

# Diversität und Funktion von Bodenmikroorganismen - Perspektiven der agrarwissenschaftlichen Forschung

E. Kandeler, D. Berner, D. Keil, C. Poll, S. Marhan



kandeler@uni-hohenheim.de

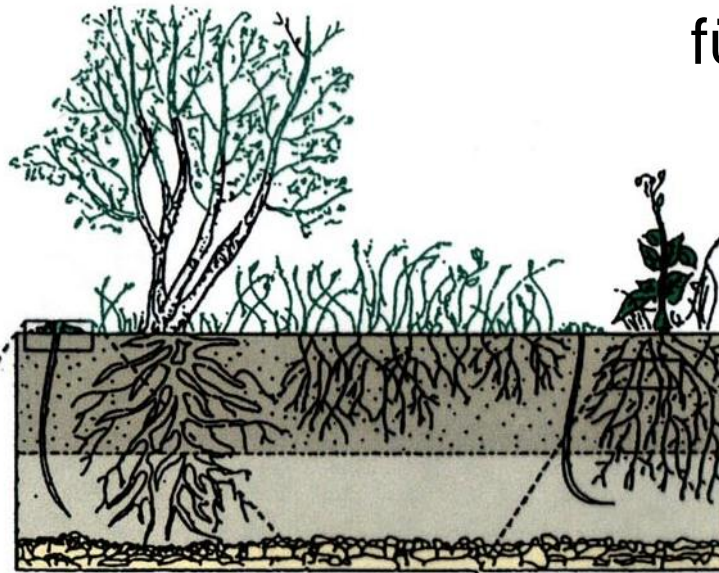
# Diversität und Funktion von Bodenmikroorganismen - Perspektiven der agrarwissenschaftlichen Forschung



- Wo leben Bodenmikroorganismen?
- Mit welchen Methoden kann man Sie erfassen?
- Ändert sich die mikrobielle Agrobiodiversität durch Klimawandel?
- Ändert sich die mikrobielle Biodiversität durch die Landnutzungsintensität?

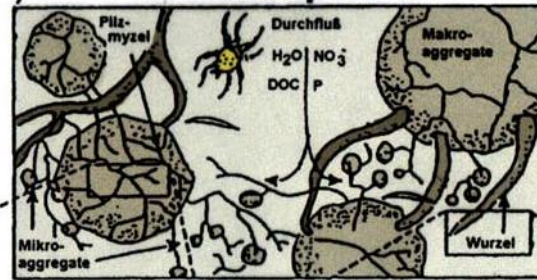
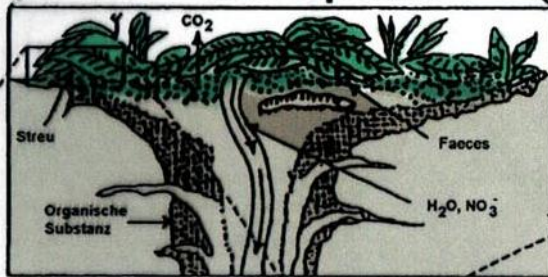


# Mikrohabitate für Bodenorganismen



**Drilosphäre**

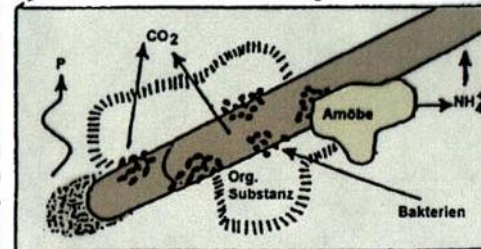
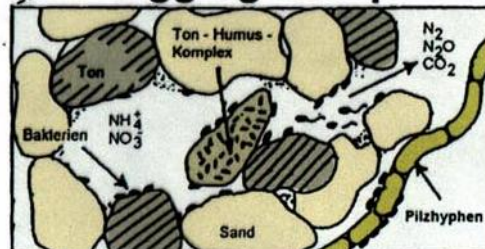
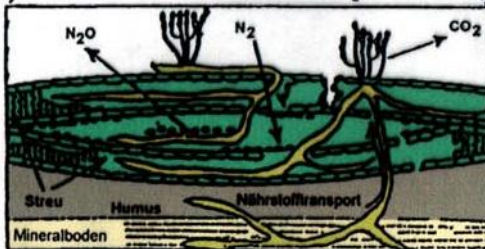
**Porosphäre**



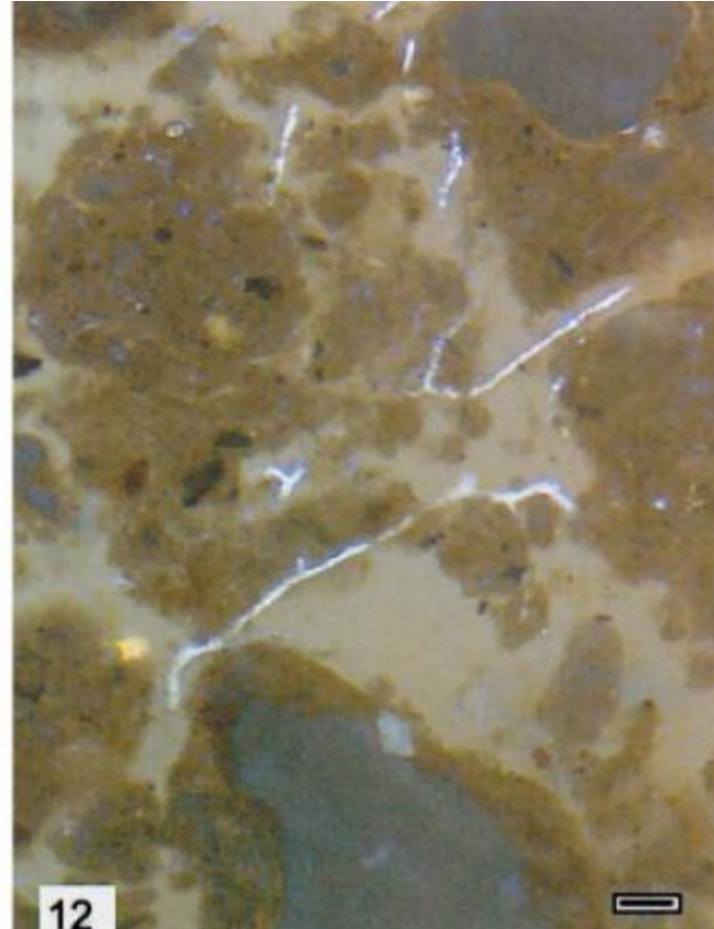
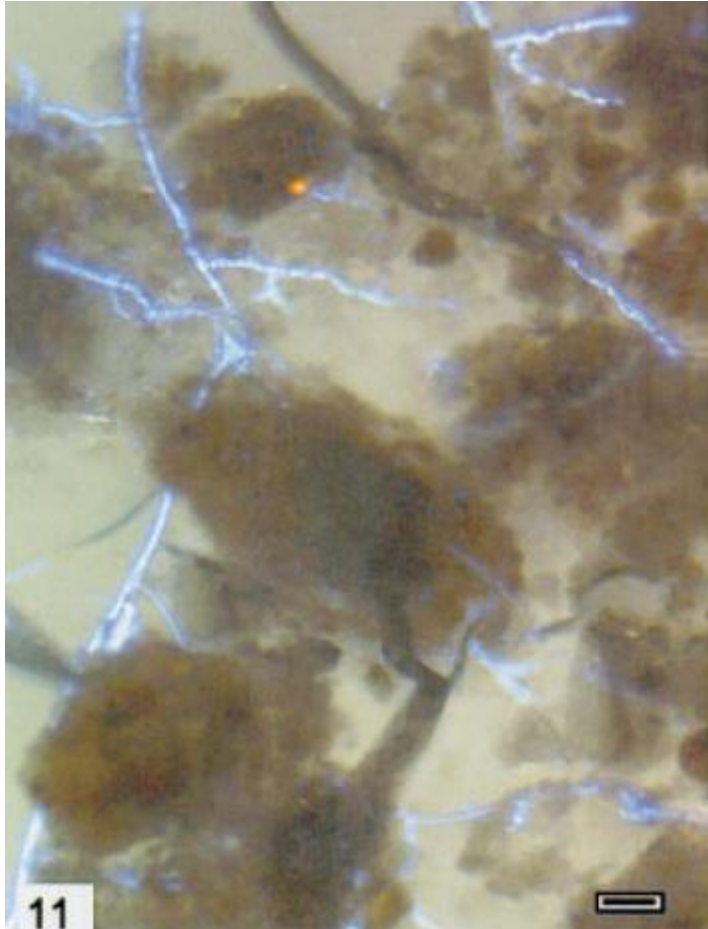
**Detritussphäre**

**Aggregatussphäre**

**Rhizosphäre**

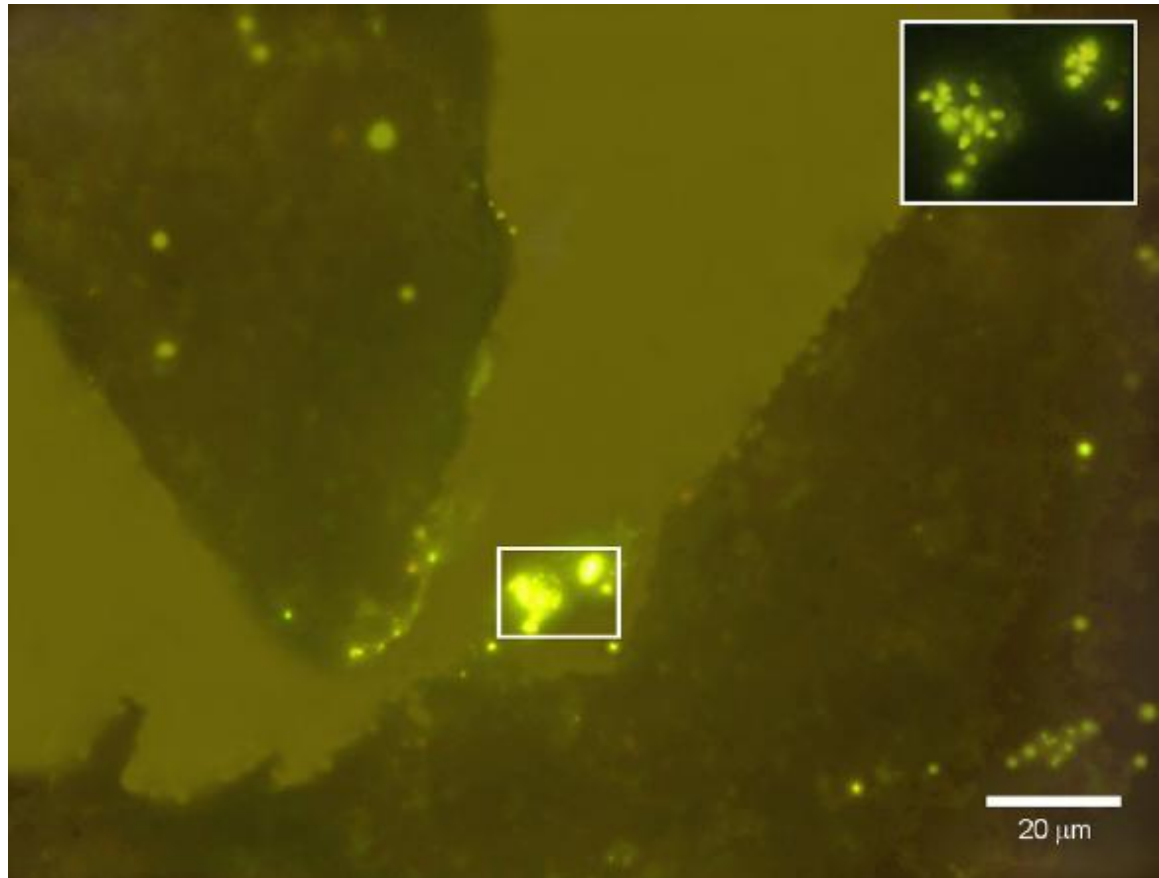


# Pilzliche Besiedlung von Böden



Skala: 50  $\mu$ m

# Mikrobielle Besiedlung von Mineralien

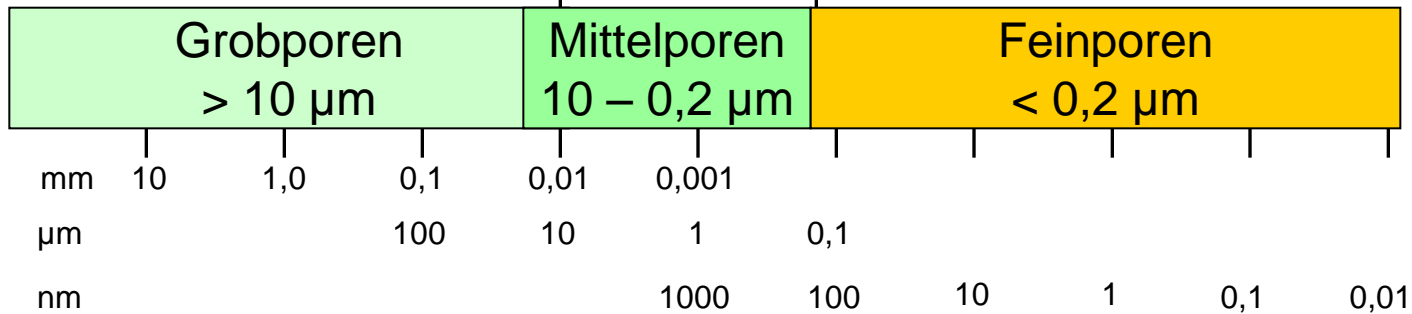
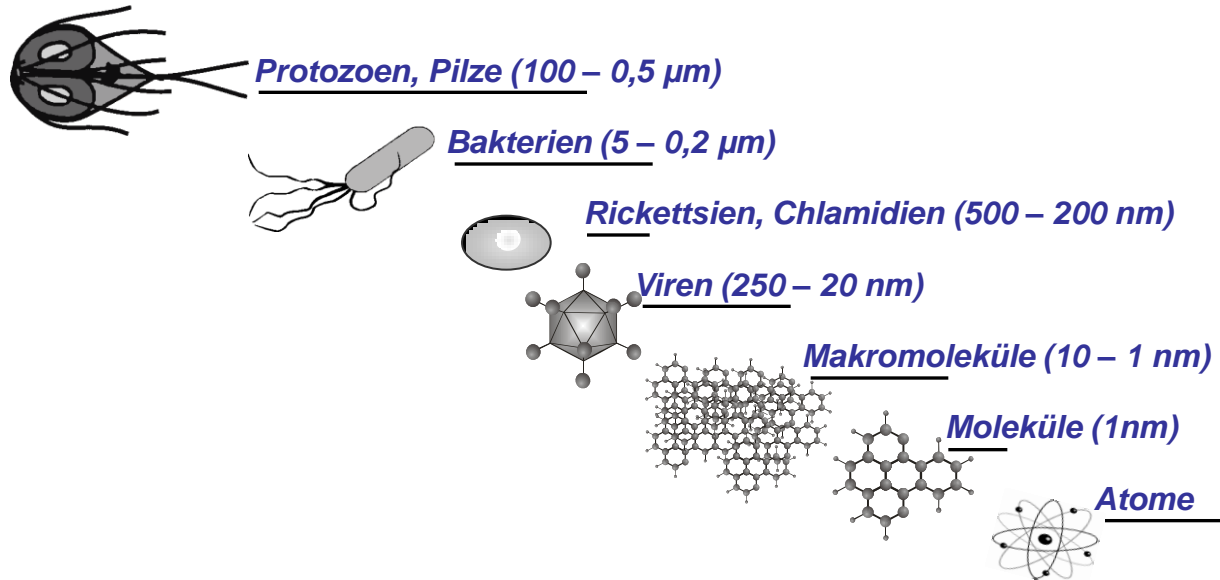


**FISH Technik** (Fluorescence In Situ Hybridization) detektiert Zellen und Zellkolonien am Rand von Mineralien in einem sandigen Acker.

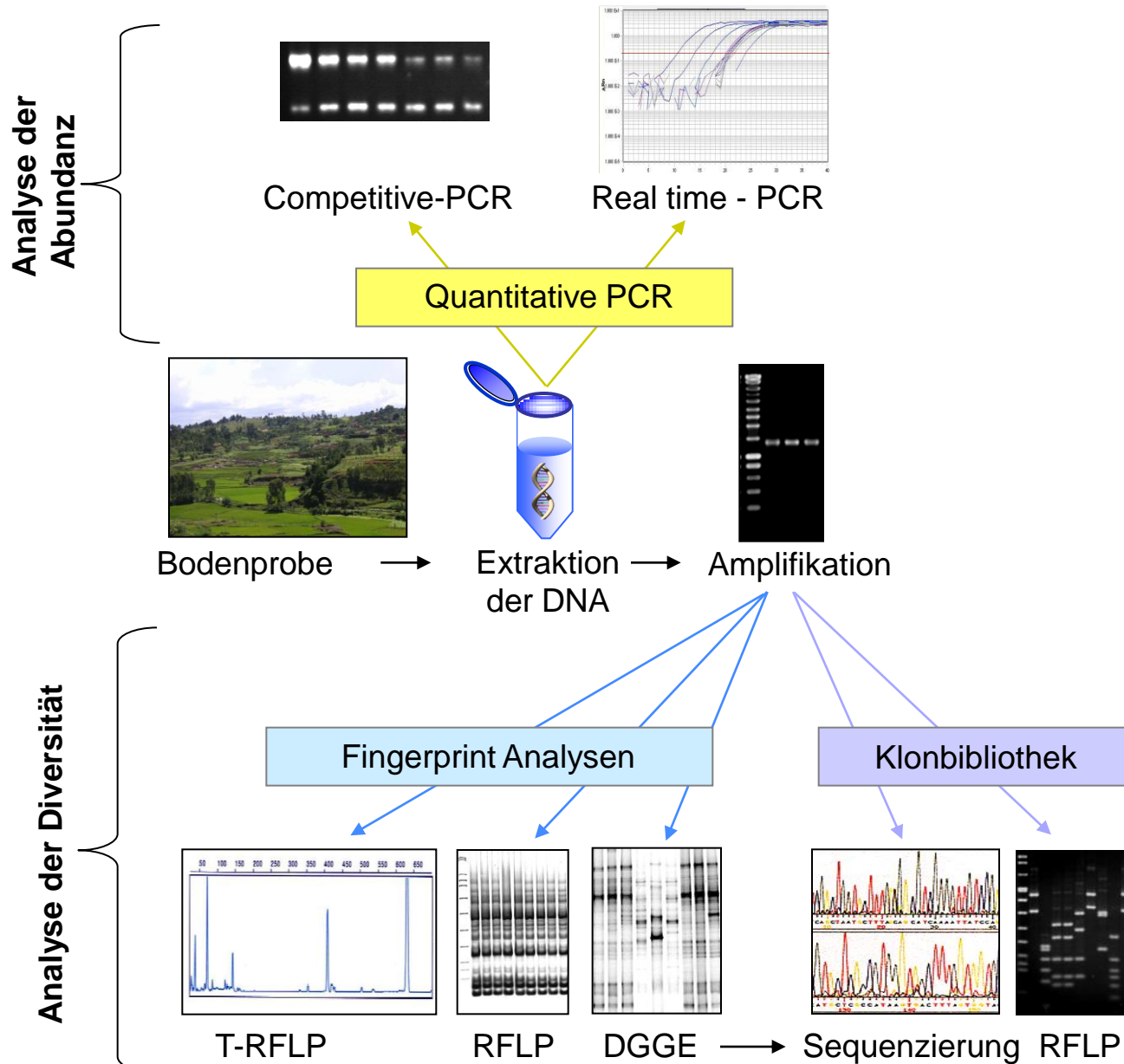
Die Zellzahlen sind in der gleichen Größenordnung wie die, die in Bodensuspension bestimmt wurden ( $2 \times 10^8$  Zellen  $g^{-1}$  Boden).

# Mikrobielle Besiedlung des Porenraums

63 - 2 mm    2 mm - 63  $\mu\text{m}$     63 - 2  $\mu\text{m}$     2  $\mu\text{m}$  - 63 nm  
**Kies**        **Sand**        **Schluff**        **Ton**



# Nachweis der Abundanz und Diversität von Bodenmikroorganismen



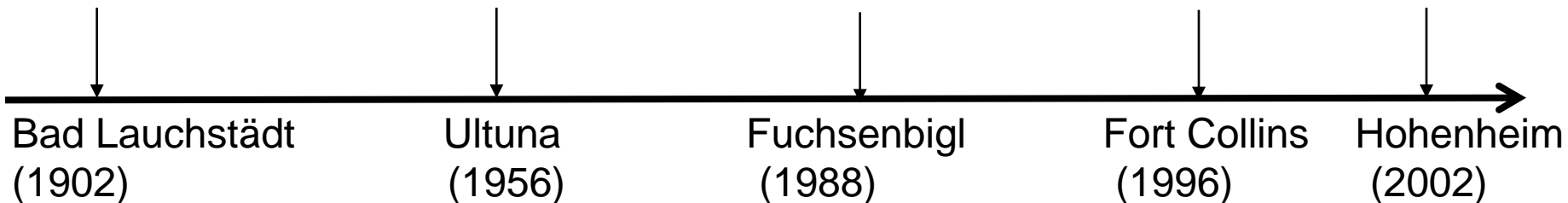
# An welchen Funktionen von Bodenmikroorganismen sind wir interessiert?

Bodenfruchtbarkeit  
Düngung

Düngung

Bodenbearbeitung

Klimawandel



Nachlieferung von  
Nährstoffen für  
Pflanzen

Mineralisation  
Humifizierung

Stabilisierung der  
Bodenstruktur

Funktion der Organismen  
für die C-Speicherung  
des Bodens; Biodiversität



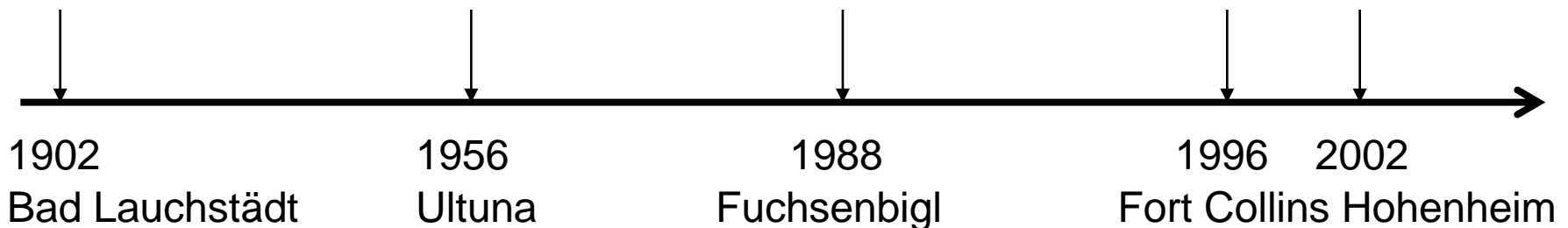
# An welchen Funktionen von Bodenmikroorganismen sind wir interessiert?

Düngung:  
C Input

Düngung:  
Qualität des  
C Input

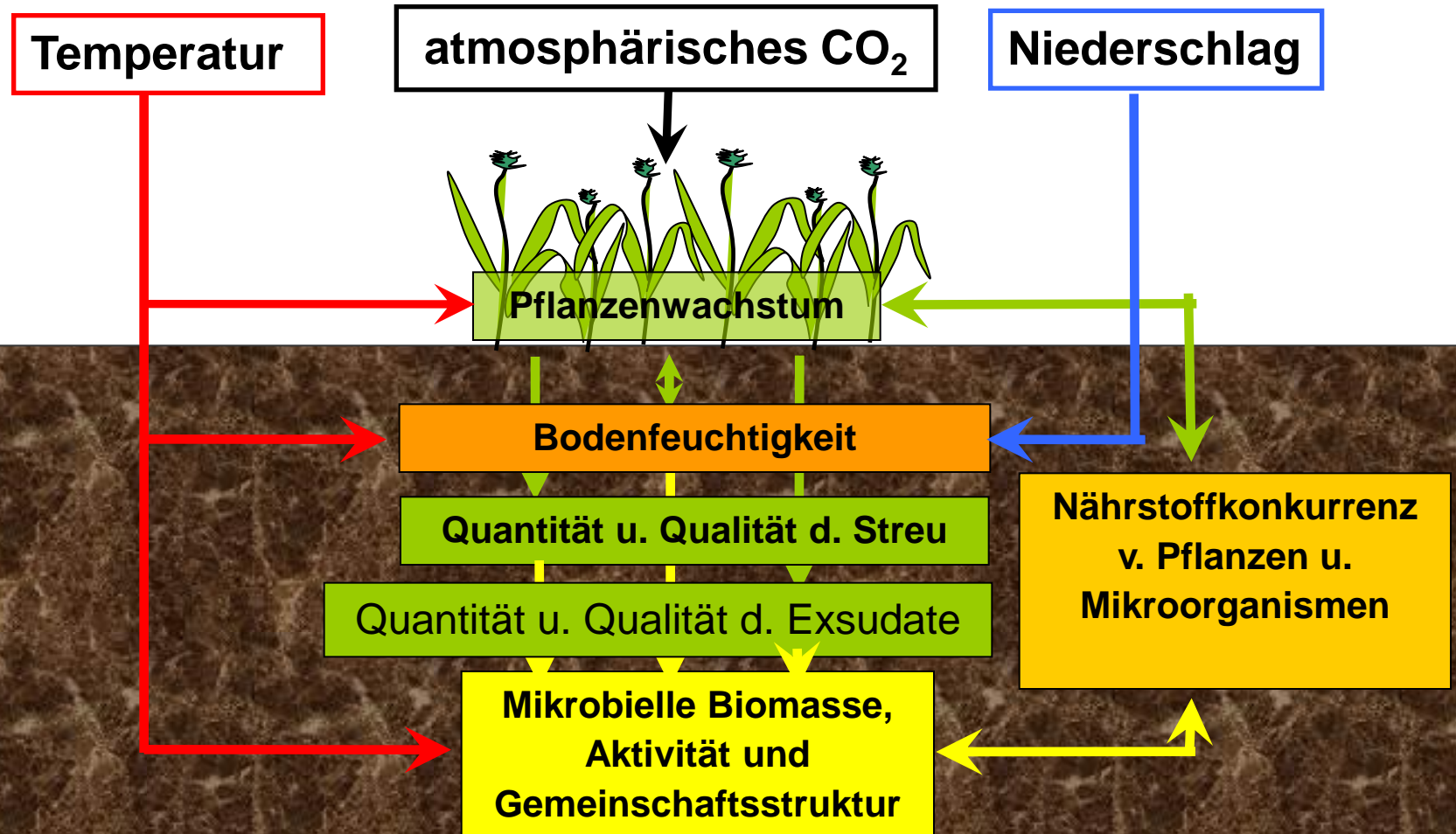
Bodenbearbeitung:  
Verteilung des  
C input

Klimawandel:  
Menge, Qualität und  
Verteilung des  
C input



Änderung der organischen Substanz und der mikrobiellen Abundanz

# Konsequenzen des Klimawandels für Bodenmikroorganismen und organische Substanz

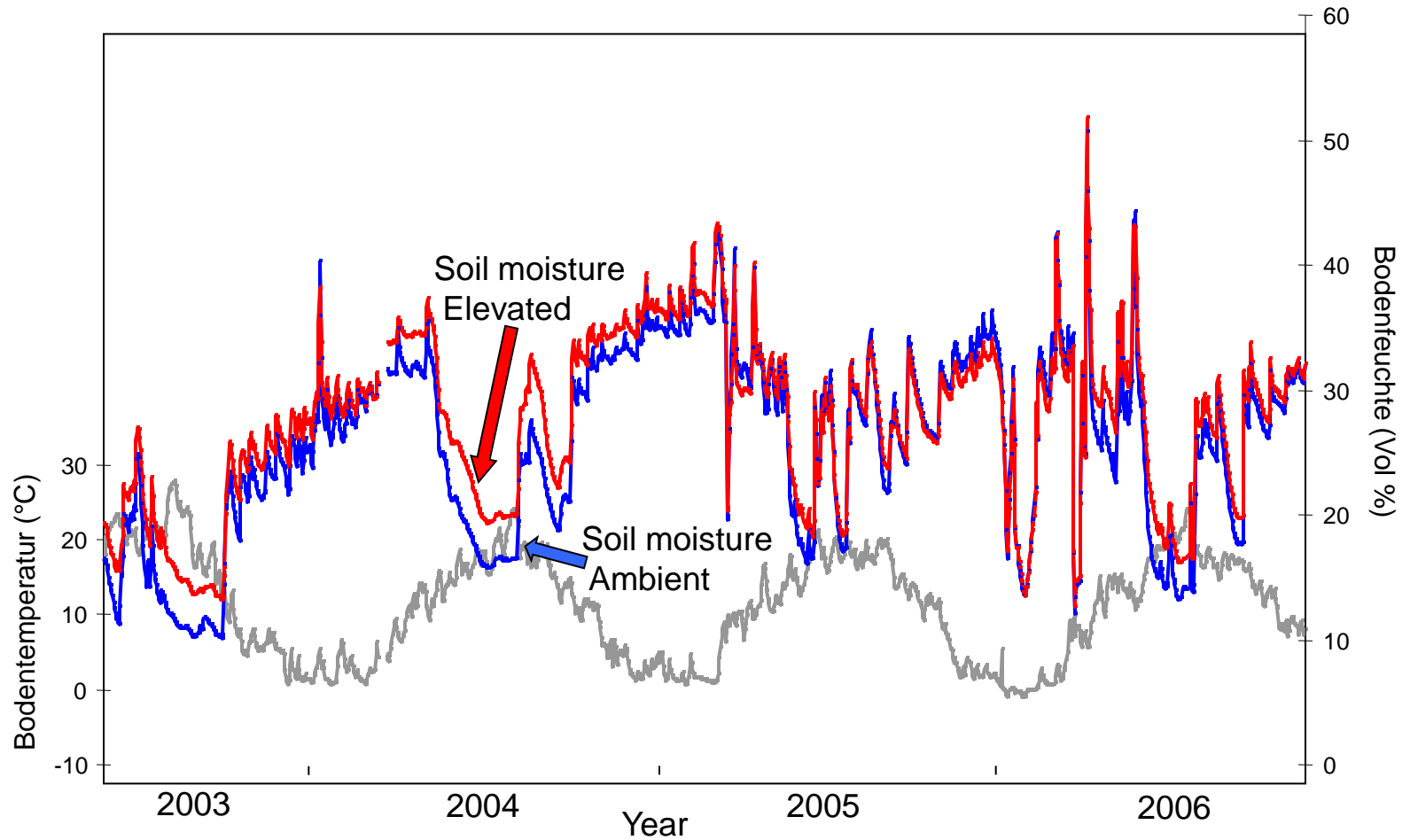


# Bestimmung des C-Eintrags in den Boden unter erhöhtem atmosphärischem CO<sub>2</sub>-Gehalt (MiniFACE – Heidfeldhof)

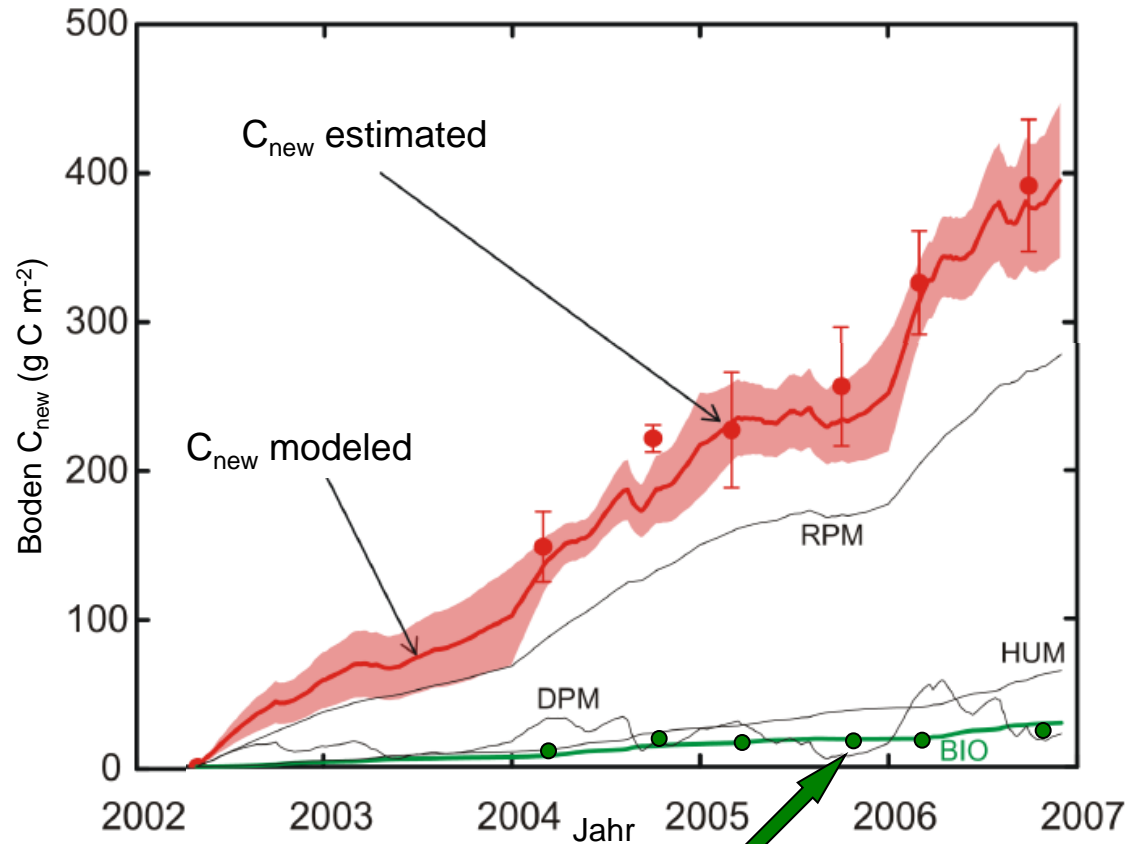
- seit 2002
- Sommerweizen + mehrere Ackerbeikräuter
- Luft- und Bodentemperatur, Bodenfeuchte
  
- Probennahme März und Oktober, 0-10, 10-20, 20-30 und 30-40 cm
- Organischer Gehalt, Mikrobielle Biomasse, Ergosterol, PLFA, Enzymaktivitäten



# Bodenfeuchte unter erhöhter atmosphärischer CO<sub>2</sub> Konzentration



# Modellierung der organischen Substanz und der mikrobiellen Biomasse



- RothC Modells mit Bodenfeuchtefunktion (TRIFFID) (Cox 2001)

## Bilanz der Modellierung (in Tagesschritten)

	Elevated CO <sub>2</sub>	Ambient CO <sub>2</sub>	Bilanz CO <sub>2</sub> Effekt
Abbau an C <sub>old</sub> [g C m <sup>-2</sup> ]	-719	-658	-61
Aufbau an C <sub>new</sub> nach 5 Jahren [g C m <sup>-2</sup> ]	+395	+367*	+28
Bilanz C <sub>tot</sub> [g C m <sup>-2</sup> ]	-324	-291	-33

\* Ambient C<sub>new</sub>-Eintrag proportional zur oberirdischen Pflanzenbiomasse

→ Verlust an C<sub>tot</sub> aufgrund des geringen C-Eintrags in das Agrarökosystem

# Feldversuch zur Klimaänderung



**Temperatur:** 2,5°C in 4 cm Bodentiefe

**Niederschlagsmenge:** 25% weniger im Sommer, 25% mehr im Winter

**Niederschlagsverteilung:** Dauer zwischen Regenevents um 50% erhöht

**Kombination:** Menge und Verteilung des Niederschlags

(Poll et al., unpublished)

# Konsequenzen des Klimawandels

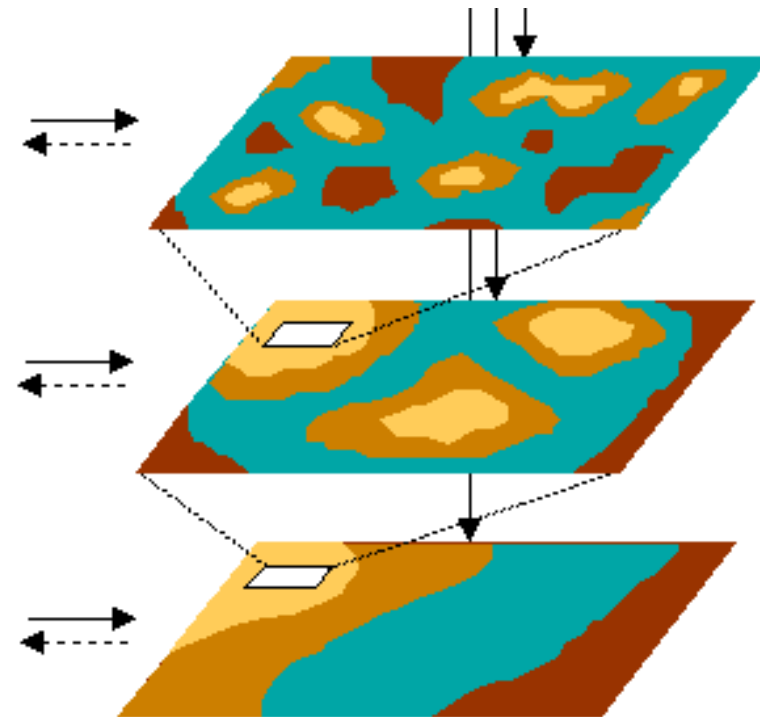
## Konsequenzen

Mikro-Skala: Nahrungs- und Wasserangebot für Bodenmikroorganismen

Plot-Skala: Bodenfeuchte, Biomasse und Artenzusammensetzung von Pflanzen

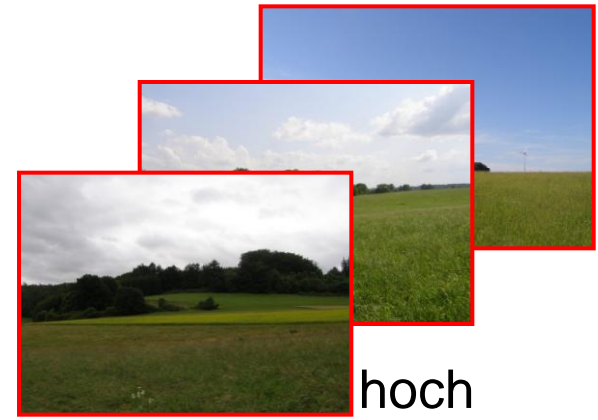
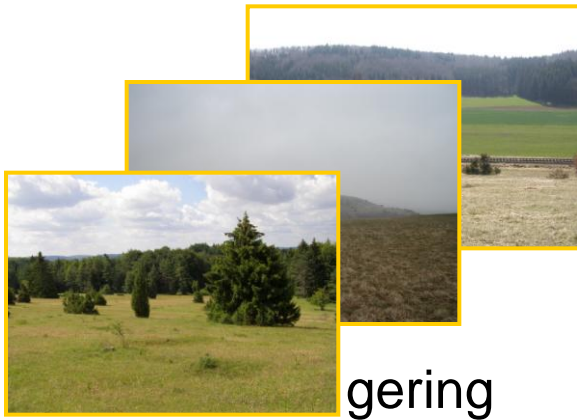
Regionale Skala: Änderung der Kohlenstoffbilanz (Boden als C-Speicher oder C-Quelle)

## Erhöhung der Kohlendioxidkonzentration





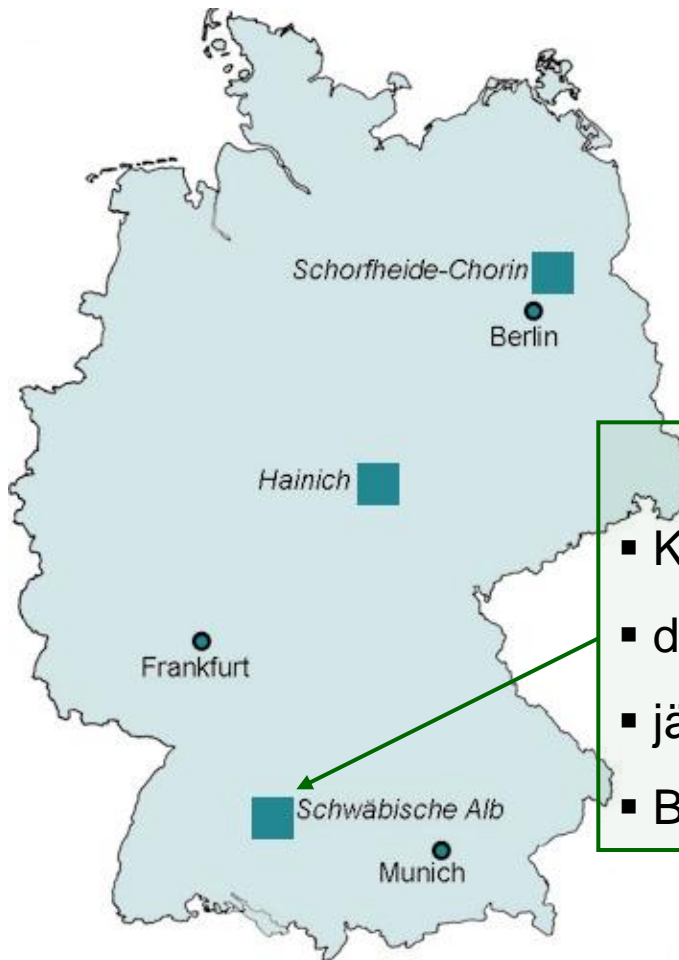
# Biodiversitäts-Exploratorien



**Intensivierung der Landnutzung**

ändert nicht nur die Artenzusammensetzung von Pflanzen, sondern auch die Verteilung, Diversität und Funktion von Bodenmikroorganismen

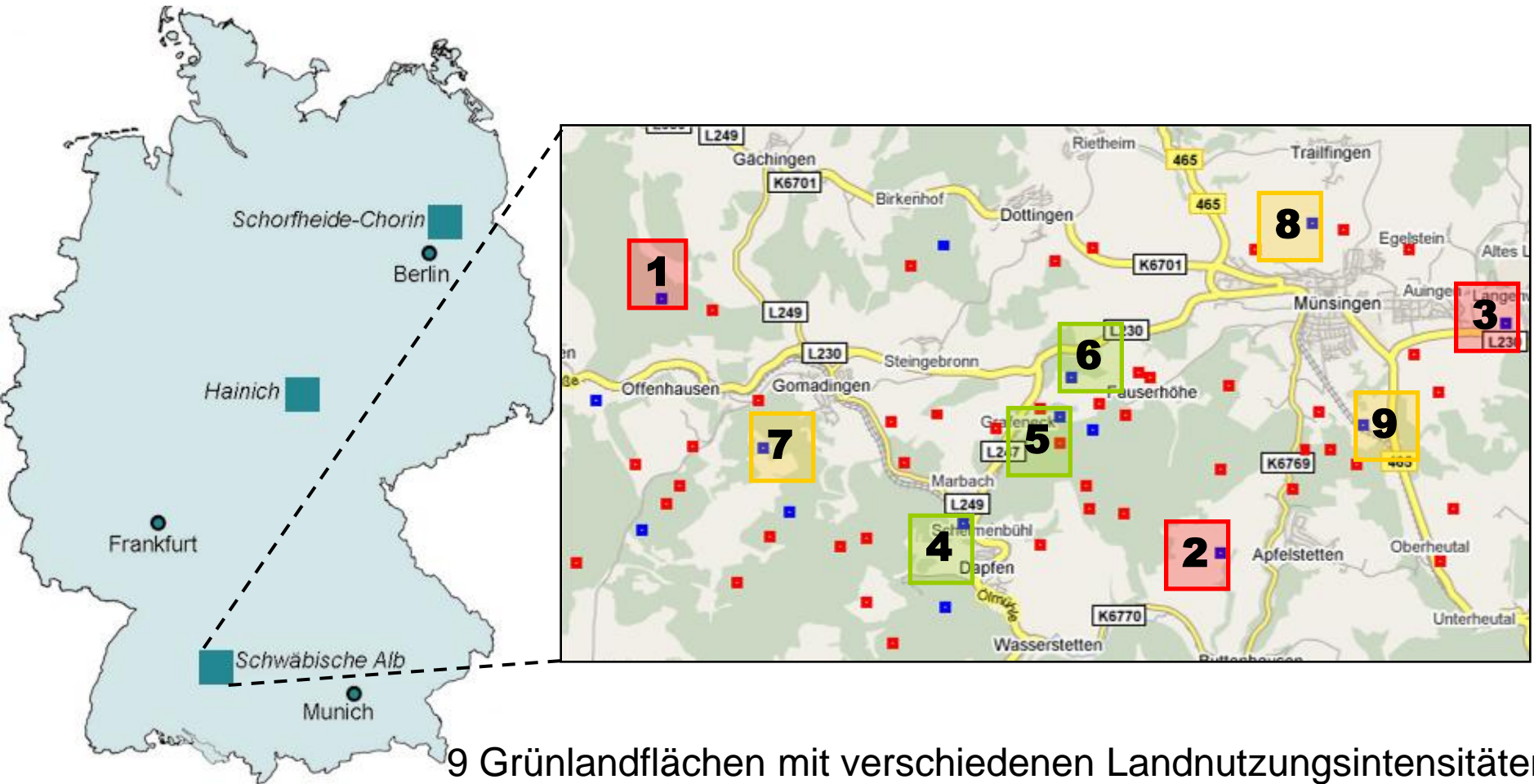
# Untersuchungsgebiet



## Schwäbische Alb:

- Kalkstein-Mittelgebirgsregion im SW Deutschlands
- durchschnittlicher Jahresniederschlag: 800 - 930 mm a<sup>-1</sup>
- jährliche Durchschnittstemperatur: 6 - 8 °C
- Bodentyp: Rendzic Leptosols

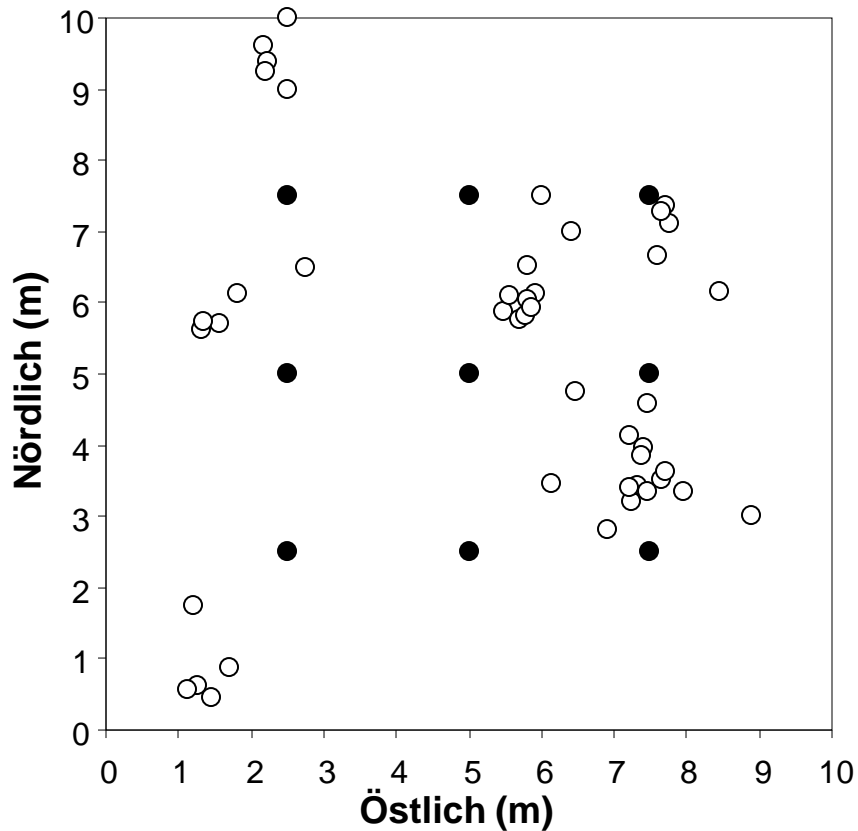
# Untersuchungsgebiet



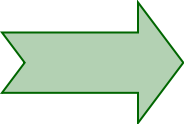
9 Grünlandflächen mit verschiedenen Landnutzungsintensitäten:

- 3 x niedrig (ungedüngte Weide, Schafbeweidung)
- 3 x mittel (gedüngte Mähweide, Rind-, Pferdebeweidung)
- 3 x hoch (gedüngte Wiese, 2- oder 3 schürig)

# Probenahmedesign (Bsp. AEG 2)



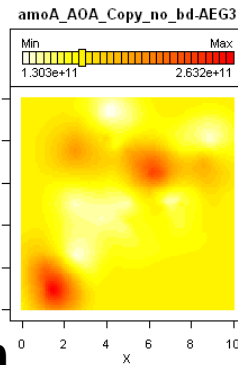
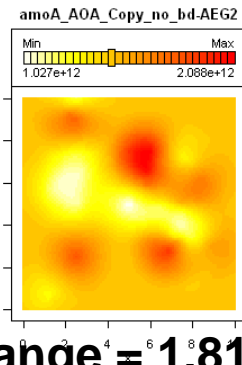
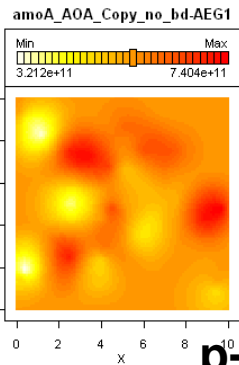
- Beprobung im Frühjahr 2008
- 54 Proben (0-10 cm) pro Plot → gesamt: 486 Proben

- 
- chemisch - physikalische Bodeneigenschaften
  - mikrobiologische Bodeneigenschaften

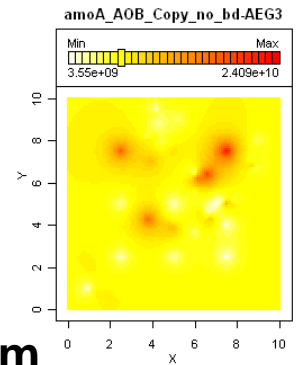
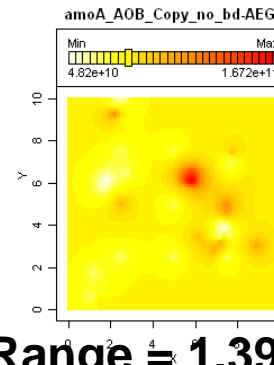
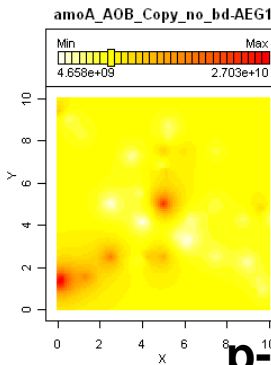
# Funktionelle Redundanz von Nitrifikanten (Archaea und Bakterien)

*amoA* AOA

*amoA* AOB

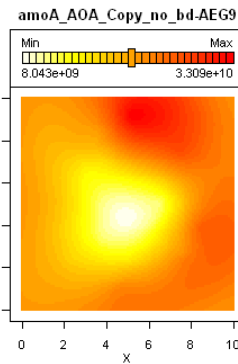
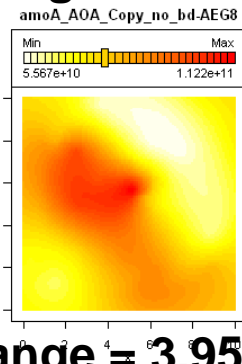
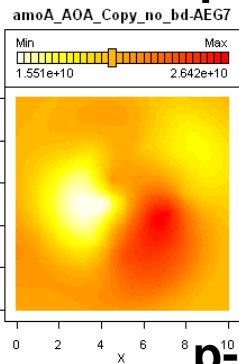


hohe LUI

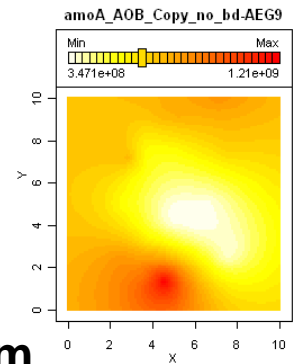
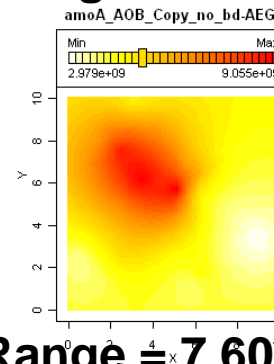
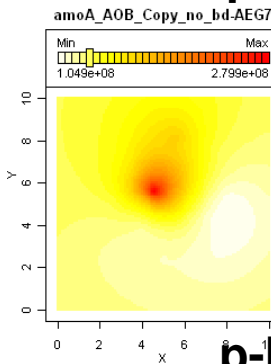


p-Range = 1.81 m

p-Range = 1.39 m



niedrige LUI



p-Range = 3.95 m

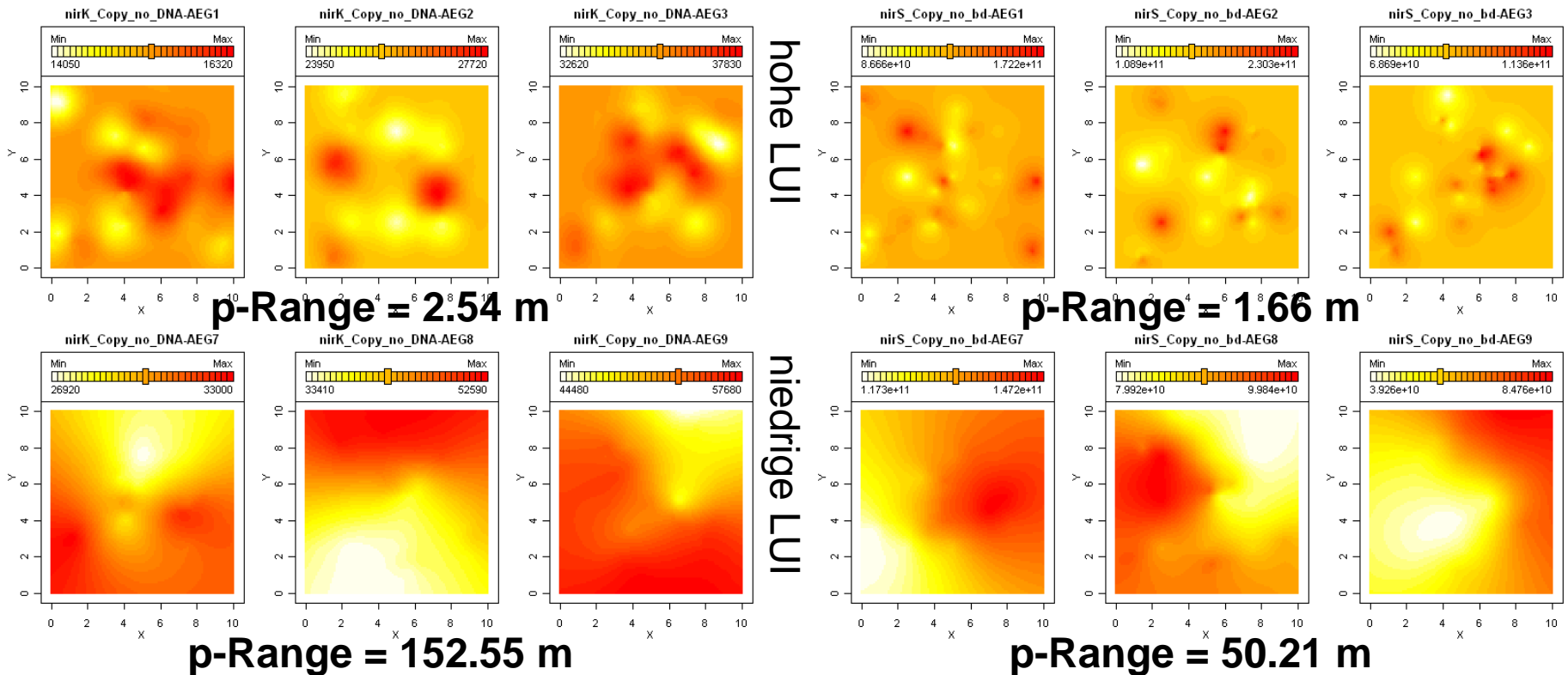
p-Range = 7.60 m

Archaea dominieren über bakterielle Nitrifikanten, Koexistenz,  
größere räumliche Heterogenität in hoher LUI

# Denitrifikanten mit dem gleichen Funktionsgene (Nitritreduktase) besiedeln unterschiedliche Nischen „Niche partitioning“

*nirK* (g<sup>-1</sup>)

*nirS* (m<sup>-2</sup>)



Höhere Abundanz von *nirK* gegenüber *nirS* in beiden LUI,  
Einnischung, hoher Autokorrelation in niedriger LUI



## Zusammenfassung

1. Bei Klimawandel können Böden C-Quelle oder C-Senken sein!  
Ursache: mikrobielle Reaktion
2. Landnutzungsintensität verändert die Diversität und Verteilung von Mikroorganismen!
3. Verteilung und Funktion von Bodenmikroorganismen sollten bei der C-Modellierung berücksichtigt werden.



# Perspektiven



1. Methodischer Fortschritt in der Mikrobiellen Ökologie kann genutzt werden!



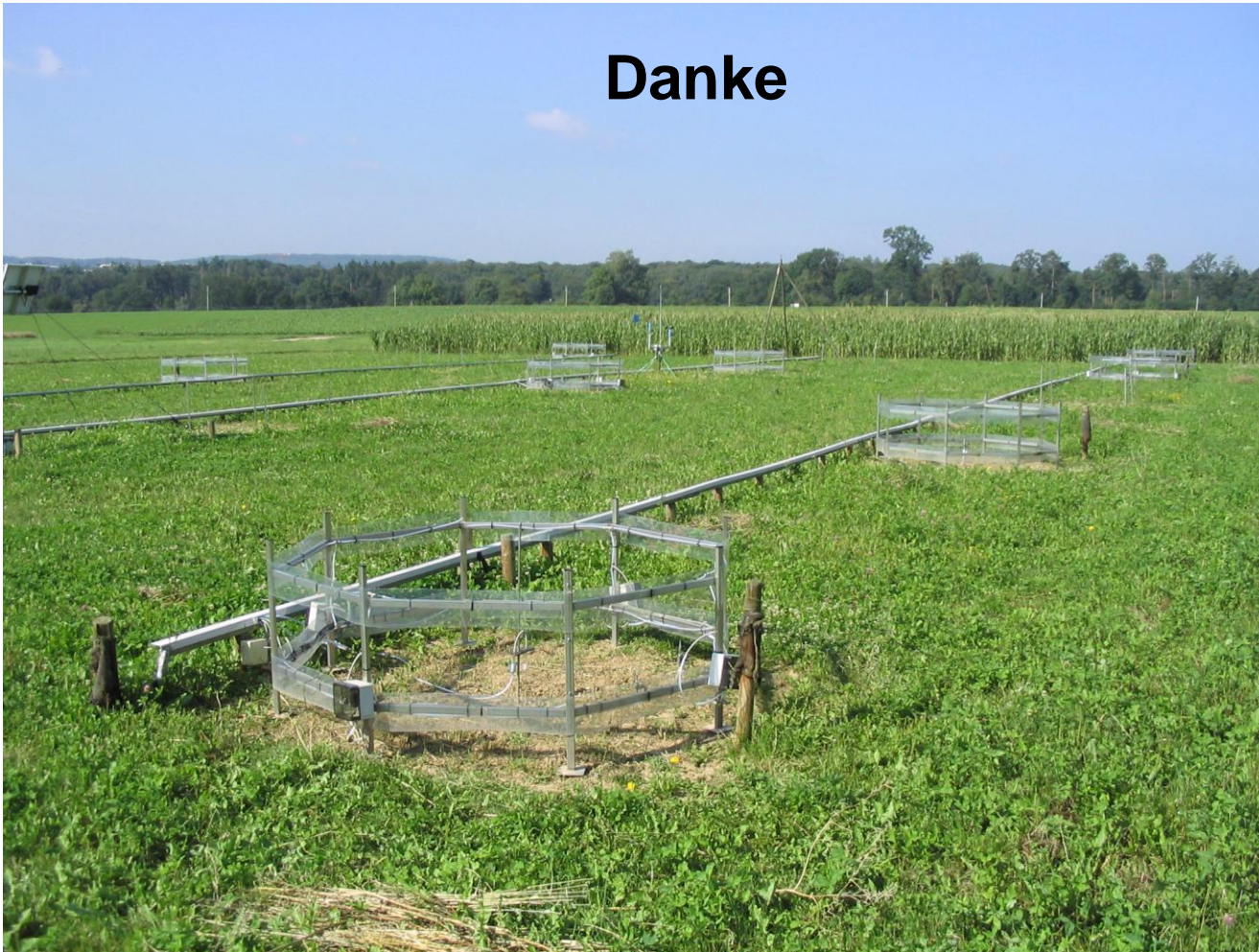
2. Mikrobielle Adaptation an den Klimawandel sollte geklärt werden.



3. Mikrobielle Nährstoffnachlieferung bei knappen Ressourcen (P) sollte untersucht werden.



# Danke



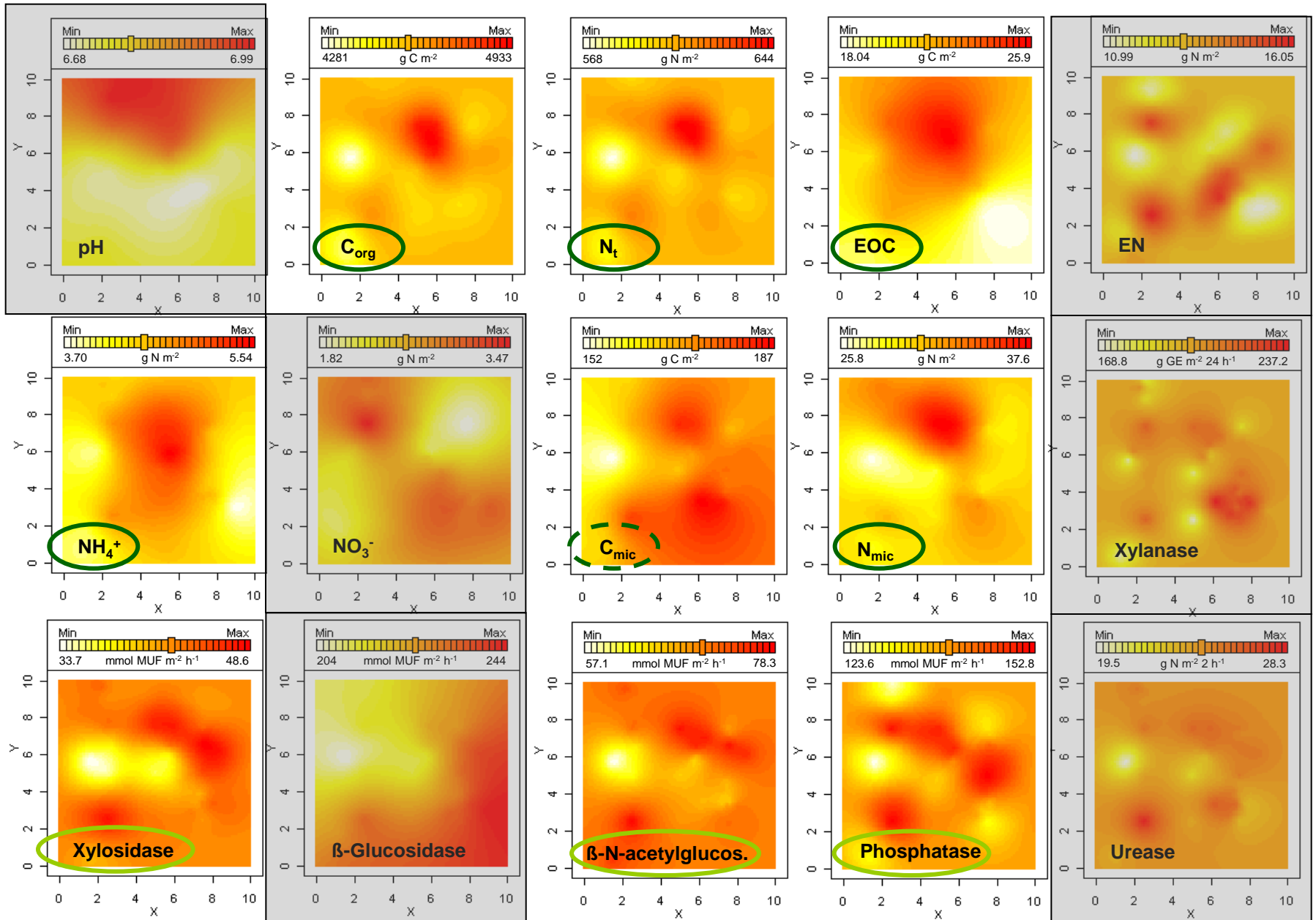
**Pascal A. Niklaus**  
**Stephanie Rein**  
**Andreas Fangmeier**  
**Martin Erbs**  
**Jürgen Franzaring**  
**Arvin Mosier**  
**Sabine Rudolph**  
**Heike Haslwimmer**  
**Julia Poll**  
**Stefanie Bihlmayer**  
**Doreen Berner**  
**Dagmar Tscherko**  
**Wolfgang Armbruster**  
**Elke Dachtler**  
**Ingeborg Henning-  
Müller**

Land Baden-Württemberg

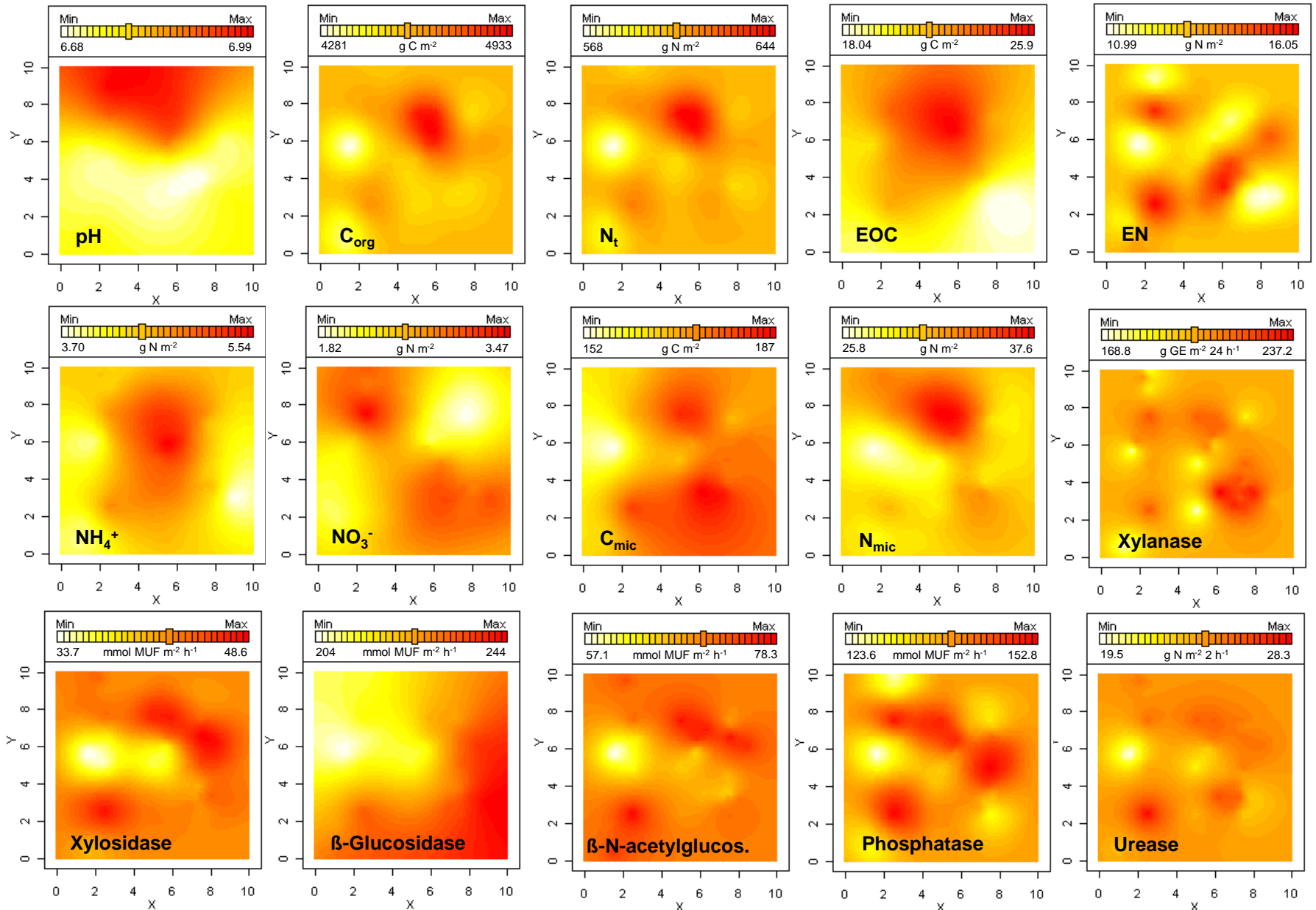
BWK23003



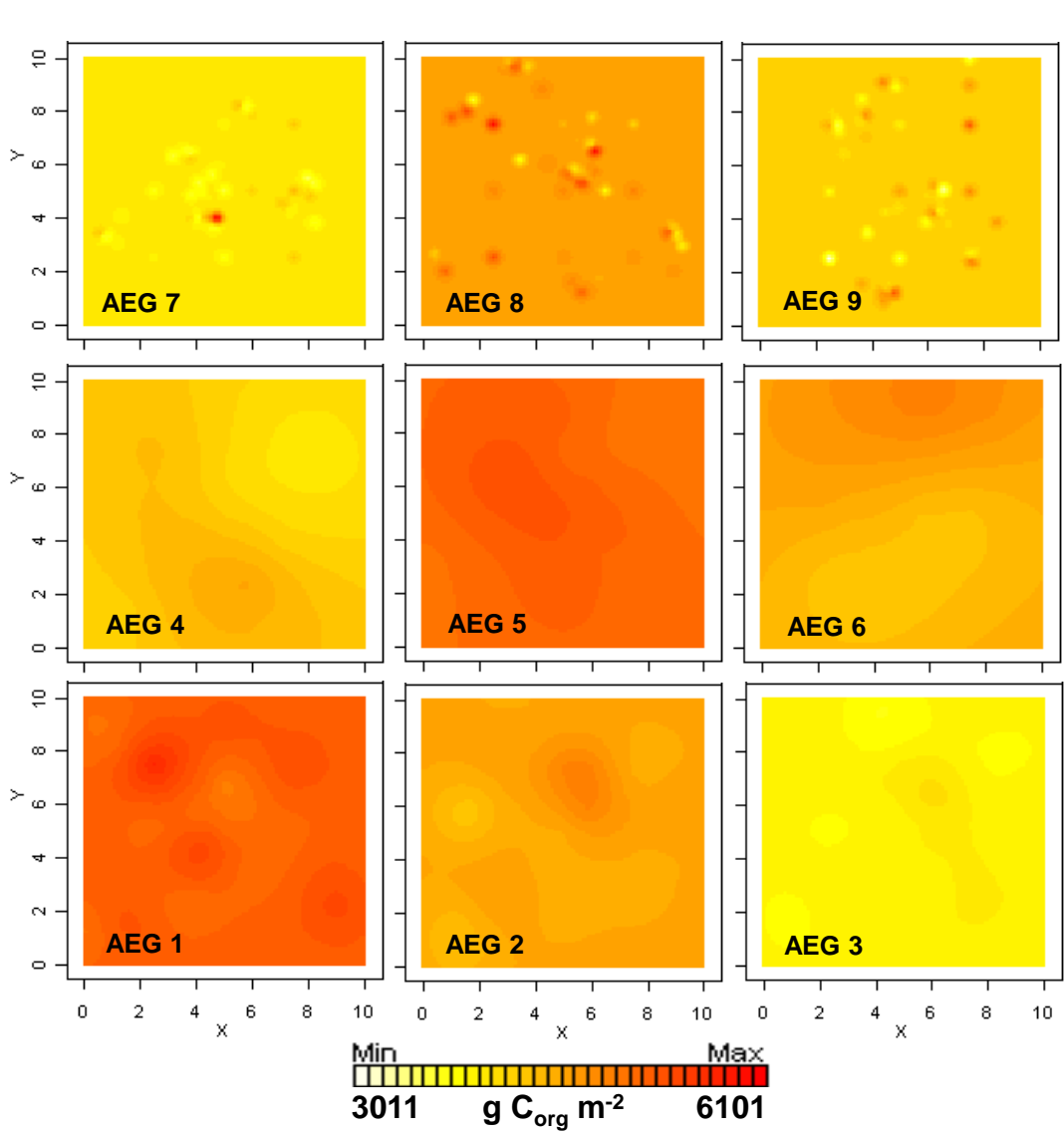
# räumliche Heterogenität - Kriging Karten AEG 2



# räumliche Heterogenität - Kriging Karten AEG 2



# räumliche Heterogenität - Kriging Karten – C<sub>org</sub>



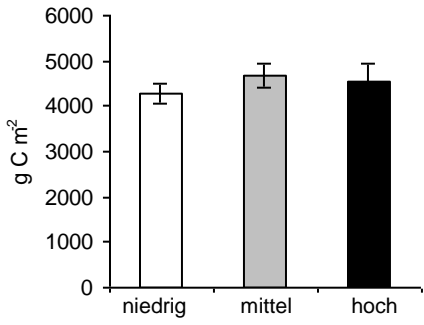
**Landnutzungsintensität**

**pRange**

niedrig → 0.36 m

mittel → 6.58 m

hoch → 2.12 m



→ niedrige Landnutzungsintensität hat die höchste räumliche Variabilität

# Geostatistik

- pH
- organischer Kohlenstoff ( $C_{org}$ )
- Gesamt-Stickstoff ( $N_t$ )
- extrahierbarer org. Kohlenstoff (EOC)
- extrahierbarer Stickstoff (EN)
- Ammonium ( $NH_4^+$ )
- Nitrat ( $NO_3^-$ )
- mikrobielle Biomasse C ( $C_{mic}$ )
- mikrobielle Biomasse N ( $N_{mic}$ )
- Xylosidase
- $\beta$ -Glucosidase
- Phosphatase
- Urease

volles Modell

Berechnung verschiedener räumlicher Parameter (Nugget,  $\rho$ Sill,  $\rho$ Range) für jede Landnutzungsintensität

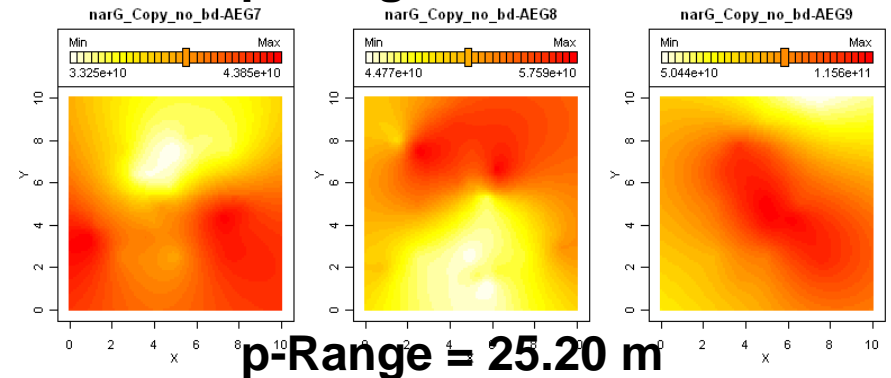
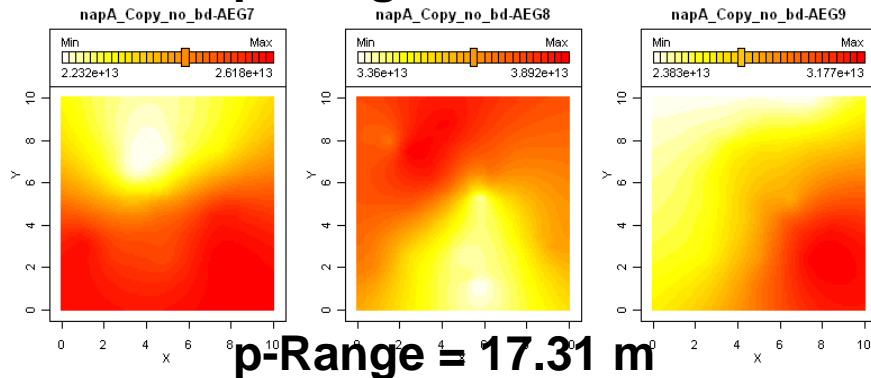
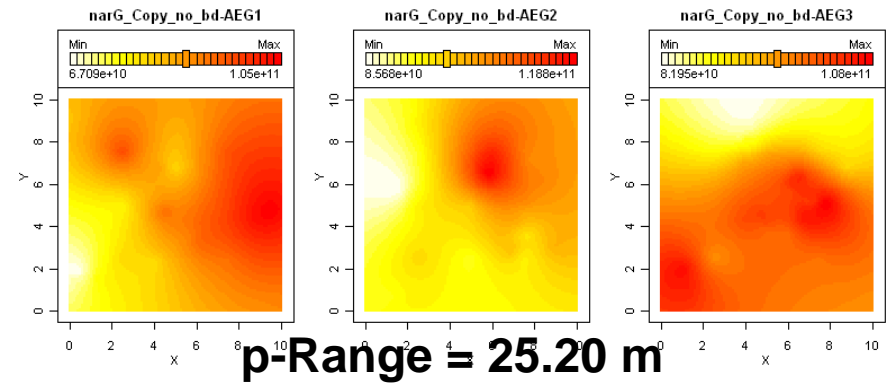
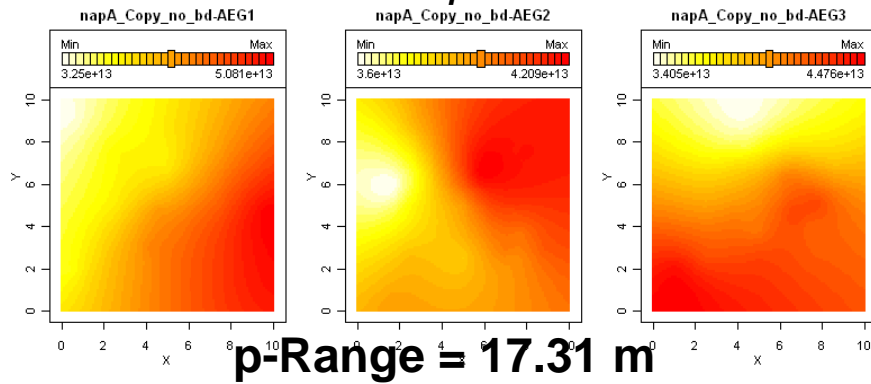
- Xylanase
- $\beta$ -N-acetylglucosaminidase

reduziertes Modell

# Funktionsgene: Nitratreduktase

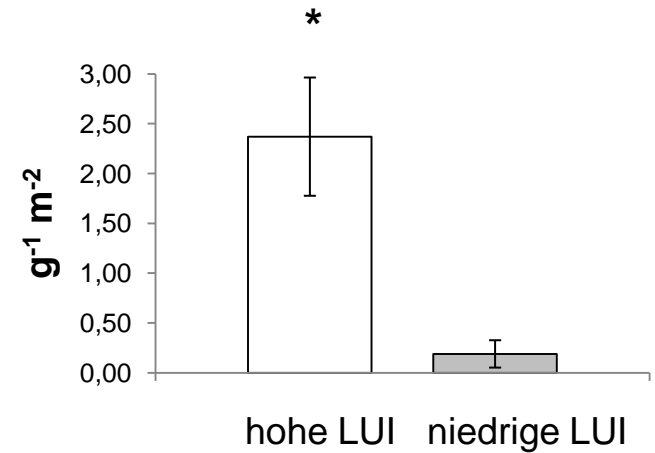
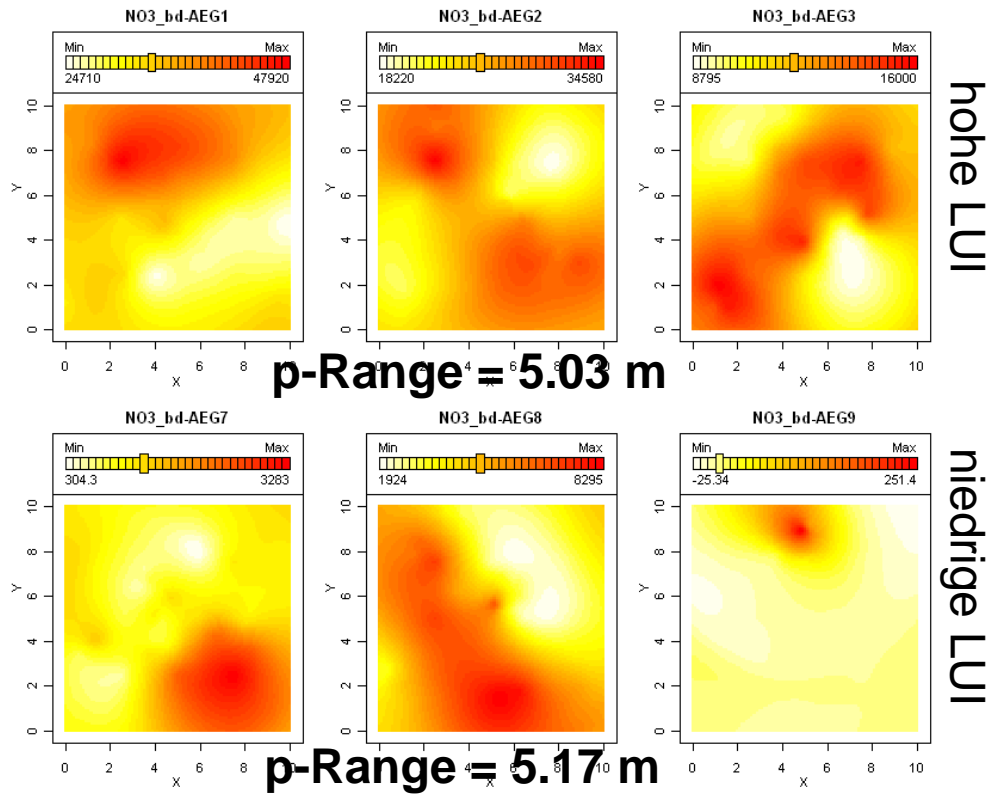
*napA*

*narG*



*napA* und *narG* ähnlich verteilt und positiv korreliert,  
Räumliche Verteilung: Koexistenz oder gleiche Mikroorganismen

# Nitrat



Signifikant mehr  $\text{NO}_3^-$  in hoher LUI, ähnliche räumliche Autokorrelation