



Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft

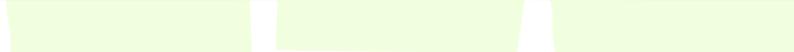
Annette Freibauer
Peter Doleschel

Institut für Ökologischen Landbau,
Bodenkultur und Ressourcenschutz

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



Klimafolgen und Anpassung

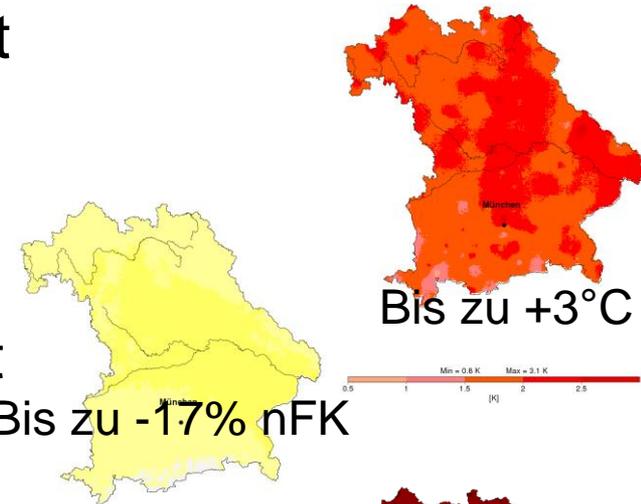


4 Charakteristika des Klimawandels

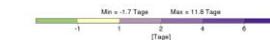
- Auswirkungen sind standortabhängig
→ Gewinner, Verlierer
- Trend ist schleichend, kontinuierlich
- Sehr hohe jährliche und saisonale Variabilität, sehr geringe mittlere Änderung → Witterung ist höchstes Risiko
- Großwetterlagen ändern sich → hohe Unsicherheit

Betroffener

- Lufttemperatur 2015: wärmstes Jahr seit 1881, = durchschnittliches Jahr 2050
- 2015 sehr trocken; Achtung Variabilität! In Prognosen sind Extreme unterschätzt
- Vegetationsbeginn: 2017 2 Wochen früher als 1961-1990, typisch für 2050
- Wechselfrost 2017: bis zu 1 Woche mehr, nach sehr warmen Frühjahrs- tagen, v.a. in Obstbauregionen



Bis zu -1.7% nFK



Bis zu 22 Tage früher

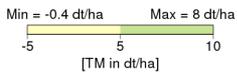
DWD Deutscher Klimaatlas

Gewinner

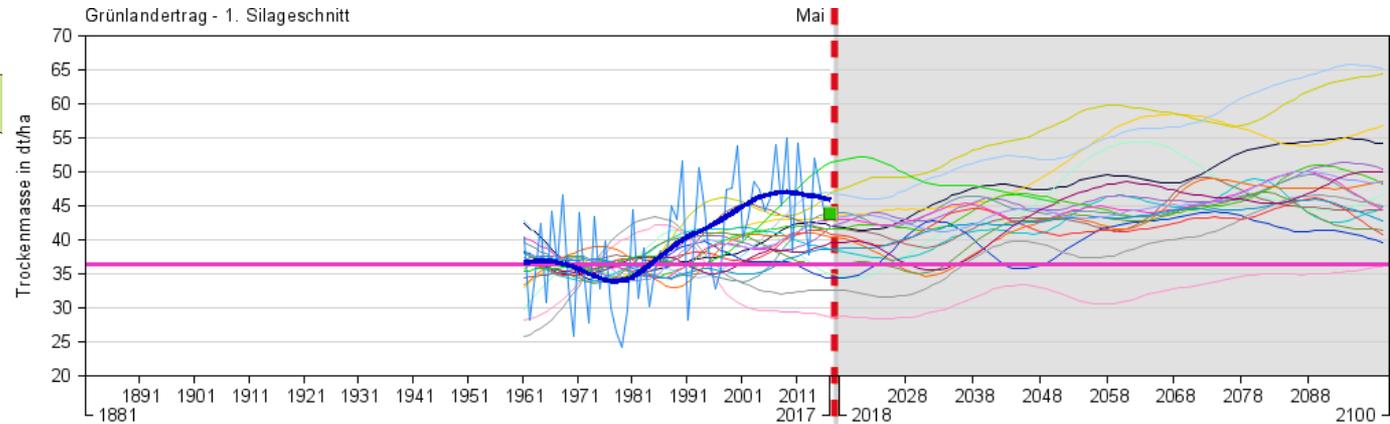
- Grünlandertrag 1. Schnitt: bis 10 dt/ha Mehrerträge
Tendenz steigend



Bis zu
8 dt / ha Mehrertrag



Deutschland



Klimaänderung – was kommt auf uns zu?

- Trends
 - Wärmer: 2015, 2016, 2018
Rekorde
 - mehr Regen im Winter,
weniger im Sommer
 - andere Schädlinge
- Extremereignisse
- Überraschungen durch Rückkopplungen: stärkere Extreme, Nordpol ohne Eis →?



Regenerosivität nimmt zu

- Nach neuesten Auswertungen hat die Regenerosivität (und damit ceteris paribus das Erosionsrisiko) seit den 1970er Jahren bis heute bereits um 60 % zugenommen.
- Bis 2050 wird sich die Regenerosivität in Bayern nochmal verdoppeln (neueste Ergebnisse DWD, LfL, TUM)
- Erosionsschutz in Feld und Flur muss sehr viel stärker werden!



Erheblich steigende Risiken: Starkregen, Erosion

- Bodenverlust durch Starkregen und Sturzfluten: enorme Schäden möglich
- Starkregen: Direktsaat wirkt – das macht Mut



Foto: Brandhuber



Foto: Brandhuber

Erosions- und Gewässerschutz in den USA!



Quelle: USDA, <http://nracs.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=fb509cf9a9eb4918b9e847354f724d26> DL 15.10.2018

Anpassungsoptionen

- **Sinkende Sommerniederschläge**
 - Regeninfiltration fördern (Bodenstruktur, Bodenbedeckung)
 - Bodenverdunstung reduzieren (Zwischenfrüchte, Mulch)
- **Mehr Hitzetage**
 - Überschattung (Bäume?)
- **Evtl. mehr Starkniederschläge, Gewitter, Hagel im Sommer**
 - Regeninfiltration fördern (Bodenstruktur, Bodenbedeckung, Regenwürmer)
 - Erosionsschutz durch Bodenbedeckung
 - Über-, Mischkulturen?



Vorsorge wird wichtiger!

Die alten Tugenden der
landwirtschaftlichen
Bodenpflege:

- Humus
 - Bodenleben
 - keine Verdichtung
 - dauerhafte Bodenbedeckung
- sind die Versicherung für
zukünftige stabile Erträge.



Ökolandbau ist gut!

LfL-Arbeiten zur Anpassung an die Klimaänderung

- Wie reagieren Agrarböden, Agrarsysteme
→ Monitoring (Boden, Grünland, Schädlinge)
- Wie kann die Landwirtschaft unter veränderten Klima- und Witterungsbedingungen wettbewerbsfähig und vor allem Klima und Umwelt verträglich wirtschaften?
 - **Landtechnik:** Bodenbearbeitung, Erosionsschutz, Bewässerung
 - **Pflanzenzüchtung:** Hitze-, Trockenheits-, Schädlingsresistenz; Wasser- u. Nährstoffeffizienz
 - **Tierhaltung:** Duschen, Kühlung
 - **Stallbau:** Gründach, Beschattung



Anpassungsmaßnahmen im Pflanzenbau

- Standort/Fruchtfolge
- Bodenbearbeitung
- Sortenwahl
- Saat
- Düngung
- Pflanzenschutz
- Wasserversorgung



Anpassung der Fruchtfolge an den Standort

■ Lage

Hangneigung, Nachbarschaft (Waldrand?),
Gewässereinfluss (Grundwasser,
Überschwemmung)

■ Boden

Bodenart, Struktur und Gefüge, Tiefgründigkeit,
Nährstoffpotential, Belastungen (Verdichtung,
Pflugsohle)

Humusgehalt der Böden im Auge behalten!

Boden und Bodenbearbeitung

- Milde Winter: weniger Frostgare! Befahrbarkeit im Frühjahr oft schwierig!
- Bodenwasser und Gefüge schonen:
wenn möglich, konservierende Bearbeitung,
Erosionsschutz, Verdichtungen vermeiden
- Spezielle Technik-Lösungen:
Strip Till, Fahrspursysteme (Controlled Traffic
Farming, CTF)
- Angepasste Bearbeitung
Unkrautsituation, Bodenart, vorherige Witterung

Anpassung der Produktionstechnik

Bodenbearbeitung zur Wasserspeicherung /
Erosionsschutz, z.B.

- ✓ permanente Fahrwege
- ✓ Streifenbearbeitung
- ✓ Zwischenfrüchte
- ✓ Mulch-, Direktsaat



Fotos: Brandhuber



Fruchtfolge

- gezielte Nutzung der Winterfeuchte durch Winterfrüchte oder Zwischenfrucht zur Bodenbedeckung
- Risikostreuung durch Produktdiversifizierung (Markt) und vorbeugenden Pflanzenschutz (Virosen, Pilzkrankheiten, Maiswurzelbohrer....)
- Nutzung der Biodiversität:
Artenvielfalt auf dem Grünland/Futterbau - robuster!
Leguminosen senken Trockenrisiko, flexiblere Nutzung
- Nutzung besonderer Eigenschaften
 - C4-Pflanzen (Mais, Szarvasi-Gras, Hirse...)
 - Dauerkulturen (Miscanthus, KUP, Silphie,....)-> wenn die Erträge passen!

Arten und Sorten

	Mais	Winterweizen	Wintergerste	Triticale	Grünland, Futterbau
Herkunft	Mexiko	Fruchtbarer Halbmond		Züchtung	heimisch
Klima	tropisch	trocken-warm		gemäßigt	gemäßigt
Stärken	Hohes Ertragspotential, Wasser effizient, Sortenvielfalt	Vermarktung, Ertrag, Sortenvielfalt	Optimale Nutzung der Winterfeuchte	Ertrag, Gesundheit, Winterhärte	Mehrere Schnitte, stabil dank Vielfalt
Risiken	Wasserbedarf zur Blüte, späte Reife	Temperatur über 30° zur Blüte, N-Überschuss	Winterhärte, Krankheiten, Preis	„neue“ Krankheiten	Ausfall ganzer Schnitte, Erntewetter
Trockenvorsorge	Jugendentwicklung fördern, Standraum, Sortenwahl	angepasste Bestandesdichte, standfeste Sorte mit wenig Bedarf für Wachstumsregler (Weglassen bei Trockenheit schont die Wurzel)			Nachsaat mit passender Mischung

Sortenwahl und Saat

- Bewusste Sortenwahl - Resistenzen gegen wärme liebende Krankheiten, Insekten, Virose; sichere Qualität
- längere Vegetationszeit nutzen!
frühe Saat/Winterung
- Saatstärke:
Die Einzelpflanze muss vital sein!
Weniger Pflanzen pro m² spart Wasser! Weniger Konkurrenz!
Einzelkornsaat von Getreide und Raps wird ein Thema
- Optimaler Saattermin
Wintergetreide: nicht zu spät
Sommerungen: möglichst früh
- Exakte Tiefenablage
- Evtl. Kombination mit Düngung



Einzelkornsaat bei Getreide?

■ Optimaler Standraum = weniger Konkurrenz

- Symmetrische Pflanzen
- Besser entwickeltes Wurzelsystem
- Vorteil bei Trockenstress: Wasser- und Nährstoffaufnahme (insbes. N)
- Leichter zu führende Bestände (WR, N, Sensorwerte)
- Geringerer Saatgutaufwand



Bild: top agrar 2008

■ Herausforderungen:

Saatgutqualität; Mäuse, Schnecken; Saatbett muss weitgehend klutenfrei sein, Tiefenablage muss passen; Termin! Genug Zeit für die Bestockung (Herbst)

„4 für Tausend“ eine französisch-weltweite Initiative für Humussteigerung in Agrarböden

Franz. Agrarminister Le Foll startet die „4 für Tausend“-Initiative
Deutschland ist Gründungsmitglied

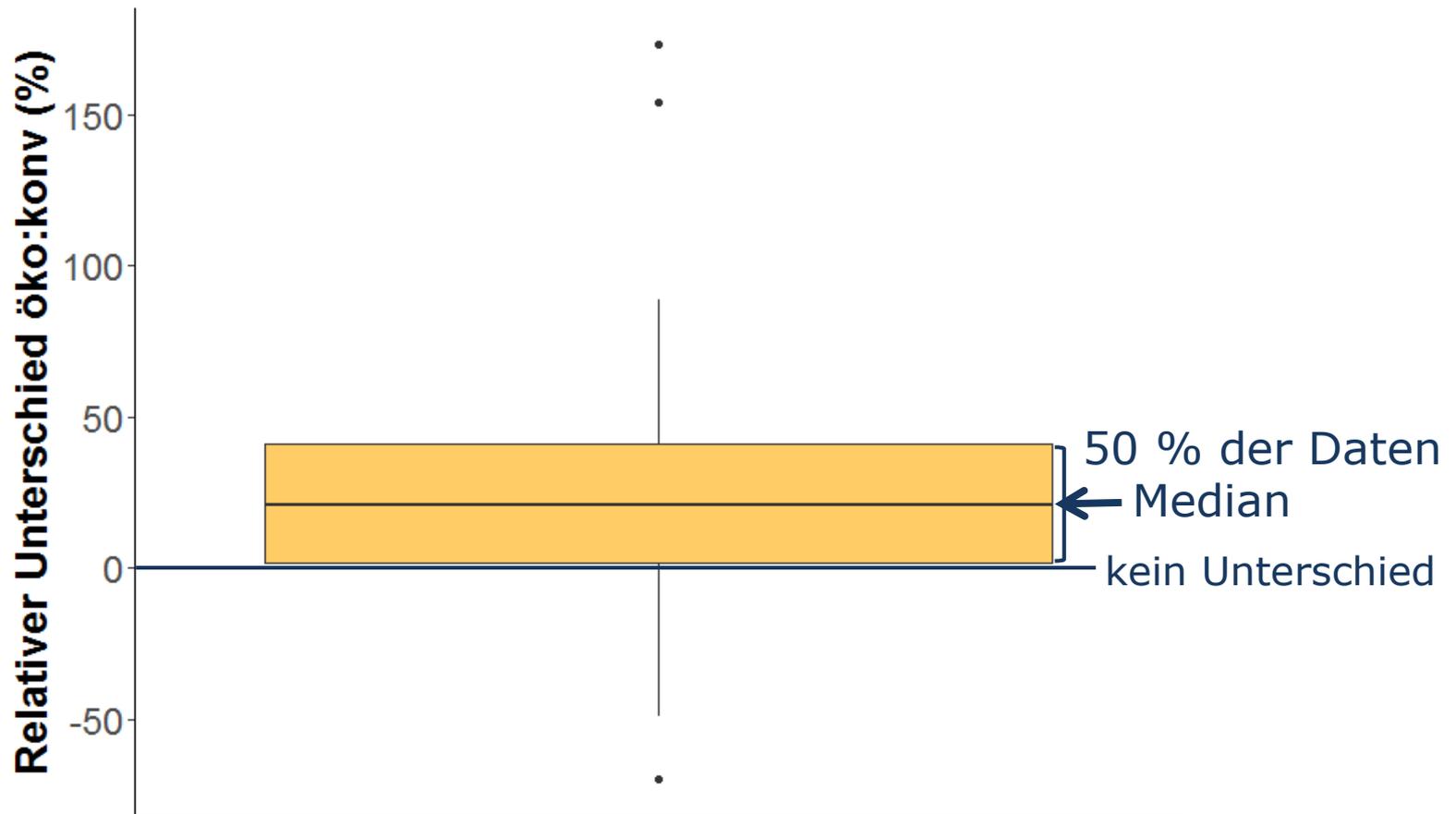


Szenarien Humusaufbau

- C-Sequestrierungsraten verschiedener Maßnahmen zum Humusaufbau aus der Literatur

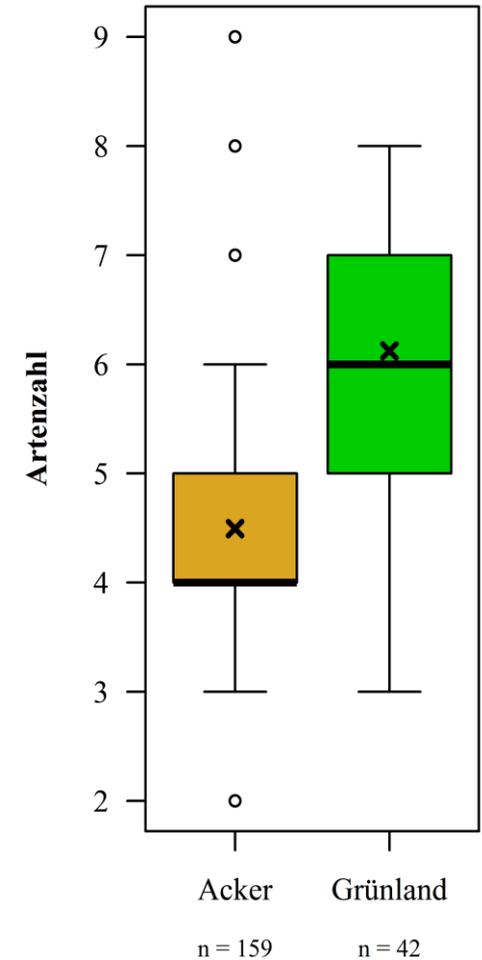
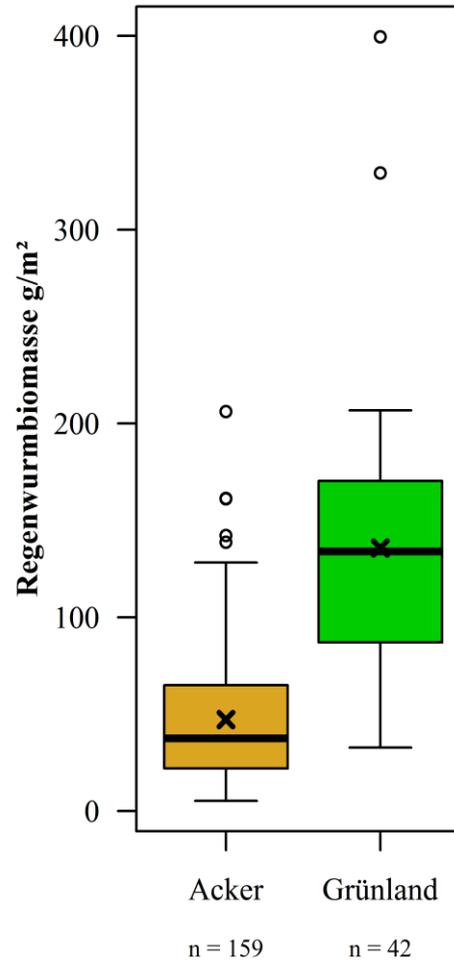
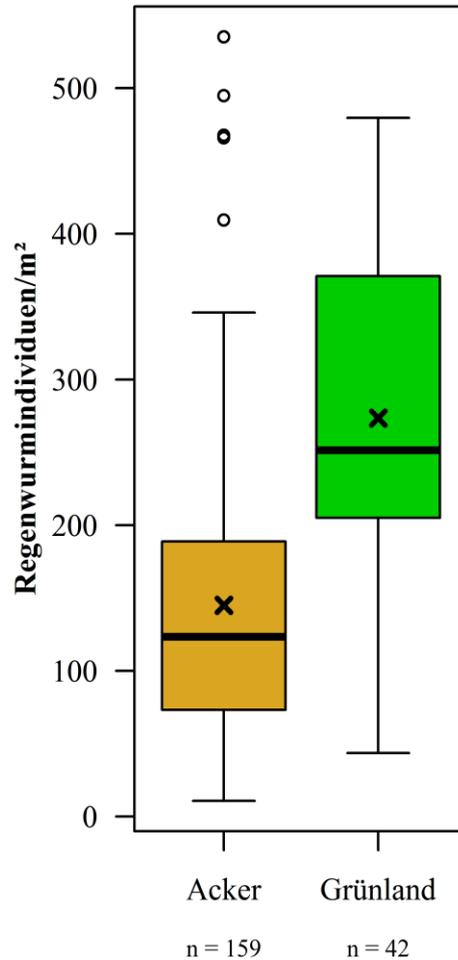
Maßnahme	C-Sequestrierungsrate (t ha ⁻¹ yr ⁻¹)
Zwischenfruchtanbau	0,32 ± 0,08
Verbesserte Fruchtfolge	0,16 ± 0,05
Ökolandbau	0,27 ± 0,37
Umwandlung Acker- zu Grünland	0,73 ± 0,17
Agroforstwirtschaft	0,68 ± 0,30
Mittel	0,43
4‰-Ziel Bayern	0,36

Zielgröße C_{org} -Gehalt



C_{org} -Gehalt in den ökologischen Varianten höher
(Median = 21 %, n = 31 Paare)

Regenwurmbestand im Boden von Acker und Grünland



Daten von 2010 bis 2016, überwiegend Boden-Dauerbeobachtungsflächen

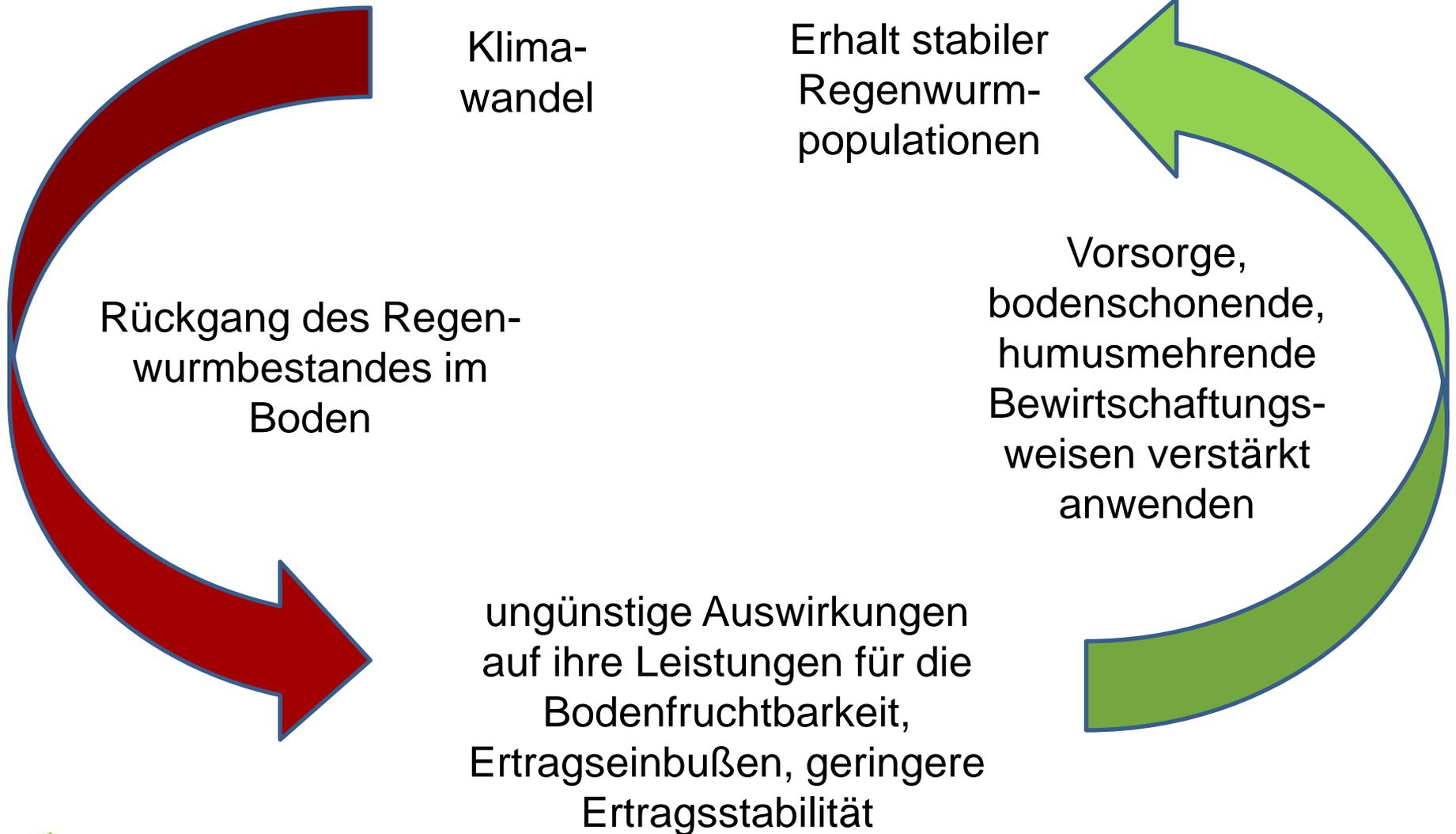
Überlebenschancen und Gefahren für Regenwürmer

**extrem heiße und trockene Sommer
Beispiel Jahr 2003:**

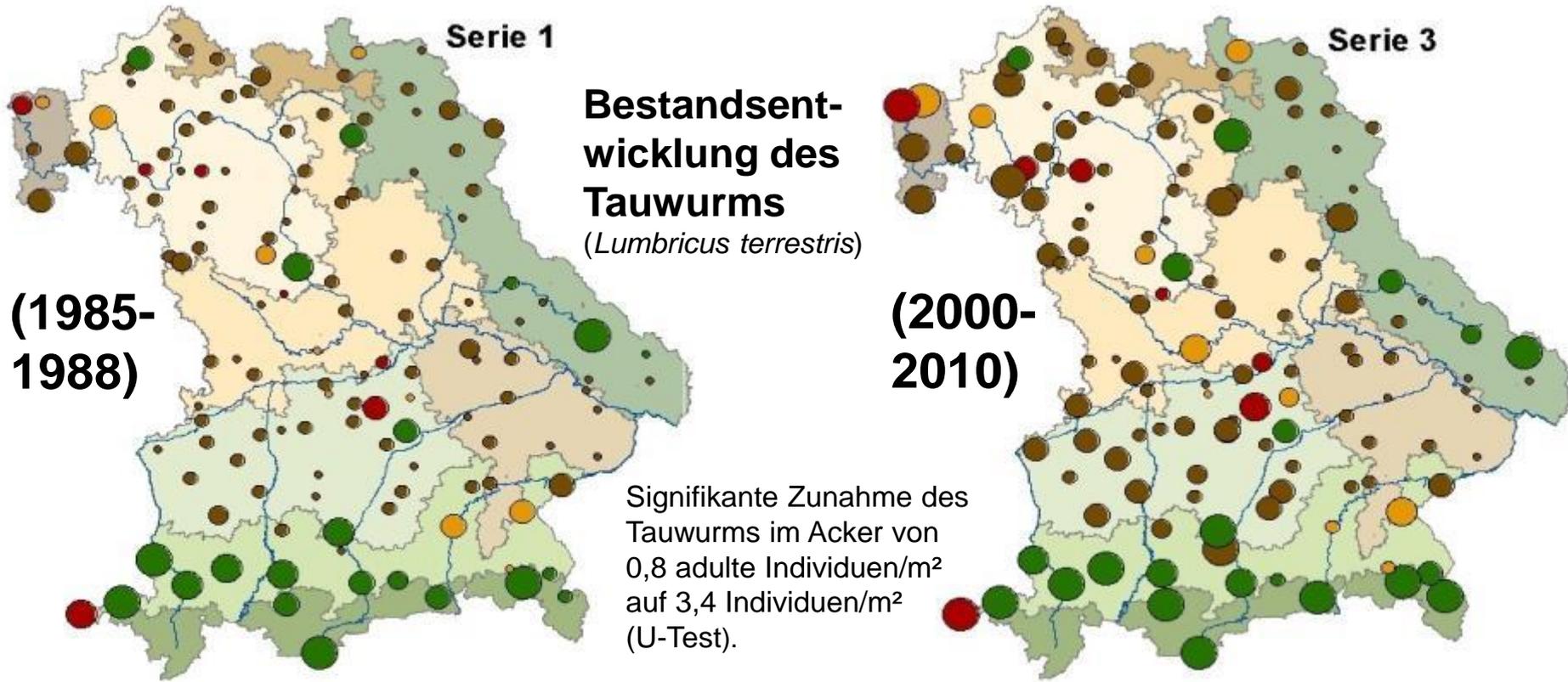
Führte zu starken Populationseinbrüchen der Regenwürmer. Zwei aufeinanderfolgende Hitzesommer wie 2003 hätten katastrophale Auswirkungen (EHRMANN 2012).



Abpufferung ungünstiger Effekte eines Klimawandels



Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern – Fokus Tauwurm



Bewirtschaftung

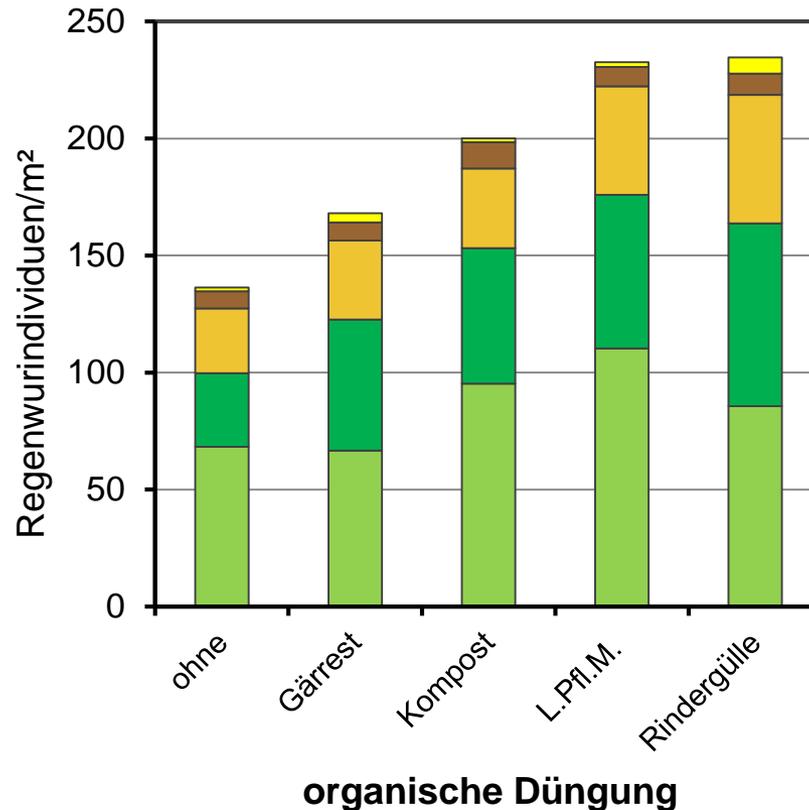
- Acker
- Grünland
- Sonderkulturen
- Nutzungswechsel

adulte Individuen / m² von *Lumbricus terrestris*

- 0
- > 0 - 2
- > 2 - 5
- > 5 - 10
- > 10 - 15
- > 15

Geobasisdaten:
© Bayerische Vermessungsverwaltung
(www.geodaten.bayern.de)

Nahrungsangebot steigern – durch organische Düngung



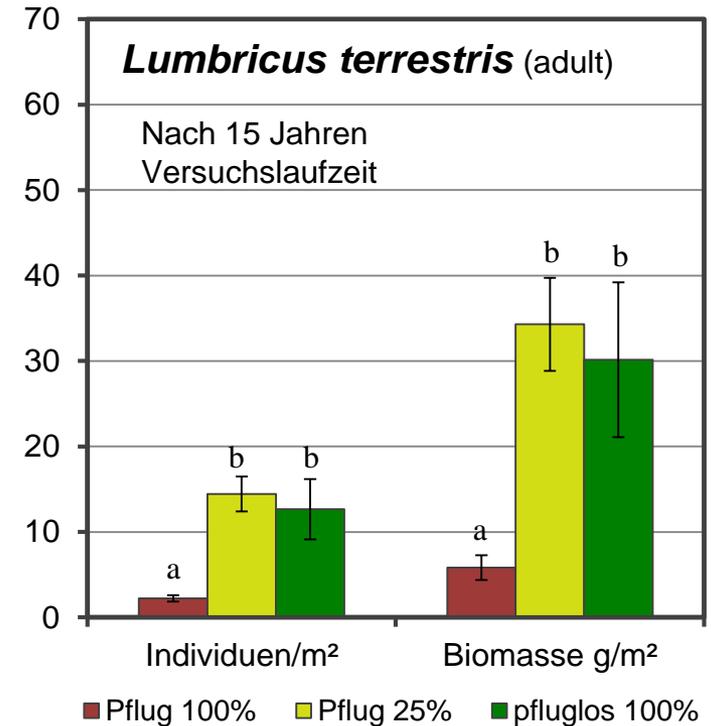
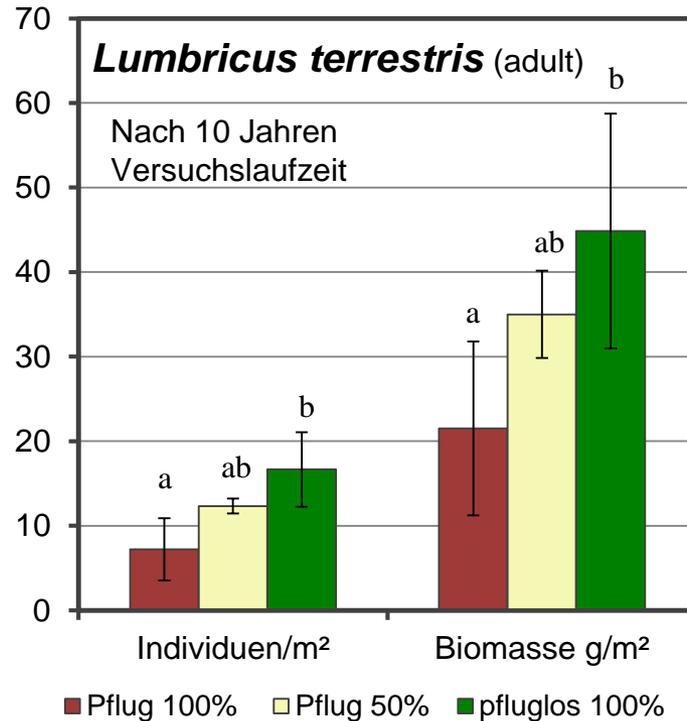
Großparzellenversuch
in Puch, 2014

- Adulte Streubewohner
- Adulte Tiefgräber L. terrestris
- Juvenile Lumbricus sp.
- Adulte Flachgräber
- Juvenile Flachgräber



Regenwürmer profitieren von einer org. Düngung. Menge leicht verfügbarer Kohlenstoffverbindungen im org. Dünger wichtig als direkte Nahrungsquelle für Bodentiere.

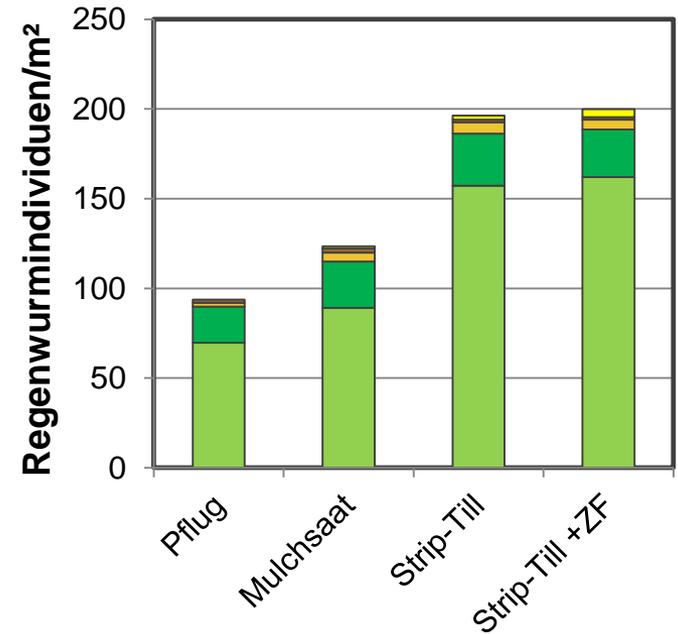
Bodenschonende Bodenbearbeitung – geringerer Pflugeinsatz



Neuhof, Donauwörth 2012, SNK- Test

Der tiefgrabende Tauwurm *Lumbricus terrestris* profitiert von einer pfluglosen Bodenbearbeitung bzw. einer Reduktion der Pflughäufigkeit.

Bodenschonende Bodenbearbeitung – Strip-Till Verfahren



Untersuchungen von 4 Praxisflächen der Südzucker AG in Unterfranken, 2013 bis 2015 (Mittelwerte)

- adulte Streubewohner
- adulte Tiefgräber, *L. terrestris*
- juvenile *Lumbricus* sp.
- adulte Flachgräber
- juvenile sonstige, v.a. Flachgräber

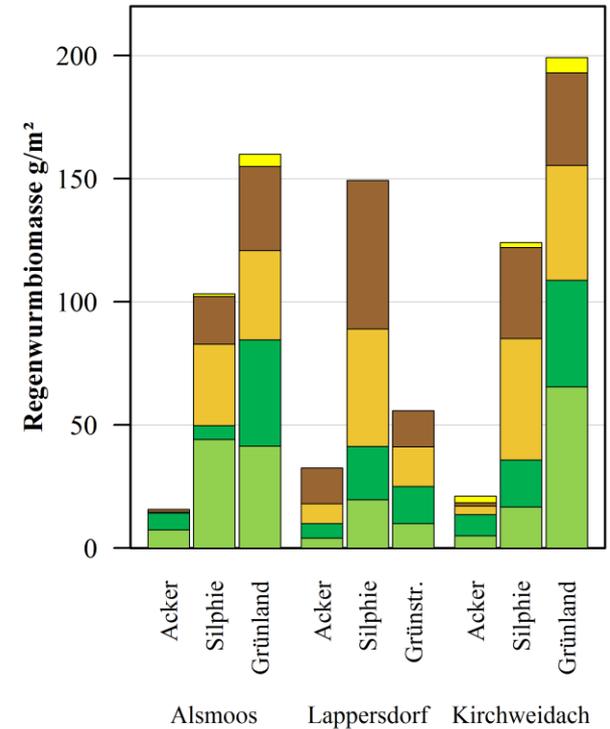
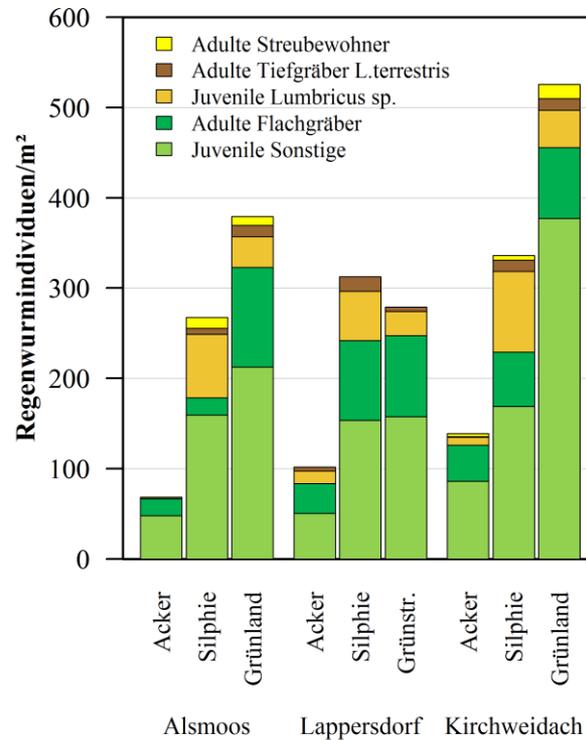
Im trockenen Franken profitieren auch endogäische Arten von einer pfluglosen Bodenbearbeitung und v.a. von Strip-Till Verfahren zu Reihenkulturen (Bodenfeuchte).



Vielfalt in der Agrarlandschaft erhöhen – Bsp. Dauerkulturen

Beispiel:

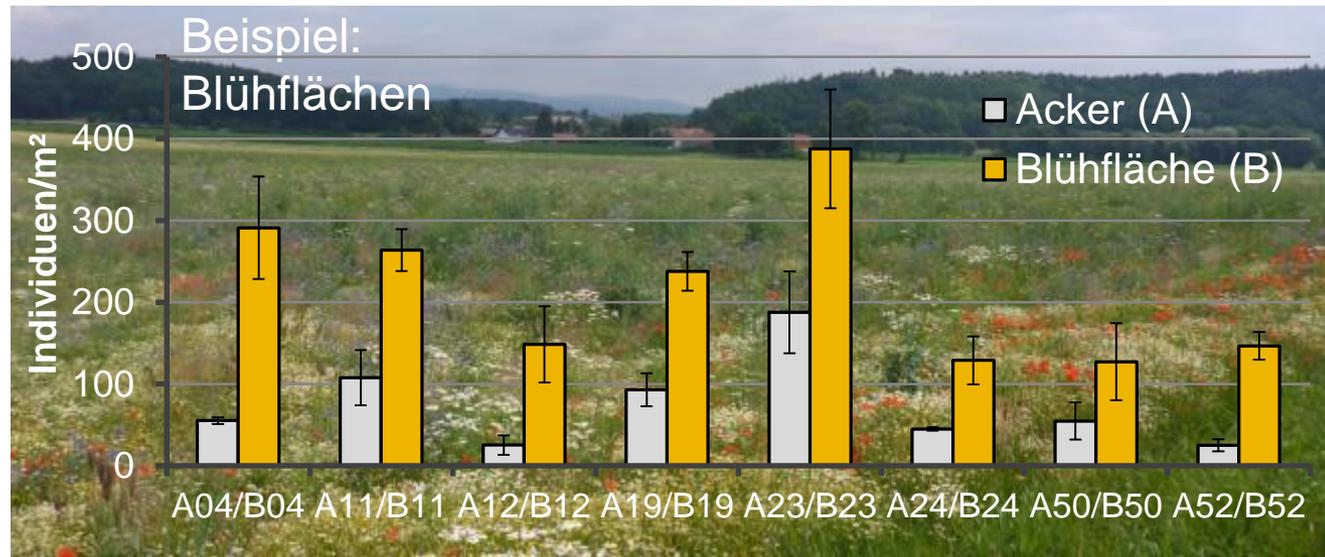
Durchwachsene Silphie



Regenwürmer profitieren von der Bodenruhe sowie ganzjährigen Bodenbedeckung bei mehrjährigen Kulturen wie von der Durchwachsenen Silphie

Vielfalt in der Agrarlandschaft erhöhen – Bsp. Begleitstrukturen

- Blühflächen
- Säume,
Feldraine,
- feuchte Senken



Bieten Schutz bei Trockenperioden. Höhere Siedlungsdichten der Regenwürmer strahlen in angrenzende Äcker aus.



Fazit – Vorsorgemaßnahmen im Rahmen des Klimawandels

**organische Düngung,
reichhaltige Fruchtfolge
humusmehrende Kulturen**



**mehr Bodenruhe, ganz-
jährig Bodenbedeckung,
Mulchsaat, Strip-Till,**



**Innovative Anbausys-
teme (z.B. Dauerkulturen),
ungenutzte Begleit-
strukturen (Blühflächen)**



Mehrere dieser Maßnahmen sind umzusetzen, um den Regenwurmbestand im Boden zu erhalten und damit auch ihre vielseitigen Leistungen zur Bodenfruchtbarkeit sowie eine langfristige Ertragsstabilität.



Forschung zum Klimawandel an der LfL



Startseite

- Agrarökologie
- Pflanzenbau
- Pflanzenschutz
- Tierzucht
- Tiernahrung
- Fischerei
- Tier und Technik
- Agrarökonomie
- Märkte

Arbeitsschwerpunkte

- Berglandwirtschaft
- Eiweiß
- Grünlandbewirtschaftung
- Klimaänderung**
- Ökologischer Landbau
- Regenerative Energien
- Tierwohl

Lehr-, Versuchs- und Fachzentren

Arbeitsschwerpunkt
Klimaänderung

Die aktuellen Klimamodellierungen lassen ganzjährig höhere Temperaturen, im Sommer geringere und im Winter zunehmende Niederschläge, eine deutliche Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Luft sowie eine Zunahme von Extremereignissen erwarten. Diese Änderungen werden in der Landwirtschaft positive wie negative Auswirkungen haben. Da die Landwirtschaft weitgehend ungeschützt vor den Klimaeinflüssen stattfindet, muss sie sich wie kaum ein anderer Wirtschaftszweig mit den damit verbundenen Konsequenzen auseinandersetzen. Die Landwirtschaft trägt durch ihre Aktivitäten auch zur Emission klimaschädlicher Gase bei. Es ist Aufgabe einer umweltschonenden Landwirtschaft, diese Emissionen nach Möglichkeit zu minimieren.

Aktuell | **Forschungsprojekte** | **Fachbeiträge und Praxis** | **Veranstaltungen** | **Hintergrund**



Forschungsprojekte sollen helfen, die Auswirkungen der Klimaänderung auf die bayerische Landwirtschaft frühzeitig zu erkennen und praxisgerechte Antworten darauf zu finden. Hierzu wird u. a. an der Züchtung von Pflanzen mit höherer Toleranz und Widerstandsfähigkeit gegen Trockenstress und klimabegünstigte Krankheiten (Ramularia, Alternaria) an der Anpassung von Düngung und Bewässerung sowie an der Vermeidung von Verdichtungen und Erosion durch neue Bewirtschaftungssysteme gearbeitet. Ökonomische Analysen begleiten diese Aktivitäten.

Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm des Arbeitsschwerpunktes "Klimaänderung" an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft umfasst aktuell Forschungsprojekte mit folgender Zielsetzung:

Monitoring und Folgenabschätzung der Klimaänderung

Das Arbeitsprogramm des Arbeitsschwerpunktes "Klimaänderung" an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft umfasst aktuell folgende Forschungsprojekte mit der Zielsetzung "Monitoring und Folgenabschätzung der Klimaänderung". [> Mehr](#)

Anpassung durch Züchtung

Das Arbeitsprogramm des Arbeitsschwerpunktes "Klimaänderung" an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft umfasst aktuell folgende Forschungsprojekte mit der Zielsetzung "Anpassung durch Züchtung". [> Mehr](#)

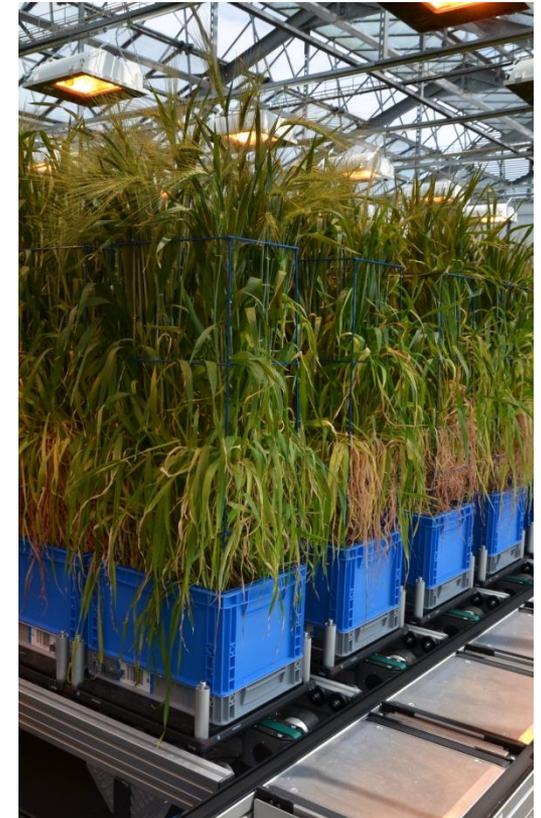
Anpassung der Produktionstechnik

Das Arbeitsprogramm des Arbeitsschwerpunktes "Klimaänderung" an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft umfasst aktuell folgende Forschungsprojekte mit der Zielsetzung "Anpassung der Produktionstechnik". [> Mehr](#)

Fazit und Ausblick

- Klimawandel und Erwärmung: ja – Hitze und Trockenstress nehmen zu!
- Witterung ist nicht gleich Klima – es ist jedes Jahr anders!
- Vorsorge durch Züchtung, Sortenwahl, Fruchtfolgegestaltung, Erhalt Bodenfruchtbarkeit: Sinkende Erträge vermeiden!
- Forschung: Boden! Züchtung! Wurzeleistung! Präzisions-Ackerbau, Sensorik und Robotik, Pflanzenschutz-Alternativen, Versuchswesen!
- Die wichtigsten Maßnahmen zur Vermeidung negativer Effekte sind:
 - Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und der Infiltration von Niederschlagswasser v.a. durch Humus-Mehring, Förderung der Bodenfauna (Regenwurm), Erosionsschutz, weniger Verdichtung
 - Anpassung von Fruchtfolgen/-Arten und Anbautechnik und die
 - Sicherung der Wasserversorgung (Bewässerungsmöglichkeiten),

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Züchtungsforschung LfL

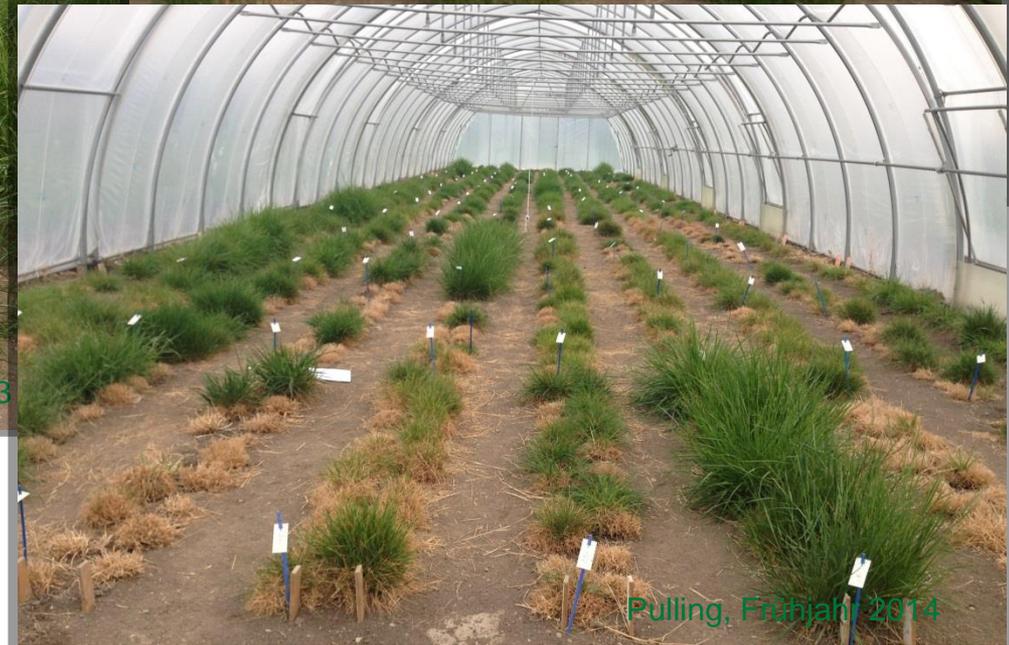
DWD:

„.....Getreidesaatzucht bleibt somit eine lohnende Aufgabe und liefert einen wichtigen Beitrag zur zukünftigen Nahrungsmittelversorgung.“



- Gerste, Weizen, Kartoffeln, Heil- und Gewürzpflanzen, Mais, Soja, Lupine, Gräser, Klee, Luzerne, Hopfen!
- Selektion durch kontrollierten Trockenstress (Rain-out-Shelter, Moving Fields) und Wurzel-Phänotypisierung
- Qualitätszüchtung bei Weizen, Gerste und Soja
- Gezielte Anpassung der Futtergräser:
Verbesserung von Wiesenschwingel, Erstellen von Festuloliumpopulationen mit besonderer Eignung für Problemlagen Bayerns, Rohrschwingel für Trockenlagen, Rostresistenz
- Erfassung der genetischen Diversität für das Merkmal „Trockenstresstoleranz“

Kontrollierter Trockenstress im Folientunnel



A

LfL - Forschungsergebnisse Klimawandel

- Anpassung Produktionstechnik
 - Bewässerung im Ackerbau (LfL-Schriftenreihe 2008)
 - ALB-Bewässerungs-App
 - Handlungsstrategien (LfL-Schriftenreihe 2007)
 - Technik Controlled Traffic Farming
- Modellierung Klimafolgen
 - Ertragssimulation (2011, 2012)
- Prüfung neuer Düngesysteme – laufende Berichte
- Prüfung von neuen Sorten – laufende Berichte
- Prüfung von neuen Pflanzenschutzmitteln – laufende Berichte
- Züchtungsforschung – gezielte Trockenstress-Resistenz

Pflanzenbau-Forschungsfragen der LfL

Fragestellung	Treiber Arbeitsgebiet	Kooperationen	Ausstattung LfL
Präzise Bodenbearbeitung	Technik Landtechnik	Pflanzenbau, Agrarökologie, Ökonomie	LfL-Versuchsbetriebe
Tröpfchenbewässerung im Ackerbau und in Sonderkulturen	Klimawandel Landtechnik	Pflanzenbau, Pflanzenzüchtung, Pflanzenernährung, Gartenbau	Versuchsstellennetz
Agroforstsysteme	Klimawandel + Gesellschaft Agrarökologie	Pflanzenbau, Technik, Waldbau	LfL-Versuchsbetriebe
Artenanreicherung im Wirtschaftsgrünland	Gesellschaft Agrarökologie	Ökonomie	
Boden Monitoring	Gesellschaft Agrarökologie	Bodenkunde	BDF-Flächennetz, Laborausstattung
Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen	Gesellschaft Agrarökologie	Pflanzenbau, Ökonomie	LfL-Versuchsbetriebe
Stoffflüsse im System Pflanze-Boden	Klimawandel Agrarökologie	Pflanzenernährung, Pflanzenbau, Technik	Wird realisiert: Lysimeter-Anlage

Pflanzenbau-Forschungsfragen der LfL

Fragestellung	Treiber Arbeitsgebiet	Kooperationen	Ausstattung LfL
Optimierte Fruchtfolgen	Klimawandel Pflanzenbau	Agrarökologie, Pflanzenschutz, Technik	Versuchsstellennetz, LfL- Versuchsbetriebe
Produktivität von Eiweißpflanzen: Sojabohnen	Gesellschaft Pflanzenbau	Pflanzenzüchtung, Pflanzenschutz, Agrarökologie	Biotechnologie- Kompetenz, Fluidigm- Technik, Versuchsstellennetz
Reduzierung von PSM- Rückständen	Gesellschaft Pflanzenschutz	Technik	Versuchsstellennetz
Nützlingseinsatz im Gartenbau	Gesellschaft Pflanzenschutz	Ökologie	Gewächshäuser
Verbesserung der Nährstoffeffizienz von Sorten	Klimawandel + Gesellschaft Pflanzenzüchtung	Pflanzenernährung, Biotechnologie, Pflanzenbau	Züchtungsforschung, Biotechnologie (Fluidigm-Technik) Versuchsstellennetz
Biomasse aus klassischen Fruchtarten	Klimawandel + Gesellschaft Pflanzenzüchtung	Pflanzenbau, Pflanzenernährung, Technik	Versuchsstellennetz, Phänotypisierung (Moving-Fields-Anlage)