

Konzepte und Strategien für einen zukunftsfähigen Pflanzenbau

Ulrich Köpke

Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn
www.iol.uni-bonn.de

Wilhelm Brandes & Emil Woermann:
Landwirtschaftliche Betriebslehre 1971

„Von der gewerblichen Wirtschaft unterscheidet sich die landwirtschaftliche Produktion vor allem durch ihre Naturgebundenheit und den dadurch geprägten biologisch-technischen (organischen) Charakter. Der organische Charakter bewirkt, dass der Erzeugungsvorgang nicht unmittelbar vom Menschen durchgeführt wird, sondern dass die Natur ihm diesen zu einem großen Teil abnimmt....

...Somit bedingt der organische Charakter der landwirtschaftlichen Produktion einen Erzeugungsrhythmus, der im Vergleich zur gewerblichen Produktion nur geringe Variation ermöglicht.

➔ **Standort entwickeln!**

Jüngere Forderungen

M. Langensiepen & R. Herbst 2008

Der Landwirtschaftliche Pflanzenbau....

...in der Phase der Neuorientierung..

...in ihrer Bedeutung und Tragweite der Medizin vergleichbar..

...seine Stellung als **anwendungsorientierte Wissenschaft zwischen den Naturwissenschaften und Humanwissenschaften**

...muss Kommunikationshürden überwinden..

- Die Gestaltung und nachhaltige Bewirtschaftung von Kulturlandschaften muss sich **verstärkt an ökologischen Prinzipien orientieren**
- Die Pflanzenbauforschung muss **durch die Naturwissenschaften und Humanwissenschaften begleitet werden**
- Pflanzenbausysteme müssen zukünftig verstärkt **multiple Aufgaben erfüllen**

Das gilt umsomehr für den Ökologischen Landbau!



Nachhaltigkeit (besser: Dauerfähigkeit, Zukunftsfähigkeit, Perpetuierlichkeit) durch nachgewiesene Multifunktionalität

- Fokus 1: Bodenschutz und optimierte Nutzung der Ressourcen, Unterboden, Phosphor
- Fokus 2: Ökologische Leistungen, Biodiversität, Naturschutz *on-site/off-site*

Lehr- und Versuchsbetrieb Wiesengut/Hennef

Multifunktionale Landwirtschaft durch Organischen Landbau:

- Umweltverträglicher, standortgerechter Organischer Landbau
- Wasserschutzgebiet
- Landschaftsschutzgebiet
- Naturschutzgebiet/FFH
- Hege/Jagd
- Naherholung

*Wo die verborgene Hälfte der Kulturpflanze
die verborgene Hälfte des Bodens trifft*

Im Fokus: Der Unterboden

- ..‘Boden ist das komplizierteste Biomaterial auf dem Planeten’.. (Young & Crowford, Science 304, 2004) ...**dies gilt insbesondere für den Unterboden** mit seinen Prozessen und Ressourcenfunktionen!
- **Die Unterboden- Horizonte unterscheiden sich vom Oberboden** in den pedologischen, umweltlichen und physiochemischen Eigenschaften
- Ein **erheblicher Anteil der Pflanzennährstoffe aus dem Unterboden entstammt der Festphase**
- Die **Heterogenität des Unterbodens** ist generelle Hürde aber auch **Teil der Lösung für die Nährstoffakquisition aus dem Unterboden**
- Die **Prozesse der Nährstoffaufnahme** im Unterboden können nur indirekt durch die Auswahl der **Feldfrüchte mit ihren spezifischen Wurzelsystemen beeinflusst** werden

*„Die Bekanntschaft mit der Bewurzelung der Gewächse
ist die Grundlage des Feldbaues“*

E. Klapp

...‘alle Arbeiten, welche der Landwirth auf seinen Boden verwendet, müssen genau der Natur und Beschaffenheit der Wurzel der Gewächse angepasst sein, die er cultiviren will; für die Wurzel vermag er allein Sorge zu tragen, auf das, was sich daraus entwickelt, kann er keinen Einfluss mehr ausüben, und er ist darum nur des Erfolges seiner Bemühungen versichert, wenn er den Boden in der rechten Weise für die Entwicklung und Thätigkeit der Wurzeln zubereitet hat.

Justus von Liebig

Zielsetzungen

- i. Entwicklung von Anbausystemen, die eine günstigere Ressourcennutzung aus dem Unterboden ermöglichen, durch:
 - Management großlumiger Bioporen
 - Optimierten Zugang der Wurzeln in den Unterboden
 - Erhöhte Wasser- und Nährstoffaufnahme durch Bioporen geformt von Wurzeln und Regenwürmern

- ii. Ökologische Dienstleistungen durch *opportunistic cropping*, *opportunistic tillage* und 'Greening der Vorgewende'

Sieben Funktionen und Nutzungen von Boden und Landschaft



1. Land- und forstwirtschaftliche Produktion
2. Filterung, Pufferung und Transformation
3. Genschutz und Genreserve
4. Infrastruktur
5. Rohstoffquelle
6. Kulturelles Erbe, Landschaft prägendes Element
7. **Ökosystemdienstleistungen**



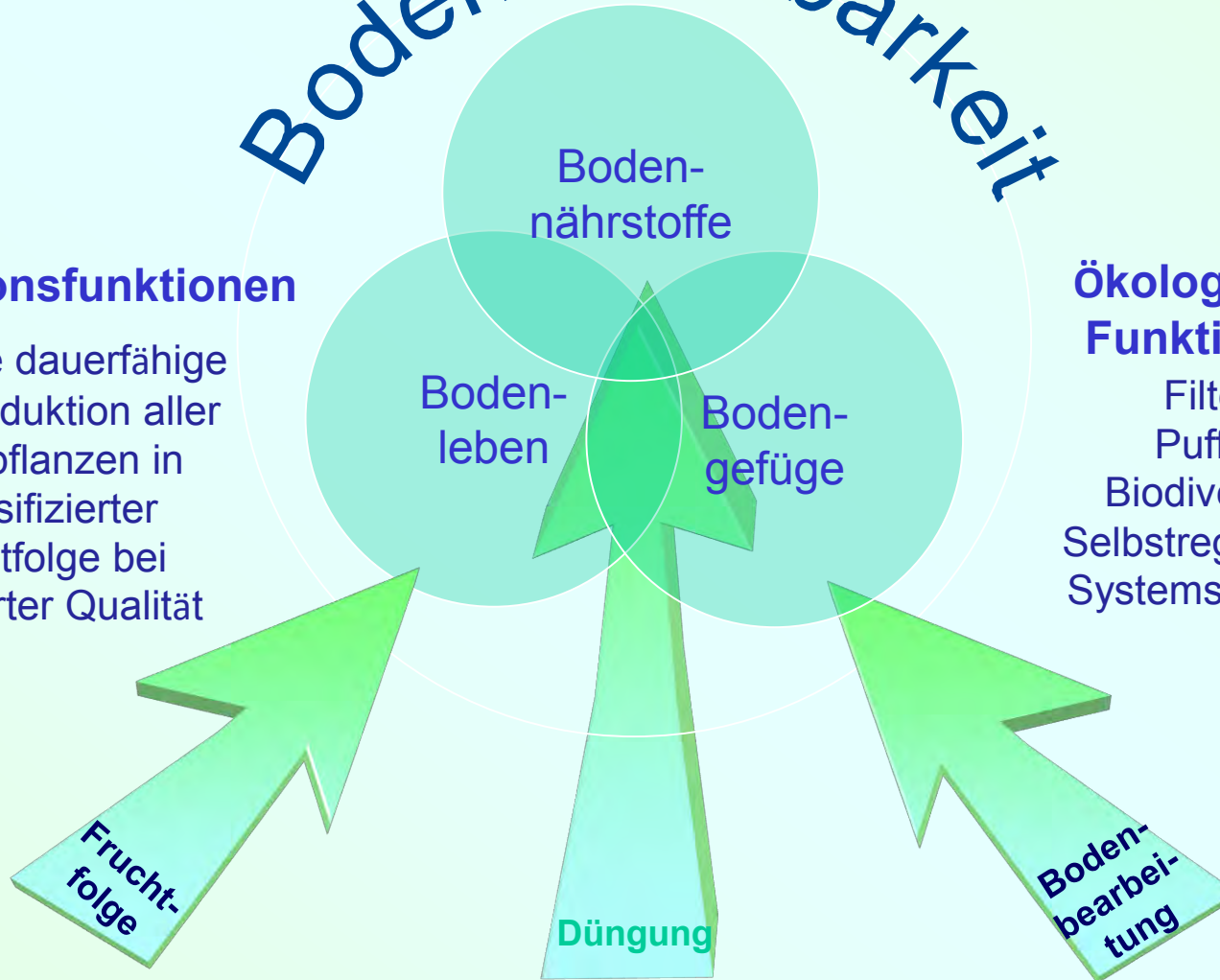
Bodenfruchtbarkeit

Produktionsfunktionen

Effiziente dauerfähige
Nettoproduktion aller
Kulturpflanzen in
diversifizierter
Fruchtfolge bei
optimierter Qualität

Ökologische Funktionen

Filter
Puffer
Biodiversität
Selbstregulation
Systemstabilität



Zwei Strategielinien bleiben erhalten

Mainstream

Organic

Bodenfruchtbarkeit

Importiert

Innerbetrieblich produziert

Chemische Verfügbarkeit

Räumliche Verfügbarkeit

Stoffzufuhr ersetzt Prozesse

Prozesse ersetzen Stoffzufuhr

Mineralische Dünger
Präziser Pflanzenschutz
→ Flüssigphase

Gesteigerte biologische und
mikrobiologische Prozesse
→ Festphase

„quasi statisch“

„dynamisch“

„Bedarfsgerechte Düngung
und Pflanzenschutz“

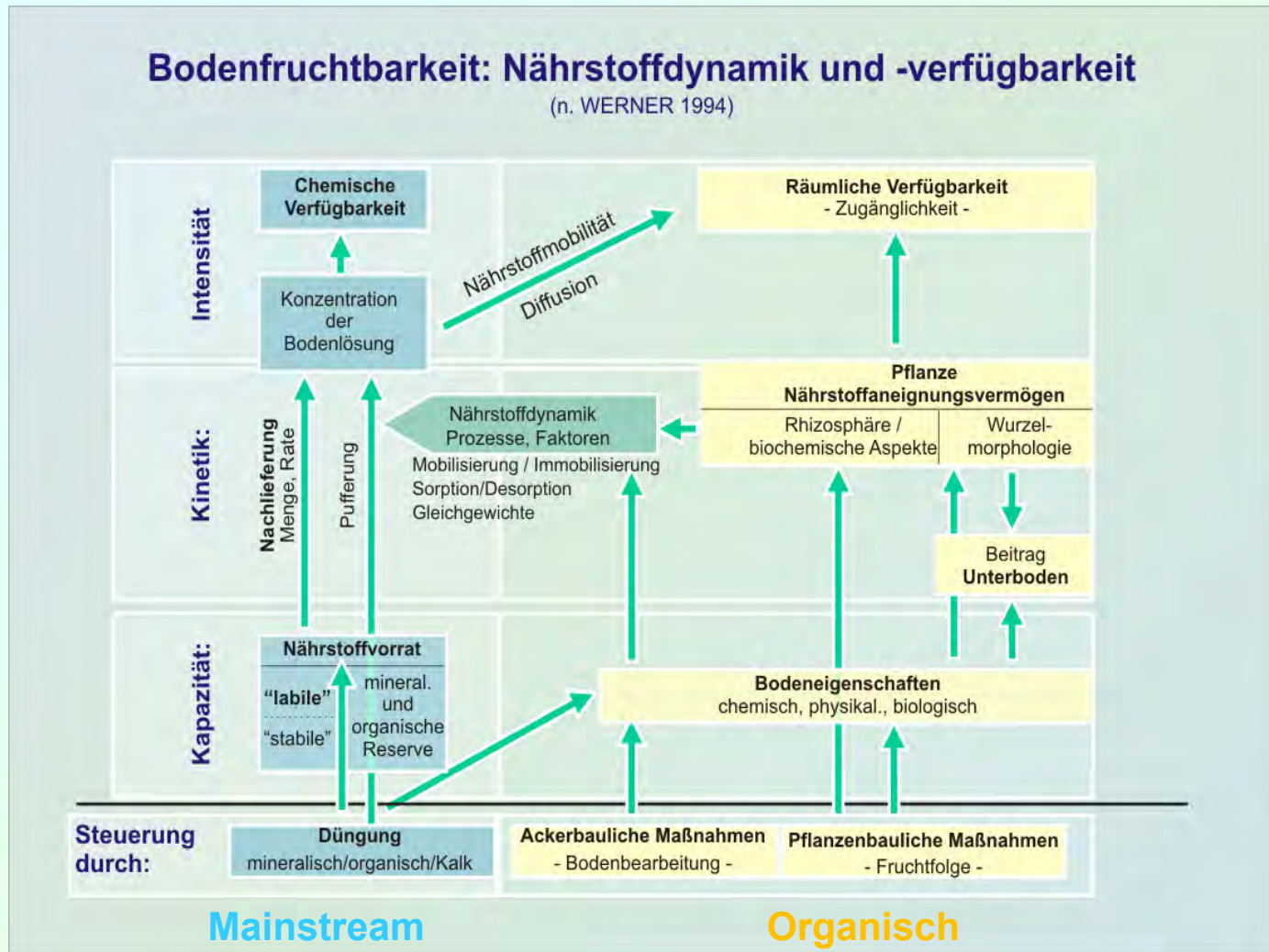
Optimierte Abstimmung von
Fruchtfolge, Bodenbearbeitung,
Düngung & Anbautechniken

Drei Hauptströme bestimmen Nährstoffmanagement und Düngung im Pflanzenbau:

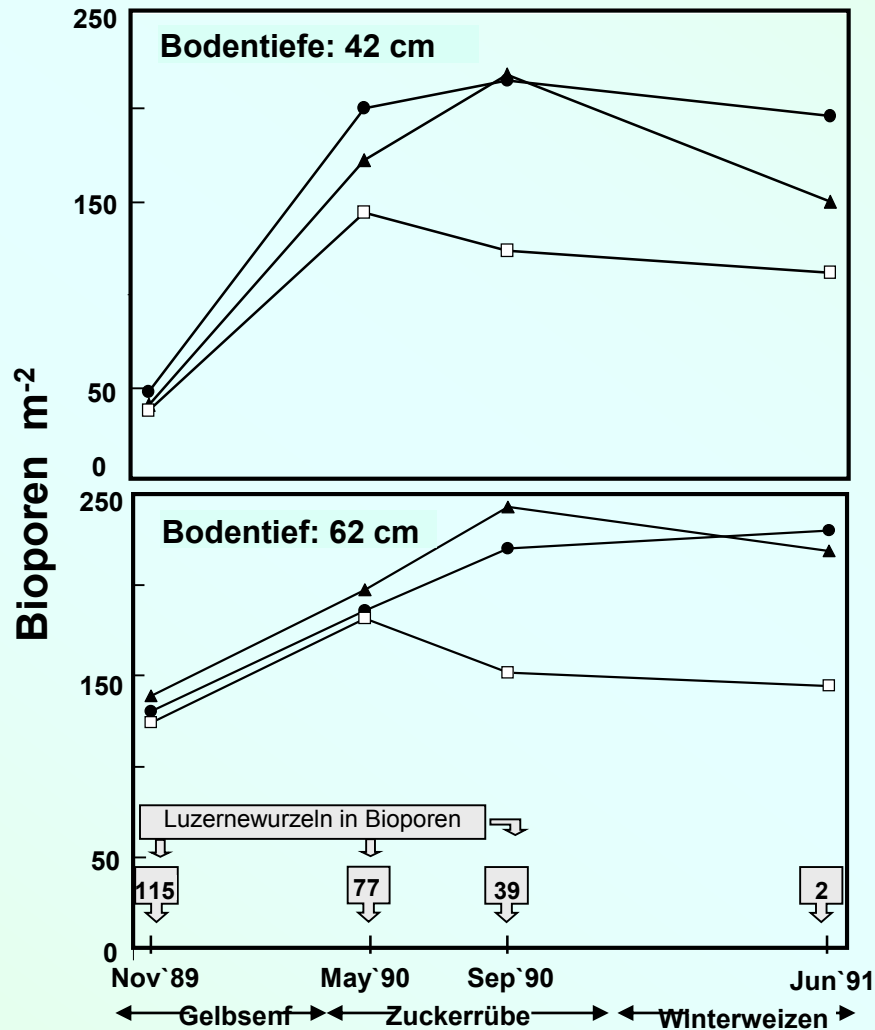
- Nährstoffmanagement durch Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung;
- Nährstoffflüsse durch innerbetrieblich erzeugte organische Düngemittel;
- Nährstoffzuflüsse durch nicht innerbetrieblich erzeugte Düngemittel.

Hierarchie durchbrochen!

Zwischen 25 und 70 Prozent des Gesamt P finden sich im Unterboden



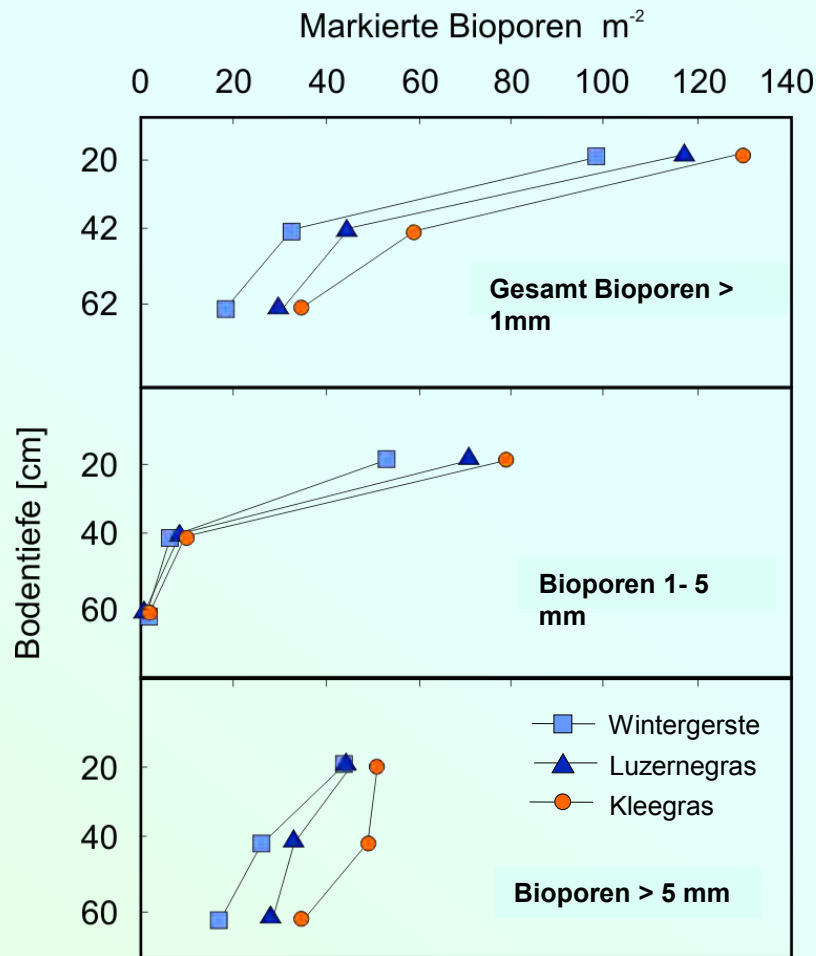
Bioporen im Unterboden als Funktion Vorfrüchten und Zeit



Vorfrucht 1989:
 □ Wintergerste
 ▲ Luzernegrass
 ● Klee grasas

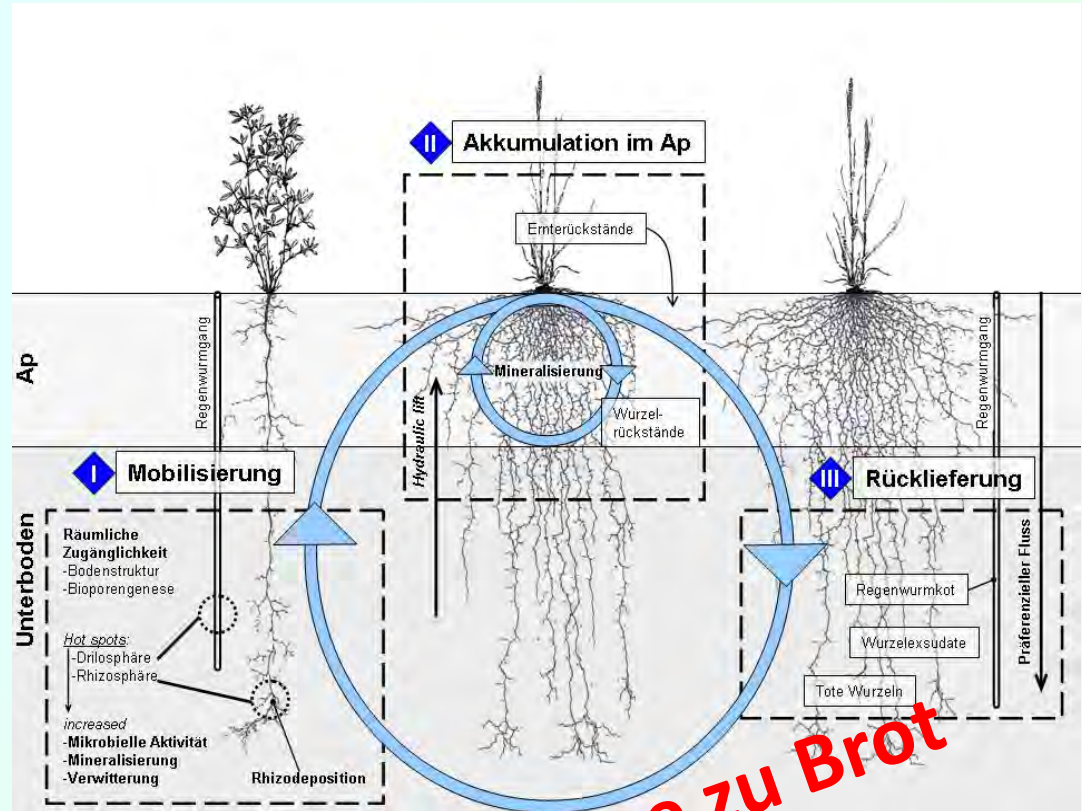
DREESMANN 1993

Bioporenkontinuität: Tinten-markierte Bioporen als Funktion der Vor-Vorfrucht



| % Tintenmarkierte Bioporen | | |
|----------------------------|-----------------|-------|
| Vorfrucht | Bodentiefe [cm] | |
| | 42 | 62 |
| ● Klee gras | 97. 2 | 67. 7 |
| ▲ Luzerne-gras | 73. 3 | 62. 4 |
| ■ Winter-gerste | 60. 7 | 39. 3 |

Fruchtfolgegestaltung: Anbau von Bioporen schaffenden Feldfutterpflanzen



Steine zu Brot

Central field trial, CeFiT site conditions: creating different soil structure / biopore systems

Research station Klein Altendorf, 06° 59' 29" E, 50° 37' 21" N, 150 m asl., 10.9 °C, 680 mm rainfall, Haplic Luvisol from loess, soil profile: loamy silt (30- 60 cm soil depth) over silty loam (40 – 90 cm), valuation index of field: 85-90



| Treatment No. | Years | | | | | | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1. (2007/09) | 2. (2008/10) | 3. (2009/11) | 4. (2010/12) | 5. (2011/13) | 6. (2012/14) | 7. (2013/15) |
| 1 | S-Rye | Oats | Lucerne | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 2 | S-Rye | Oats | Lucerne | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 3 | S-Rye | Oats | Lucerne | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |
| 4 | S-Rye | Lucerne | Lucerne | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 5 | S-Rye | Lucerne | Lucerne | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 6 | S-Rye | Lucerne | Lucerne | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |
| 7 | Lucerne | Lucerne | Lucerne | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 8 | Lucerne | Lucerne | Lucerne | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 9 | Lucerne | Lucerne | Lucerne | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |
| 10 | S-Rye | Oats | Chicory | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 11 | S-Rye | Oats | Chicory | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 12 | S-Rye | Oats | Chicory | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |
| 13 | S-Rye | Chicory | Chicory | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 14 | S-Rye | Chicory | Chicory | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 15 | S-Rye | Chicory | Chicory | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |
| 16 | Chicory | Chicory | Chicory | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 17 | Chicory | Chicory | Chicory | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 18 | Chicory | Chicory | Chicory | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |
| 19 | S-Rye | Oats | Fescue | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 20 | S-Rye | Oats | Fescue | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 21 | S-Rye | Oats | Fescue | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |
| 22 | S-Rye | Fescue | Fescue | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 23 | S-Rye | Fescue | Fescue | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 24 | S-Rye | Fescue | Fescue | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |
| 25 | Fescue | Fescue | Fescue | S-O rape | W-Barley | W-Rye | Oats |
| 26 | Fescue | Fescue | Fescue | S-Wheat | W-O rape | W-Rye | Oats |
| 27 | Fescue | Fescue | Fescue | S-Wheat | W-Barley | W-O rape | Oats |

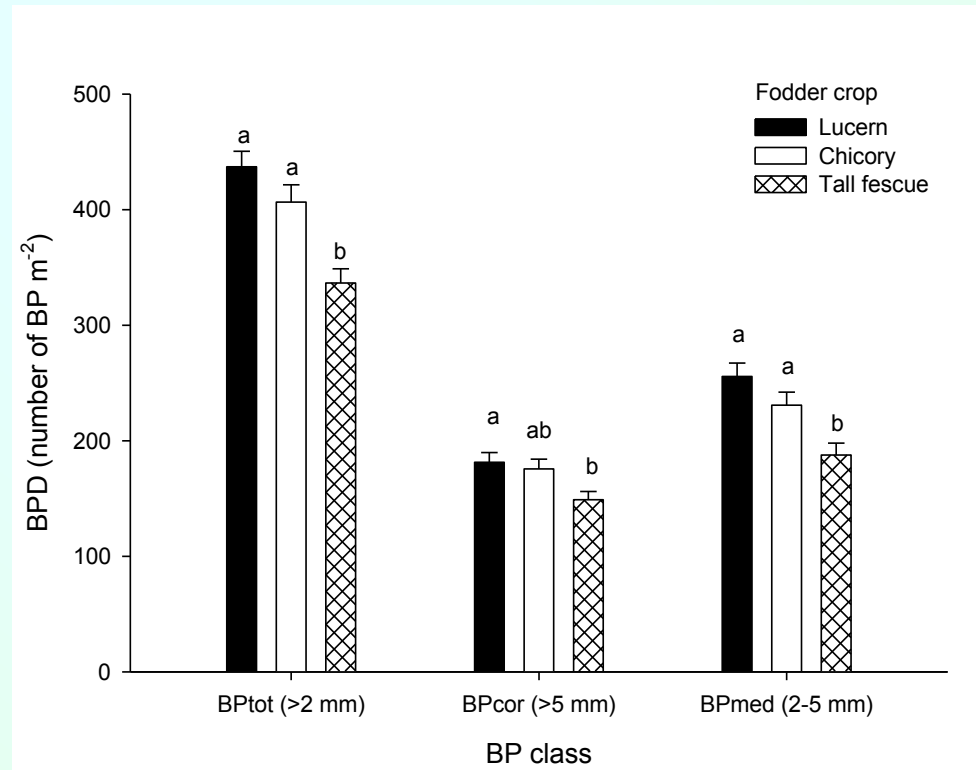


.....this preparatory work created a world-wide almost unique research environment...

Vier Jahreszeiten: ‘Dauerversuch Klein-Altendorf’



Bioporendichte (BPD) durch Pfahlwurzelsysteme erhöht



Han Eusun et al. (2015) Plant Soil 394:73-85.

Pfahlwurzeln von Wegwarte erhöhen Bioporendichte und -kontinuität

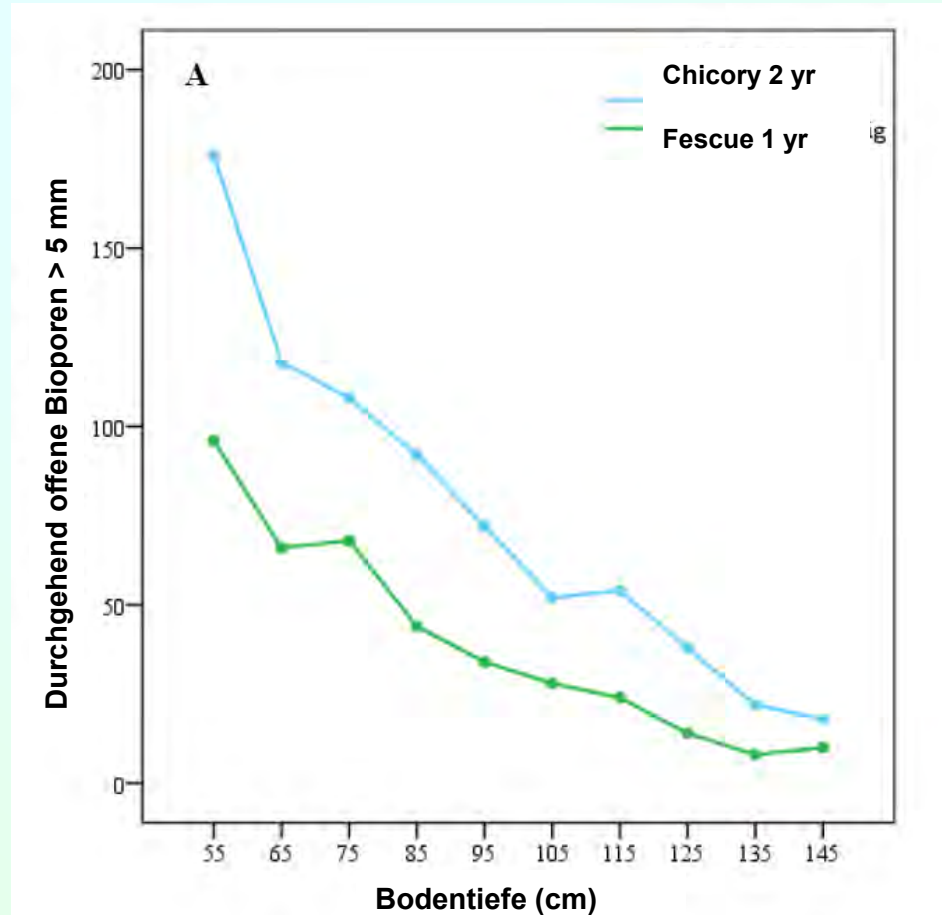
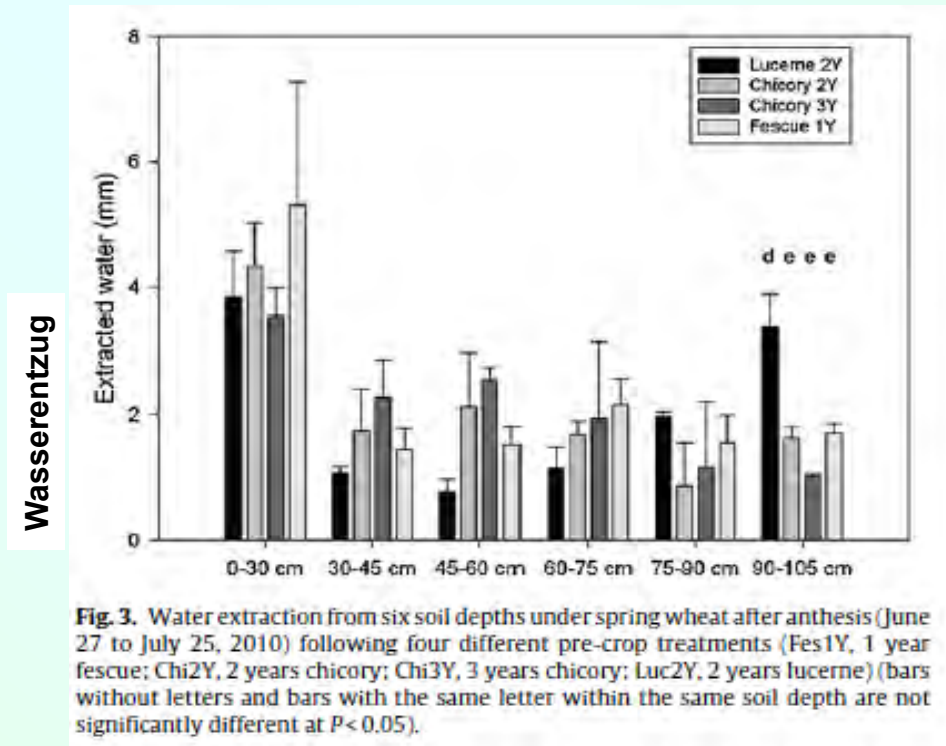


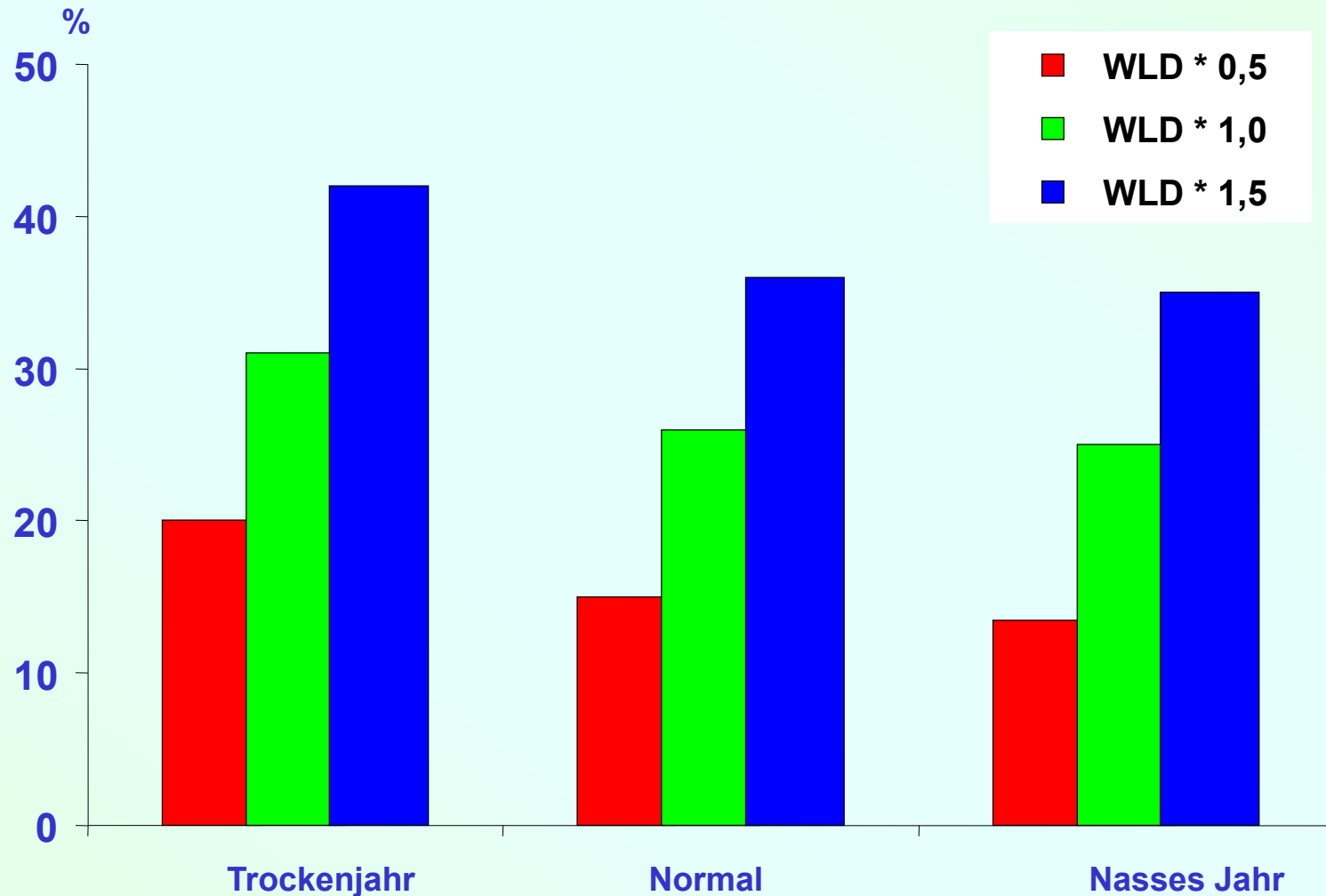
Photo U. Perkons

Trockenheit 2010: Signifikant höherer Wasserentzug nach zweijähriger Luzerne in 90–105 cm Bodentiefe: Ähnlich hoch wie im Oberboden



T. Gaiser et al. 2012 Field Crops Research 126, 56–62

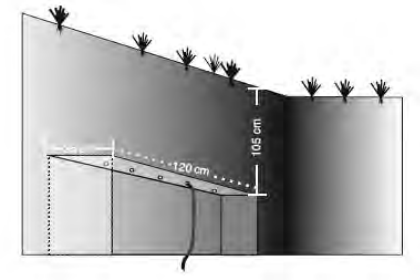
Anteil der K- Aufnahme aus dem Unterboden als Funktion von Jahreswitterung und Wurzellängendichte (WLD, cm/cm³)



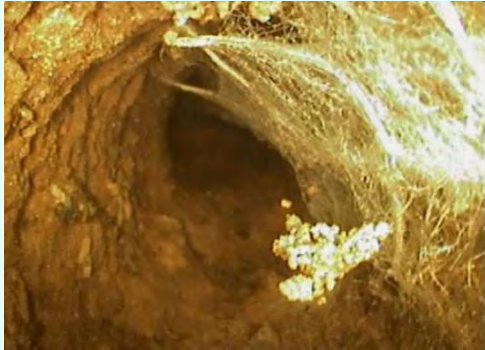
Parabraunerde aus Löß, Normaljahr 1979 (April - July)
Basis WLD: 1979; Weizen



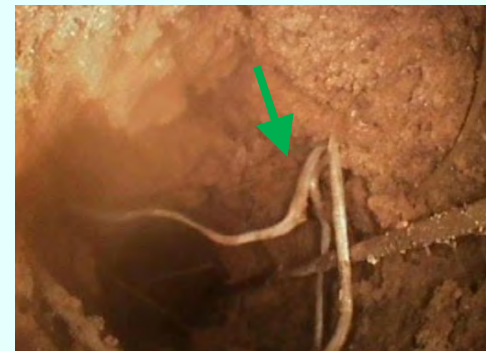
Weltweit erstmalig: in situ- Endoskopie von Bioporen



W. Gerste nach Wegwarte



Malve nach Wegwarte



Wurzel können Bioporen als bevorzugte Wegführungen in den Unterboden nutzen; auch durch verdichtete Bodenzonen (einwachsende Wurzeln eingeschlossen). Wogegen sie in tieferen weniger verdichteten Bodenschichten die Biopore verlassen und in den Bulk Boden einwachsen können

Nachfrucht Wintergerste: Wurzellängendichte im Unterboden durch Wegwarten- Vorfrucht erhöht

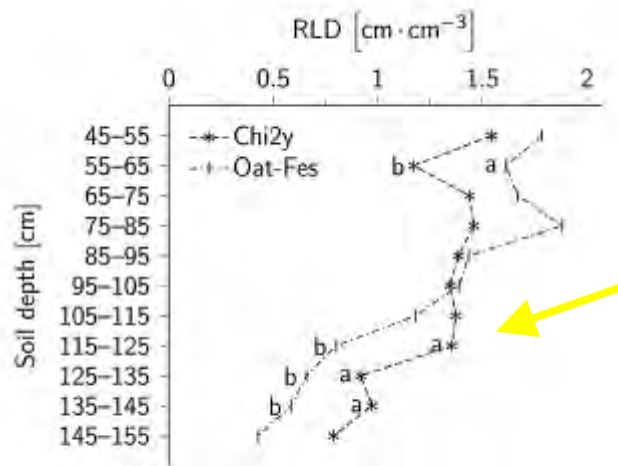


Fig. 5. Root-length density of winter barley grown in 2011 as a function of precrop (two years chicory, Chi2y [*] or oats-fescue, Oat-Fes [□]) and soil depth. Monolith method. Different letters indicate significant differences (Mann-Whitney-U-test, $\alpha = 0.05$).

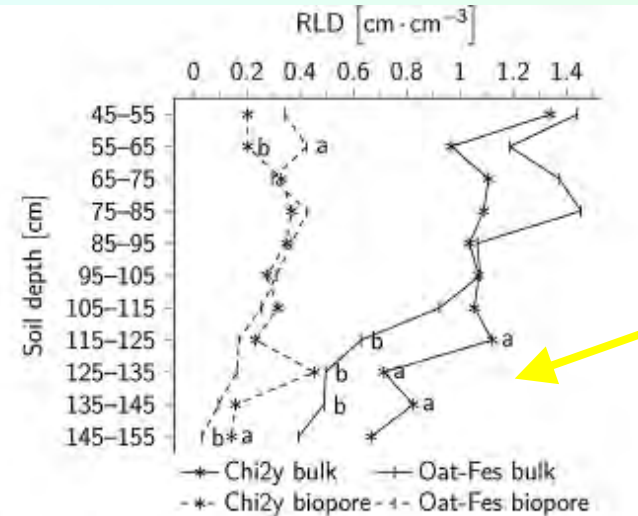
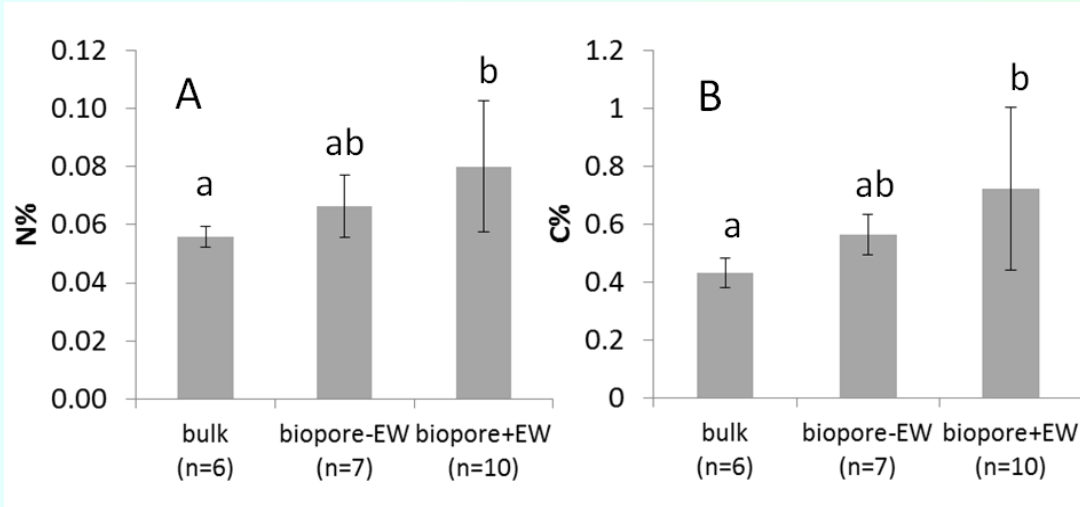


Fig. 6. Root-length density in the bulk soil and in biopores (diameter class >2 mm) of winter barley grown in 2011 as a function of precrop (two years chicory, Chi2y [*] or oats-fescue, Oat-Fes [□]) and soil depth. Monolith method. Different letters indicate significant differences (Mann-Whitney-U-test, $\alpha = 0.05$).

Perkons et al. Soil & Tillage Res 137 (2014) 50 - 57



Regenwürmer (EW) haben eine Schlüsselrolle bei der Schaffung von Porenwandungen die das Wurzelwachstum fördern

Biopore-EW:
Nicht eindeutig mit Wurm Kot ausgekleidet

Biopore+EW:
Eindeutig mit Wurm Kot ausgekleidet

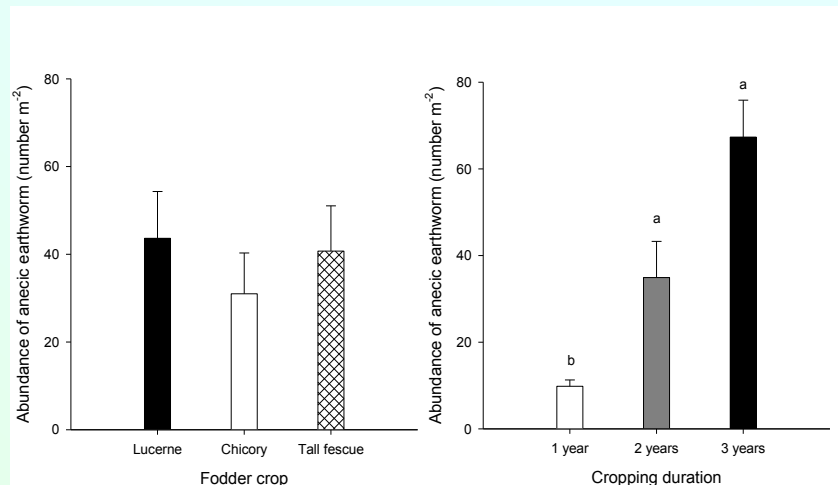
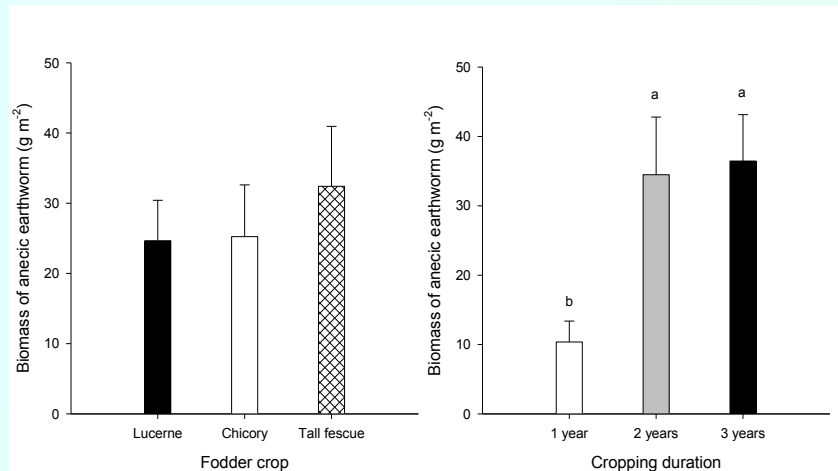
N-Gehalte (A) und C-Gehalte (B) im Bulk Boden und in Bioporen mit Bezug zu Endoskopiebildern

Different letters indicate significant differences (Tukey-test, $\alpha = 0.05$). Error bars represent standard deviation

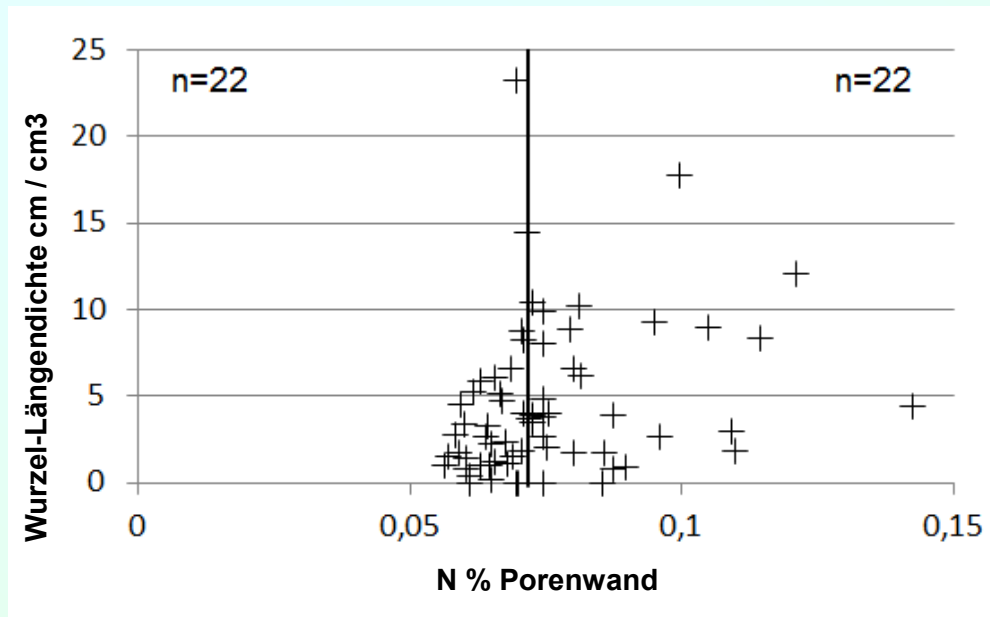
Athmann et al. 2014 Proc. Organic World Congress Istanbul

Regenwurm biomasse und Abundanz:

Kein Effekt der Art der gemulchten Vorfrucht - aber der Anbaudauer



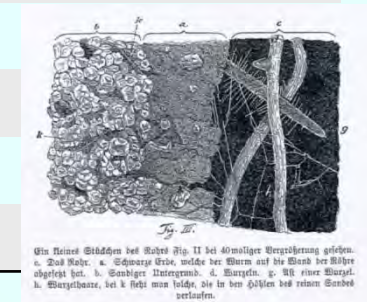
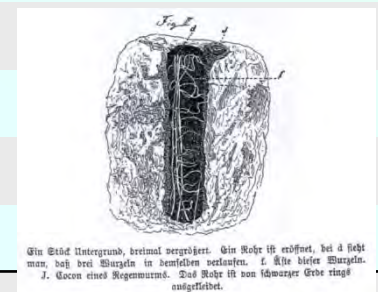
N Gehalte der Porenwand und Wurzellänge von Wintergerste in individuellen Bioporen



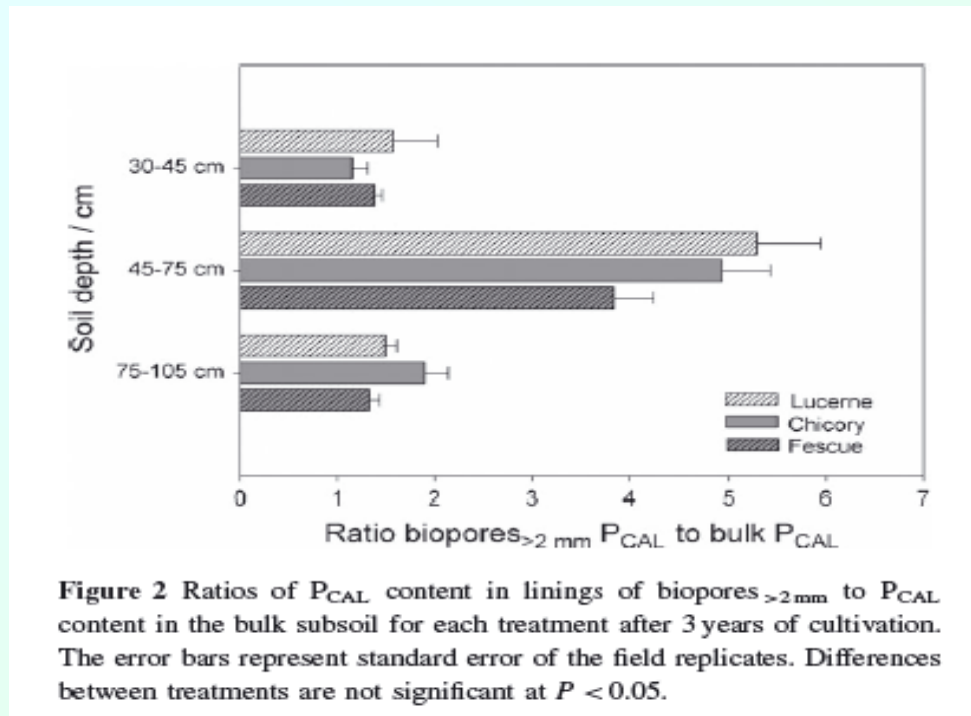
Erhöhte C und N Konzentrationen in der Porenwand können die Exploration des Unterbodens durch die Wurzeln und die Nährstoffaufnahme insbesondere bei langanhaltender Trockenheit fördern

Unterschiede zwischen Drilosphäre und *bulk*-Boden

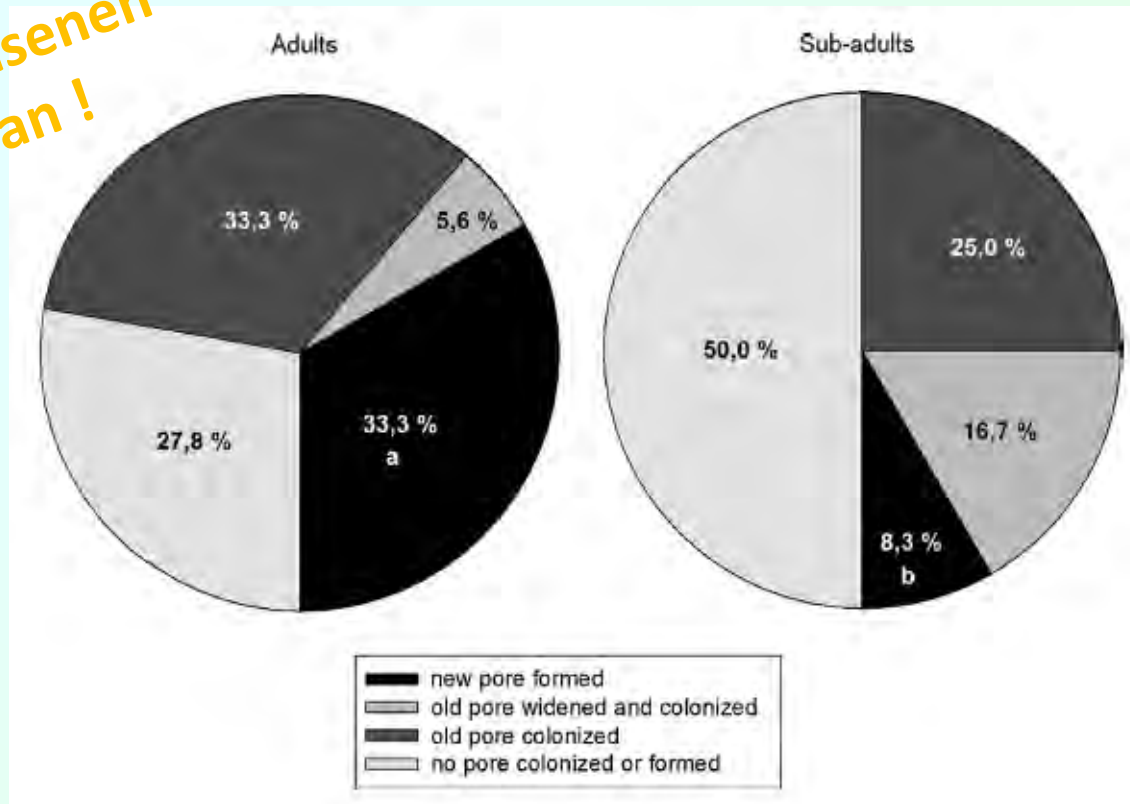
| Parameter | Faktor | Quellen |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------|
| C_{total} | 1.8 – 4.4 | Pankhurst et al. 2002, Tiunov & Scheu 1999, Graff 1967 |
| C_{hws} | 2 – 4 | Stehouwer et al. 1993 |
| N_{total} | 1.5 – 4.3 | Pankhurst et al. 2002, Tiunov & Scheu 1999, Graff 1967 |
| NO_3^- | 1.4 – 1.6 | Parkin & Berry 1999 |
| NH_4^+ | 2 | Devliegheer & Verstraete 1997 |
| C/N | 0.8 – 1.6 | Tiunov & Scheu 1999, Graff 1967 |
| P (gesamt) | 1.6 – 2.4 | Graff 1967 |
| P (laktatlöslich) | 2.8 – 6.0 | Graff 1967 |
| K (HCO_3^- -ext.) | 1.2 | Pankhurst et al. 2002 |
| Ca, Cu, Fe, Mn | signifikant höher | Pankhurst et al. 2002 |
| Basalatmung | 3.7 – 9.1 | Tiunov & Scheu 1999 |
| Mikrobielle Biomasse | 2.3 – 4.7 | Tiunov & Scheu 1999 |
| Dehydrogenase-Akt. | 1.5 – 2.5 | Jégou et al. 2001 |
| Alk. Phosphatase-Akt. | 2.5 – 6.0 | Stehouwer et al. 1993 |
| Mikrob.Diversität (H_s) | 1.2 | Pankhurst et al. 2002 |



... 'Gesamt -P Mengen im Unterboden (30–105 cm Bodentiefe): 5.6 t ha⁻¹
Zweimal so hoch wie im Ap-Horizont. Höhere Mengen an P_{CAL} im Ap - Horizont '



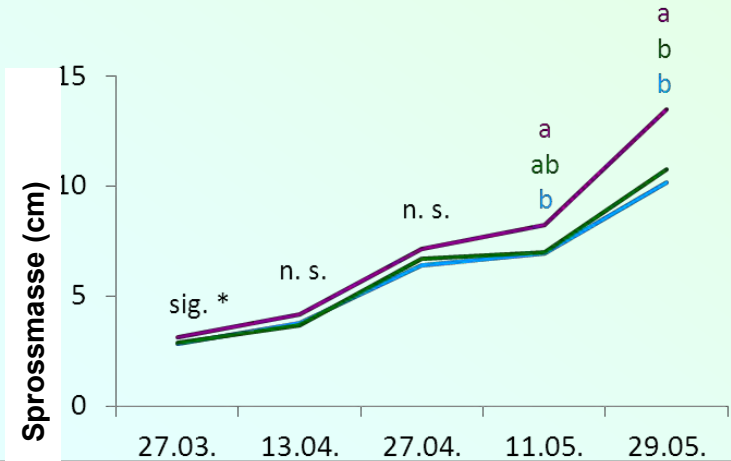
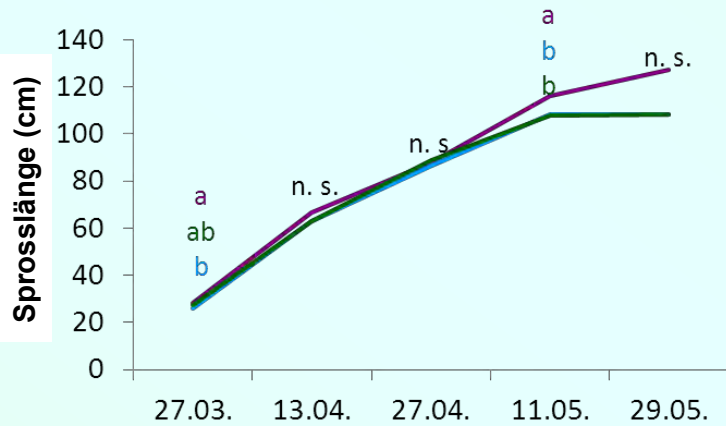
Auf die Erwachsenen
kommt es an!



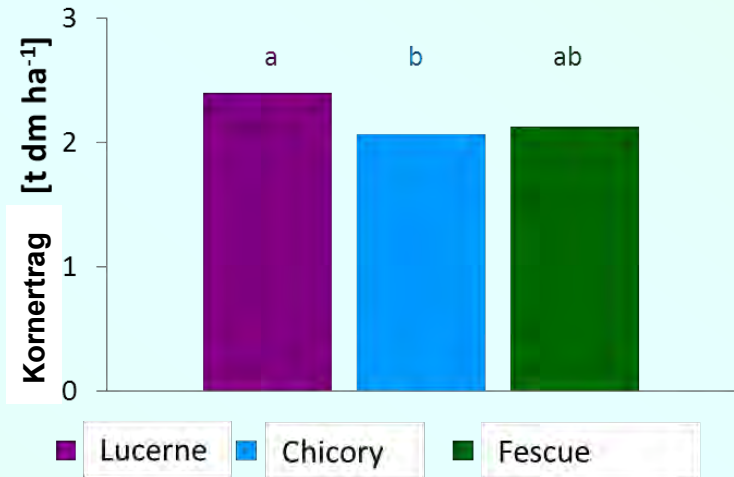
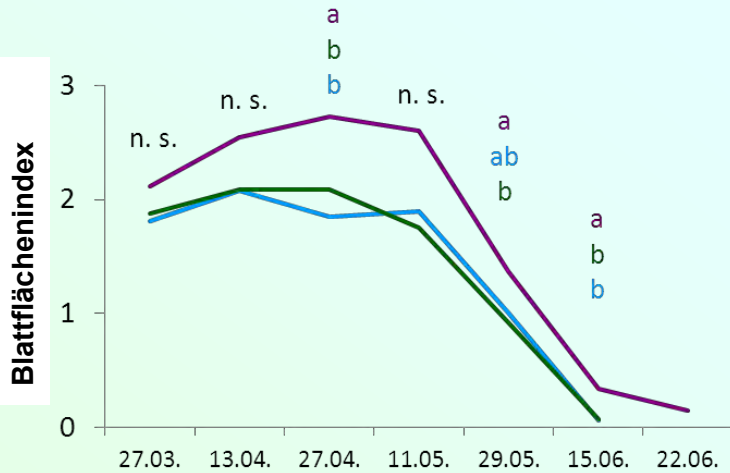
Anteil von *Lumbricus terrestris*- Individuen die existierende Bioporen wiederbesiedeln oder neue Bioporen schaffen

Different letters indicate significant differences between adults and sub-adults (Mann–Whitney U-tests, $P < 0.1$)

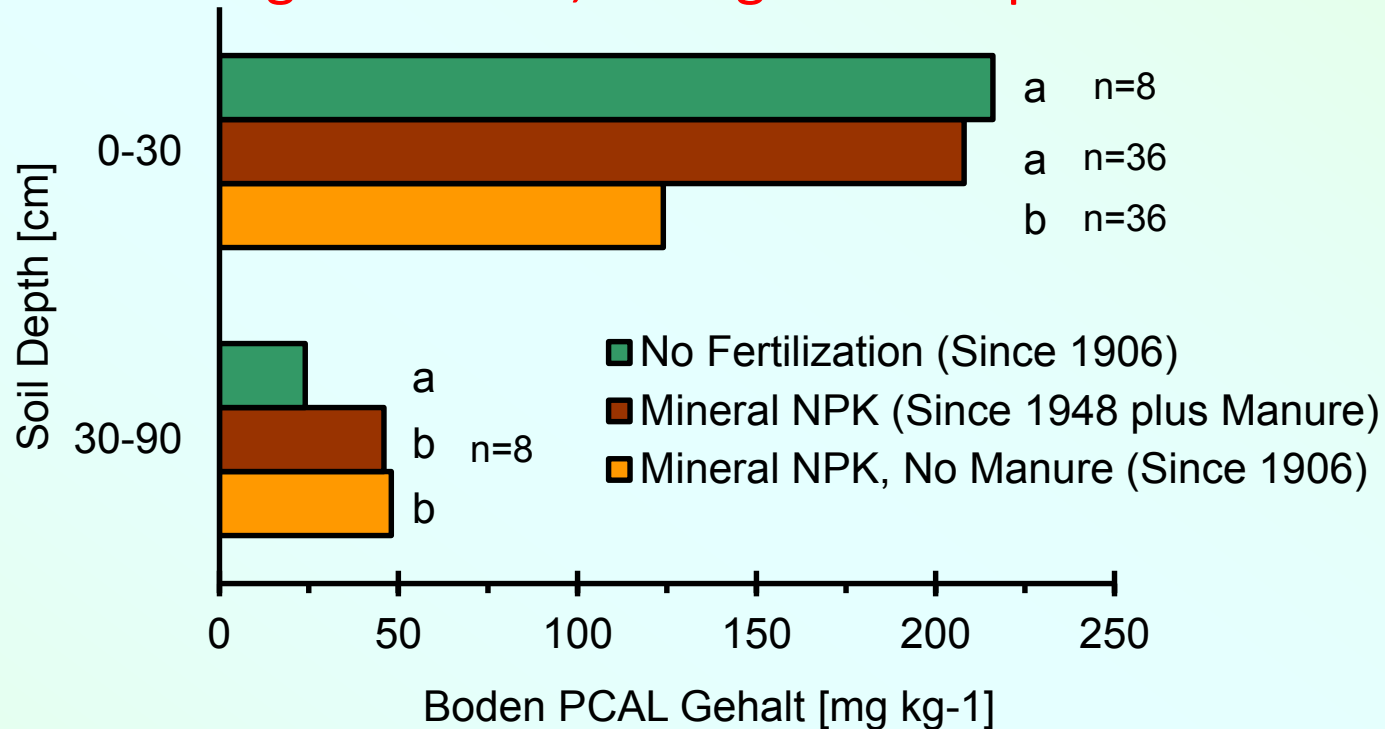
Raps: Dritte Nachfrucht



* sign. Interaction between pre-crop and pre-crop duration



Dauerdüngungsversuch Poppelsdorf:
Zielgerichtetes ‚mining‘ der Festphase?



Mineralische Düngung: [kg ha⁻¹ a⁻¹]: 60 N, 60 P, 120 K; STM: 40 t ha⁻¹ 4a⁻¹

S. Pätzold , INRES Bonn (unpublished)



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Pollution

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



Accumulation of cadmium and uranium in arable soils in Switzerland[☆]

Moritz Bigalke^{a, *}, Andrea Ulrich^b, Agnes Rehmus^a, Armin Keller^c

^a Institute of Geography, University of Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern, Switzerland

^b Federal Office for Agriculture, Mattenhofstrasse 5, 3003 Bern, Switzerland

^c Swiss Soil Monitoring Network (NABO), Agroscope, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Switzerland

Future Cd and U inputs to agricultural soils may be reduced by using optimized management practices, establishing U threshold values for mineral P fertilizers and soils, effectively enforcing threshold values, and developing an using clean recycled P fertilizers.

'Cut and carry'

Nutzung in viehlosen/ vieharmen Betrieben

Sprossmasse von ‚Futterleguminosen‘-Spenderfeldern zur Düngung von
Nehmerfeldern

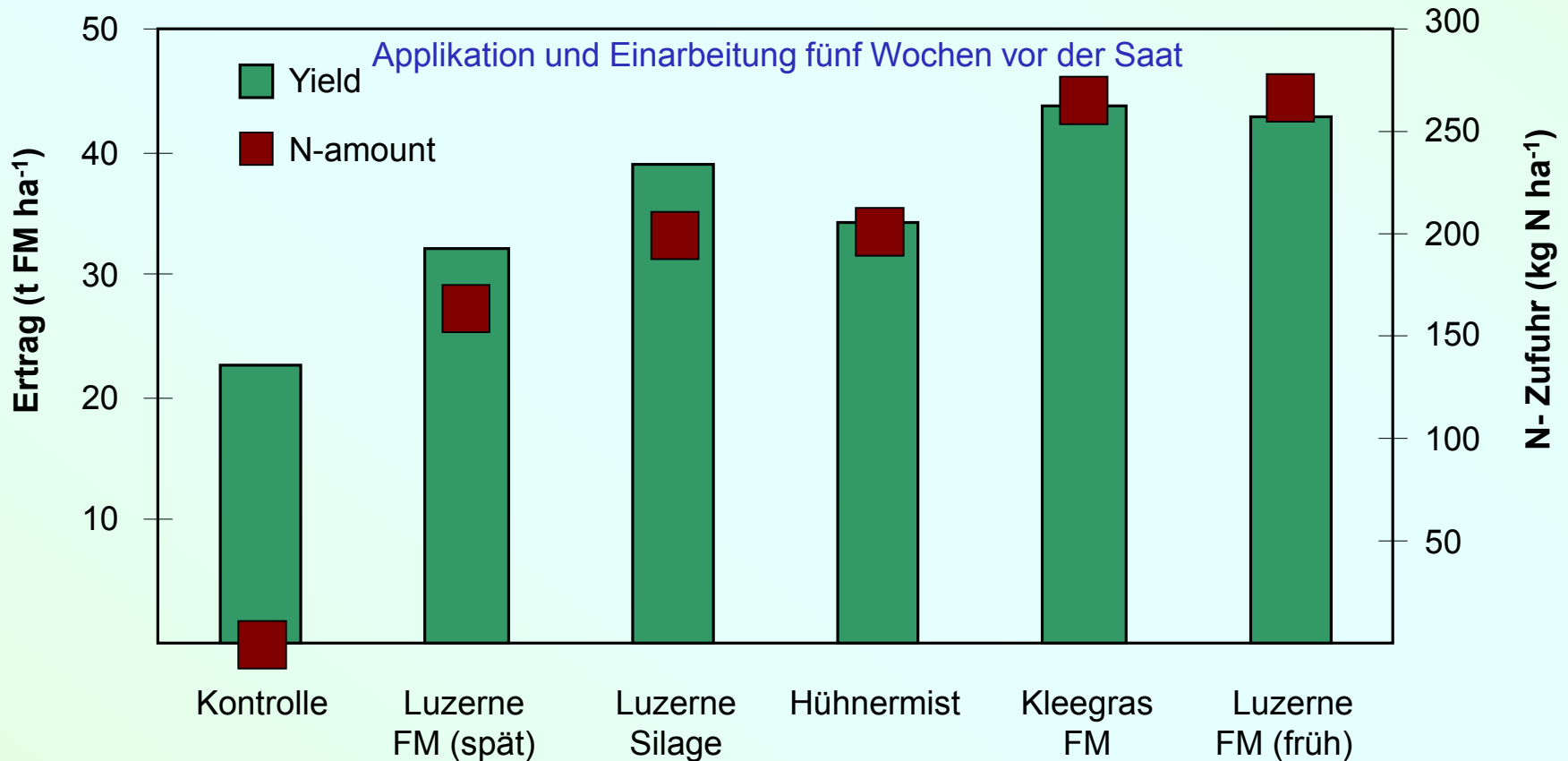
Nährstoffzufuhr, Bodenresilienz, Erosionsschutz, Füttern und Fördern der Regenwürmer



Foto: C. Stumm

Cut & Carry

Ertrag von Spinat in Abhängigkeit von organischen N-Düngern unterschiedlicher Herkunft



Zwischenresümee

- **Bioporen-Strategie** gewichtiges Element im Rahmen von Konzepten und Strategien eines zukunftsfähigen Pflanzenbaus.
- Zukunftsfähiger Pflanzenbau umfasst auch Strategien des ***Opportunistic tillage*** und ***Opportunistic Cropping***.
- **Beide Ansätze sehen die optimierte Fruchtfolge als Kernstück des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus** und sind auch als strategische Antworten auf Klimawandel und Anbauprobleme nicht nur im Ökologischen Landbau und Gemischtbetrieb sondern auch aufgrund dauerhaft einseitig ausgerichteter Anbauverfahren (permanente Direktsaat, Glyphosat- Resistenzen, Ackergräser, insbesondere Ackerfuchsschwanz etc.) im *mainstream* zu untersuchen.

Über die Betriebsgrenzen hinaus – in die Landschaft denken...

Food, feed, fibre, fuel.....

Grob vernachlässigt: Das bislang nicht benannte - gleichwohl wichtige, da umfassende **fünfte ,f‘** (für *further*). Es umfasst *further services / deliveries*, beispielsweise von der Gesellschaft geforderte Ökologische Leistungen/ *ecosystem services*, die nur in den agrarisch genutzten Flächen durch eine entsprechend ausgerichtete Bodennutzung (**aktuell: Ökologische Vorrangflächen**) bereitgestellt werden können.

Biodiversität: Effekte des Ökologischen Landbaus im Vergleich zum *mainstream*

| Taxon | Positive | Negative | Keine Differenz |
|--------------------|-----------|----------|-----------------|
| Vögel | 7 | | 2 |
| Säuger | 2 | | |
| Schmetterlinge | 1 | | 1 |
| Spinne | 7 | | 3 |
| Regenwürmer | 7 | 2 | 4 |
| Käfer | 13 | 5 | 3 |
| Andere Arthropoden | 7 | 1 | 2 |
| Pflanzen | 13 | | 2 |
| Bodenmikroben | 9 | | 8 |
| Gesamt | 66 | 8 | 25 |

Does Organic farming benefit biodiversity?

D.G. Hole et al. / Biological Conservation 122 (2005) 113-130

Landwirtschaftliche Pflanzenbau in einer unübersichtlicheren, heterogenen Umwelt

- *Technologischer Pluralismus*
....verlangt standortspezifische Lösungen
z.B. *opportunistic cropping/tillage*
....verlangt kleinräumig spezifische Lösungen
z.B. *precision farming*
- *Ökologischer Pluralismus*
....verlangt standortspezifische, konsensuale Lösungen/
Prioritätensetzungen

Naturschutz und Landschaftsgestaltung - Off-site - Lebensräume verbessern

Nachhaltiges Kulturlandschafts-/Habitatmanagement durch Schaffung und Erhaltung von Landschafts- und Strukturelementen, z.B.

- Brachen
 - Grenzlinien
 - Ökologische Vorrangflächen
 - Hecken
 - Saumbiotope
 - Raine
 - Feuchtbiotope
- sowie extensivierte Nutzung



17. Fachtagung zum Ökologischen Landbau, 6. Dezember 2016

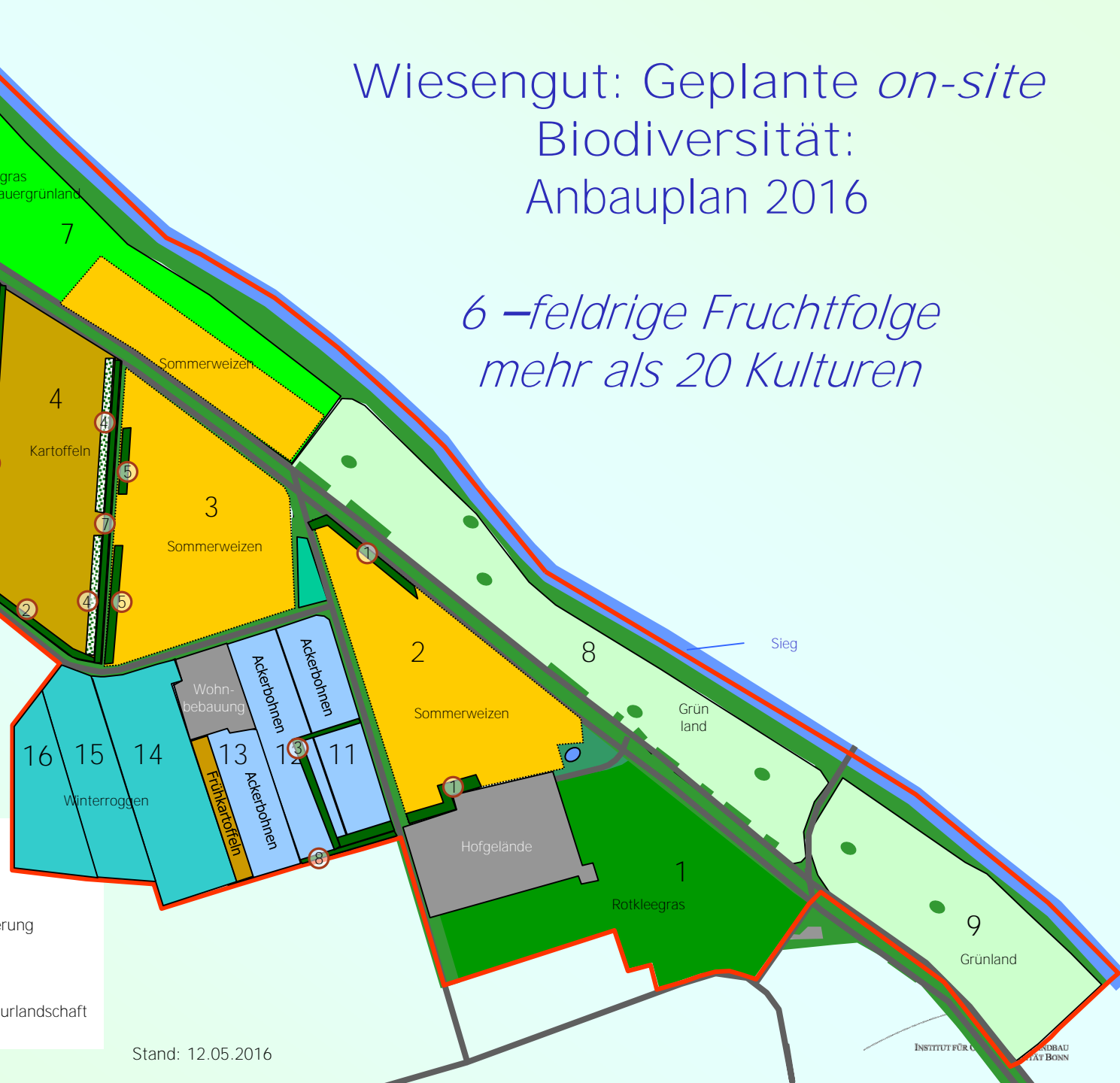


Wiesengut: Geplante *on-site* Biodiversität: Anbauplan 2016

*6-feldrige Fruchtfolge
mehr als 20 Kulturen*

Blühstreifen und Wildschutz

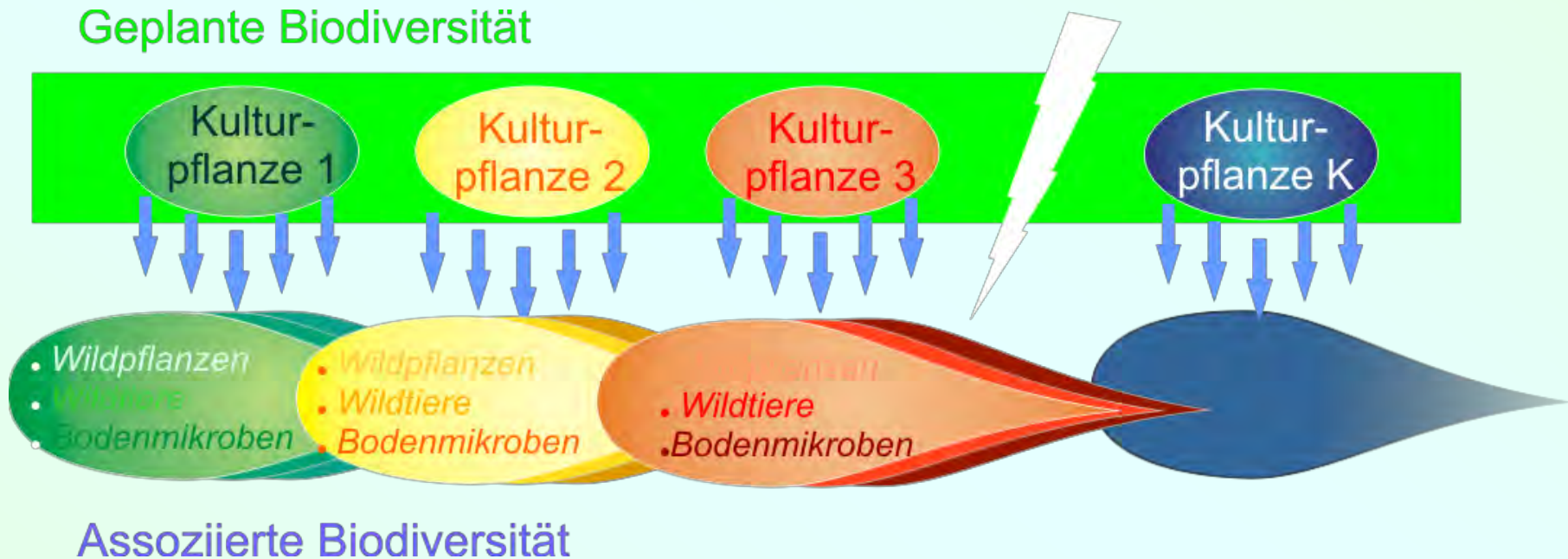
- 1 Wegwarte, Weidelgras
- 2 Rotklee gras
- 3 Perserklee gras
- 4 Sommerweizen zur Überwinterung
- 5 Wildschutzmischung WSM3
- 6 Wegwarte, Perserklee gras
- 7 1j.-Mischung Stift. Rhein. Kulturlandschaft
- 8 Blühende Wegränder mehrj.



Stand: 12.05.2016

Geplante und assoziierte Diversität:

Simple Funktion der Anzahl Kulturpflanzenarten/-sorten in der Fruchtfolge



➡ Im Gemischtbetrieb *per se* höhere Vielfalt

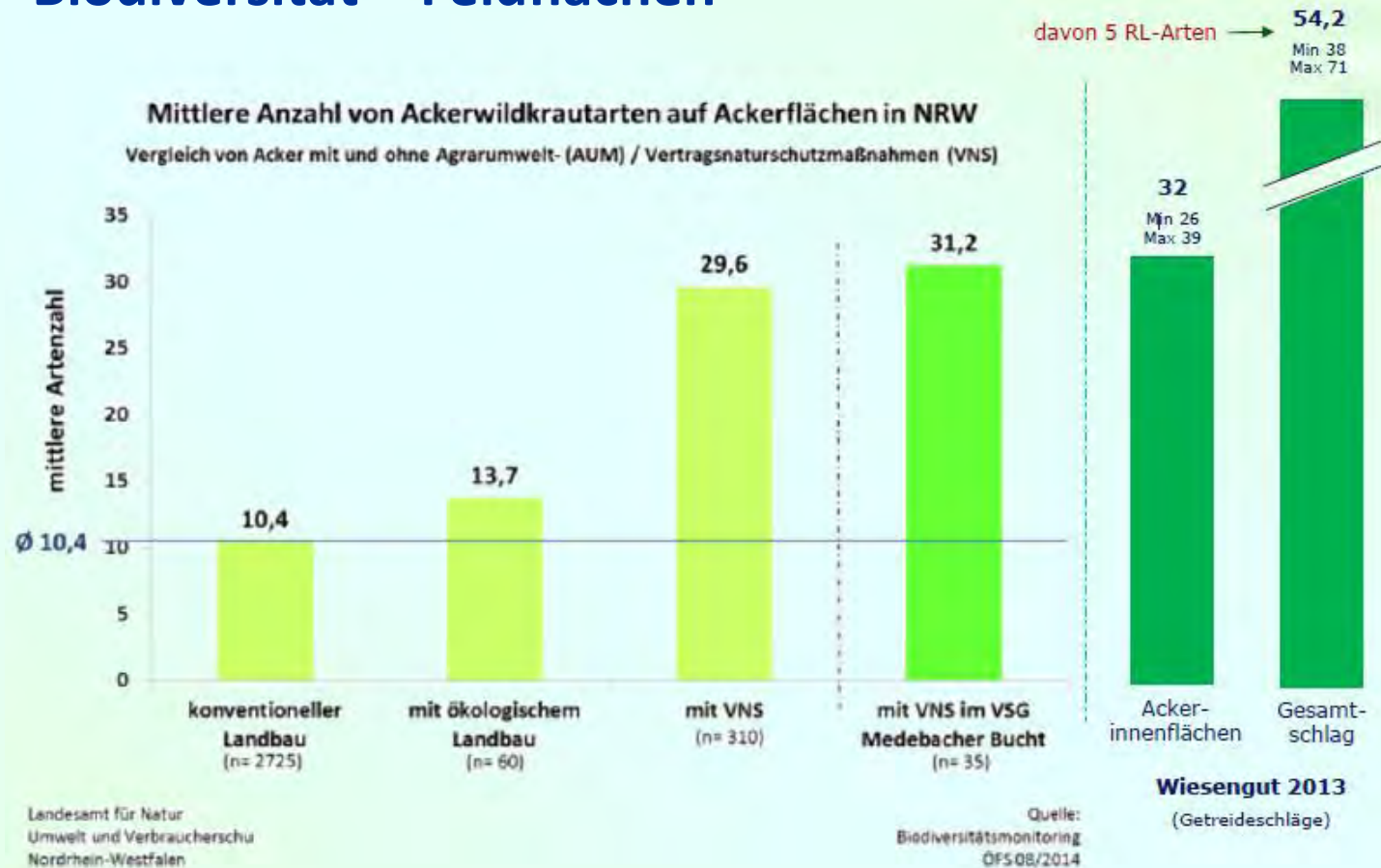
Bodenheterogenität für Biodiversität nutzen

- Neuere Sensorensysteme, Hochdurchsatztechnologien und Bildgebende Verfahren, wie sie derzeit in Untersuchungen zur Phänotypisierung untersucht und erprobt werden (Goldbach 2014), mögen künftig auch im Ökologischen Landbau zum technologischen Standard auf der Feldskala, der *on-line* Bestandese Erfassung, gehören - wenn nicht nur in Grossgeräten verbaut....
- Treffgenaue Erkennung der Segetalflora, d.h. die Differenzierung der Arten auch unter Naturschutzaspekten macht die sensorische Erkennung von gefährdeter Ackerwildkrautflora unverzichtbar.

Faktorielle Feldversuche & Heuristischer Ansatz: Gesamtbetriebliche Entwicklung – Referenzflächen – Transekte – Dauerversuche



Biodiversität - Feldflächen



Ernährungssicherung – food safety:

Land sharing vs land sparing?

Flächennutzung teilen oder einsparen?

Unsinniger Streit. Beide Konzepte im Felde fusionieren!

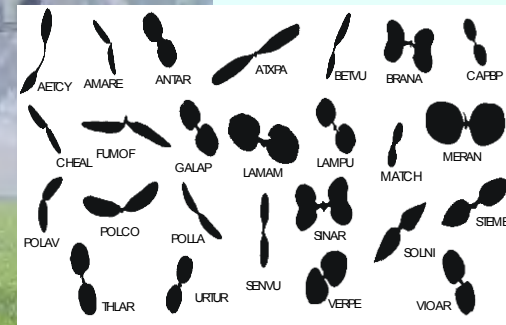
Köpke 2015

Erkennung und Schutz der Segetalflora

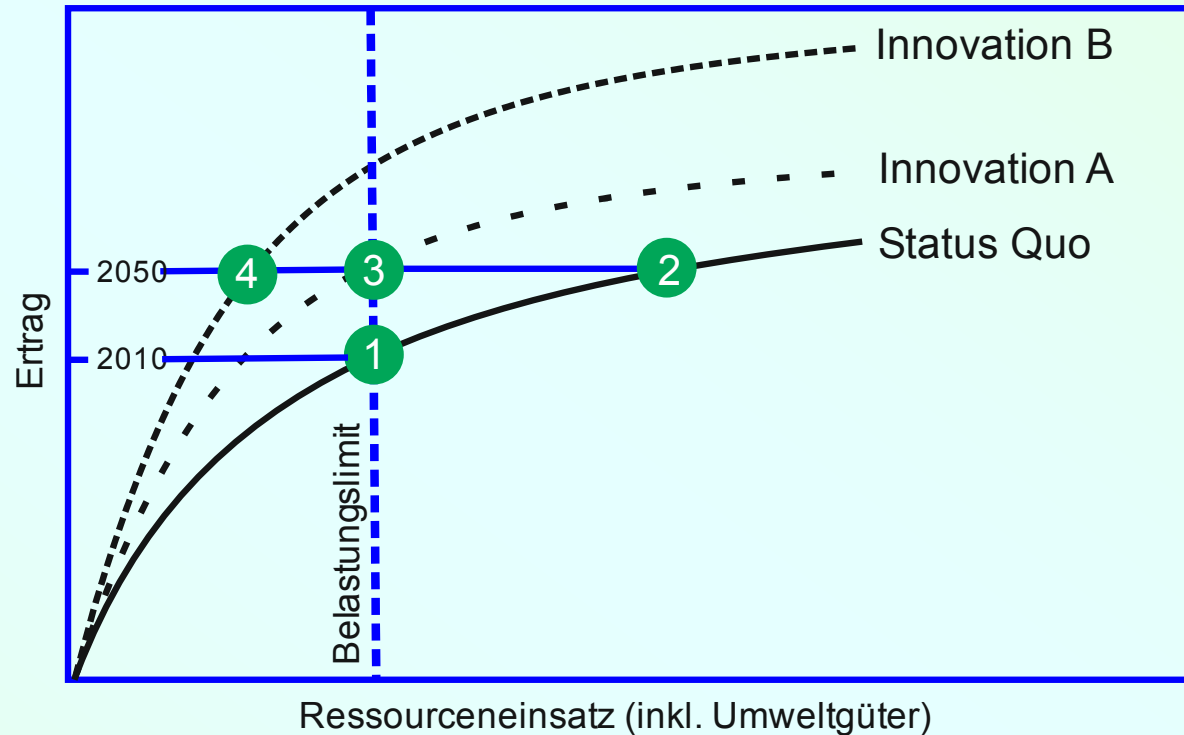


D-GPS-receiver

Bordcomputer



Ökologische Intensivierung



WOLTERS et al. 2014

Beziehung zwischen Ressourceneinsatz für die Pflanzenproduktion und dem damit erzielbaren Ertrag. Wenn das Belastungslimit bereits erreicht ist (1), ist eine Steigerung der Flächenproduktivität mit etablierten Verfahren (2) keine Option. Der hier beispielhaft für 2050 prognostizierte Bedarf lässt sich bei gleicher (3) oder reduzierter Umweltbelastung (4) nur durch Innovationen erreichen. Die im Text vorgeschlagene Belastungsreduktion durch Diversifikation des Anbaus in Raum und Zeit ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

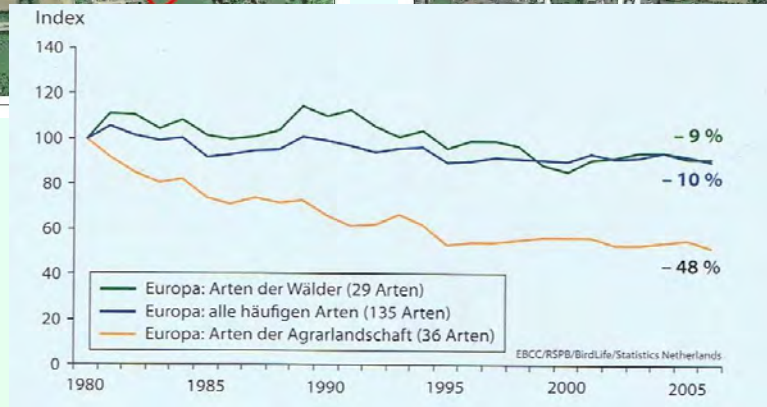
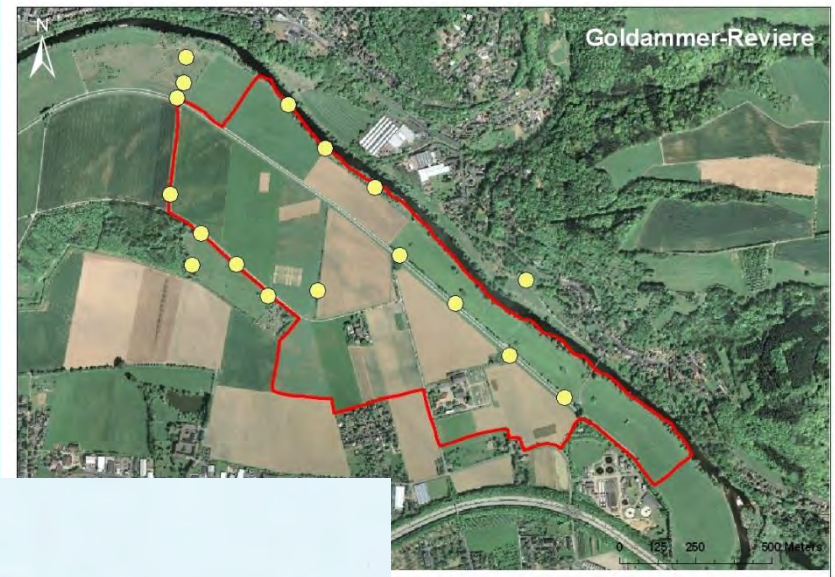
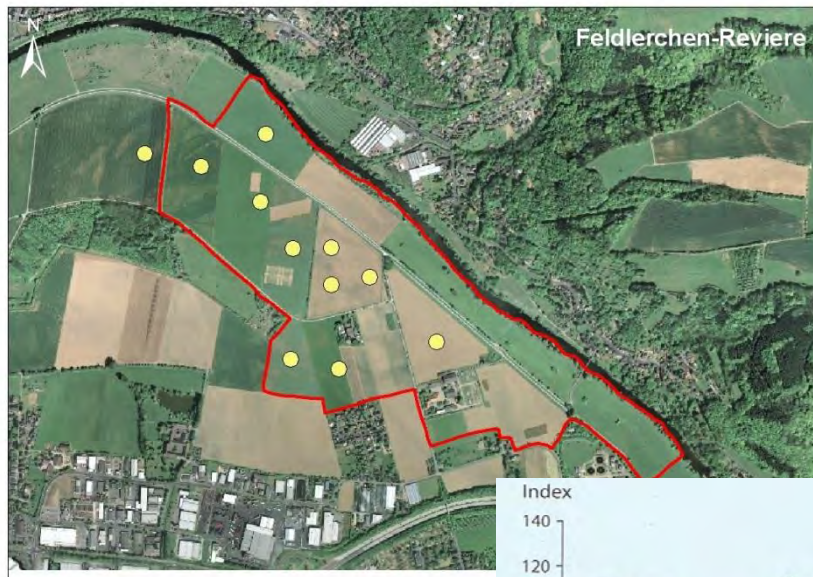
Avifaunistische Untersuchungen: Revierkartierungen

Feldlerche - Gefährdet (RL NRW 3)

Goldammer – Vorwarnliste (RL NRW: V)

Grünland- und Ackerflächen

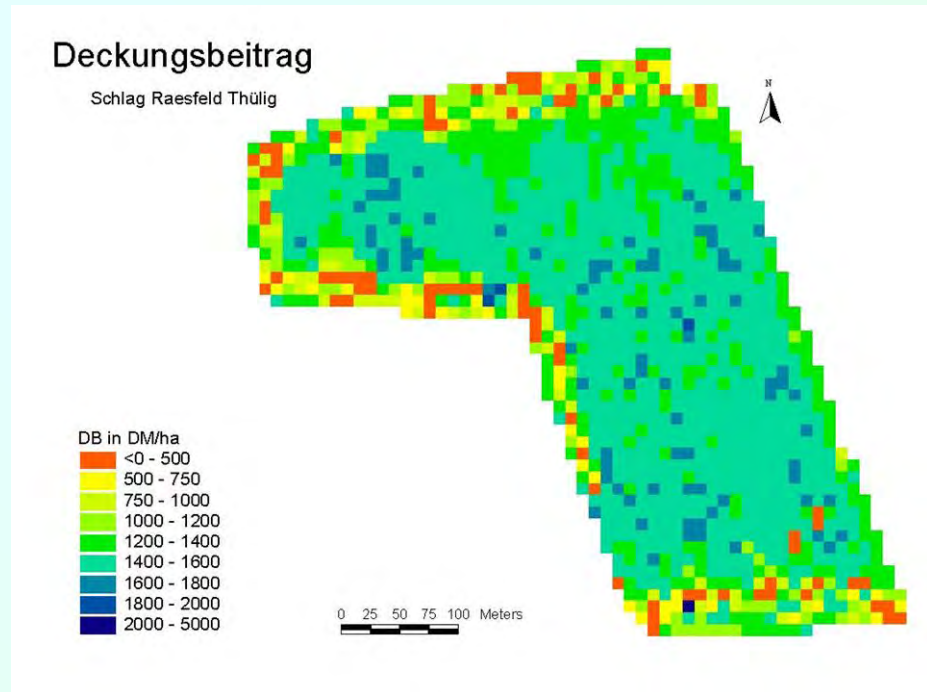
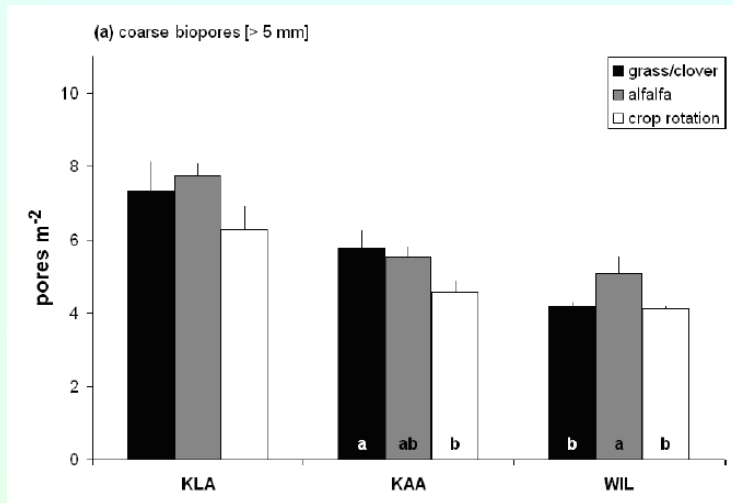
Hecken und Feldgehölze



Ökologische Dienstleistungen - Bioporen und Biodiversität

Greening: Vorgewende für Biotopverbund nutzen

Win – win: Gefügeverbesserung durch ausblühende perennierende Futterpflanzen
- Förderung von Insekten, Kleinsäugetern und Niederwild



Kautz et al. 2010 *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173, 490-501

Generell: Nachhaltigkeit - Perpetuierlichkeit

realisieren durch...

- Konzepte des ‚win – win‘
- aus ‚vor-Ort‘ – Einsichten (Betrieb, Region)
- Überwindung von Betriebsblindheiten, ggfs.. durch Einblick von Außen: unabhängige, ergebnisoffene, auch technikaffine NachhaltigkeitsBERATUNG

Resümee

- Ausgedehnte Bioporensysteme und die Eigenschaften der Drilosphäre sind eine Funktion spezifischer Wurzelsysteme und der Regenwurmaktivität
- Fruchtfolgegestaltung muss Wurzelsysteme besser berücksichtigen
- Pfahlwurzeln perennierender Futterpflanzen erschliessen tiefere Bodenräume und entnehmen Nährstoffe der Festphase
- In Kombination mit Bodenruhe und hohen Ernterestmengen wird die Bioporendichte und Qualität der Drilosphäre durch Regenwürmer erhöht
- Abschneiden der bioporen durch Bodenbearbeitung und wiederholung der Anbaustrategie kann die Bioporendichte und Bodenqualität weiter steigern (*'cut & create'*). Gemischtbetriebe mit Feldfutterbau ermöglichen effizientesten Einsatz diese Verfahren
- Viehlose/-arme Betriebe können das *'cut and carry'*- System mit gleichem Effekt nutzen
- Gezielte Bioporung kann in Vorgewenden als Ökologische Leistung gewertet werden (*'greening'*, *Ecological Focus Area*)

***„Wer nicht manchmal das Unmögliche wagt,
wird das Mögliche nie erreichen“***

Max Eyth

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

www.iol.uni-bonn.de