



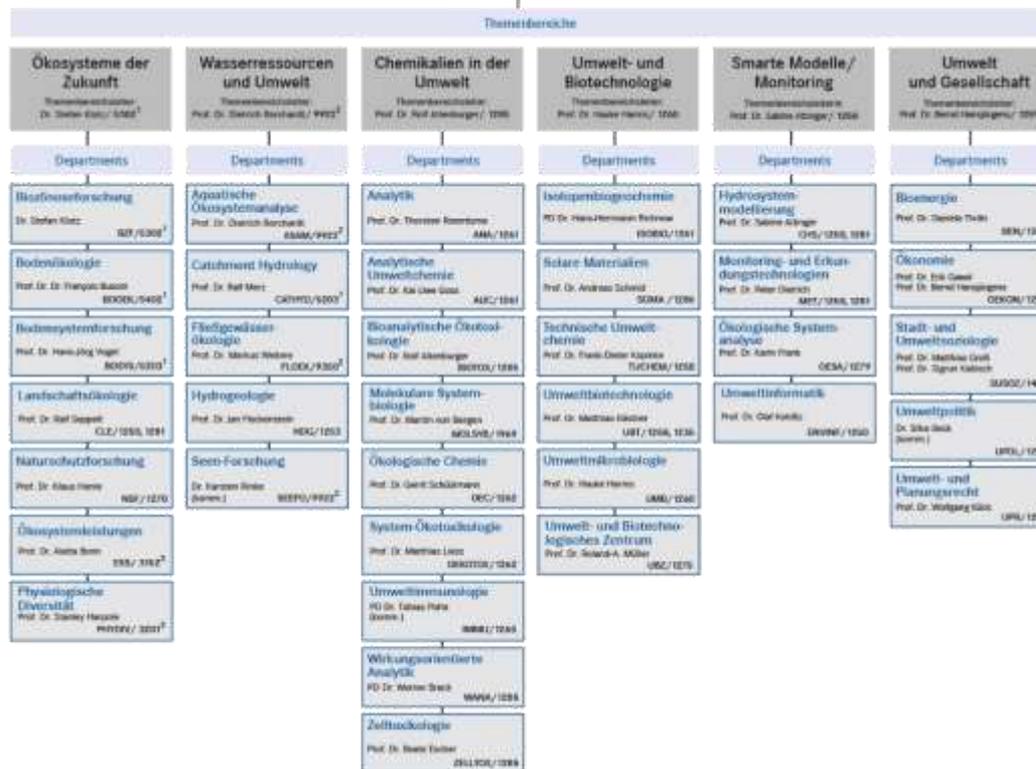
Konsequenzen des Klimawandels unter unterschiedlichen Landnutzungen – Einfluss auf Produktivität, Vegetation und Boden

Martin Schädler, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Department Biozönoseforschung
Theodor-Lieser-Str. 4
06110 Halle
Deutschland

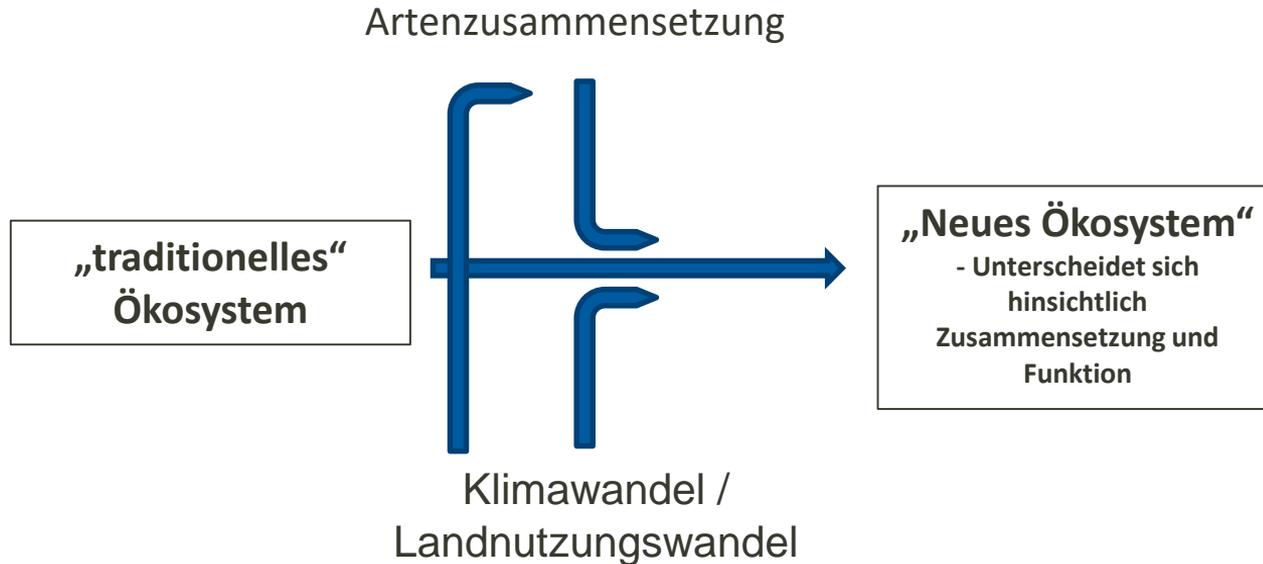
martin.schaedler@ufz.de

- 1991 als UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle gegründet
- Heute 34 Departments mit ca. 1100 Mitarbeitern an den Standorten Leipzig, Halle, Magdeburg und Versuchsstationen in Bad Lauchstädt und Falkenberg
- Es erforscht die komplexen Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt in genutzten und gestörten Landschaften.
- Die Wissenschaftler des UFZ entwickeln Konzepte und Verfahren, die helfen sollen, die natürlichen Lebensgrundlagen für nachfolgende Generationen zu sichern.

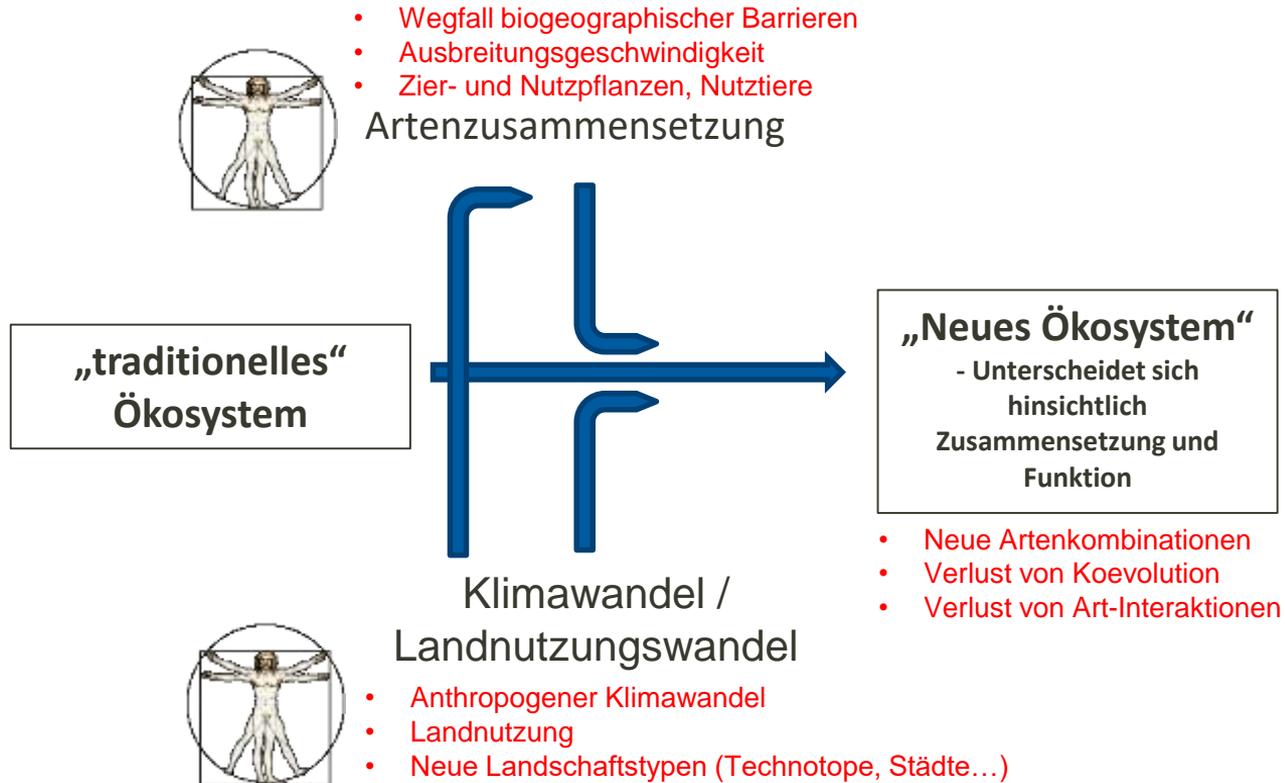




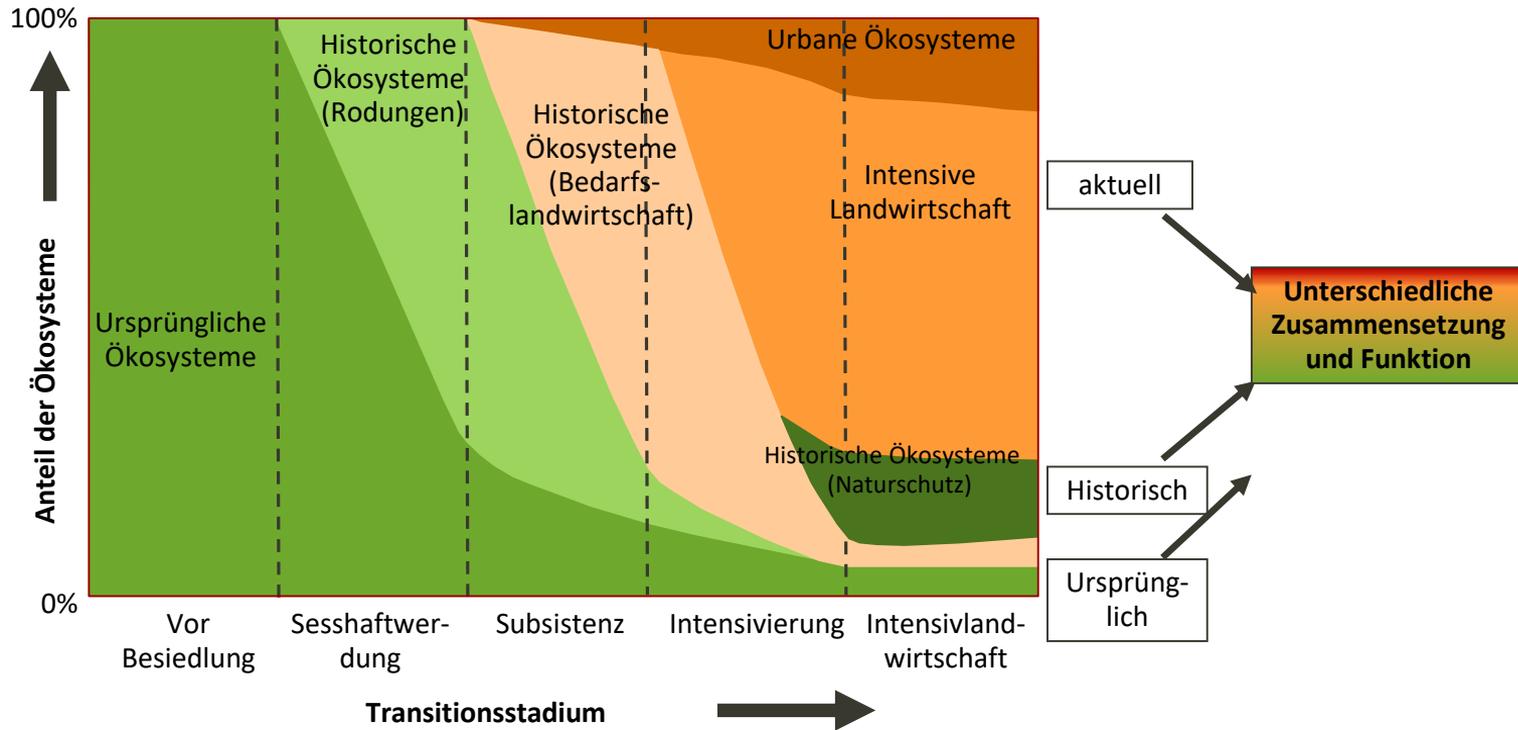
Neue Ökosysteme?



Neue Ökosysteme?



Neue Ökosysteme – historische Entwicklung



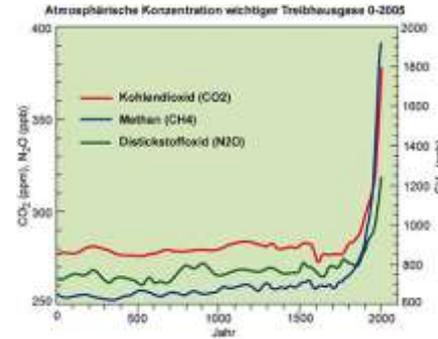
Foley et al. 2005

Neue Ökosysteme – aktuelle Entwicklung und Ursachen

Pestizidausbringung



Treibhausgasemission



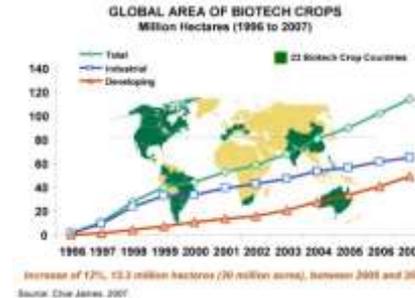
<https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Treibhausgase>

Einsatz mineralischer Dünger



<https://www.flickr.com/photos/boellstiftung/44848901961>

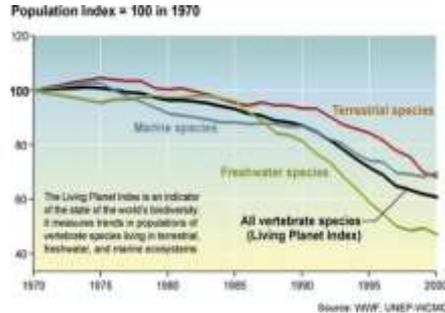
Gentechnisch modifizierte Organismen



<https://www.globalresearch.ca/opening-the-door-to-gm-crops-in-europe/22404>

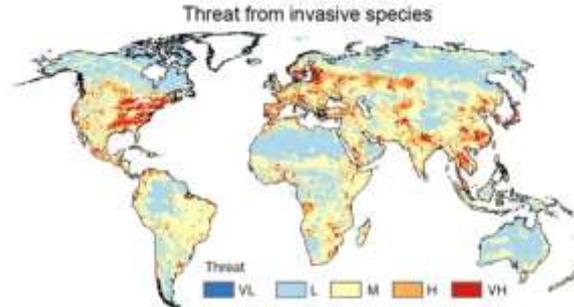
Neue Ökosysteme – aktuelle Entwicklung und Folgen

Biodiversitätsverlust



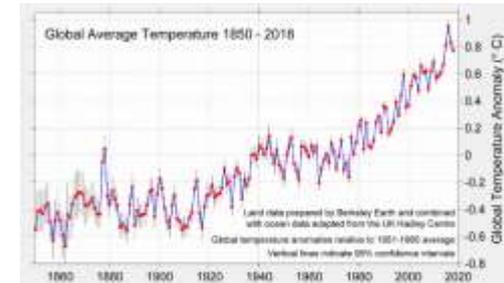
<https://biodiversityconservationblog.wordpress.com/2013/02/18/biodiversity-in-decline/>

Gebietsfremde Arten



<https://wildlife.org/invasive-species-bigger-threat-in-developing-countries/>

Klimawandel



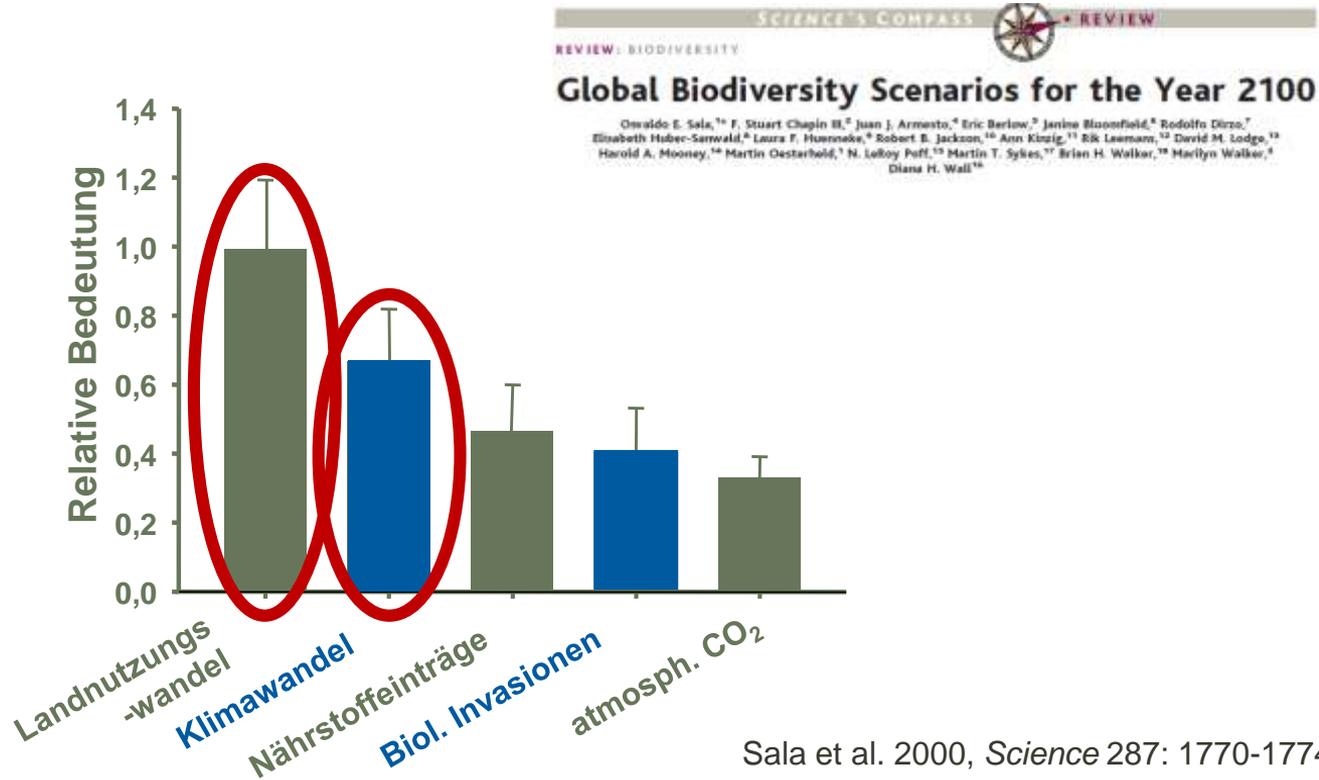
<http://berkeleyearth.org/2018-temperatures/>

Anthropogene Einflussfaktoren haben in den letzten Jahrzehnten an Intensität und Dynamik stark zugenommen

Wie reagieren Ökosysteme auf den globalen Wandel?

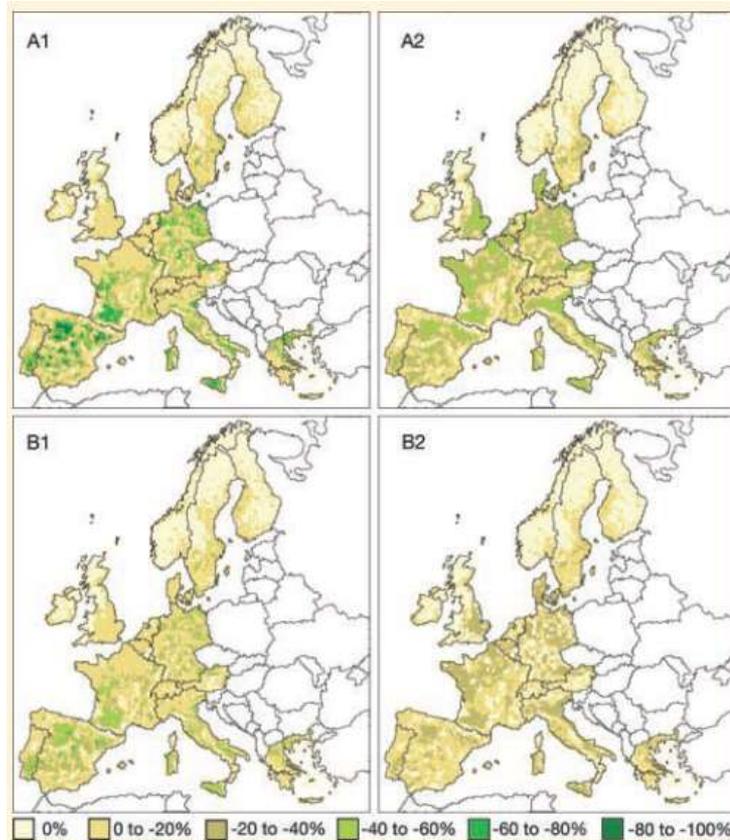


Globaler Wandel ist multifaktoriell!



Sala et al. 2000, *Science* 287: 1770-1774

Globaler Wandel ist multifaktoriell!



Veränderung des Anteils von Ackerbau an der Landnutzung in verschiedenen Klimaszenarien bis 2080.

Schröter et al. (2005)

Figure 2.7. Percentage change in cropland area (for food production) by 2080, compared with the baseline in 2000 for the four SRES storylines (A1F1, A2, B1, B2) with climate calculated by the HadCM3 AGCM. From Schröter et al., 2005b. Reprinted with permission from AAAS.

Feldmonitoring

Messung und Quantifizierung von Ökosystemfunktionen und Dienstleistungen im Zusammenhang mit Analysen der Organismen Vielfalt

Vorteile:

- Naturnahe Bedingungen
- Keine Manipulationsartefakte
- Analyse von Langzeiteffekten

Nachteile:

- Vergleich von heterogenen Standorten
- Interpretation komplex
- Kausalität?

Feldexperimente

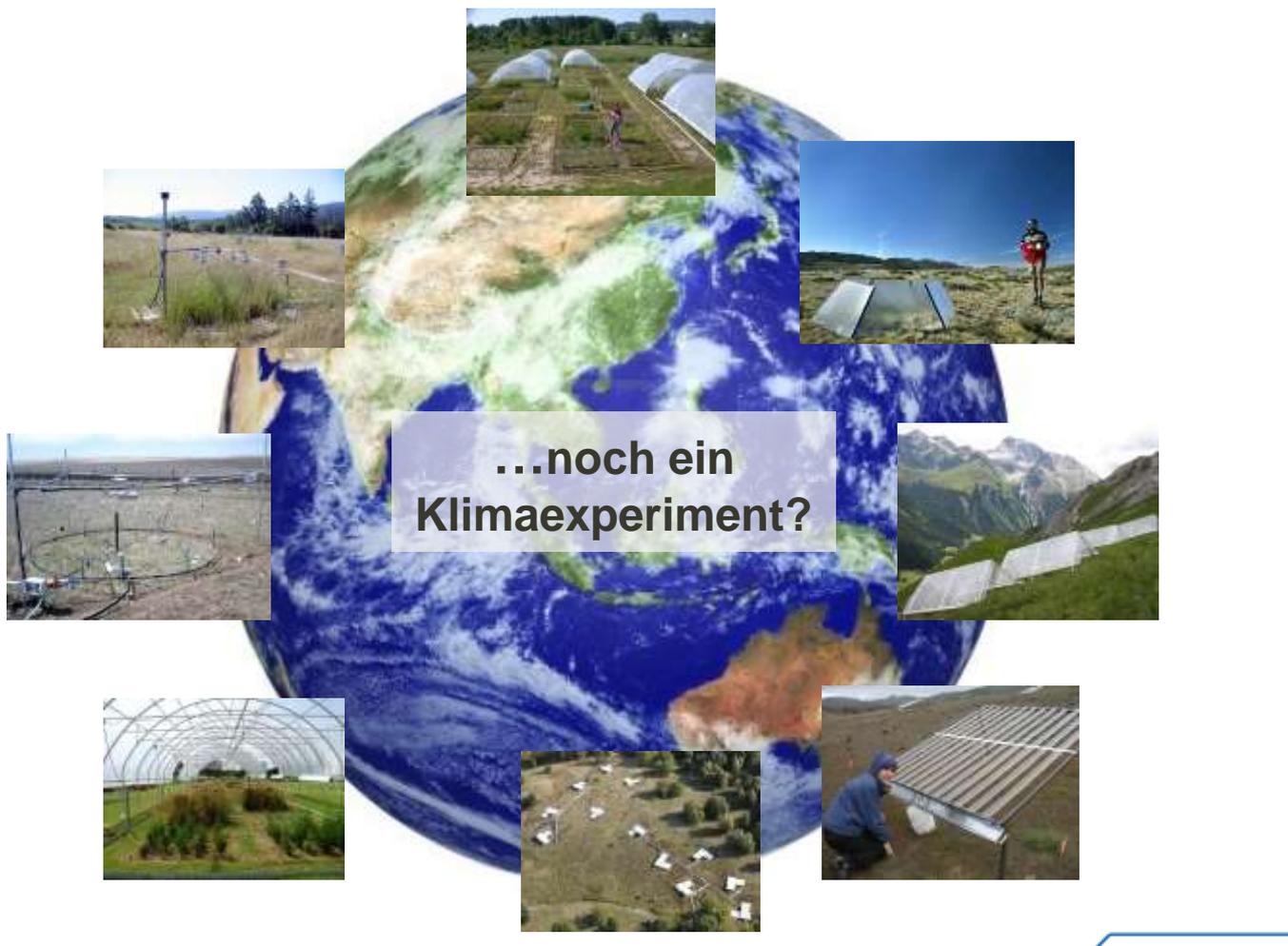
Kontrollierte Manipulation der Organismenvielfalt und Analyse ihrer Einflüsse auf Ökosystemfunktionen und Dienstleistungen

Vorteile:

- Homogene Bedingungen
- Rationaler Vergleich
- Kombination mit Variablen (T, CO₂, H₂O)
- Einblick in Prozesse/Mechanismen

Nachteile:

- Artefakte durch Einrichtung und Pflege
- Kurzzeit-Effekte



...noch ein
Klimaexperiment?



Bisherige Experimente...



- **Untersuchung einzelner Faktoren und spezifischer Systeme:**
begrenzte Verallgemeinerbarkeit

Bisherige Experimente...



- **Untersuchung einzelner Faktoren und spezifischer Systeme:**

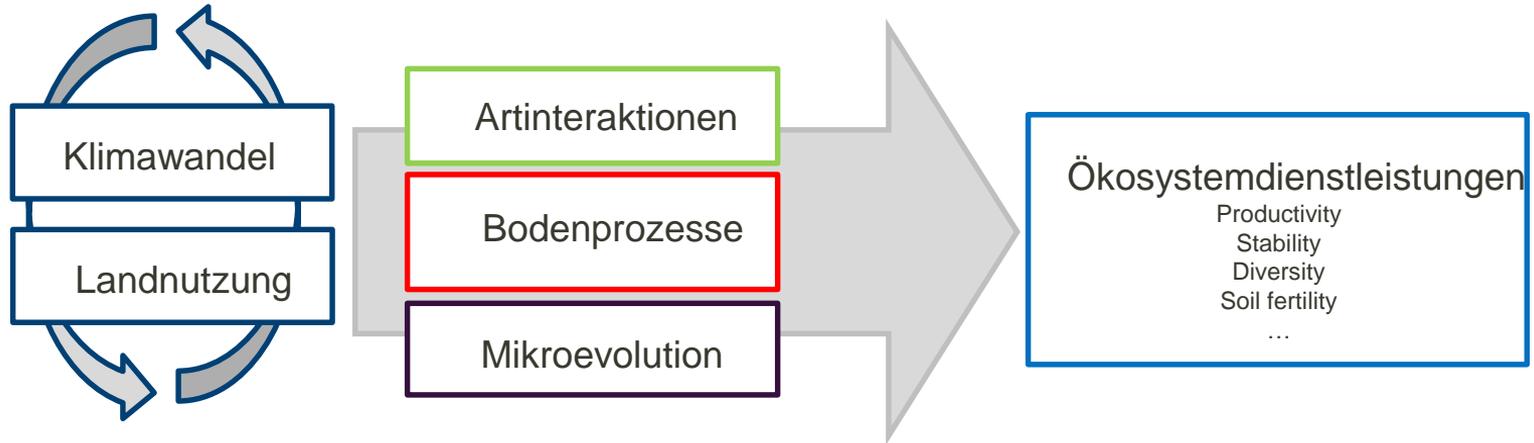
begrenzte Verallgemeinerbarkeit



- **geringe Größe/kurze Dauer:**

erschwert langfristiges bzw.
interdisziplinäres Arbeiten

→ ignoriert wichtige ökologische Prozesse



Global Change Experimental Facility



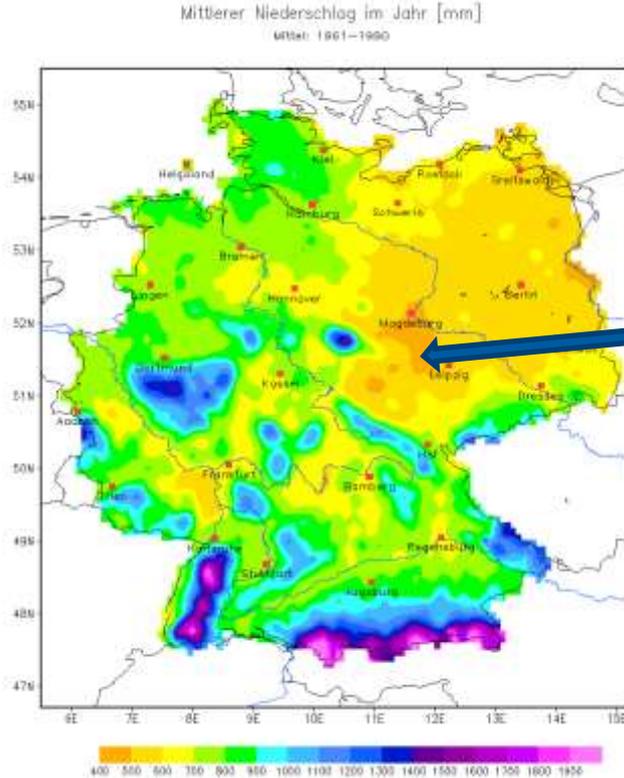
Feldversuchsstation des UFZ

Feldversuchsstation Bad Lauchstädt



- 15 km südwestlich von Halle/Saale
- Gegründet 1895 (Max Maercker)
- Ältester Versuch: Statischer Düngeversuch (seit 1902)
- Wechselvolle Geschichte: Landwirtschaftliche Forschung → Umweltforschung
- Seit 1992 UFZ

Feldversuchsstation Bad Lauchstädt



Mitteldeutsches
Trockengebiet

- Kontinental getöntes Klima
- 486 mm mittlerer Niederschlag (1896-2006)
- 8,9 °C mittlere Temperatur
- Bodentyp: Tschernosem, Bodenwertzahl ca. 96

Quelle: http://imk-tornado.physik.uni-karlsruhe.de/~muehr/precip_mean_d.html



picture: Tricklabor Berlin/Service Drohne

Motivation

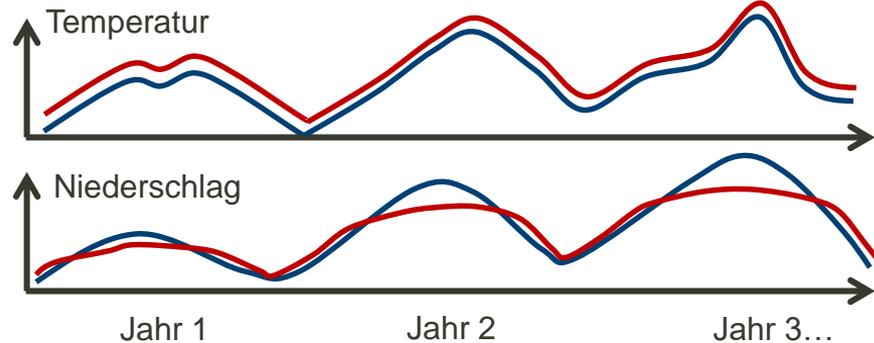
- **Landnutzung** beeinflusst die Effekte des Klimawandels
- **Szenarienansatz:** Kombination von Faktoren, realistische Szenarien
- **Artinteraktionen** beeinflussen Ökosysteme und auch deren Reaktion auf globalen Wandel
- **Bodenprozesse** sind Schlüsselfaktoren für Ökosystemantworten auf globalen Wandel
- **Mikroevolution und genetische Variabilität** sind Schlüsselfaktoren für Ökosystemantworten auf globalen Wandel



- Dächer und Seitenwände schließen automatisch zwischen Sonnenuntergang und -aufgang
- Regensensor zur weiteren Niederschlagsreduktion

- Berechnungsanlage

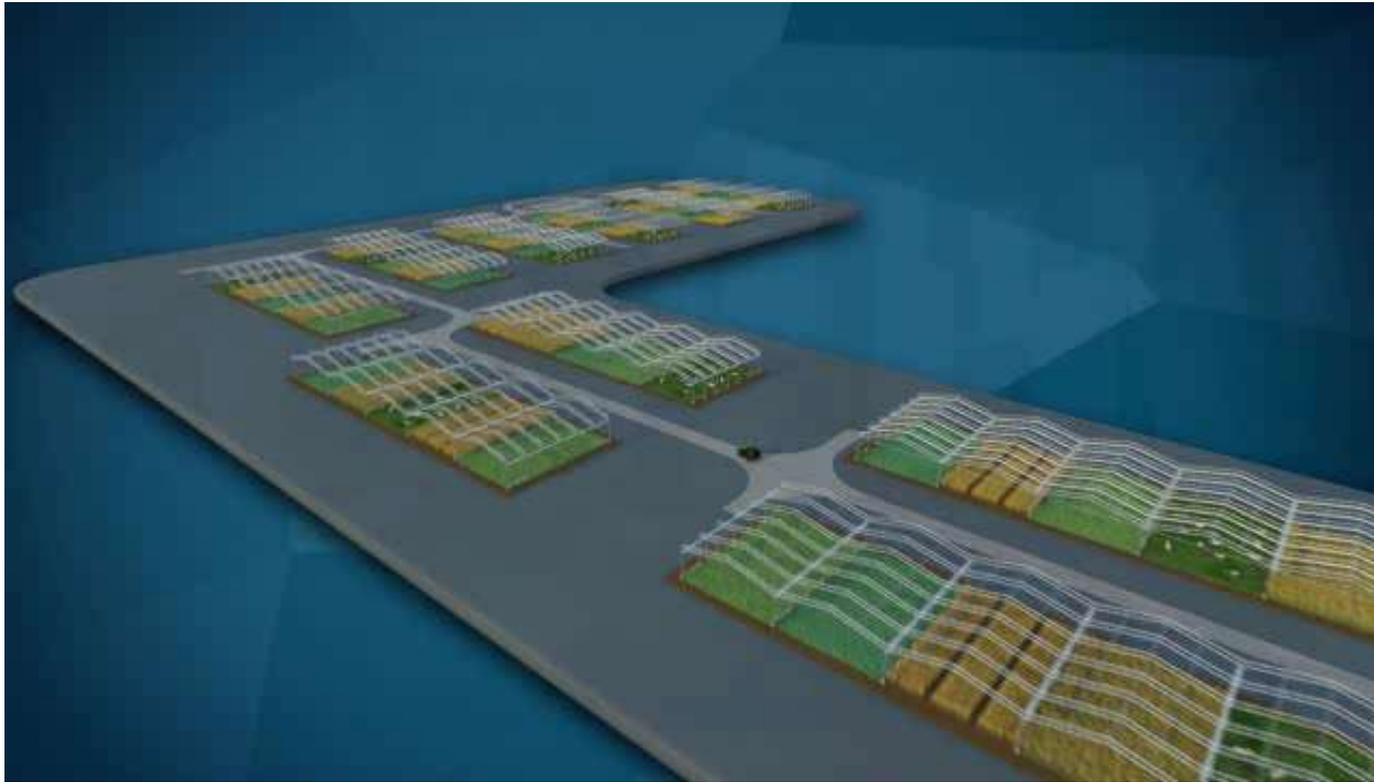
— Aktuell
— Zukünftig



picture: Tricklabor Berlin/Service Drohne

Klimaszenario 2070-2100:

- Erhöhte Temperatur
- Trockene Sommer (-20%)
- Frühjahr und Herbst feuchter (+10%)



Landnutzungstypen



Konventioneller
Ackerbau



Ökologischer
Ackerbau



Intensivgrünland



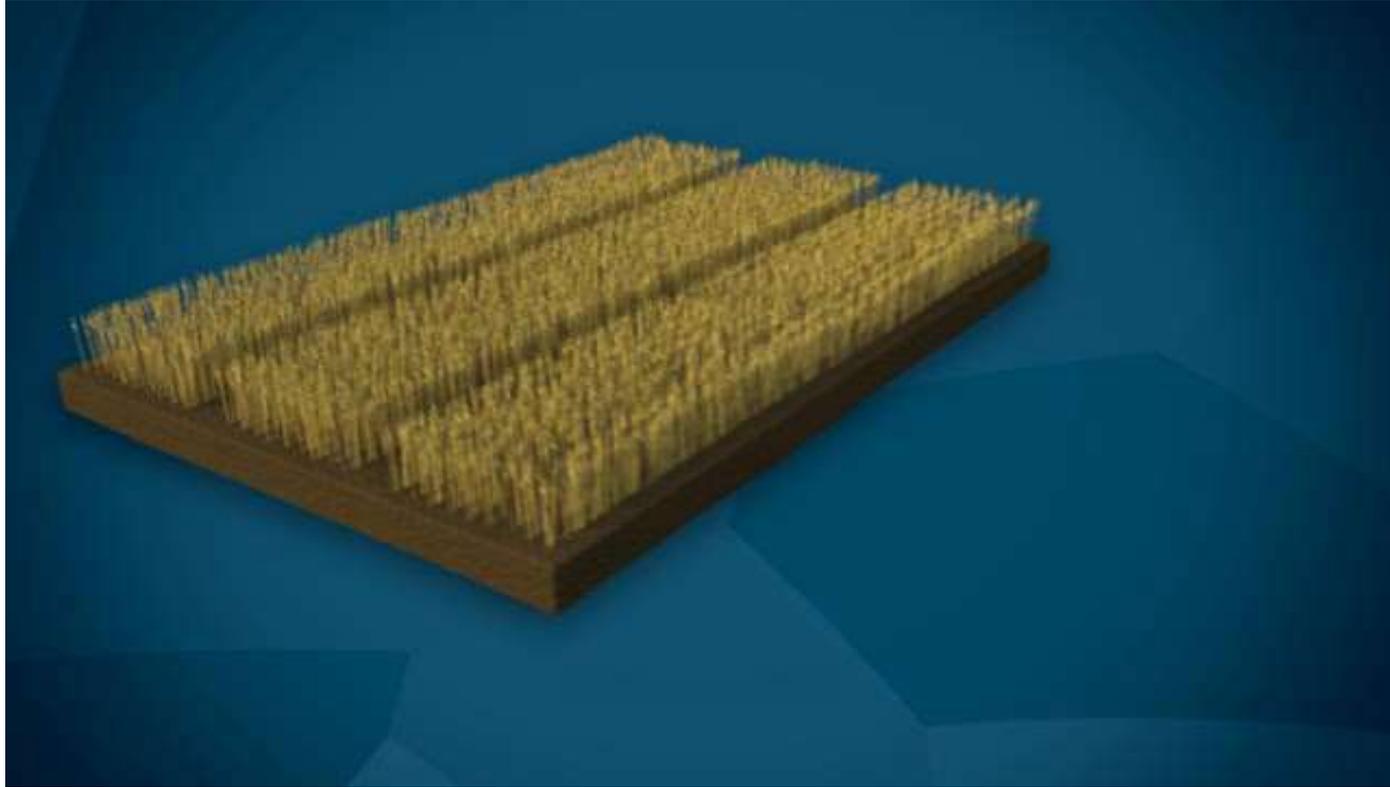
Extensive Wiese

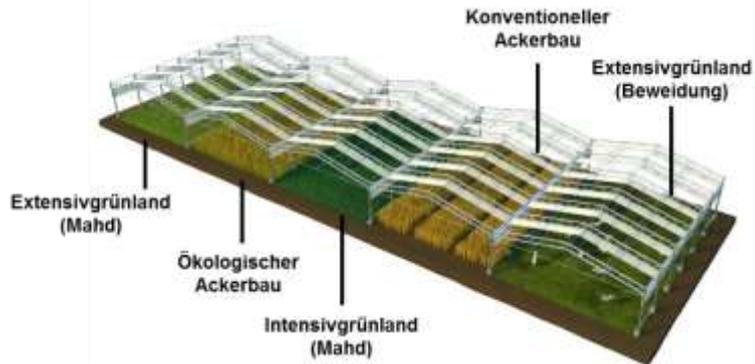
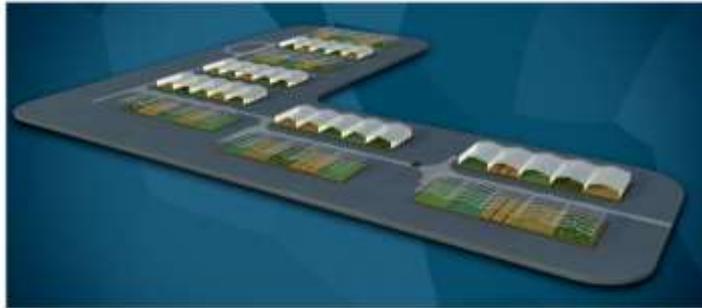


Extensive Weide

Kriterien

- Typisch und relevant für mitteleuropäische Landschaften
- Intensitätsgradient
- Geeignet für wissenschaftliche Untersuchungen (räumliche und zeitliche Skale)





Konventioneller Ackerbau:

- Winterraps / Winterweizen / Wintergerste
- Mineralische Düngung, Pestizide...



Ökologischer Ackerbau:

- Leguminose (Luzerne/Weißklee) / Winterweizen / Wintergerste
- Keine mineralische Düngung, nur ausgewählte Pestizide...



Intensivgrünland

- 5 Graskultivare
- Moderate Düngung
- 4 Schnitte/Jahr



Extensive Wiese

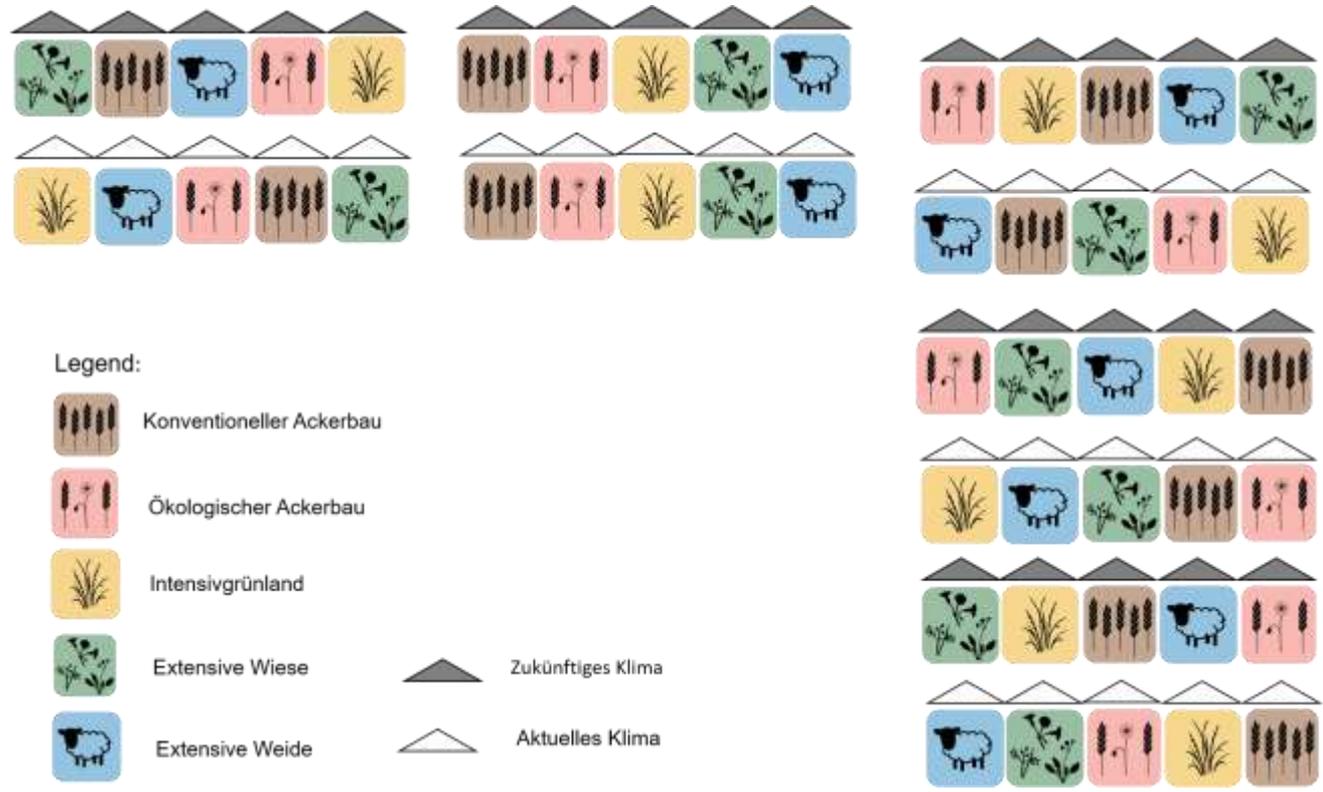
- 60 Arten Kräuter/Gräser/Leguminosen aus lokalen Populationen
- 2 Schnitte/Jahr



Extensive Weide

- 60 Arten Kräuter/Gräser/Leguminosen
- 3 Schafbeweidungen/Jahr

Global Change Experimental Facility



Global Change Experimental Facility



picture: Tricklabor Berlin/Service Drohne

Intensivgrünland

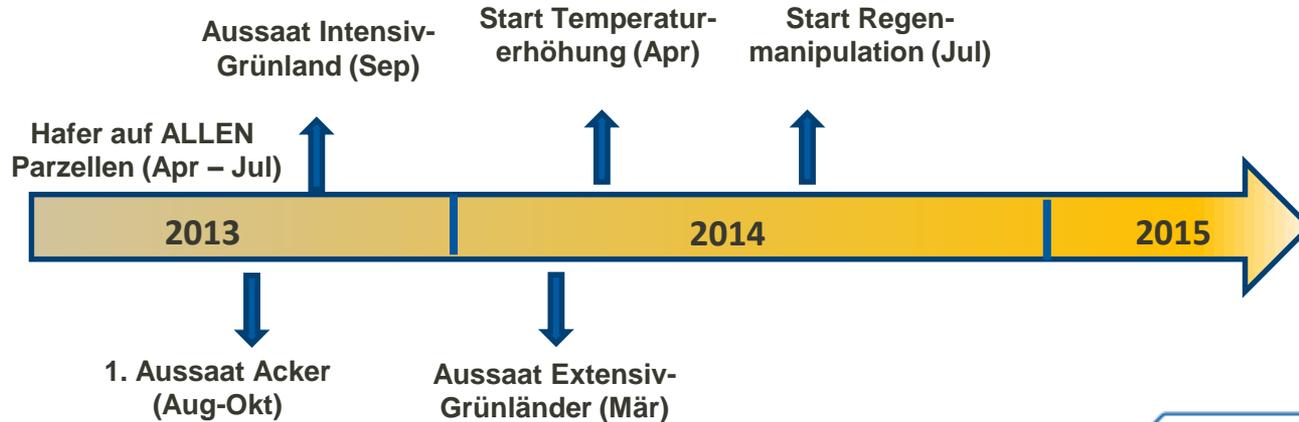
**Ökologischer
Ackerbau**

Extensivgrünland

**Konventioneller
Ackerbau**



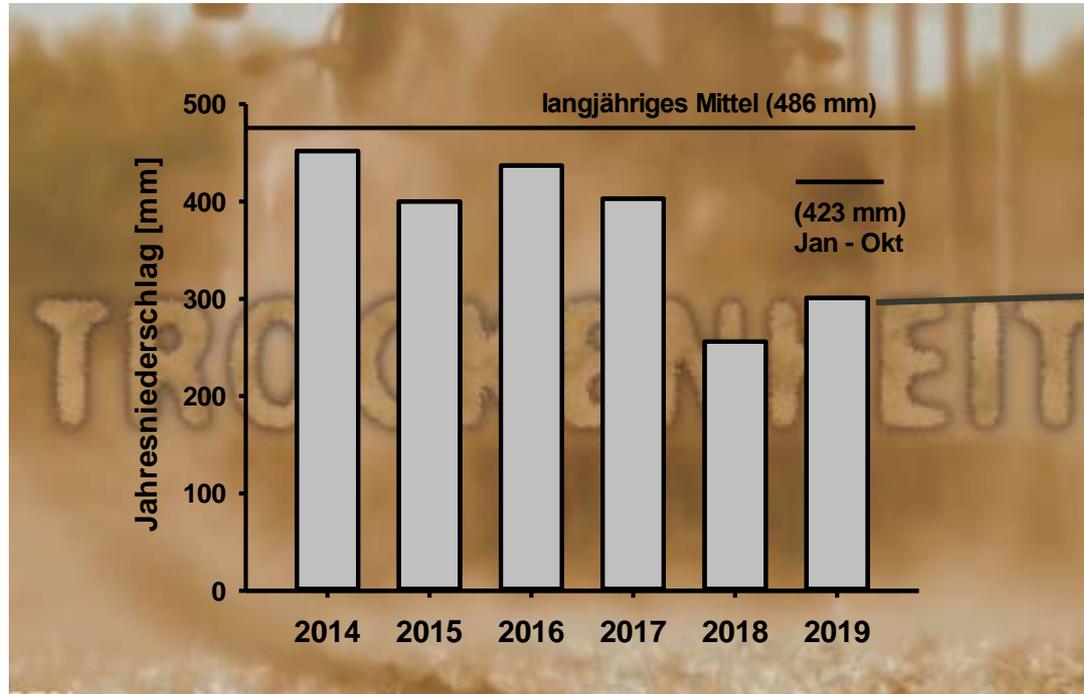
Global Change Experimental Facility



Forschungsschwerpunkte

- Diversität und Struktur von Artengemeinschaften (ober- und unterirdisch)
- Innerartliche Variabilität und Mikroevolution
- Art-Interaktionen
- Bodenzymen, Mikrobielle Aktivität und Biomasse
- Strukturelle und funktionelle Diversität der Bodenmikroflora
- Bodenchemie und -physik
- ...





< 400 mm: Ackerbau risikoreich
< 300 mm: Grassteppe

Global Change Experimental Facility

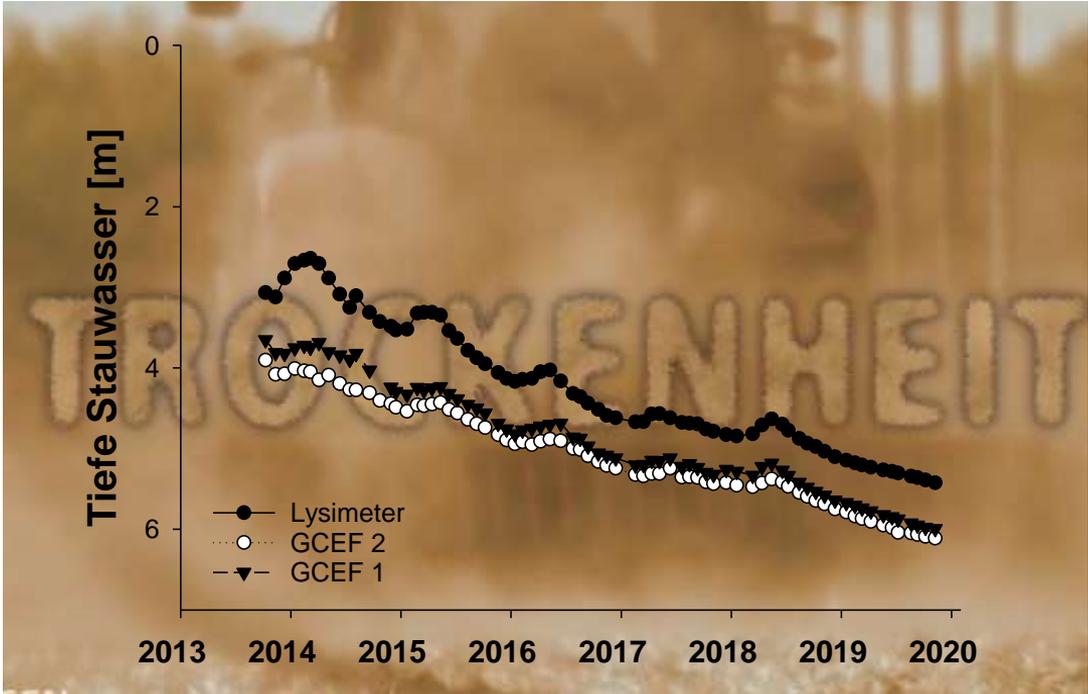


2017



2018

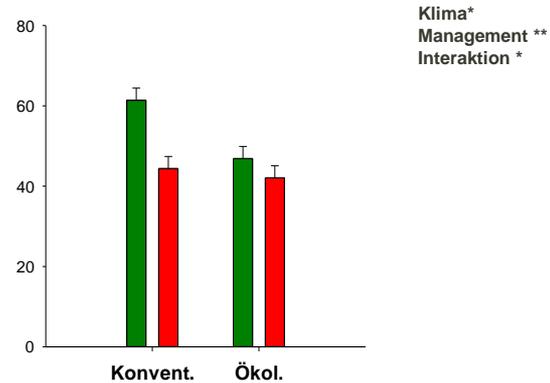
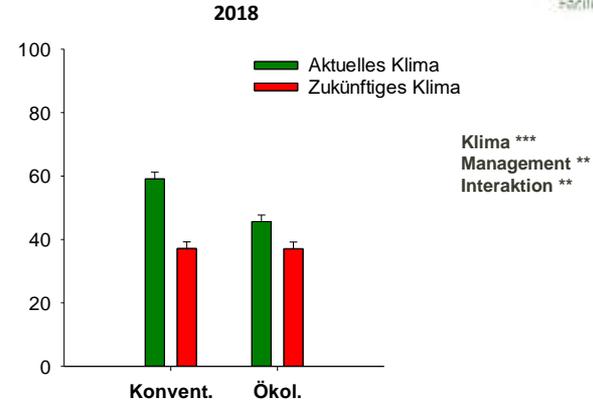
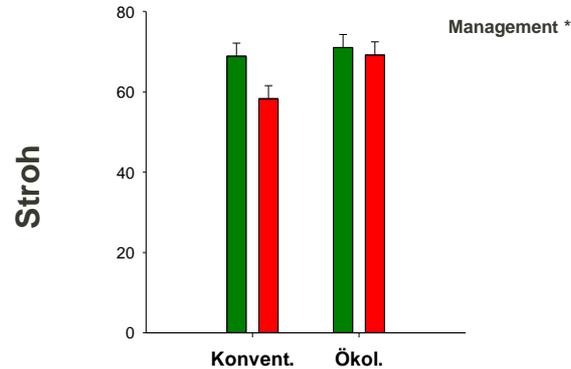
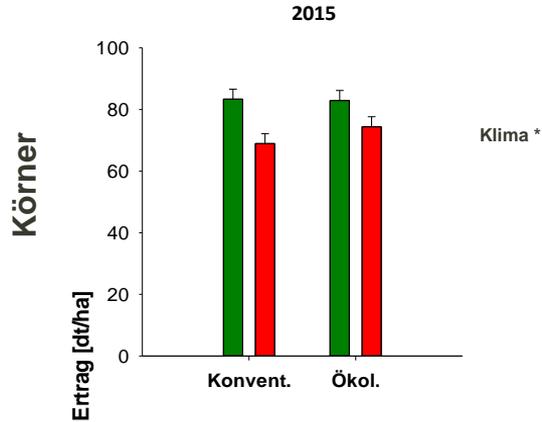




Produktivität - Ackervarianten



Winterweizen

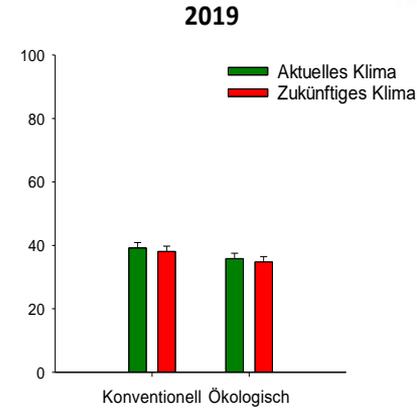
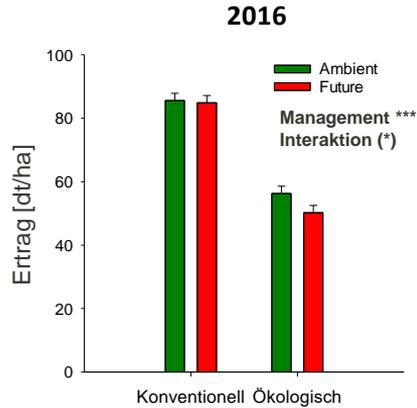


Management-abhängige negative Effekte des zukünftigen Klimas

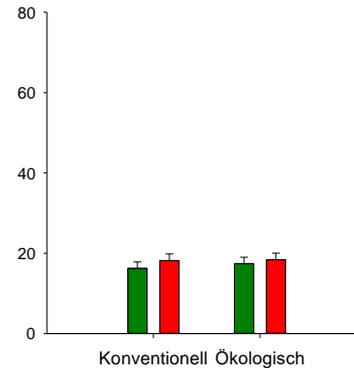
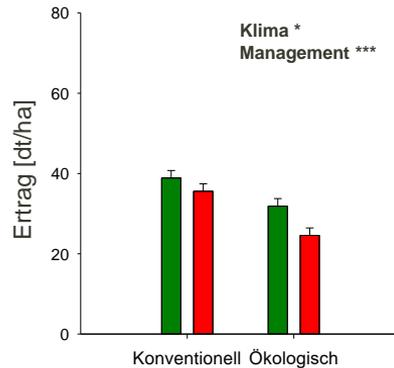


Wintergerste

Körner



Stroh



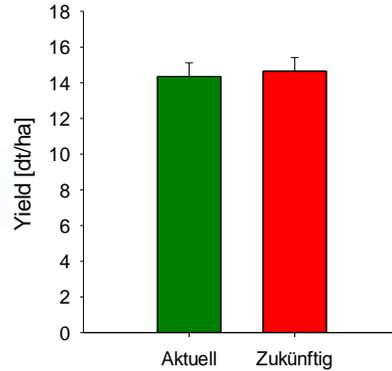
Management-abhängige negative Effekte des zukünftigen Klimas

Konventionelle Ackernutzung

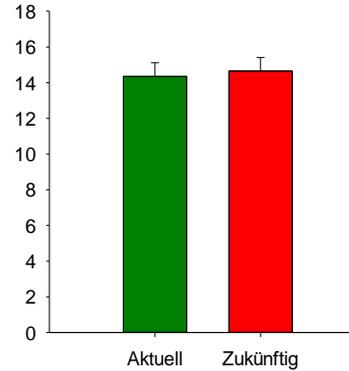
Winterraps



Körner



Stroh

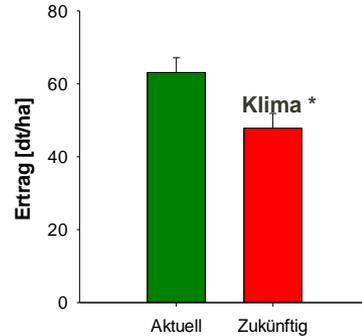


Ökologische Ackernutzung

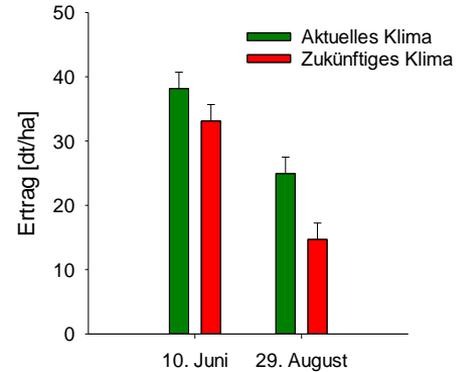
Weißklee



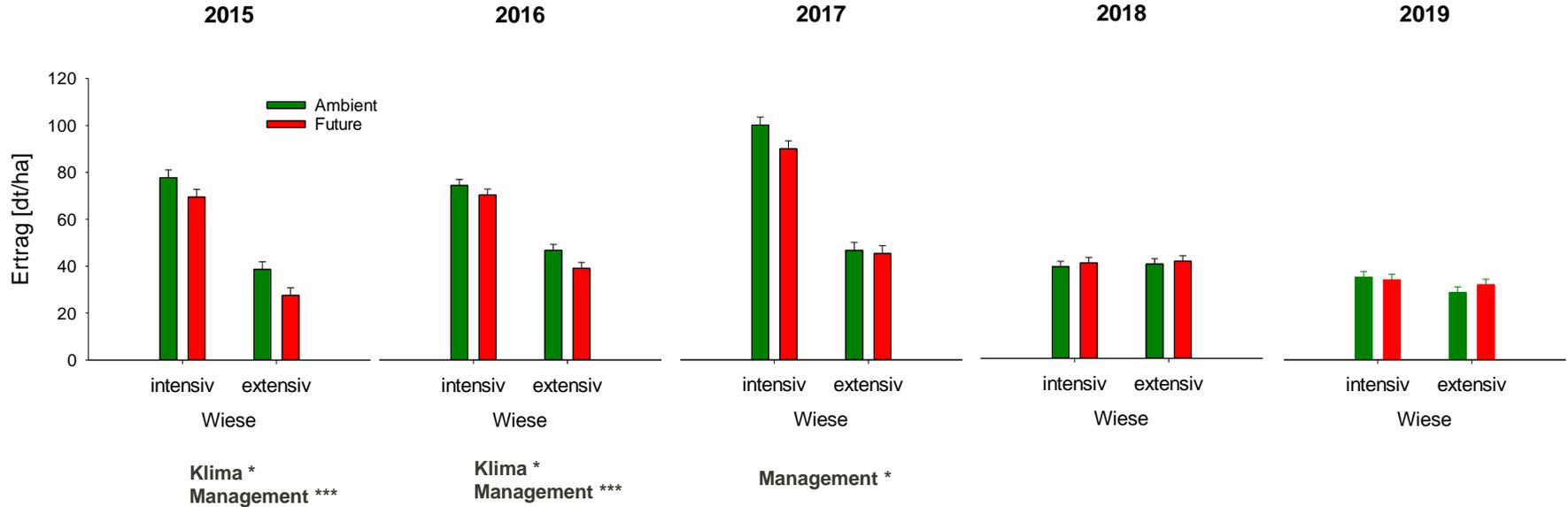
Total



Schnitte

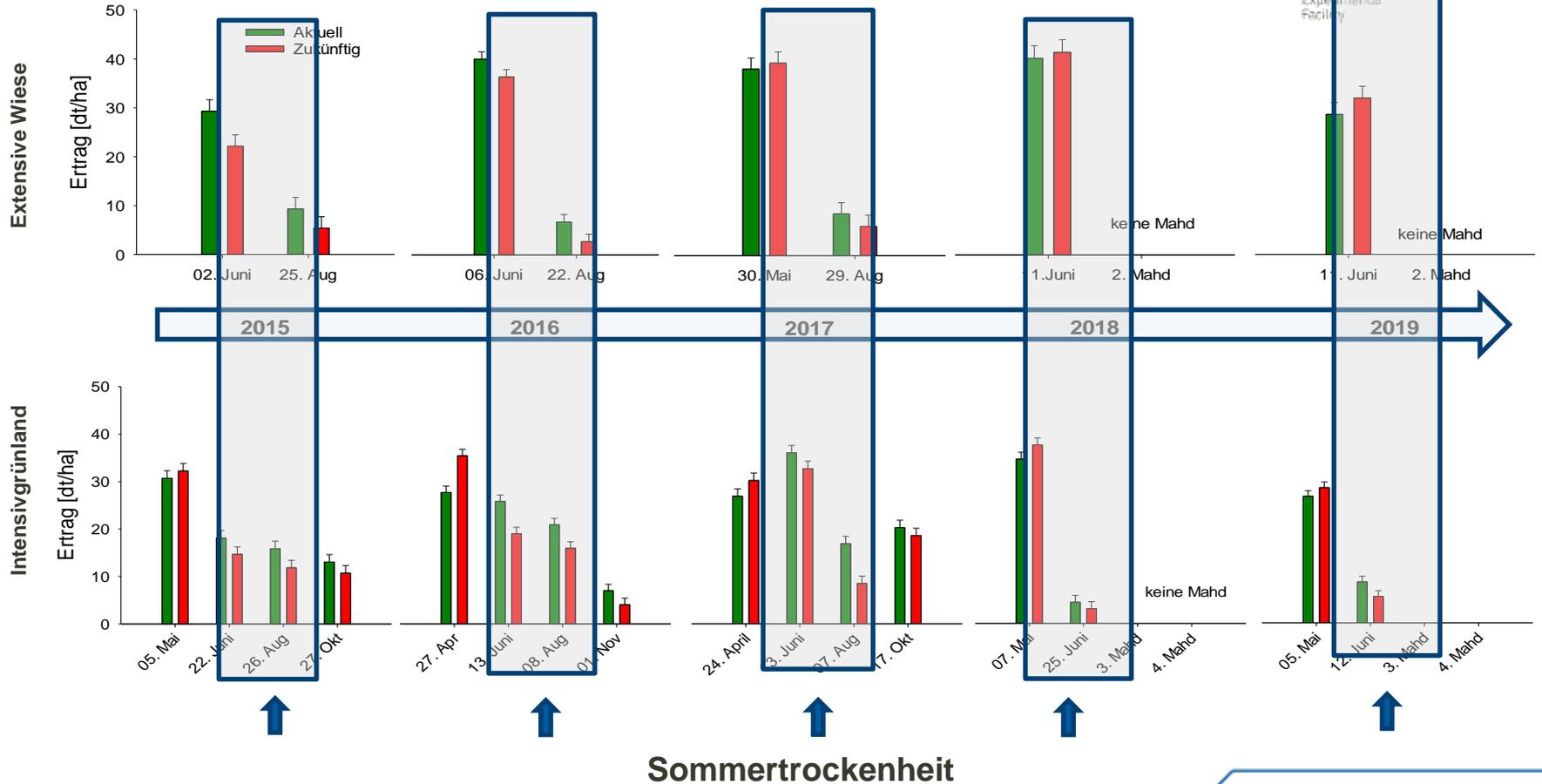


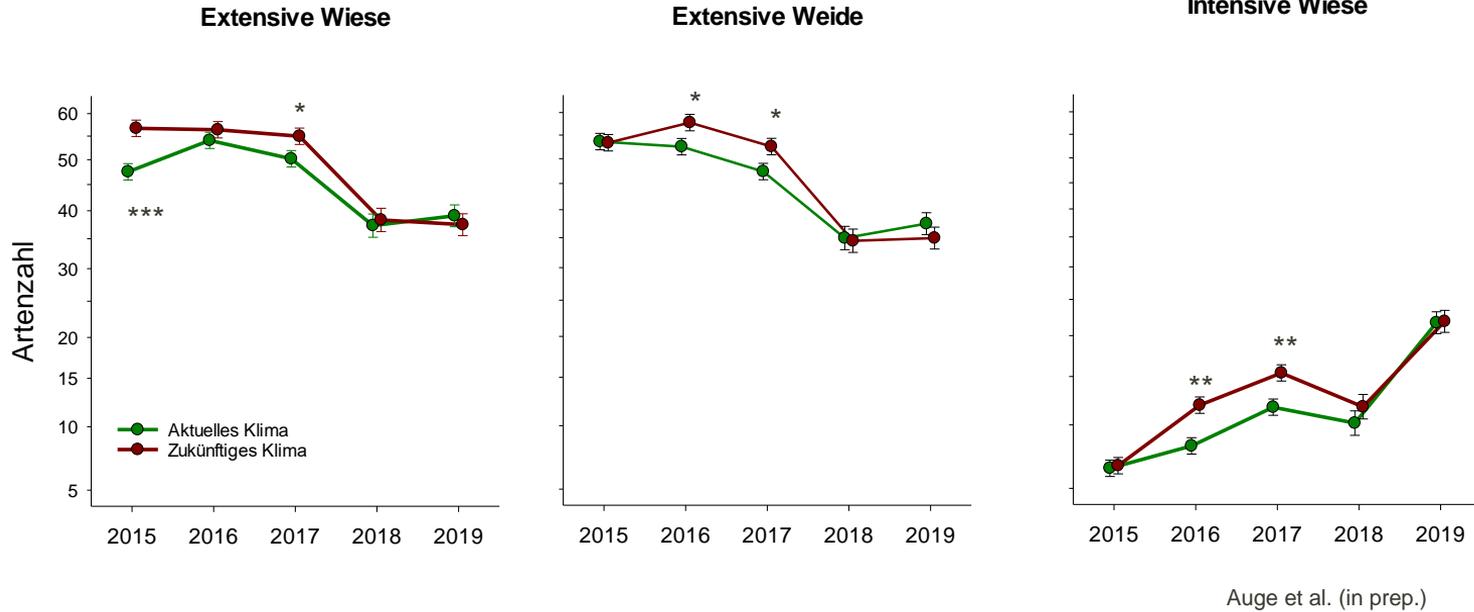
Klima *
Zeit ***
Klima x Zeit (*)



**Management-abhängige negative Effekte des zukünftigen Klimas
→ Abnehmender Effekt in artenreichen Extensivwiesen?
→ Resilienz (nach 2019)?**

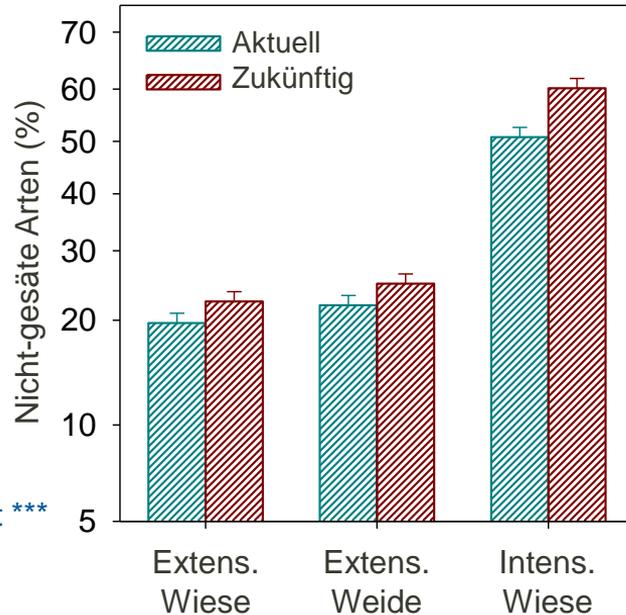
Produktivität - Grünländer





**Temporärer Anstieg der Artenzahlen unter zukünftigen Klima
→ Vorübergehender Effekt?**

Einwanderung aus dem regionalen Artenpool



Einwanderung nicht-ausgesäeter Arten besonders stark:

- im Intensivgrünland
- unter zukünftigen Klima

(z.B.: Ackerkratzdistel, Bitterkraut, Vogelmiere, Storchschnabel...)

**Temporärer Anstieg der Artenzahlen unter zukünftigen Klima
→ Vorübergehender Effekt?**

Klima **
Management ***

In den ersten Jahren eines Klimawandalexperimentes fanden wir:

- **Abnahme der Produktivität (bis zu 25%) in Abhängigkeit von Kultur, Landnutzung und klimatischen Verhältnissen**
 - **In trockenen Jahren (< 300 mm) macht sich eine weitere Reduktion des Niederschlages kaum noch bemerkbar, auch da die Wachstumsperiode relativ zeitig bereits abgeschlossen wird**
- **Bedeutung der Sommermonate für die Produktivität wird abnehmen**
- **Klimawandel verursacht Anstieg der Artenzahlen in Grünländern, vor allem durch den Ersatz eingesäeter Arten durch einwandernde Arten (trockenheitsbedingte Etablierungslücken)**

Bedeutung der Bodenorganismen



<https://www.earthwormsoc.org.uk/earthworm-function>

04.03.2005 12:55

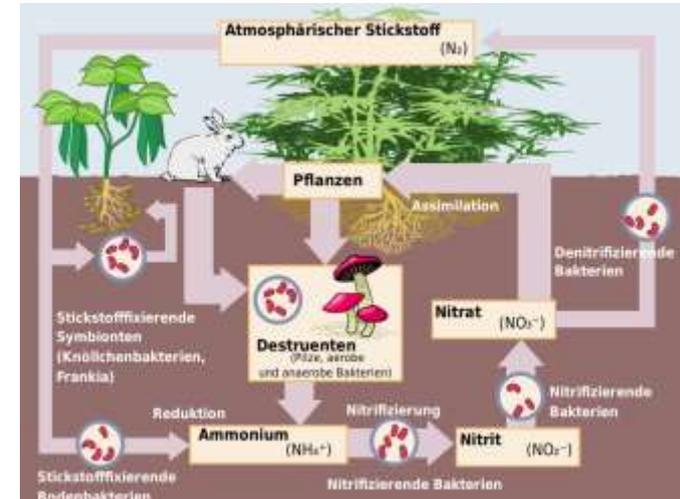
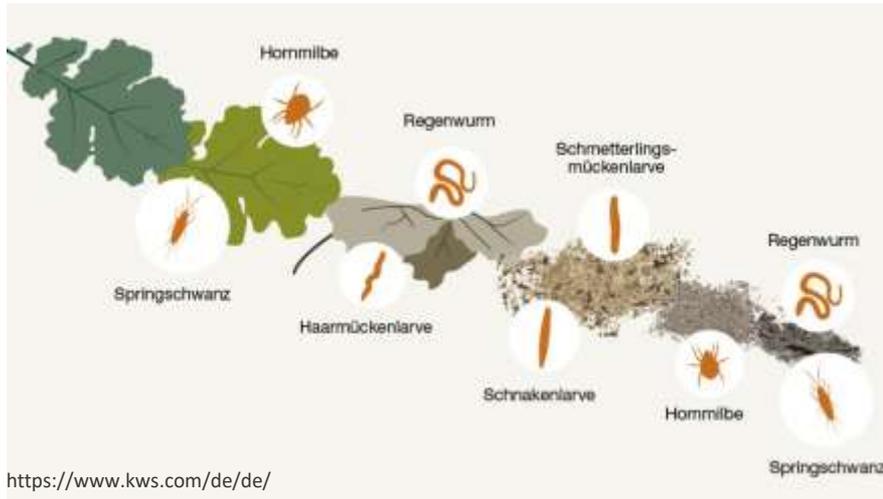
Teilen:   

Schwarzerde - Das Meisterstück der Bodentiere ist der Boden des Jahres 2005

Margit Fink *Presse- und Öffentlichkeitsarbeit*
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Die Aktion "Boden des Jahres", die dieses Jahr zum ersten Mal stattfindet, setzt sich zum Ziel, das Bewusstsein für den Boden als unsere Lebensgrundlage zu schärfen. Sie appelliert, Verantwortung für seinen Schutz zu übernehmen, und für seine Nutzung schonende Verfahren einzusetzen. Die

Bedeutung der Bodenorganismen



Wichtige Bodenfunktionen werden durch Bodenlebewesen angetrieben.

Bedeutung der Bodenorganismen

Zukunft ohne Bestäuber

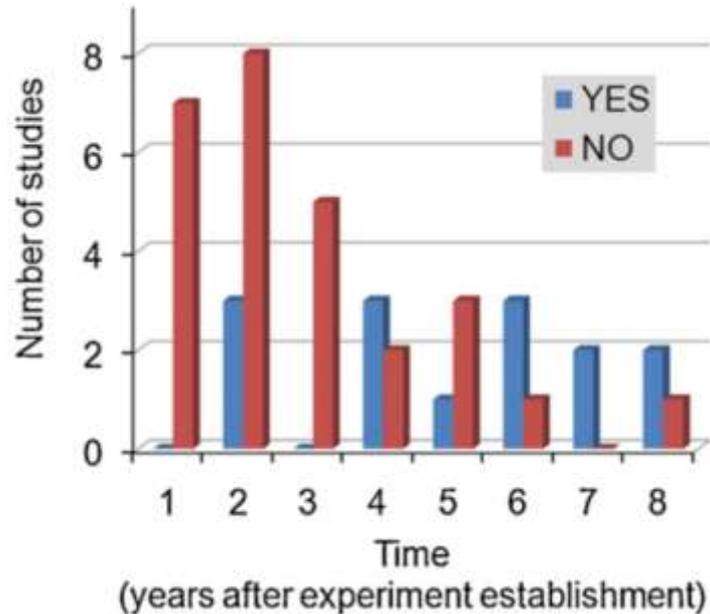


Zukunft ohne Zersetzer



Wichtige Bodenfunktionen werden durch Bodenlebewesen angetrieben.

Signifikante Effekte von Veränderungen der Vegetation auf Bodenorganismen



Eisenhauer et al. (2012) BAAE

Bodenlebewesen reagieren langsam auf Umweltveränderungen

→ Hypothese:

- Interaktive Effekte von Landnutzung und Klimaveränderung
- Aber: Nur schwache oder keine Veränderungen in den ersten Jahren

Bodenorganismen und Bodenfunktionen

Bodenorganismen:

Makro- und Mesofauna: -Kempson/MacFadyen-Extraktion

Nematoden: - Baermann-Extraktion

Regenwürmer: - Senfölextraktion

Funktionen:

Streuabbau: - Streubeutel (feines/grobes Gewebe = ohne/mit Fauna)

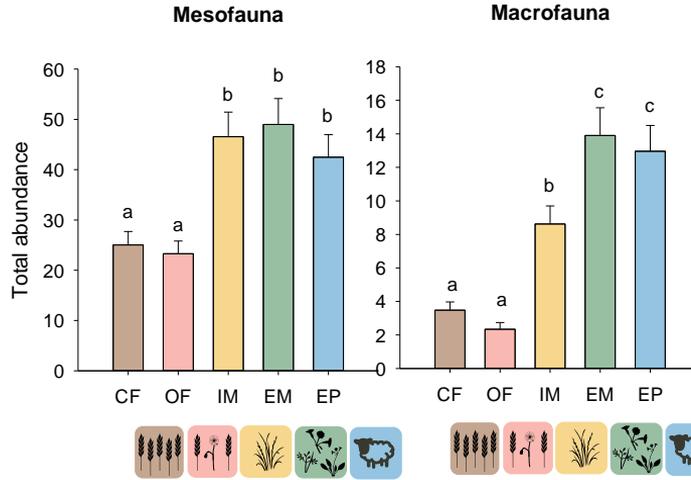
Bodenfaunaaktivität: - Bait lamina-Test

Mikrobielle Aktivität: - O₂-microcompensatory method



Bodenorganismen und Bodenfunktionen

Landnutzung

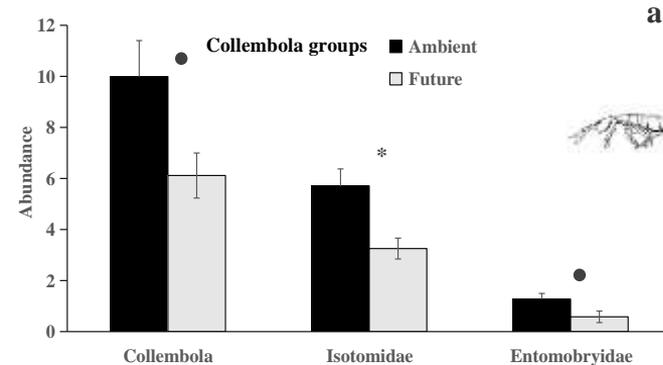
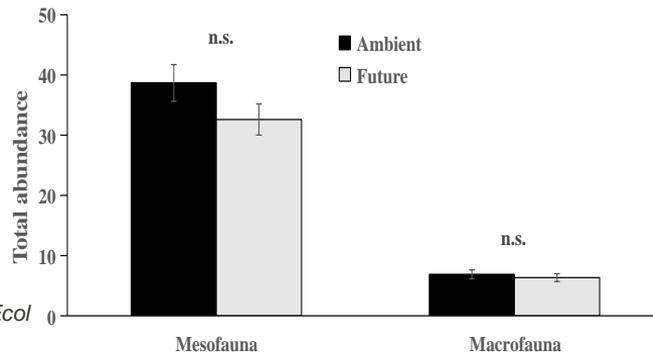


Gesamtdichte (und Artenreichtum) ist höher in Grünländern aber nicht beeinflusst durch Klima.

ABER: spezifische Effekte auf einige Gruppen, e.g. Collembola (Springschwänze)

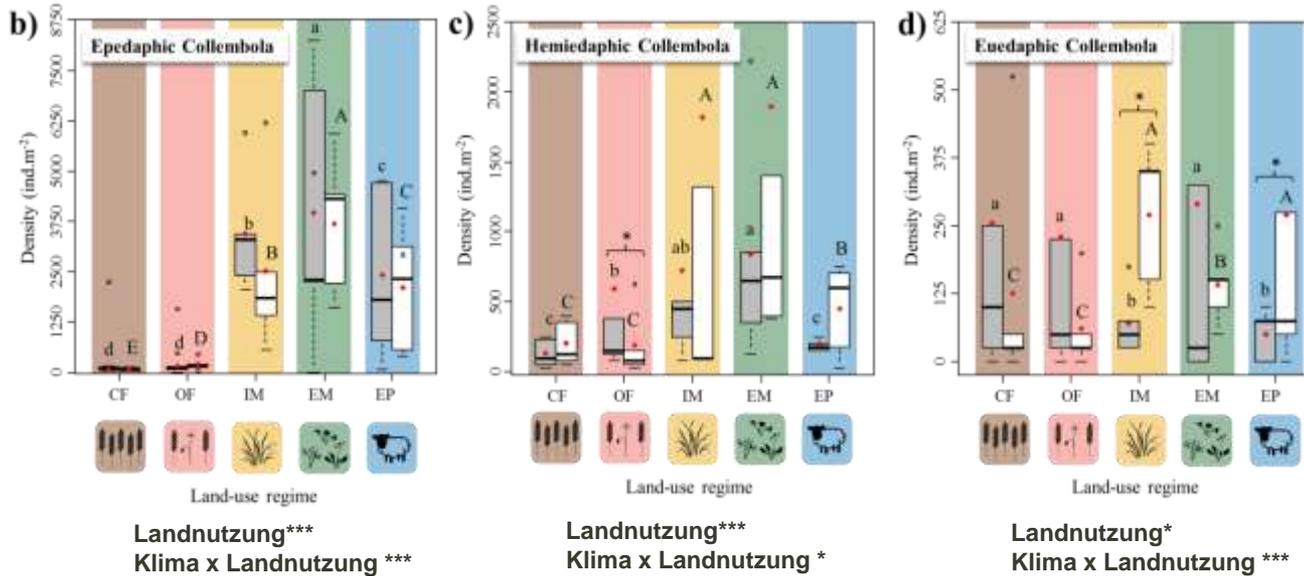
Keine Interaktion zwischen Landnutzung und Klima

Klima



Yin et al. (2019) *Appl Soil Ecol*

Springschwänze:



Yin et al. (2019)

**Einfluss des Klimawandels auf ökologische Typen durch Landnutzung modifiziert.
Arten der Streuschicht sind besonders durch Klimawandel und Landnutzung beeinflusst.**

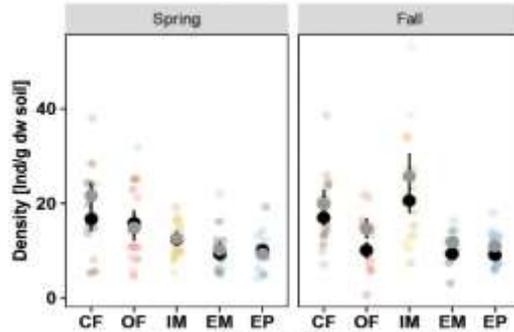
Bodenorganismen und Bodenfunktionen



Nematoden:

Climate Treatment ● Ambient ○ Future

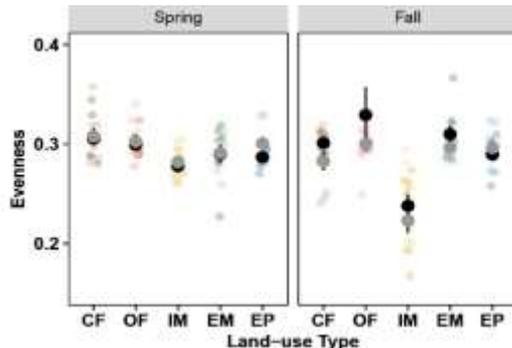
a) Klima*; Landnutzung***, Klima x Jahreszeit*, Landnutzung x Jahreszeit***



Dichte:

- Höher unter zukünftigen Klima, besonders im Herbst
- Geringer bei extensiverer Landnutzung

d) Landnutzung***, Jahreszeit*, Klima x Jahreszeit*, Landnutzung x Jahreszeit***



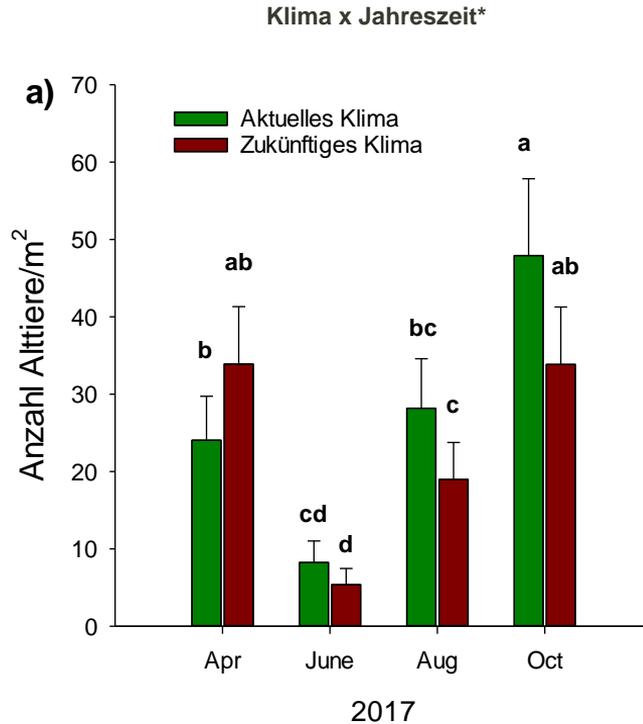
Evenness (=Gleichverteilung der Arten):

- Geringer unter zukünftigen Klima, besonders im Herbst

Hohe Dichten bei intensiverer Landnutzung und unter zukünftigen Klima Konsequenz aus Zunahme "opportunistischer" und potenzielle schädlicher Arten.

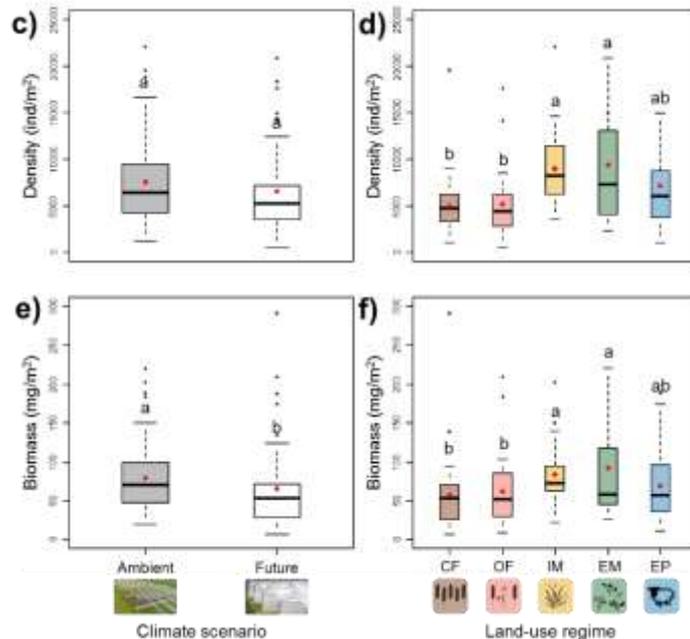


Regenwürmer:



- Negative Effekte in Sommer/Herbst
- Kaum interagierende Effekte der Landnutzung

Bodenorganismen und Bodenfunktionen

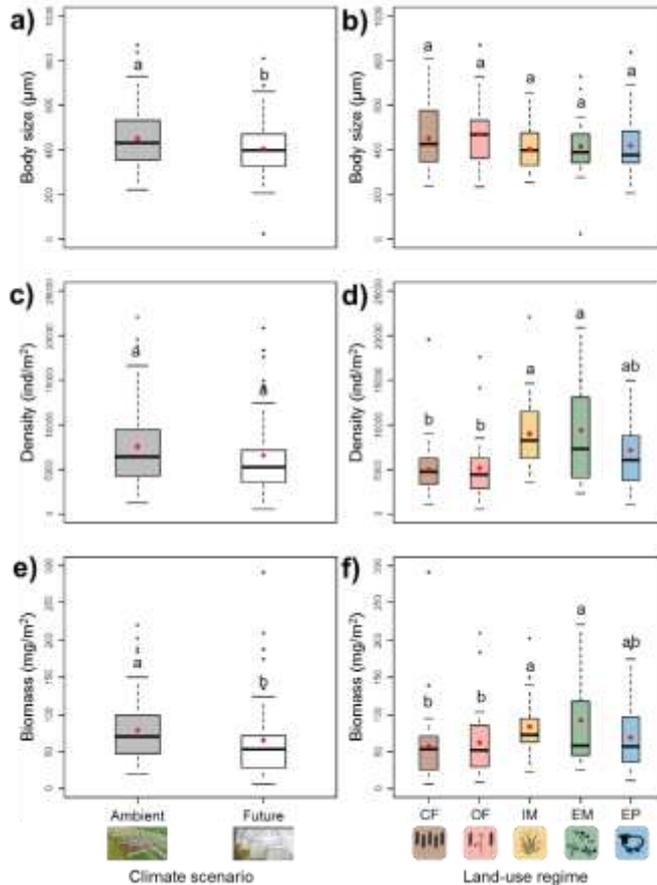


Geringere Mesofaunadichte
auf Ackervarianten, kein
Klimaeffekt



Geringere Mesofaunabiomasse
sowohl unter zukünftigen Klima (-
29%!) als auch auf Ackervarianten (-
49%!)

Bodenorganismen und Bodenfunktionen



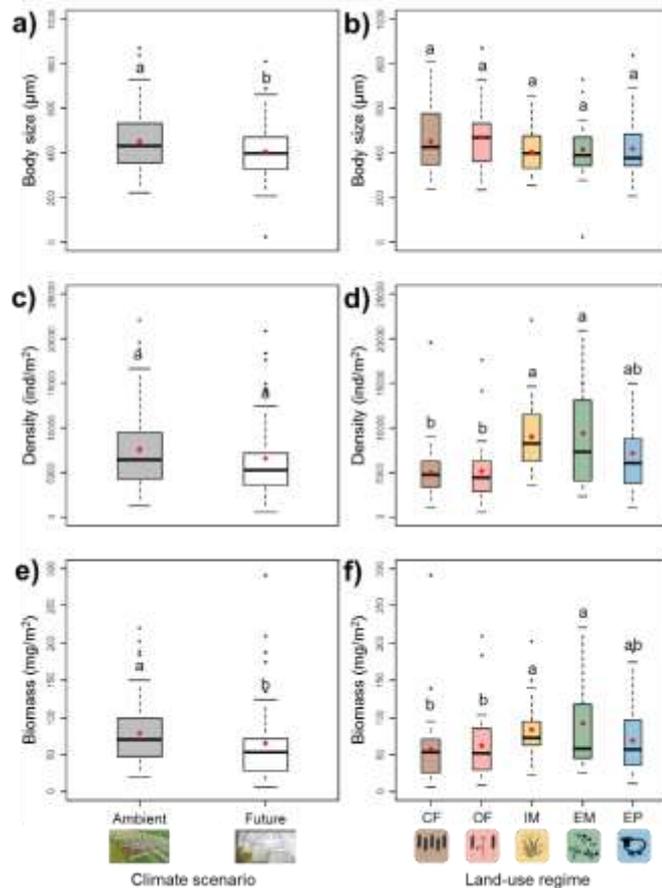
Geringere Mesofauna-Körpergröße unter zukünftigen Klima, kein Landnutzungseffekt



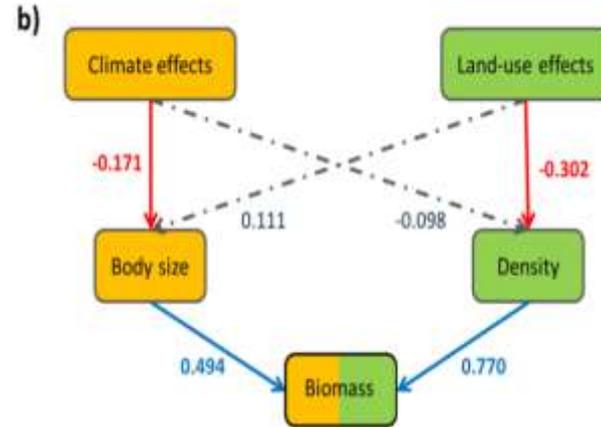
Geringere Mesofaunadichte auf Ackervarianten, kein Klimaeffekt



Geringere Mesofaunabiomasse sowohl unter zukünftigen Klima (-29%!) als auch auf Ackervarianten (-49%!)



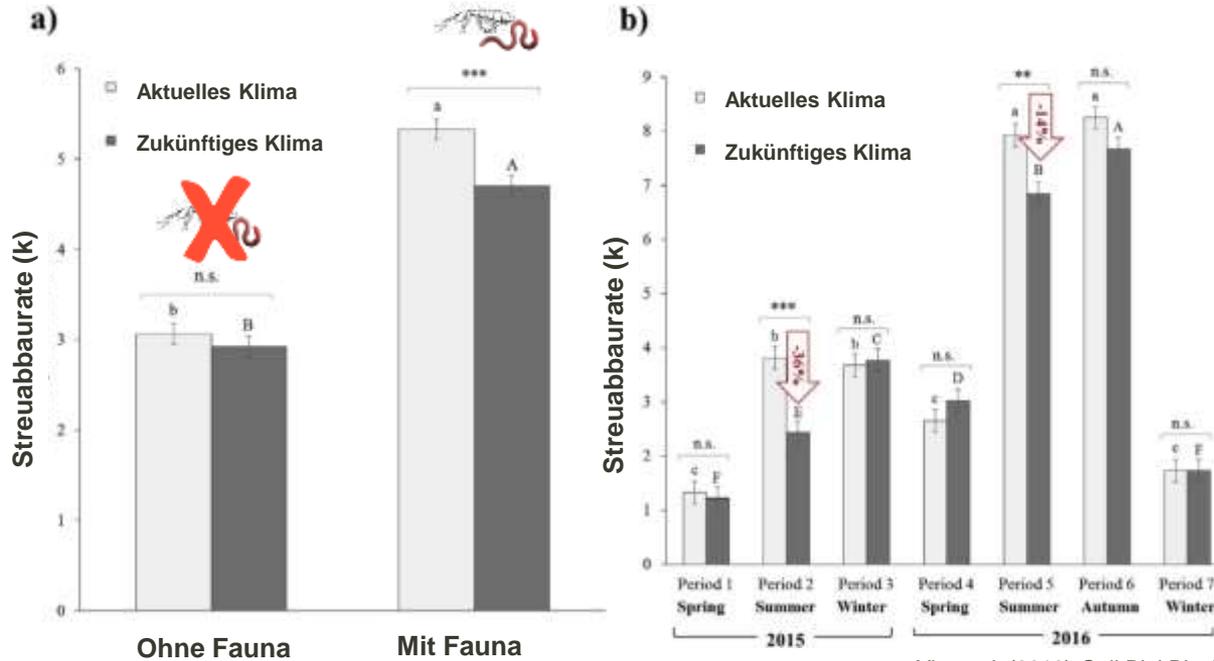
Strukturgleichungsmodell:



Klima und Landnutzung beeinflussen die Faunabiomasse über verschiedene Mechanismen

Bodenorganismen und Bodenfunktionen

Streubau

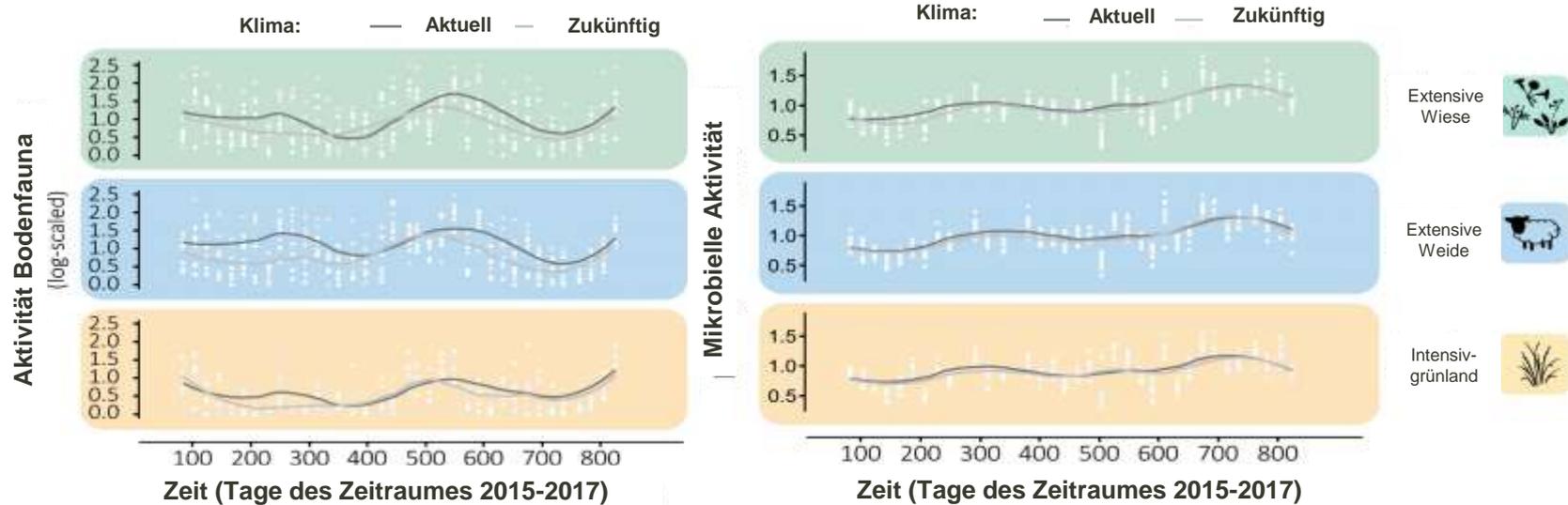


Yin et al. (2019) *Soil Biol Biochem*

- Fauna trägt unter zukünftigen Klima weniger zum Streuabbau bei
- Gesamtreduktion der abbaurrate (-9%) vor allem durch Sommertrockenheit verursacht
- Konsistente Effekte in allen Landnutzungstypen.

Bodenorganismen und Bodenfunktionen

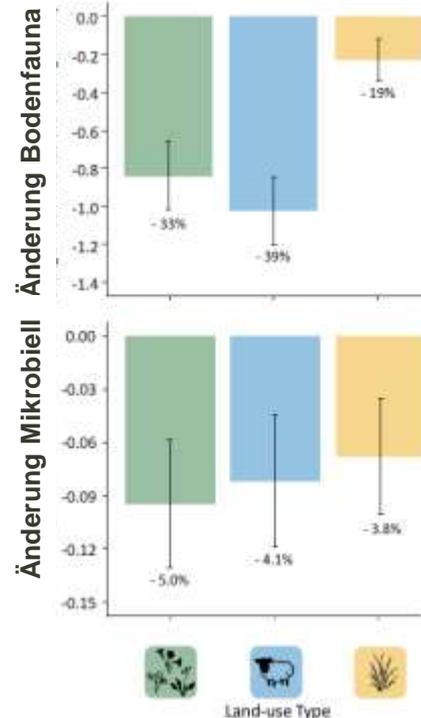
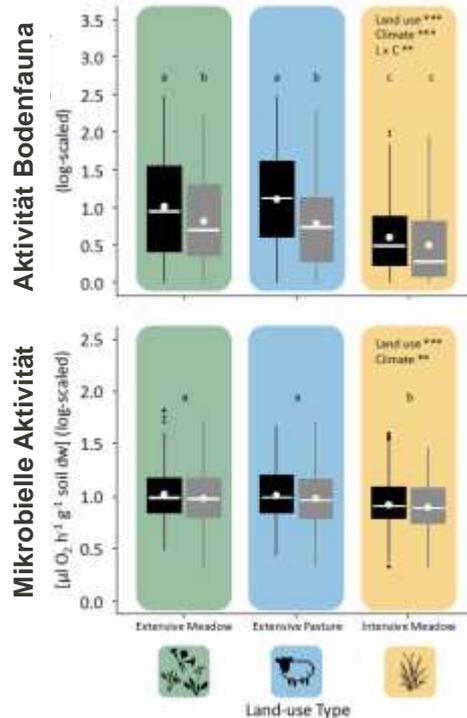
Biologische Aktivität



Siebert et al. (2019) *Adv Ecol Res*

Extensive Grünlandnutzung unterstützt hohe biologische Aktivität, mildert aber negativen Effekt des Klimawandels nicht ab.

Bodenorganismen und Bodenfunktionen



Siebert et al. (2019) *Adv Ecol Res*

Extensive Grünlandnutzung unterstützt hohe biologische Aktivität, mildert aber negativen Effekt des Klimawandels nicht ab.

In den ersten Jahren eines Klimawandalexperimentes fanden wir:

- **Stärkere Effekte der Landnutzung auf die Gesamtdichte der Bodenfauna, aber taxon-spezifische Effekte des Klimawandels**
 - **Eine Abnahme der (Meso)fauna-Biomasse im Boden durch unterschiedliche Mechanismen der Landnutzung (Reduktion der Dichte) und des Klimawandels (Reduktion der Körpergrößen)**
 - **Negative Einflüsse auf assoziierte Bodenfunktionen (vor allem fauna-vermittelte), teils modifiziert durch Landnutzung**
- **Einfluss des Klimas: Konsistente Trends über alle Landnutzungstypen hinweg, aber Unterschiede im Detail (welche mit der Zeit bedeutender werden könnten?)**
- **Klimawandel ist eine schlechte Nachricht für fauna-vermittelte Bodenfunktionen**

Bodenorganismen und Bodenfunktionen

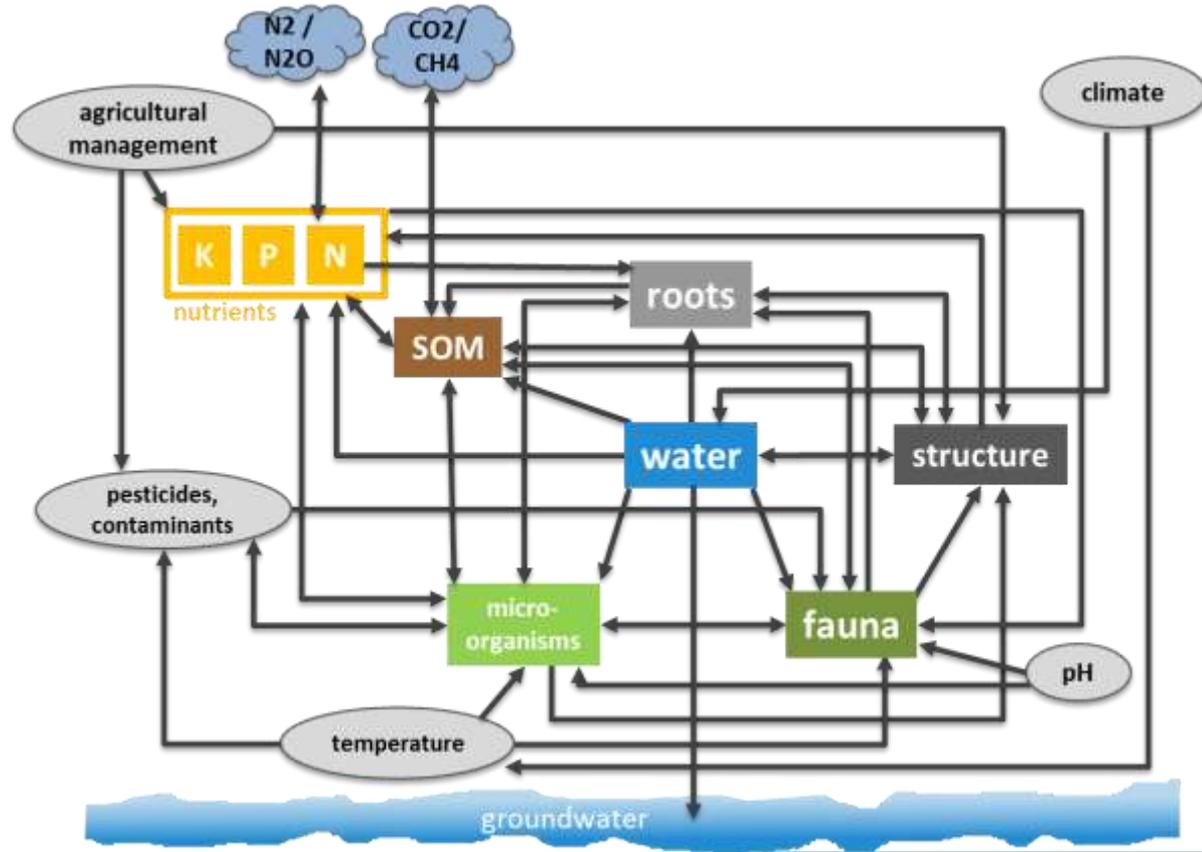
Das BODIUM-Modell...

... entwickelt vom BONARES-Konsortium (BMBF)

... für standort-spezifische Änderungen von Bodenprozessen

... ein Prozessmodell, welches komplexe Beziehungen zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen berücksichtigt

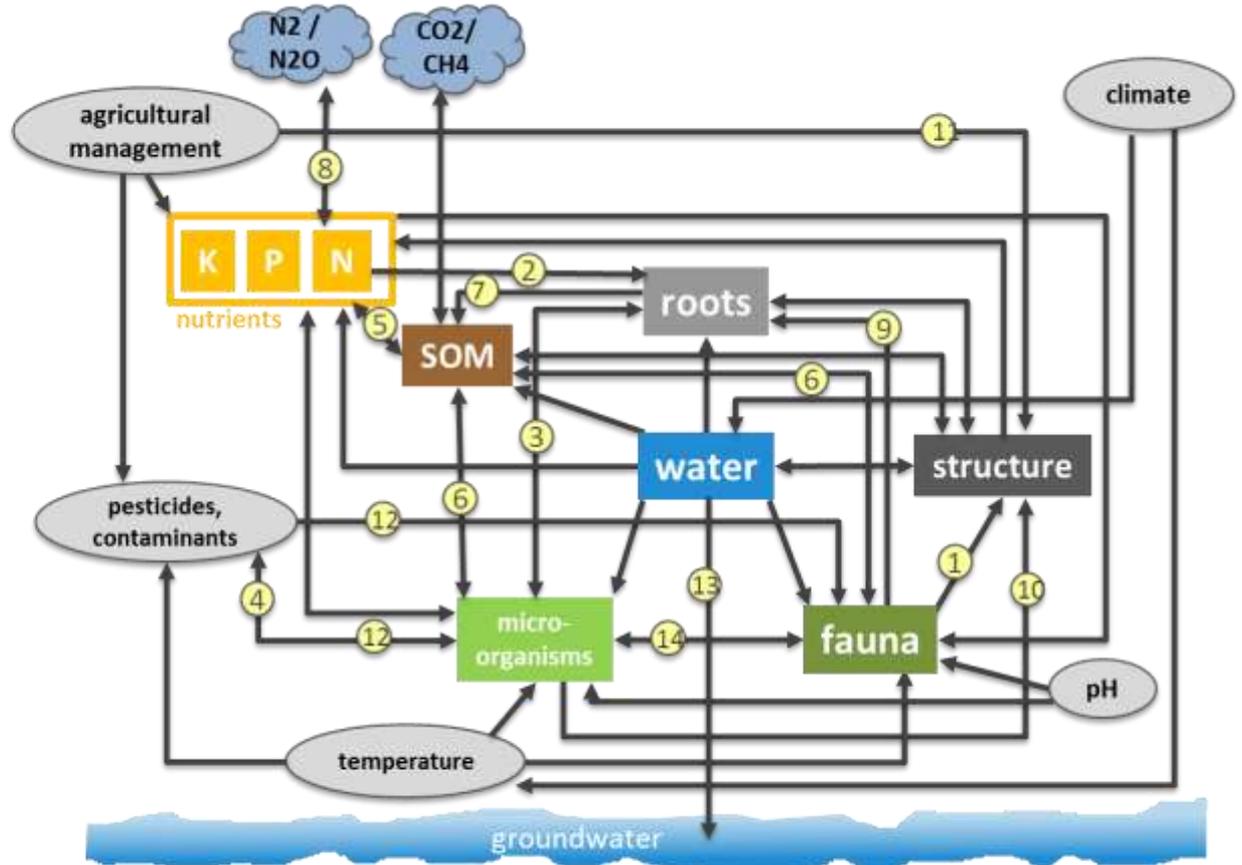
... basiert auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand der Bodenprozesse



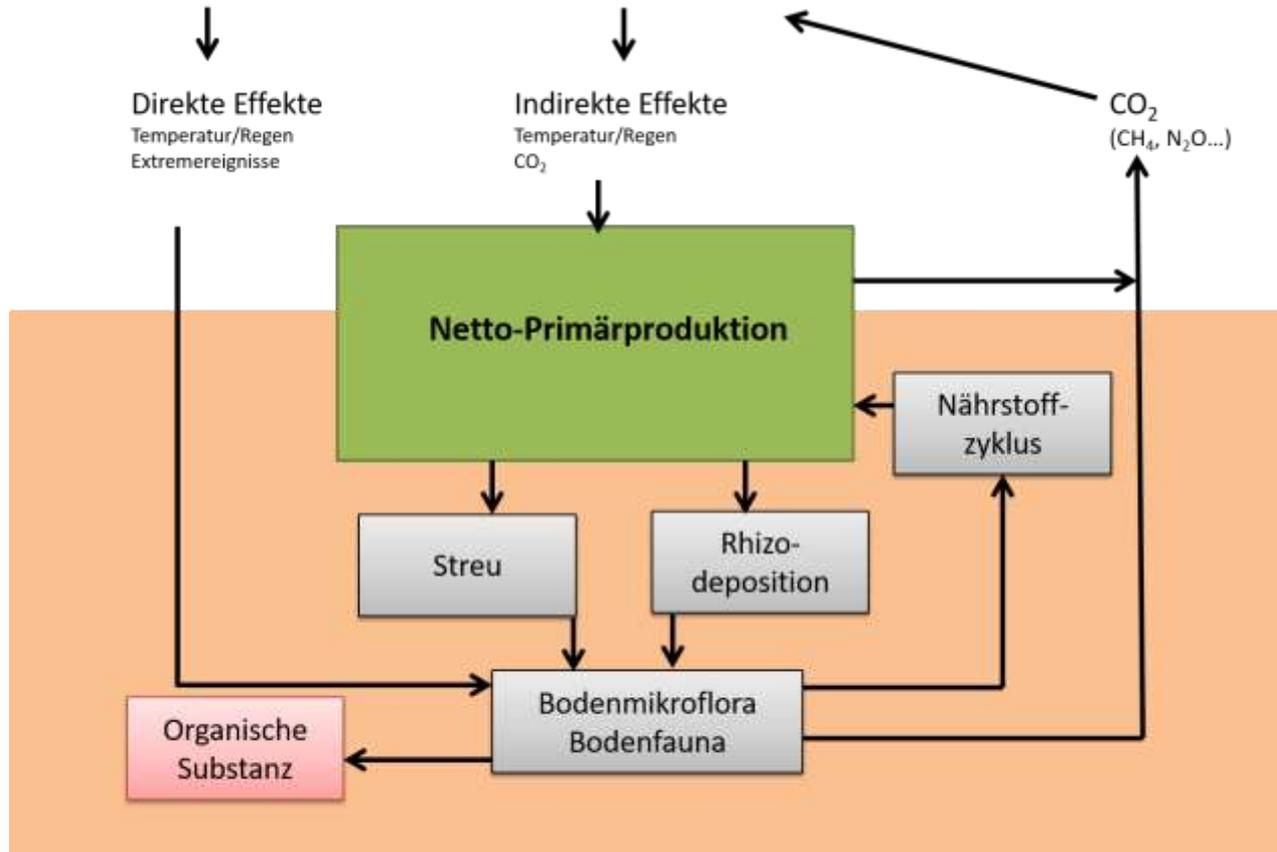
Bodenorganismen und Bodenfunktionen

Wissenslücken...

- 1 bioturbation
- 2 nutrient uptake
- 3 plant growth promotion
- 4 pest control
- 5 biodegradation
- 6 mineralization/immobilization
- 7 SOM turnover
- 8 root exudation
- 9 denitrification, N fixation
- 10 root-feeding (herbivores)
- 11 structure stabilization (fungi)
- 12 tillage/compaction
- 13 harm to biocoenosis
- 14 leaching
- 15 fauna – microbes interactions

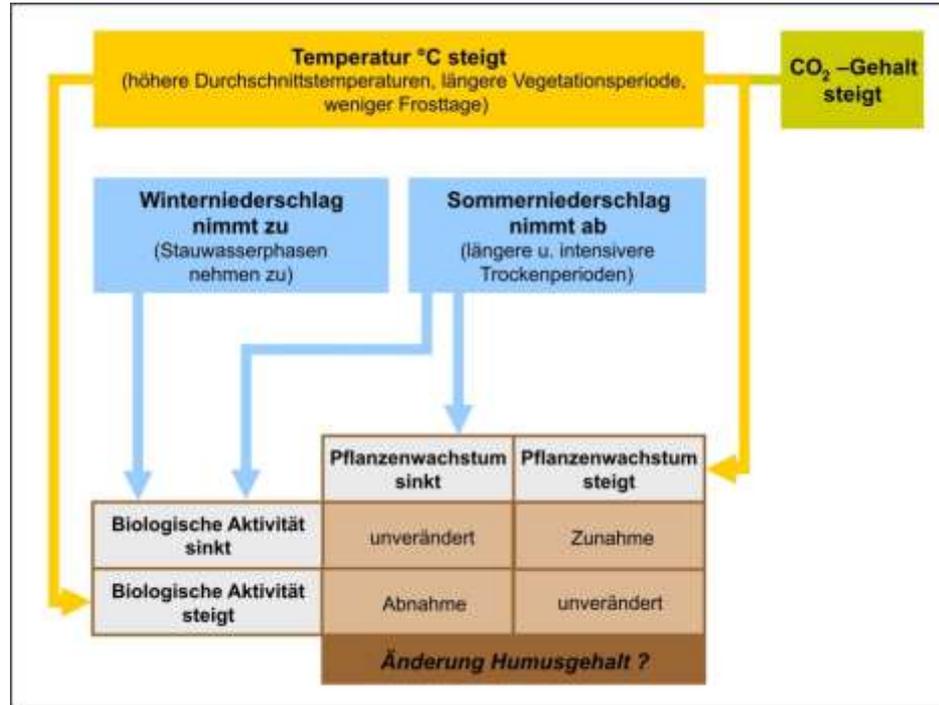


Klimawandel und Bodeneigenschaften



Klimawandel und Bodeneigenschaften

Beispiel Humusgehalt



(Böhm 2008)

Boden ist komplex – für standortspezifische Projektionen bedarf es auf soliden empirischen Daten und Prozesswissen basierte Modellierungsansätze

Danksagung

- Sigrid Berger, Iwona Gruss, Nico Eisenhauer, Ines Merbach, Julia Siebert, Jaswinder Singh, Rui Yin
- Harald Auge, Francois Buscot, Stefan Klotz, Thomas Reitz
- Konrad Kirsch & das technische Personal der Versuchsstation
- Verschiedene Schafe
- Bundesministerium für Bildung und Forschung, Land Sachsen-Anhalt, Land Sachsen, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Chinese Scholarship Council, Alexander-Humboldt-Stiftung, Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv)

