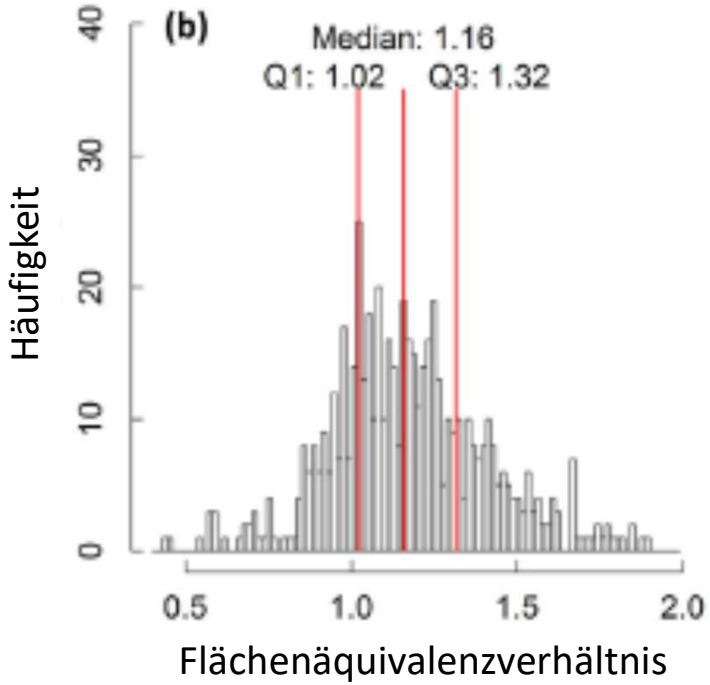
Contents lists available at ScienceDirect

Field Crops Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/fcr

A meta-analysis of relative crop yields in cereal/legume mixtures suggests options for management

Yang Yu[a], Tjeerd-Jan Stomph[a], David Makowski[b], Lizhen Zhang[c], Wopke van der Werf[a,*]



Um denselben Ertrag wie in der Mischung zu erzielen, wird im Durchschnitt wird für Reinsaaten 16% mehr Fläche benötigt.

Aber: Große Variabilität der Ergebnisse!

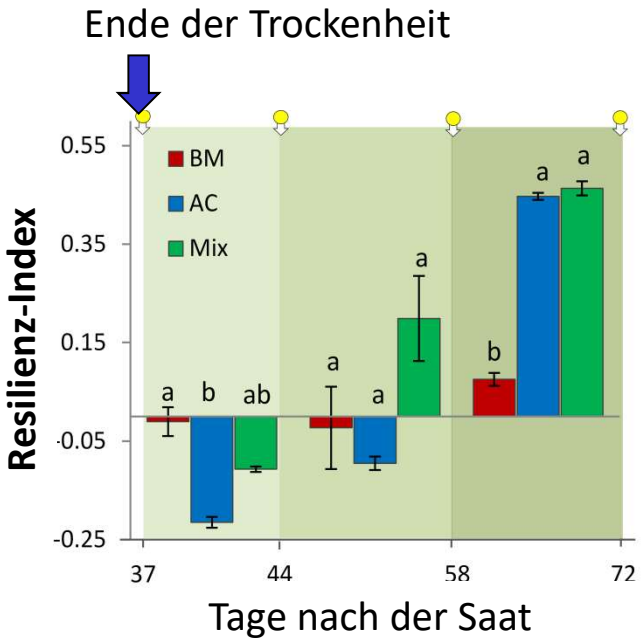
b) Mischkulturen

Beispiel 2: Futterleguminosen

Gelbklee: trockentolerant

Schwedenklee: überflutungstolerant

Reaktion auf episodischen Trockenstress



Resilienz in der Mischung ist nicht größer als Resilienz des besseren Partners.

b) Mischkulturen: Zwischenfazit

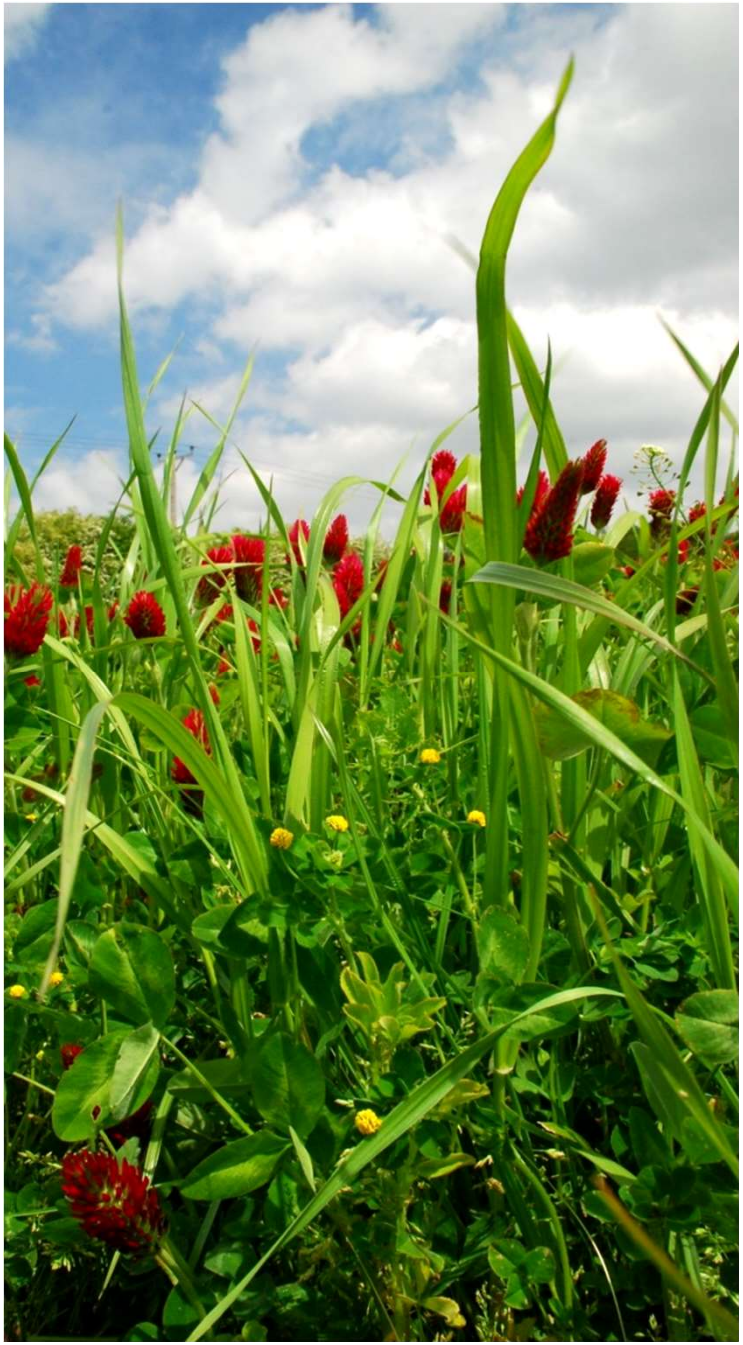
Gegenüber dem Durchschnitt der Reinkulturen

- Produktivität höher
- Stabilität höher
- Resilienz höher

Aber:

- Mischung meist nicht besser als die bessere Reinsaat
- Hohe Variabilität der Ergebnisse

→ Je weniger vorhersagbar die Witterung, desto größer wird der Vorteil der Mischung



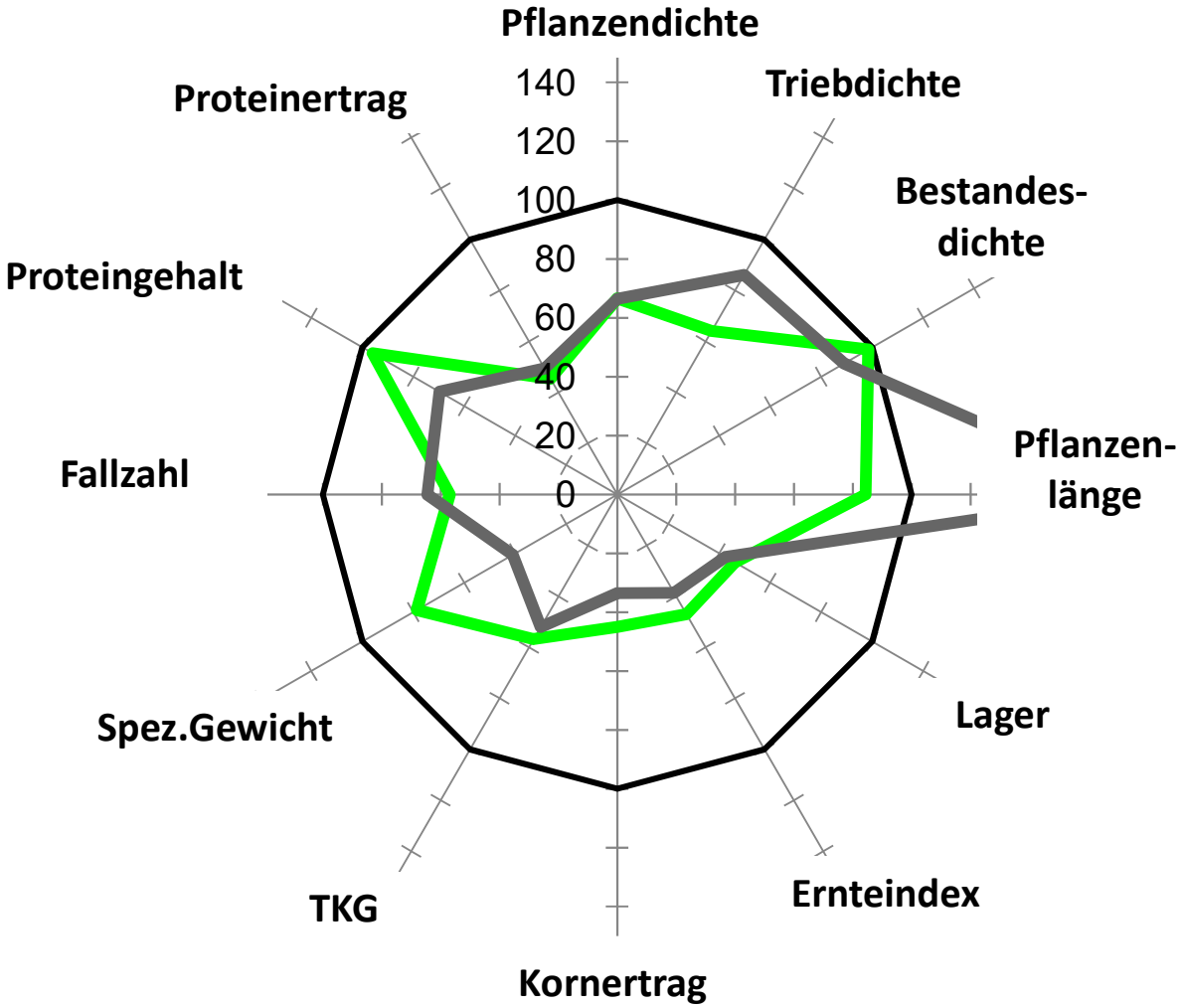
c) Agroforstsysteme

Anpassung an Klimawandel durch

- Risikostreuung
- Tiefere Wurzelsysteme
- Abmilderung des Mikroklimas
- Bei Starkregen: Höhere Infiltration, geringere Eroson

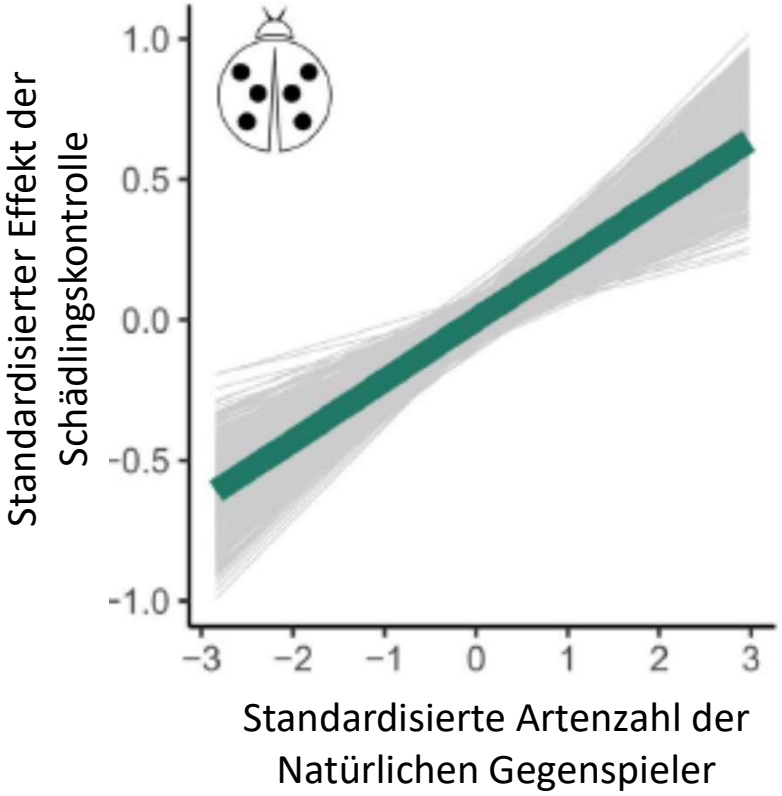
d) Genetische Diversität

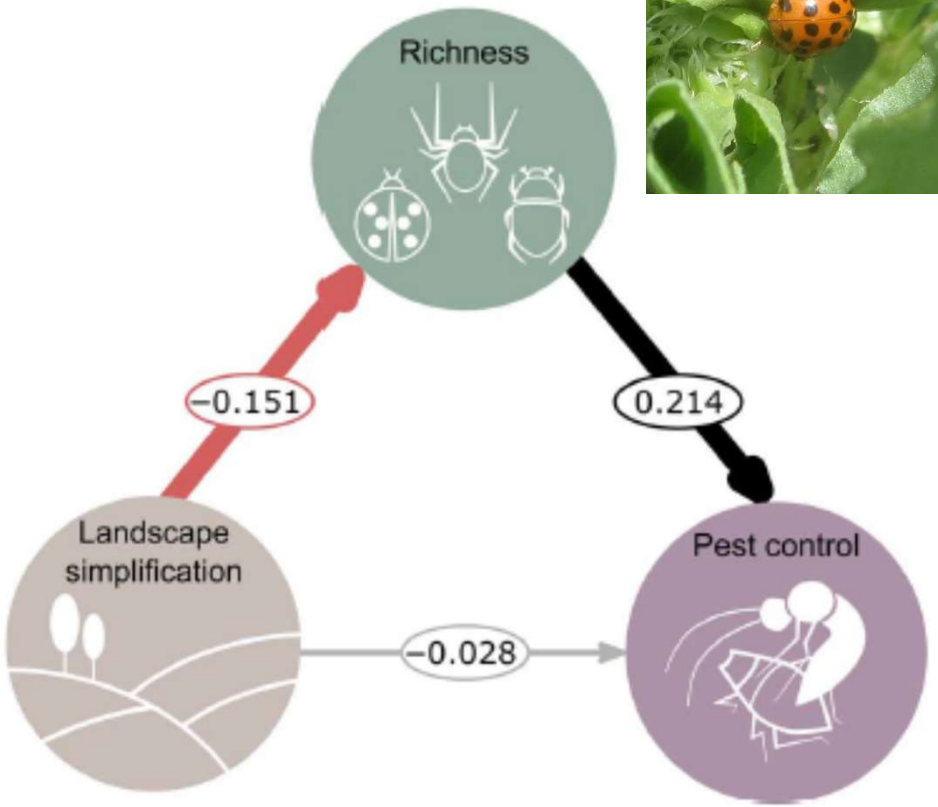
Zeitliche Variabilität von **Populationssorten** und **Mischungen** im Vergleich zu **Reinsorten** (=100%)



Döring et al 2015. Field Crops Research 183: 235–245.

e) assoziierte Diversität





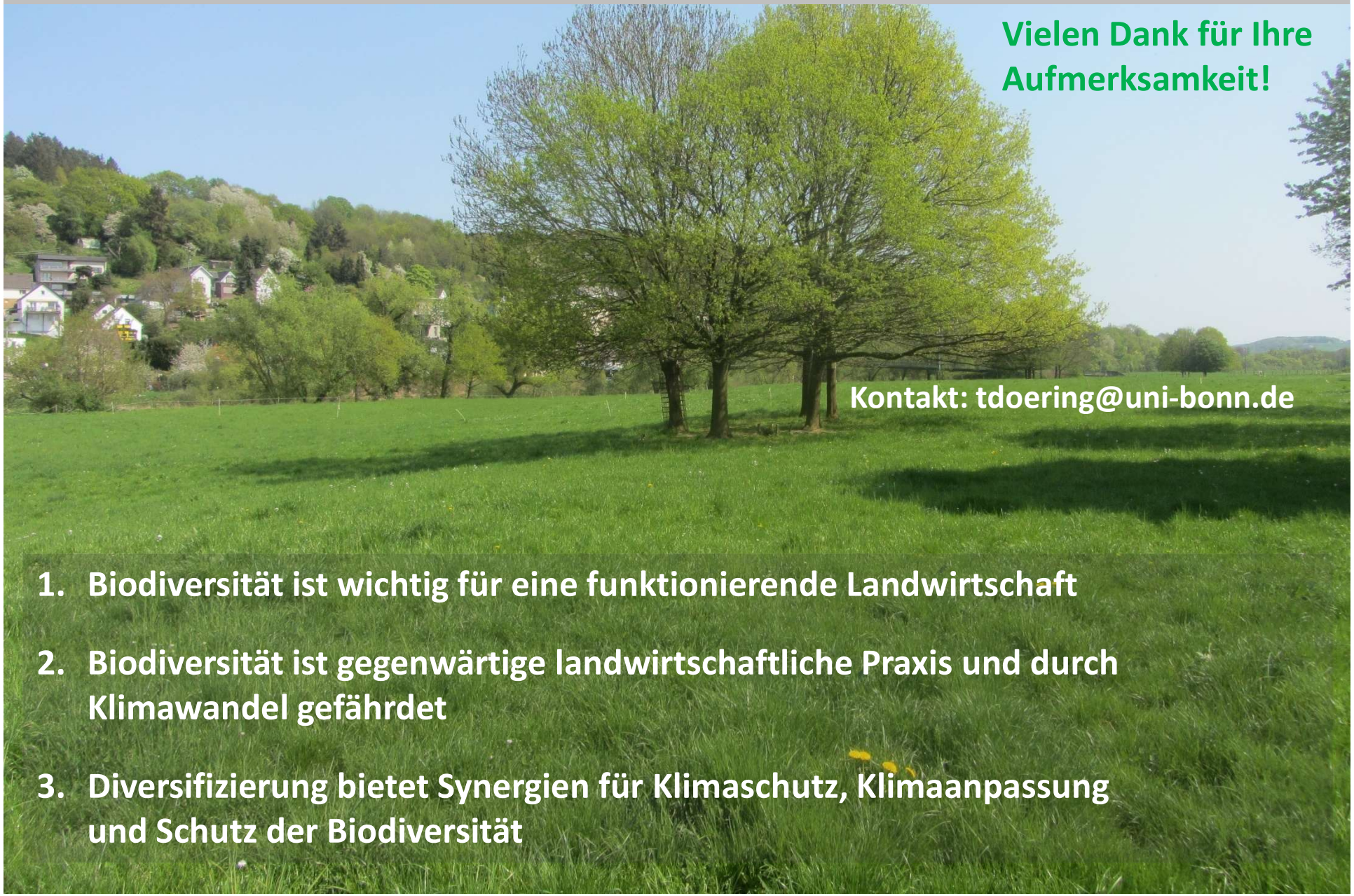
Dainese et al. 2019. Science Advances

→ Zu vermuten: Eine reiche Nützlingsfauna hilft, die Schwankungen abzupuffern, die durch den Klimawandel verstärkt werden

4. Allianzen für eine vielfältige Landwirtschaft

Maßnahme	**Anpassung an Klimawandel**	**Minderung THG**	**Positiver Effekt auf assoziierte Biodiversität**	**Schwierigkeiten**
Diversifizierung (Mischkulturen, Agroforstsysteme)	(teils) Risiko↓	(indirekt: Produktivität↑)	Vögel, Insekten (↑)	Unsicherheit; ‚Partnerwahl'
Kulturartenvielfalt	z.B. über Stresstoleranzen	-	z.B. Bestäuber ↑	Anbaudetails
Grünlandschutz	bedingt: Hochwasserschutz, Infiltration ↑ Bodenerosion↓	Ja: Umbruch setzt CO_2 frei	Vögel, Insekten ↑ (setzt extensives Mgt. voraus)	Ökonom. Verluste auf Marginal-standorten; Druck zur Intensivierung
Moorschutz	Hydrologischer Puffer	Kohlenstoff-Senke	Spezialisten ↑	Ökon. Druck, Flächenfraß
Reduzierte Bodenbearbeitung	an Wetterextreme: Infiltration ↑ Bodenerosion↓	Energie-verbrauch ↓	z.B. Laufkäfer ↑ Kurzflügelkäfer ↑ Pflanzenarten ↑	Ertrag ↓ Qualität ↓ Techn. Umsetzung

Fazit



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt: tdoering@uni-bonn.de

1. **Biodiversität ist wichtig für eine funktionierende Landwirtschaft**
2. **Biodiversität ist gegenwärtige landwirtschaftliche Praxis und durch Klimawandel gefährdet**
3. **Diversifizierung bietet Synergien für Klimaschutz, Klimaanpassung und Schutz der Biodiversität**

Appendix

Beispiel Tagfalter

Beispiel 1: Großes Ochsenauge (*Maniola jurtina*)

Verbreitung: häufig;
In ganz Europa; auch in Kleinasien, Nordafrika
Flachland – montan ca. 1600 m

Habitat: an offenen, trockenen bis leicht feuchten Orten, an Waldrändern, auf Trockenrasen

Raupenfutterpflanzen: Viele Süßgräser, z.B.

- Knäuelgras (*Dactylis glomerata*)
- Aufrechte Trespe (*Bromus erectus*)
- Schaf-Schwingel (*Festuca ovina*)
- Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*)
- Wolliges Honiggras (*Holcus lanatus*)
- Wiesen-Fuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*)
- Gewöhnliches Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*)
- Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*)

Nektarpflanzen der Adulten
z.B. *Centaurea, Cirsium, Leontodon, Heracleum, Filipendula, Senecio,*

Rote Liste: BRD:
2 (stark gefährdet)

Beispiel 2: Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea teleius*)

Verbreitung: sehr selten; Mittel-, West- und Südeuropa

Habitat: blütenreiche Feuchtwiesen und feuchte Quellwiesen in Tälern und an Berghängen sowie an Bächen und Gräben
Wichtig sind Saumstandorte, die entweder gar nicht oder nur unregelmäßig bewirtschaftet werden

Raupenfutter: ausschließlich Blüten des Großen Wiesenknopfs (*Sanguisorba officinalis*).

Im Spätsommer/Herbst werden sie u. a. von **Knotenameise** (*Myrmica scabrinodis*) in deren Nester getragen, wo sie überwintern und *räuberisch* von Ameiseneiern und -larven leben.
(→Myrmecophilie; → Sozialparasitismus)

Nektarpflanzen der Adulten
Enges Spektrum: meist Großer Wiesenknopf, aber auch an Blutweiderich (*Lythrum spec.*), Heil-Ziest (*Stachys officinalis*), Kleiner Braunelle (*Prunella vulgaris*)

Weitere gefährdete Schmetterlingsarten im Grünland

Lat. Name	Dt. Name	Gefährdung	Habitat
Colias hyale	Gemeiner Heufalter	BRD: keine NRW: 3	Klee- und Luzernefelder, Mähweiden
Zygaena trifolii	Feuchtwiesen-Rotwidderchen	3	**Extensives** Feuchtgrünland
Lycaena virgaureae	Dukaten-Feuerfalter	3	Blütenreiche **Magerrasen**
Erebia aethiops	Graubindiger Mohrenfalter	3	Waldränder, Lichtungen und angrenzende trockene oder feuchte Wiesen. U.a. Kohldistelwiesen
Argynnis aglaja	Großer Perlmutterfalter	V	Blütenreiche **Magerrasen**, regional auch Waldlichtungen
Brenthis ino	Mädesüß-Perlmuttfalter	V	**feuchte bis nasse** Brachen, Hochstauden-fluren (nicht Wiesen)

Ansprüche von Tagfaltern und Widderchen

- Vorhandensein von **Raupenfutterpflanzen**
- Ausreichende **Nektarressourcen**
- Vorhandensein weiterer **Habitatstrukturen**,
  z.B. Verhältnis und Verzahnung von Gehölzen und Offenflächen
  oder das Vorhandensein von bestimmten Mikrostrukturen

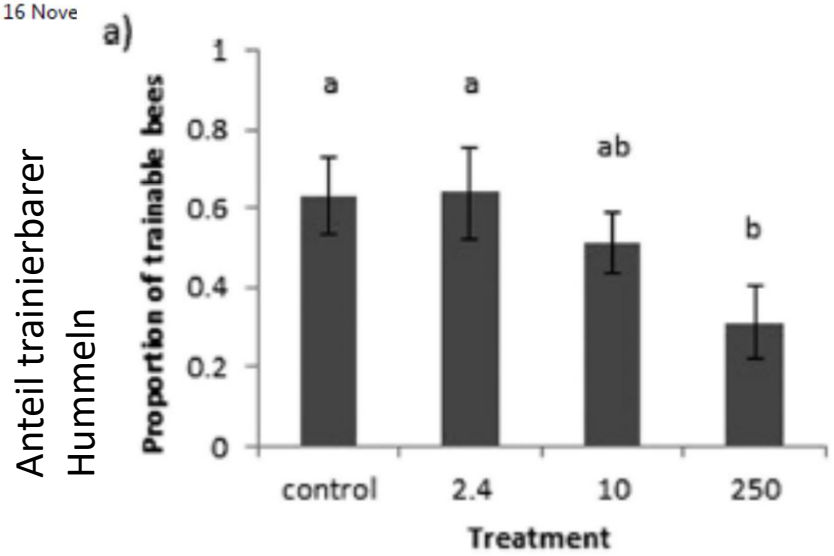
SCIENTIFIC REPORTS

OPEN

Bumblebee learning and memory is impaired by chronic exposure to a neonicotinoid pesticide

Received: 14 April 2015
Accepted: 14 October 2015
Published: 16 Nove

Dara A. Stanley[1,*], Karen E. Smith[1,*] & Nigel E. Raine[1,2]



Anteil trainierbarer Hummeln

Neonic-Konzentration

The olfactory learning performance of 171 individual bees from 6 colonies was tested

Stanley et al. 2015

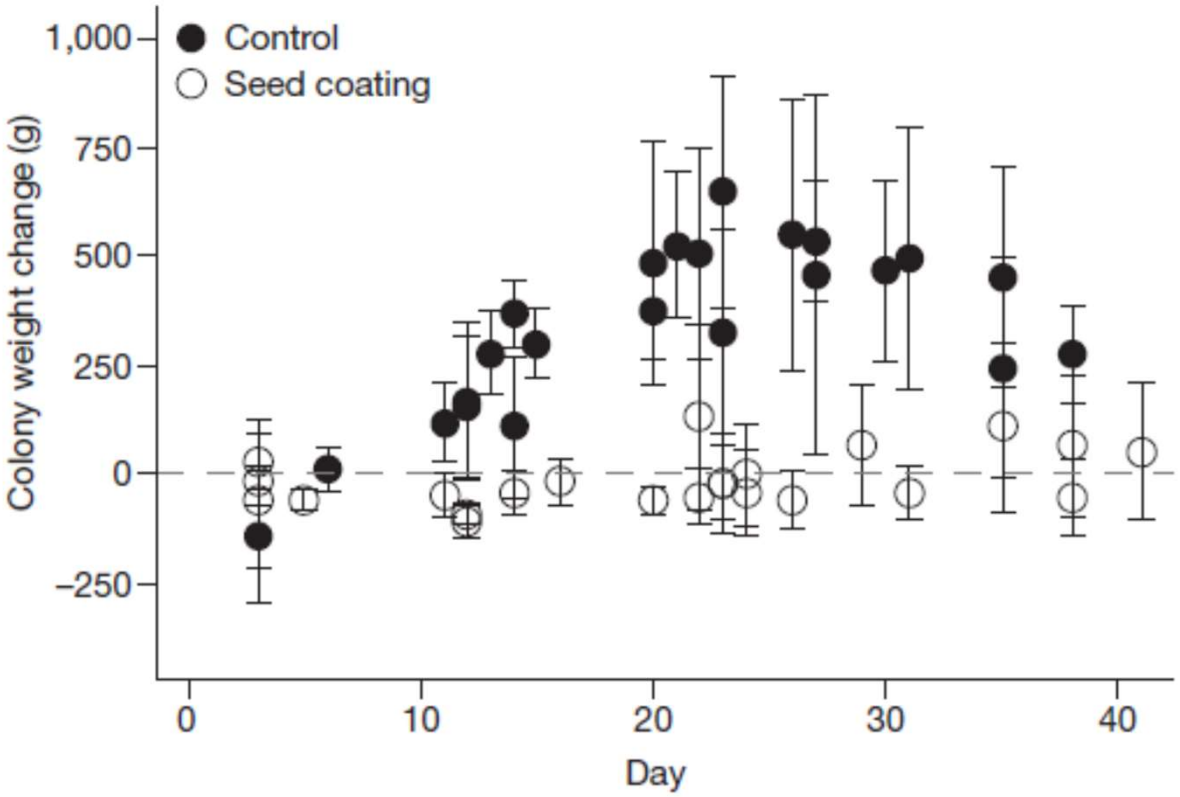


Figure 3 | Bumblebee colony development. Mean (± 95% confidence limits) bumblebee colony weight change (g) per field and survey day since day of placement at the fields (dashed horizontal reference line indicates initial colony weight) in relation to treatment (control (filled circles) or insecticide seed coating (open circles)). $n = 8$ fields per treatment. Dots are means of the six colonies at each field and weighing occasion. Two colonies at different fields (one control field and one treated field) were not weighed at one occasion, resulting in five colonies at those fields and weighing occasions. See Extended Data Table 6 for results from the colony growth model (linear mixed model).

Rundlöf et al. 2015. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature*. doi:10.1038/nature14420

Bombus terrestris

Einsatz von Neonicotinoiden

Die bekanntesten drei neonicotinoiden Wirkstoffe sind Clothianidin, Imidacloprid und Thiamethoxam

Insektizideinsatz im Ackerbau reduziert Bestäubungsleistung der Insekten bei Äpfeln.

LETTER

doi:10.1038/nature16167

Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees

Dara A. Stanley[1], Michael P. D. Garratt[2], Jennifer B. Wickens[2], Victoria J. Wickens[2], Simon G. Potts[2] & Nigel E. Raine[1,3]

Recent concern over global pollinator declines has led to considerable research o … pollination services[18]. Bumblebees are major pollinators of apples[19] Although pesticides are t…

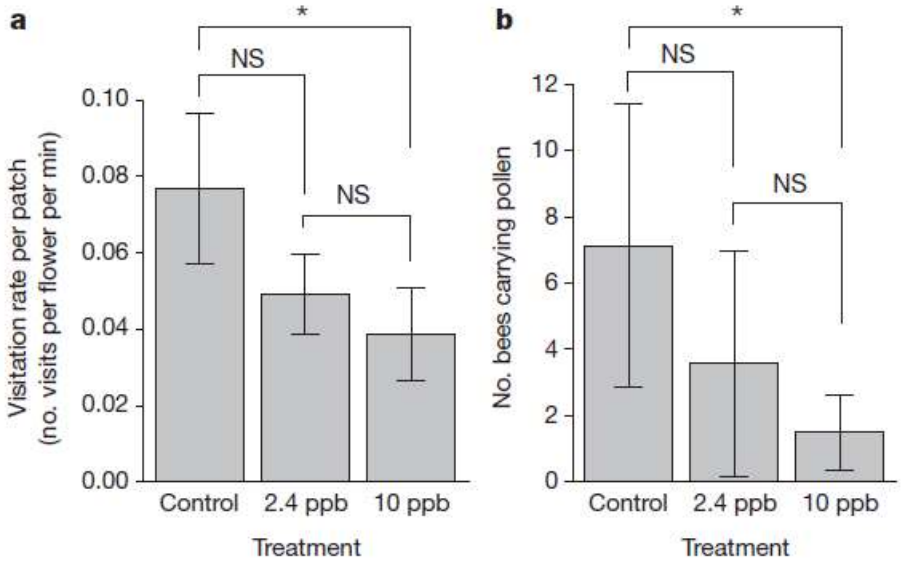


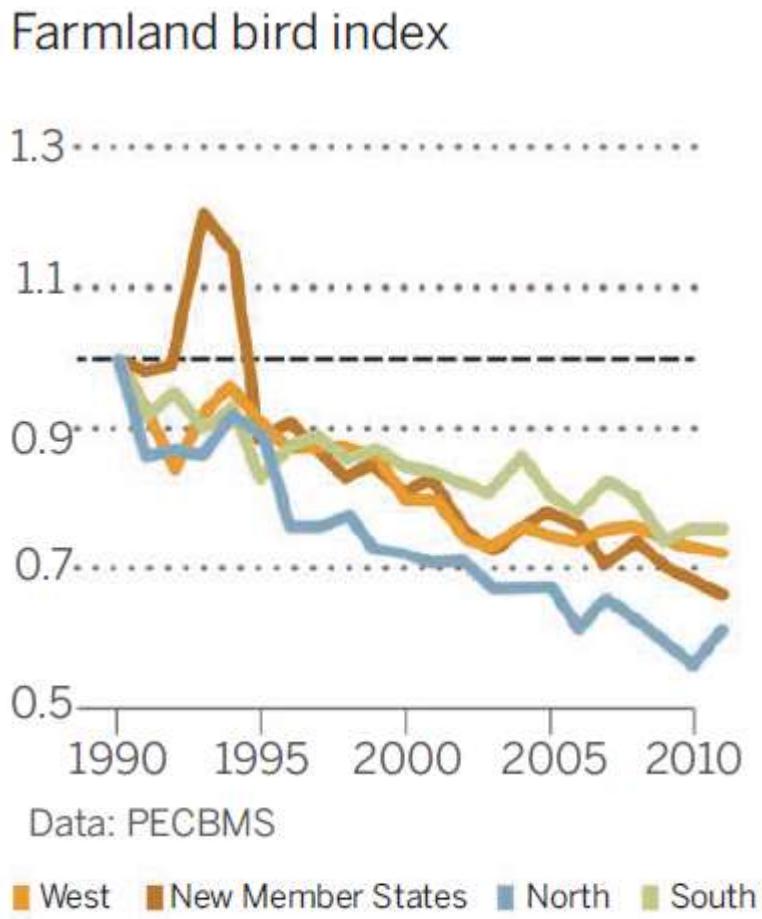
Figure 1 | Effects of pesticide treatment on colony-level behaviour. a, b, Visitation rates provided by colonies to Scrumptious apple flowers (number of visits per flower per minute) (a) and number of foraging trips from which bees returned carrying pollen (b), from colonies exposed to different pesticide treatments. Eight colonies were observed per treatment group, and means ± s.e.m. are shown, $*P < 0.05$. NS, not significant. Results from statistical models are given in Extended Data Table 1.

Verursacher (Landnutzer und Wirtschaftszweige) des Artenrückganges der Farn- und Blütenpflanzen

(angeordnet nach der Zahl der betroffenen Arten in der Roten Liste; Mehrfachnennungen)

(nach KORNECK & SUKOPP 1988)

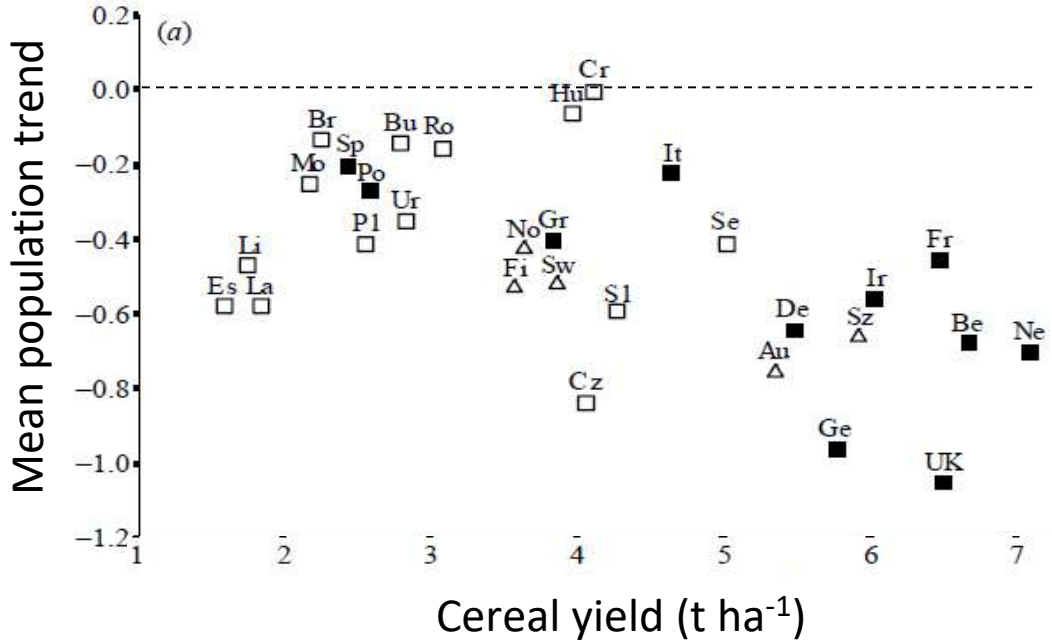
Vögel der Agrarlandschaft, EU



Pe'er et al. 2014

Populations-rückgang in allen Regionen Europas

Entwicklung der Vogelpopulationen vs. Getreideertrag



Zielkonflikt zwischen Produktion und Biodiversität

Bird population trends 1970-1990, yields 1993.
r= –0.54**

Donald et al. 2001. *Proc R Soc B* 268:25

UNIVERSITÄT BONN

LETTER

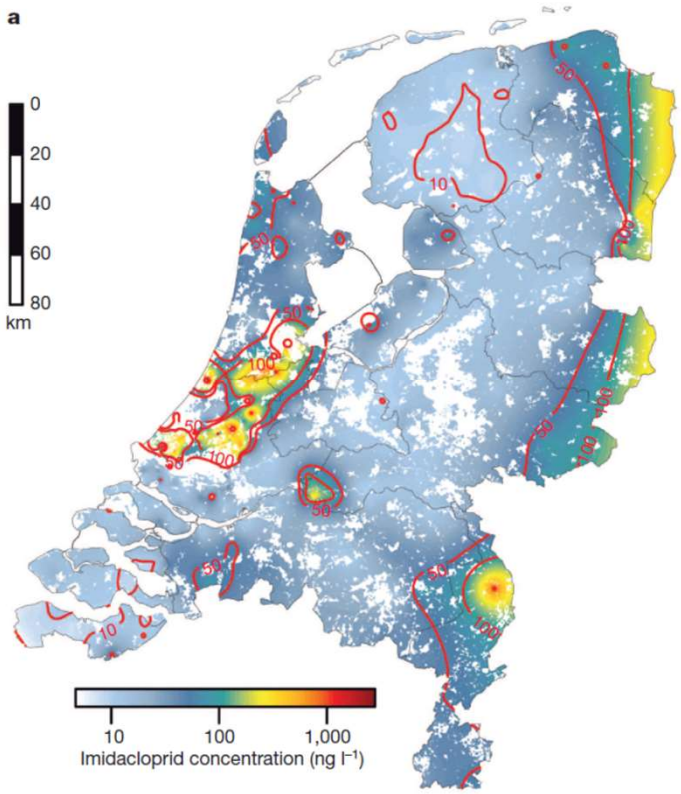
Hallmann et al. 2014. Nature

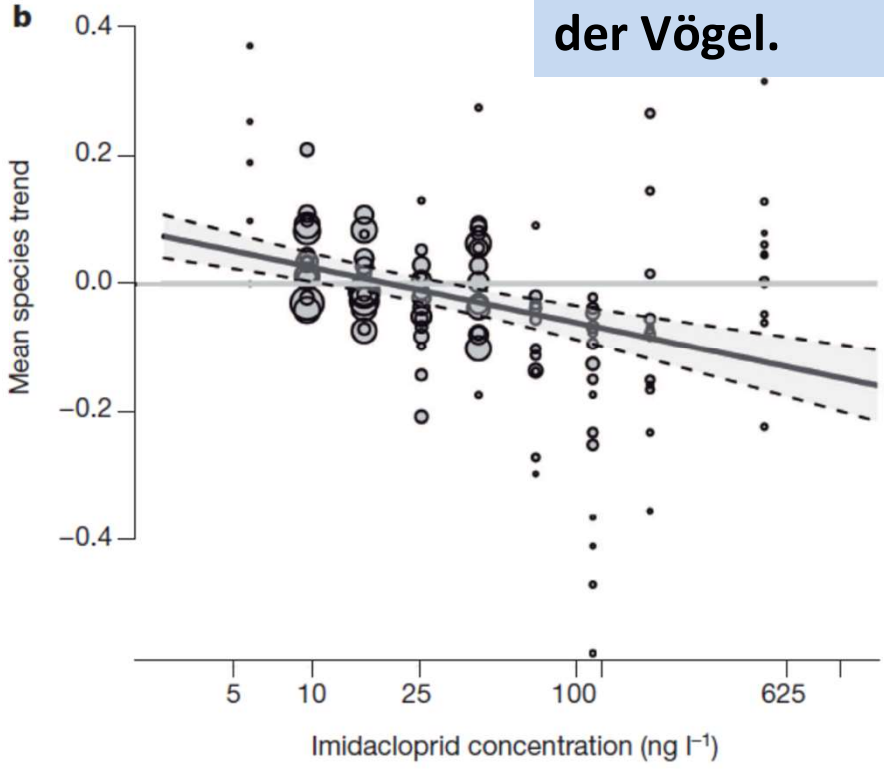
doi:10.1038/nature13531

Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations

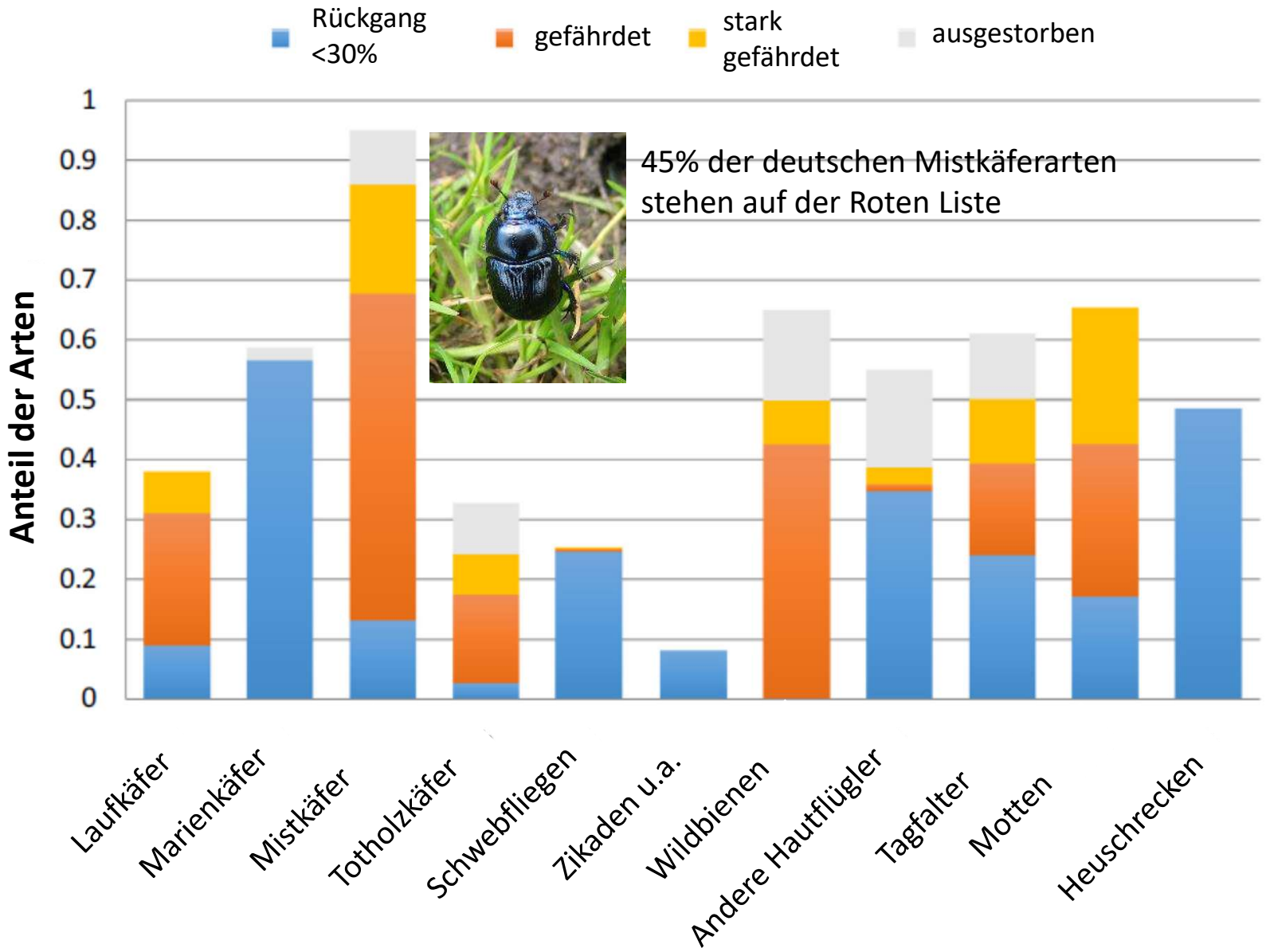
Caspar A. Hallmann[1,2], Ruud P. B. Foppen[2,3], Chris A. M. van Turnhout[2], Hans de Kroon[1] & Eelke Jong

Je mehr Insektizid desto stärker ist der Populationsrückgang der Vögel.





Welche Gruppen sind vom Insektenrückgang besonders betroffen?



Sánchez-Bayo et al. 2019. Biol Cons 232:8-27

Was können wir zum Schutz der Biodiversität tun?

Förderungsmöglichkeiten in der Landwirtschaft: Übersicht

- Reduktion des **Biozideinsatzes**
- „**Einräumen**“ der Landschaft
  - Hecken
  - Säumen
  - Feldränder
  - Brachflächen
  - „Beetle Banks“
  - Agroforstsysteme
  - Vernetzen von Landschaftselementen
  - Hohe Randlinienlänge

- Angebot von **Nahrungsressourcen** erhöhen
  - Blühstreifen
  - Reduktion der Beikrautkontrolle
  - Grünlandextensivierung

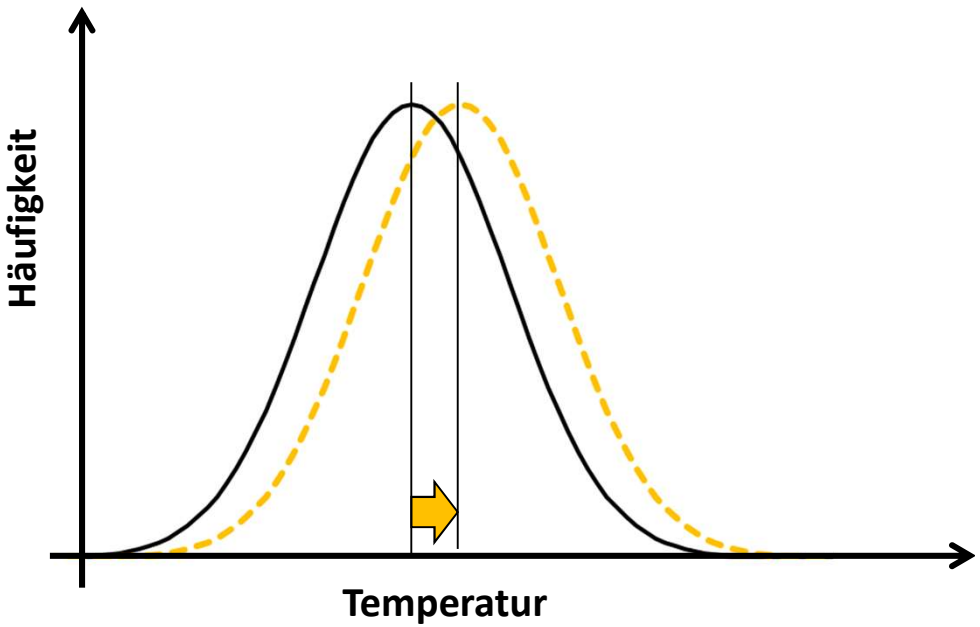
a) Ökolandbau

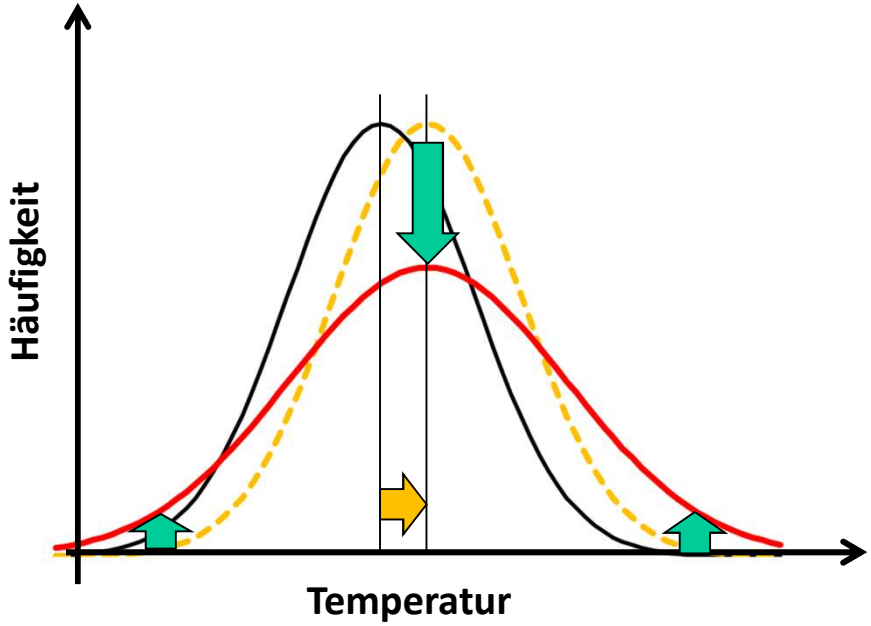
b) Einräumen der Landschaft

c) Vertragsnaturschutz

d) Diversifikation

Extremwetterlagen

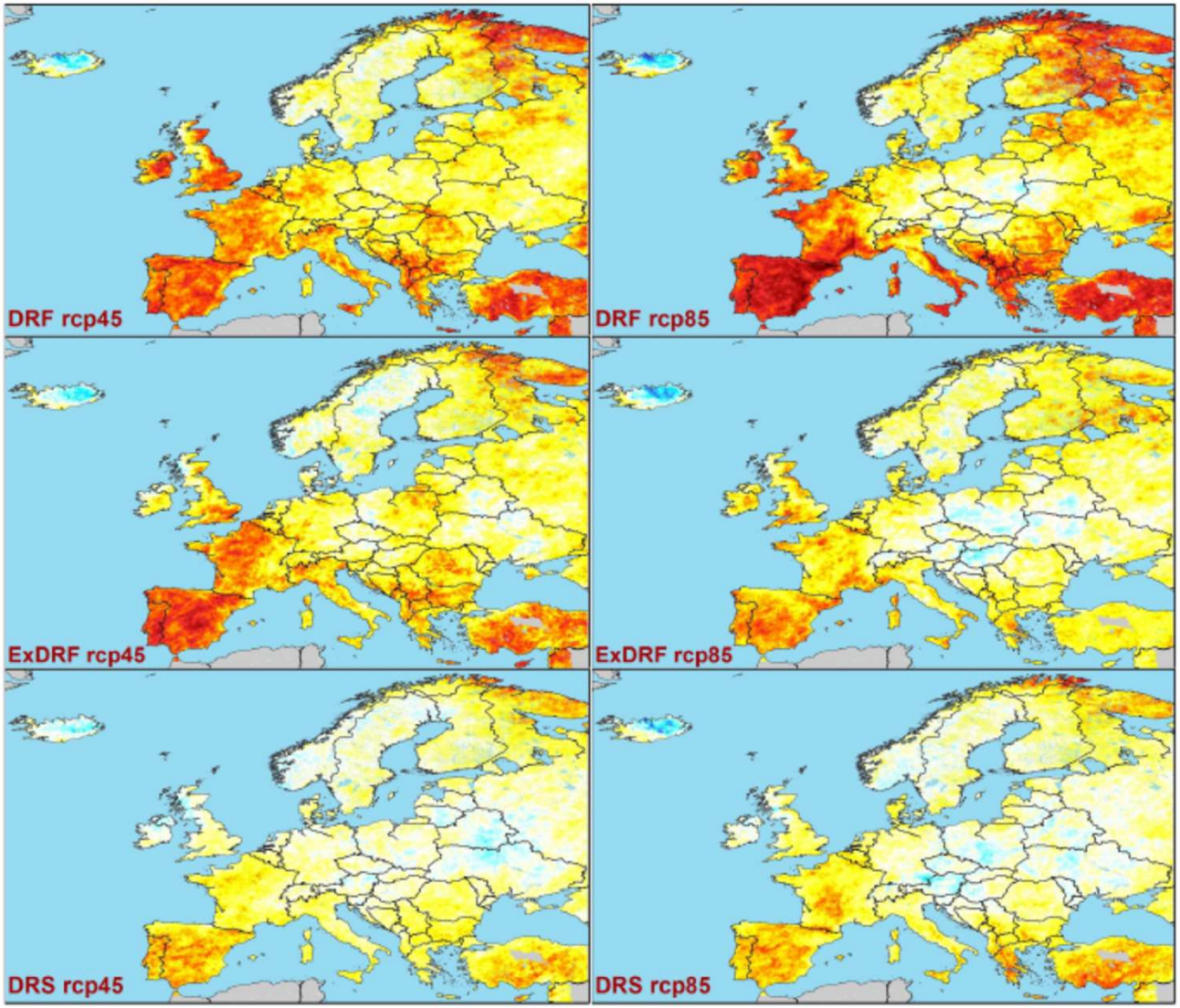




- **Wettervariabilität nimmt mit dem globalen Klimawandel zu.**
- **Ist es möglich, Agrarsysteme unter stark schwankenden Bedingungen zu optimieren?**

Trockenheit

Moderate Emissionen **Hohe Emissionen**



Änderung der Häufigkeit von Dürren

Änderung der Häufigkeit von extremen Dürren

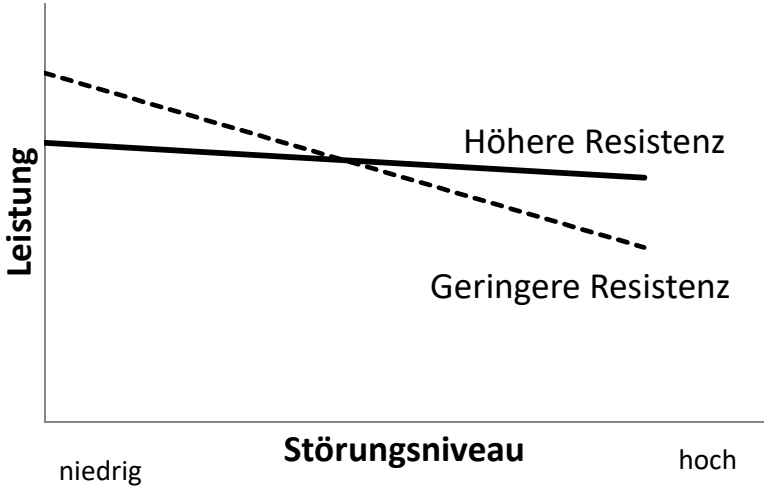
Änderung der Schwere von Dürren

Spinoni et al. 2018. Int. J. Climatol. 38: 1718–1736

Strategien der Anpassung – wohin wollen wir?

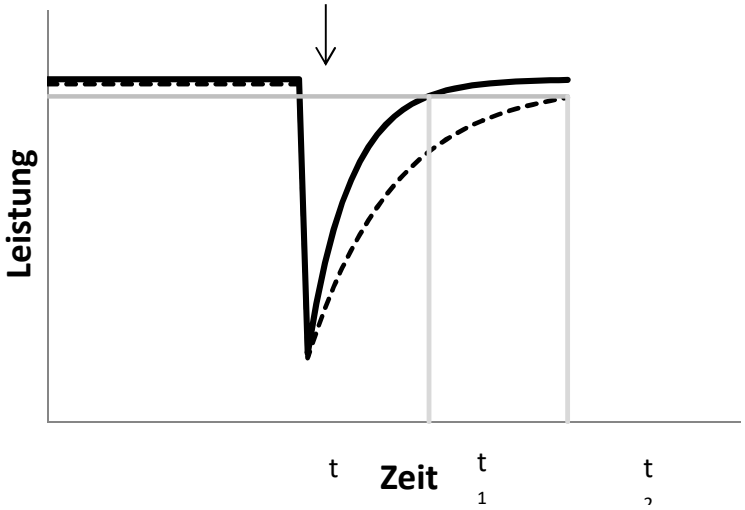
Statische Strategie - deterministisch

- Auftreten von Störungen in Zeit und Raum vorhersagen
- Mittlere Ertragsfähigkeit bei *durchschnittlichem* Störungsniveau erhöhen
- *Resistenz* gegenüber Störung erhöhen (kein Verlust der Funktion)



Dynamische Strategie - indeterministisch

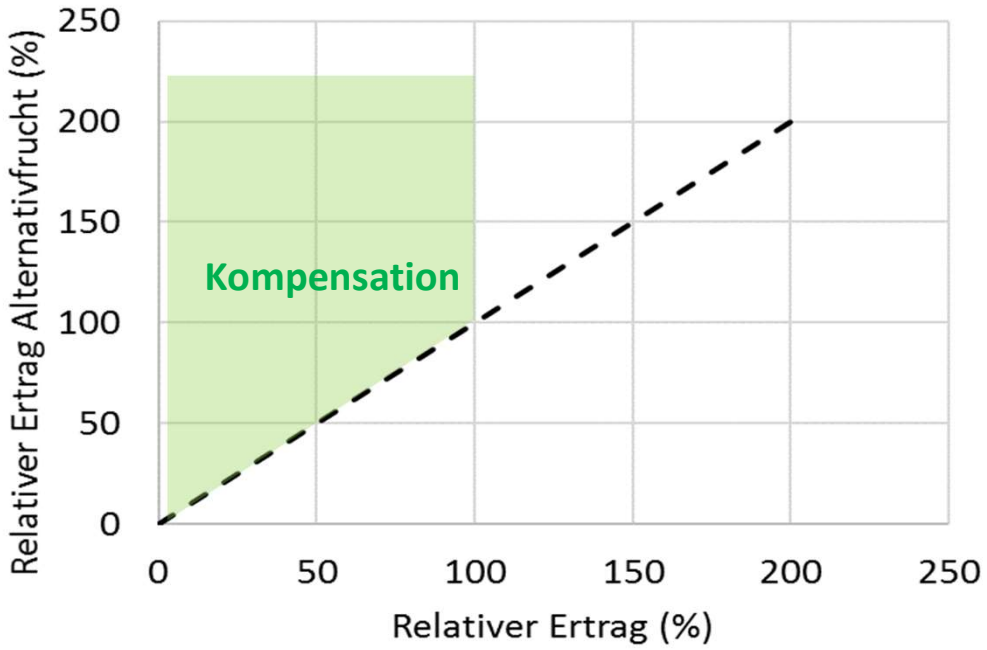
- Störungsereignisse nicht vorhersehbar und nicht steuerbar, daher
- *Anpassungsfähigkeit* an Störung erhöhen
- Fähigkeit verbessern, die Funktionsfähigkeit nach Störung *wiederzuerlangen*



Stabilität **Resilienz**

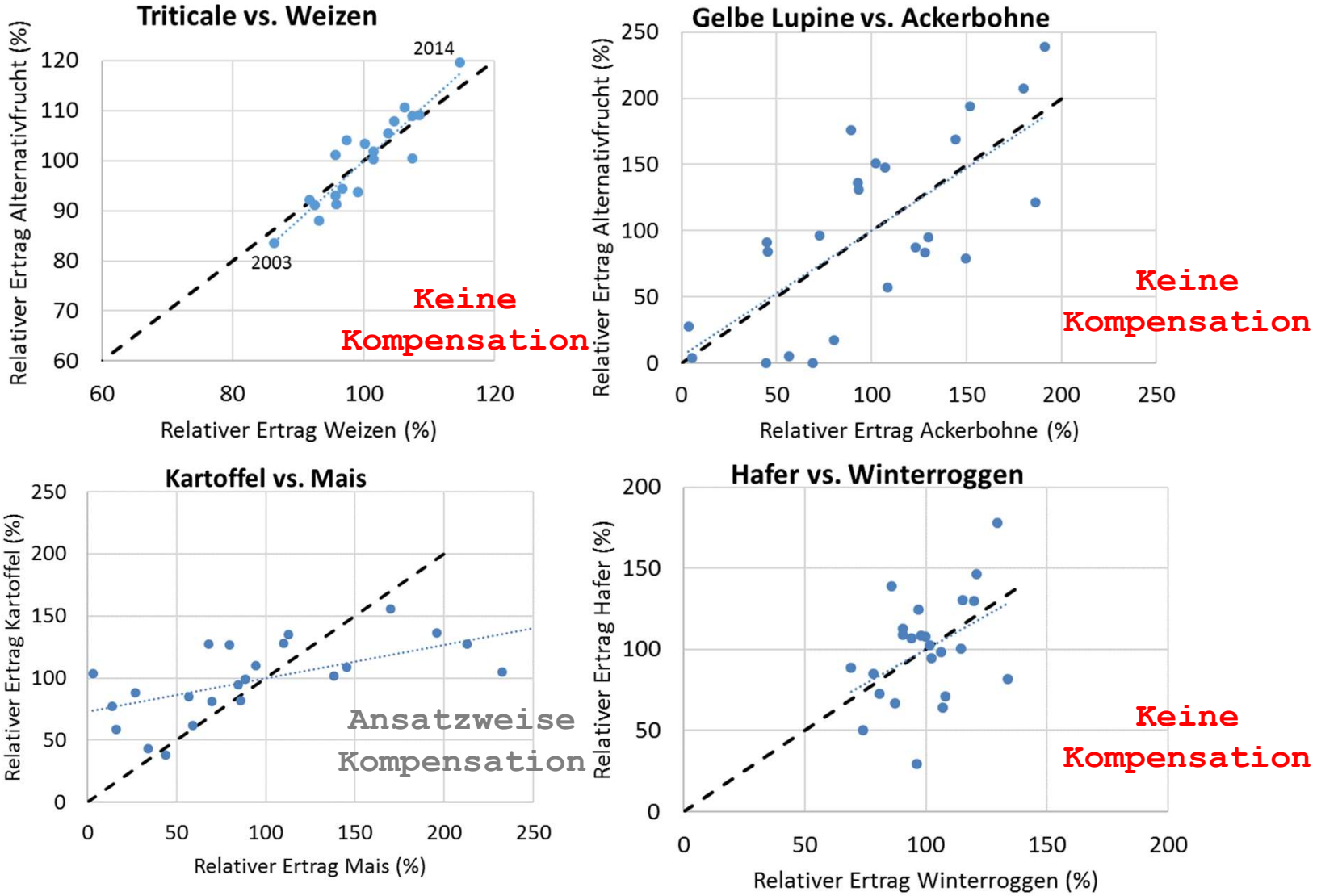
a) Kulturartenwahl

Beispiel 1: Ziel: Ausfälle einer Fruchtart durch eine andere Art kompensieren



a) Kulturartenwahl

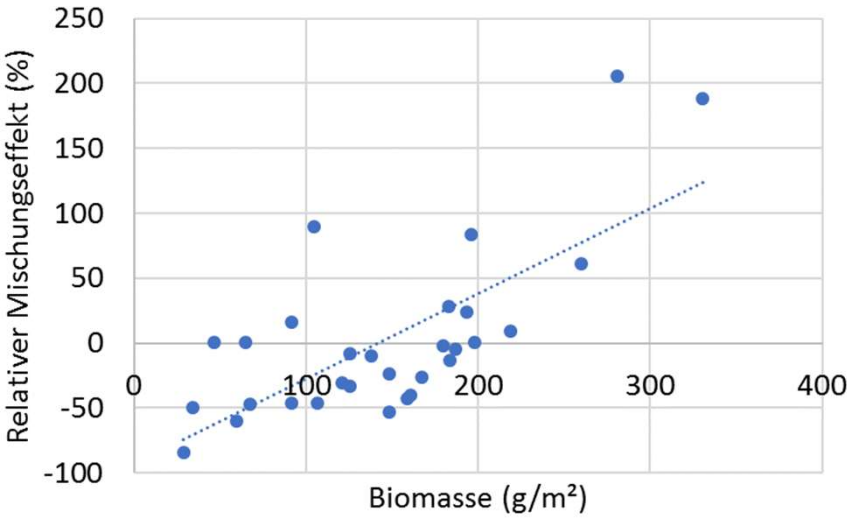
Beispiel 1: Ziel: Ausfälle einer Fruchtart durch eine andere Art kompensieren



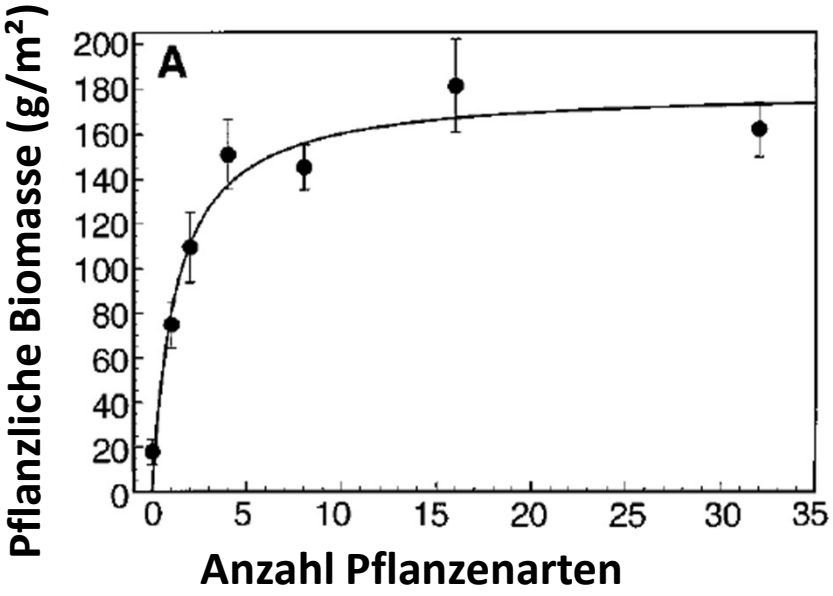
(Daten: Triticale: FAOSTAT Deutschland; andere: Versuchsfeld Dahlem)

b) Mischkulturen

Beispiel 2: Futterleguminosen



In diesem Fall: Je größer das Ertragsniveau, desto größer der relative Vorteil durch Mischen der beiden Arten.



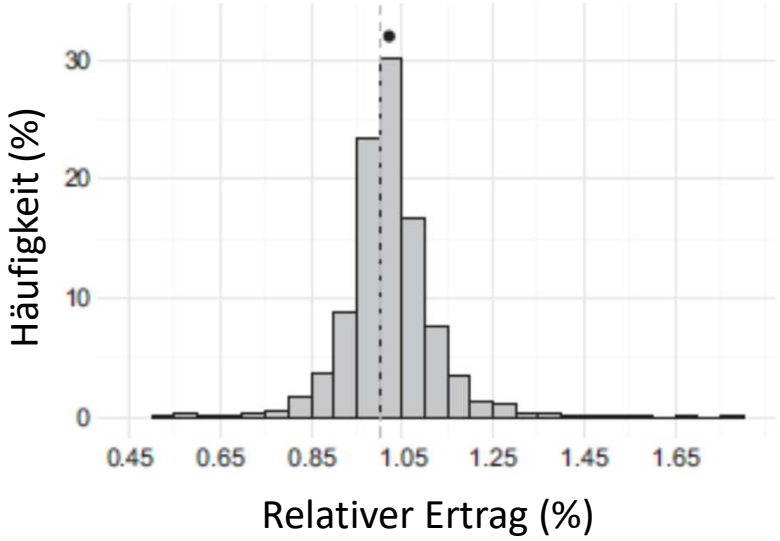
Tilman et al. 1996. Nature

Mehr Pflanzenvielfalt erhöht den Ertrag.

d) Genetische Diversität

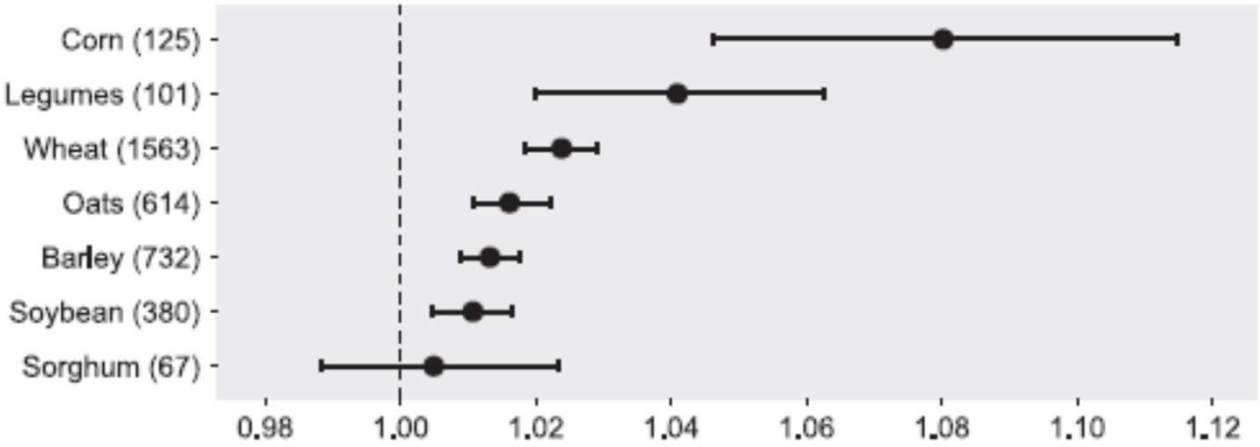
Durchschnittlicher Ertragsvorteil von Sortenmischungen

Meta-Analyse von 91 Studie mit >3600 Beobachtungen:
Durch Mischung von Sorten nahm Ertrag im Vergleich mit den Reinsaaten im Durchschnitt 2.2% zu.

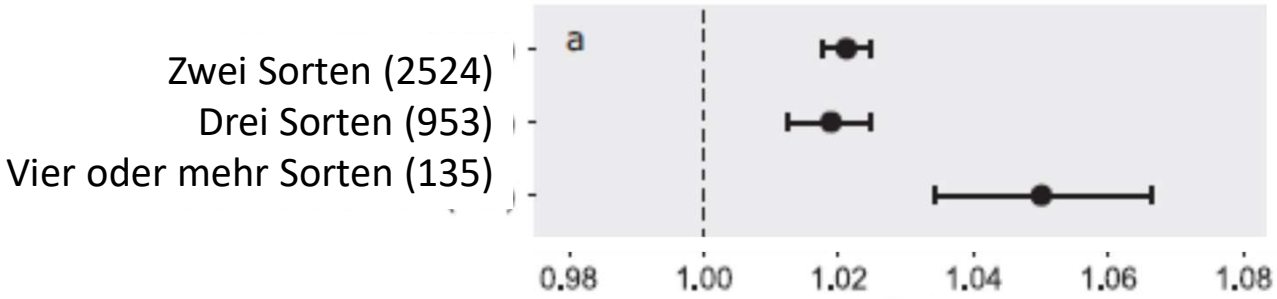


Rice & Drinkwater 2018. Ecological Applications, 28: 62–77.

d) Genetische Diversität



Relativer Ertrag im Vergleich zu Reinsaaten



Relativer Ertrag

Rice & Drinkwater 2018. Ecological Applications, 28: 62–77.

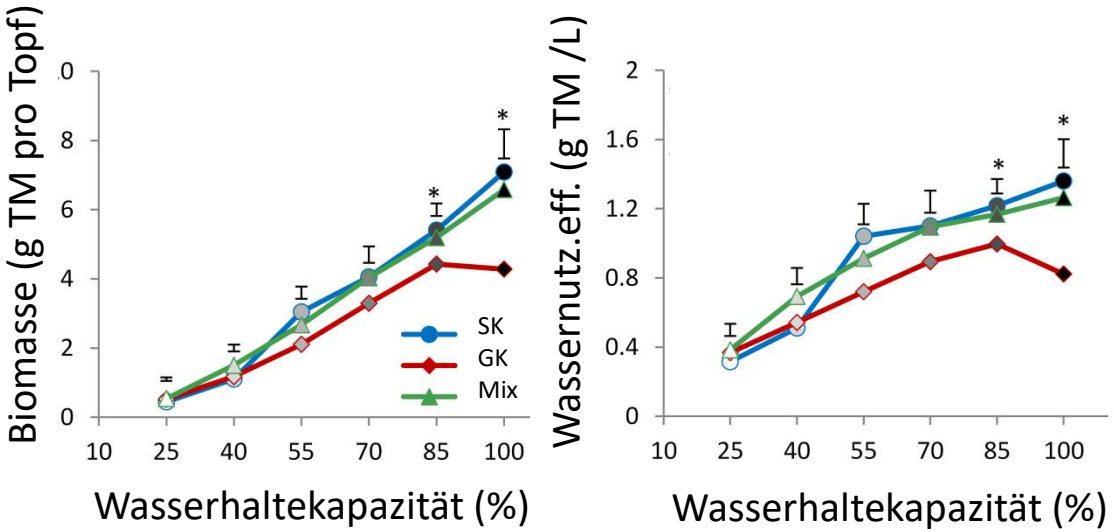
b) Mischkulturen

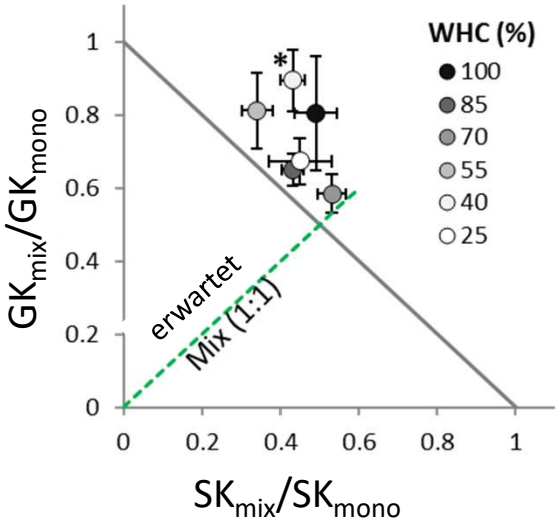
Beispiel 2: Futterleguminosen

Gelbklee: trockentolerant

Schwedenklee: überflutungstolerant

Reaktion auf kumulativen Trockenstress





Mischung ist besser als der Durchschnitt der Partner, aber nicht besser als der bessere Partner.