

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Forstliche Versuchs-  
und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg



# Bodenlebende Mikroorganismen

unsichtbare Akteure mit großer Wirkung

Projekt WBMB

**Sarah L. Bluhm**, Heike Puhlmann, Peter Hartmann, Kristin Steger,  
Friederike Lang, Julia K. Kurth, Silvia Gschwendtner, Michael Schloter  
FVA Kolloquium 7.12.2023



**HelmholtzZentrum münchen**  
German Research Center for Environmental Health

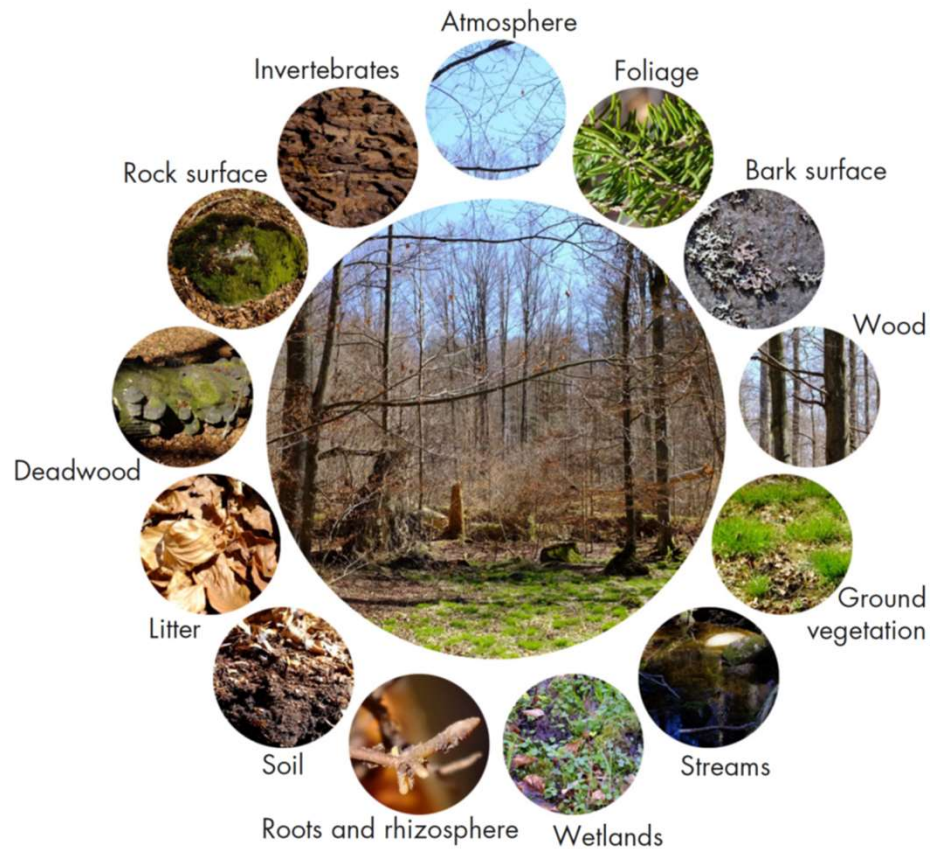
# Was sind Mikroorganismen?

Definition: für das menschliche Auge unsichtbar ( $< 0,1\text{mm}$ )

- Bakterien
- Archaeen
- ein- bis wenigzellige Eukaryoten
  - Protisten
  - einige Pilze (Hefen)
  - „Algen“ (photosynthetisch aktive Ein- bis Mehrzeller)



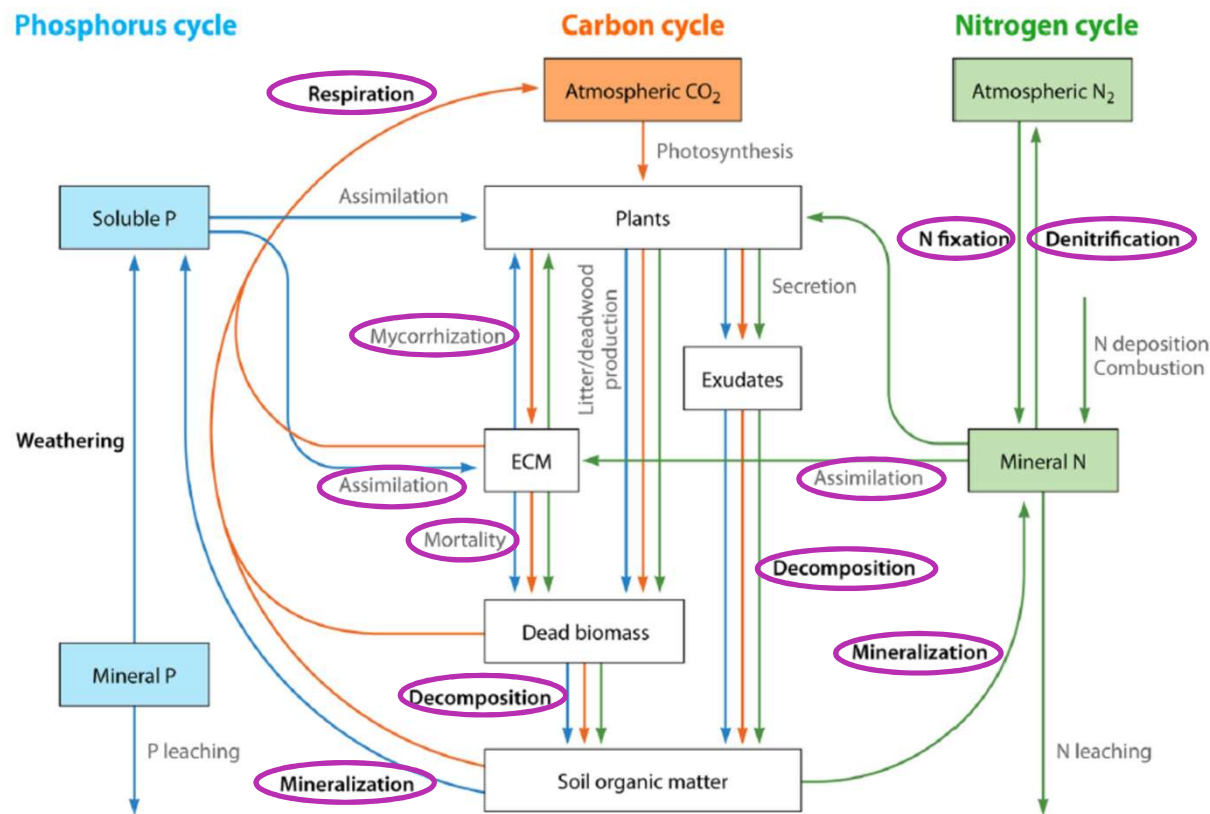
# Wo kommen sie im Wald vor?



## Enorme Abundanz und Diversität

- In 1 g Boden 10.000.000-1.000.000.000 Bakterienzellen
- Mykorrhiza Produktion von 2t Myzel pro ha und Jahr
- Mittel zum Erfolg: Dauerstadien

# Bedeutung für Stoffkreisläufe



LLADÓ, LÓPEZ-MONDÉJAR, BALDRIAN 2017, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*

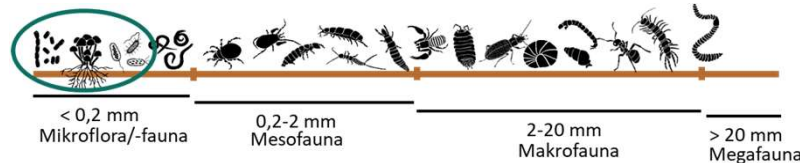
## Enorme Abundanz und Diversität

- In 1 g Boden 10.000.000-1.000.000.000 Bakterienzellen
- Mykorrhiza Produktion von 2t Myzel pro ha und Jahr
- Mittel zum Erfolg: Dauerstadien

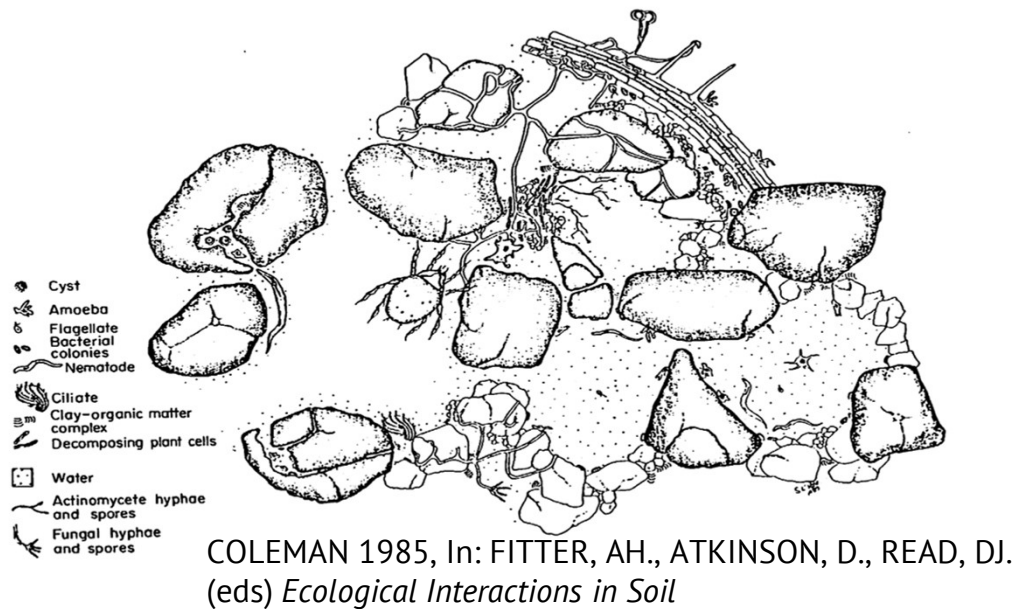
## Nährstoffkreisläufe/Enzymatische Umsetzung

- Abbau org. Substanzen und Freisetzung von Nährstoffen
- Klimawirksame Akteure (Freisetzung von CO<sub>2</sub> und Methan)

# Bodenbildung und Interaktionen



Quelle: Svenja Meier, Christian Bluhm



## Enorme Abundanz und Diversität

- In 1 g Boden 10.000.000-1.000.000.000 Bakterienzellen
- Mykorrhiza Produktion von 2t Myzel pro ha und Jahr
- Mittel zum Erfolg: Dauerstadien

## Nährstoffkreisläufe/Enzymatische Umsetzung

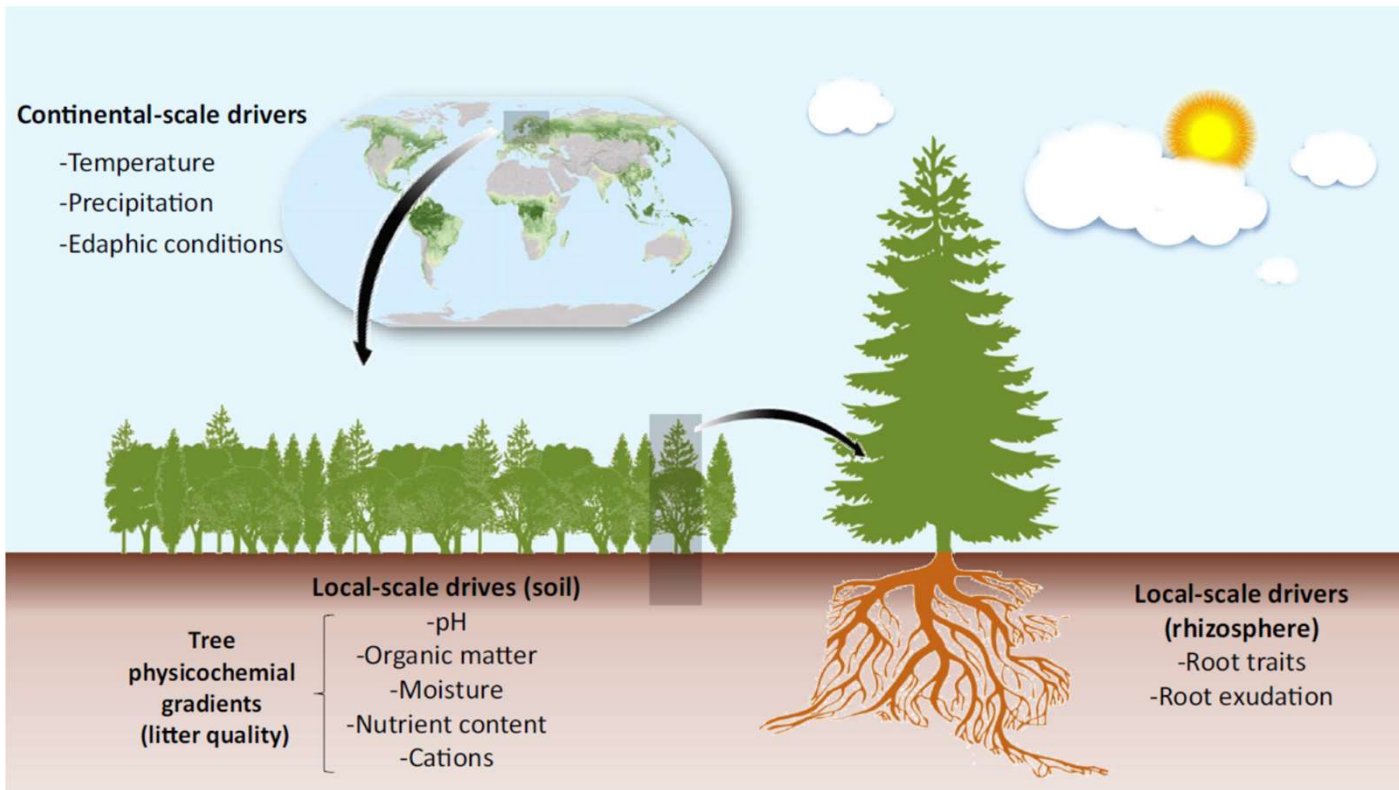
- Abbau org. Substanzen und Freisetzung von Nährstoffen
- Klimawirksame Akteure (Freisetzung von CO<sub>2</sub> und Methan)

## Bodenbildung

- Aggregatbildung/Stabilisierung
- Förderung chemische Verwitterung

## Interaktionen mit der Bodenfauna

# Einfluss der Skala



## Globale Faktoren

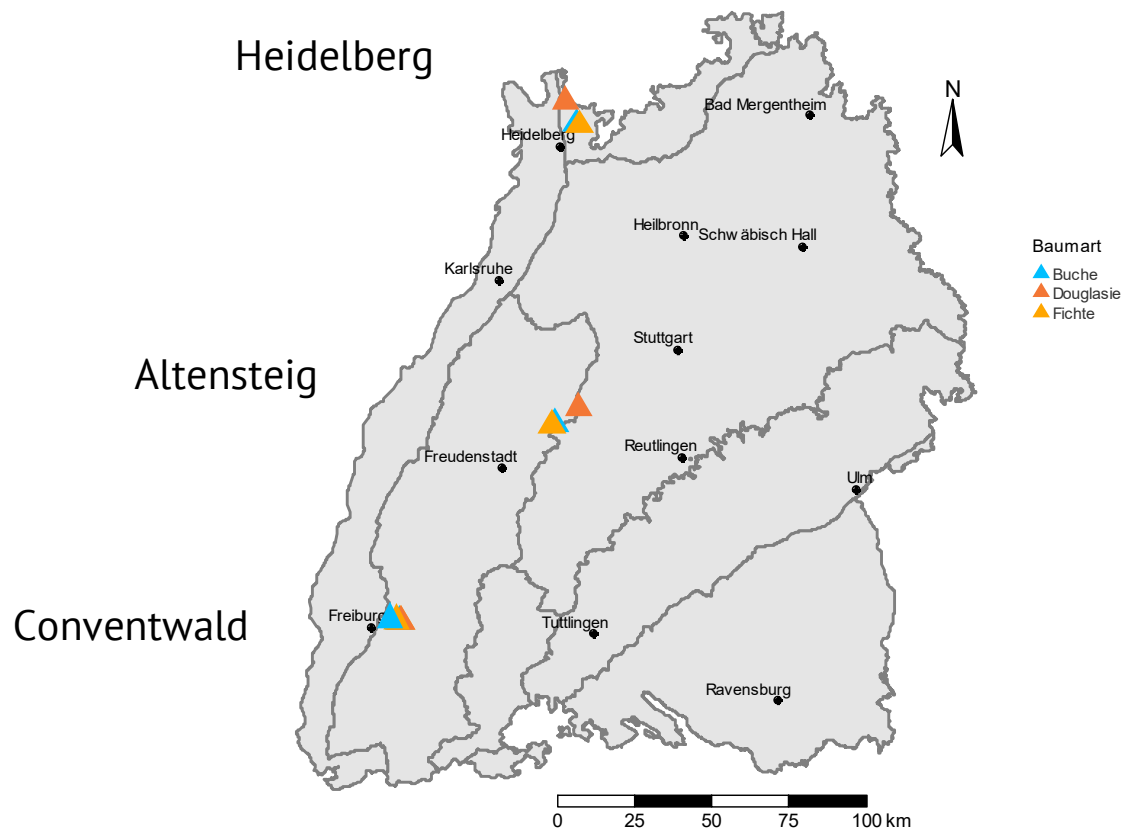
- Temperatur
- Niederschlag
- Bodeneigenschaften

## Lokale Faktoren

- pH Wert
- Feuchte des Bodens
- Nährstoffverfügbarkeit
  - Wurzel (Zusammensetzung und Exudation)
  - Streu (Nährstoffe, Ligningehalt)
- Porenraum
  - wassergefüllte Mittelporen

LLADÓ, LÓPEZ-MONDÉJAR, BALDRIAN 2017, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*

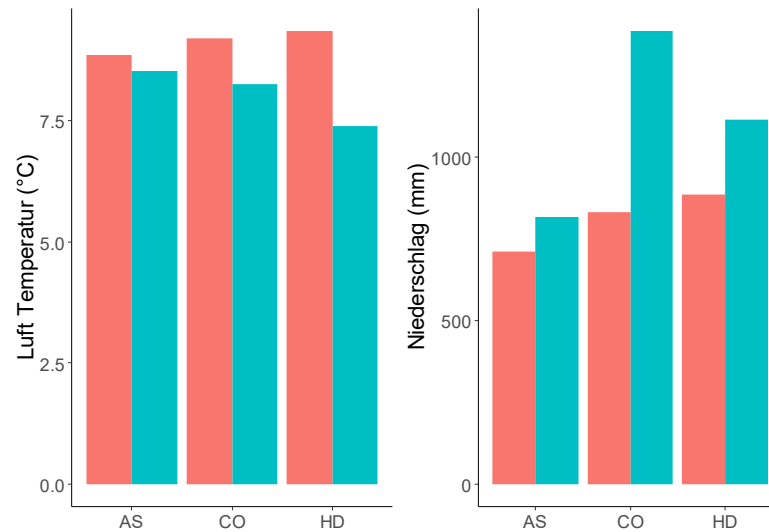
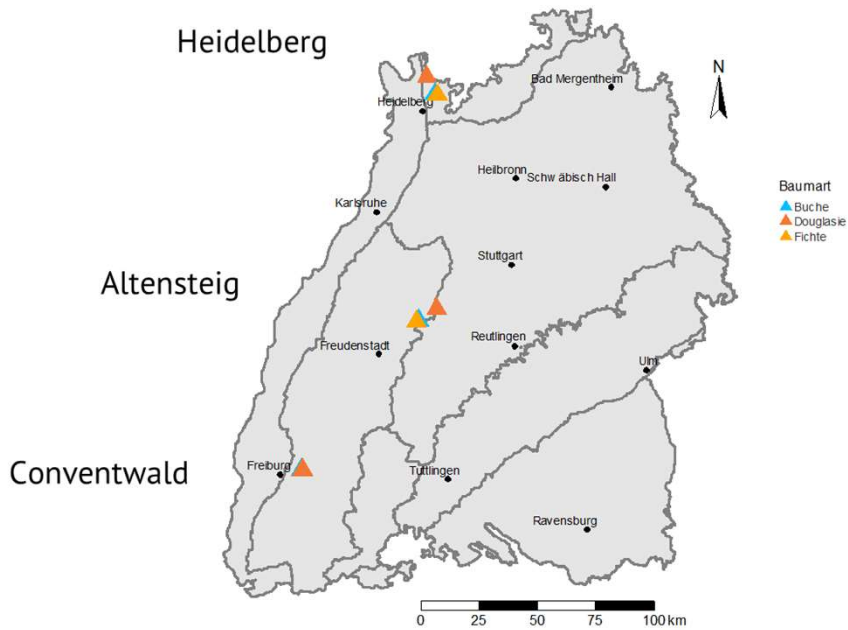
# Fragestellung und Untersuchungsgebiet



Einfluss von

- Klima
  - Baumart
  - Bodenparameter
  - Tiefenstufe
  - Saisonalität (2. Teil)
- auf mikrobielle Parameter

# Klima der Regionen



AS: warm und trocken  
 CO: warm und feucht  
 HD: kühler und feucht

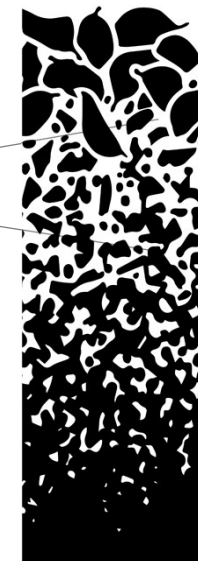
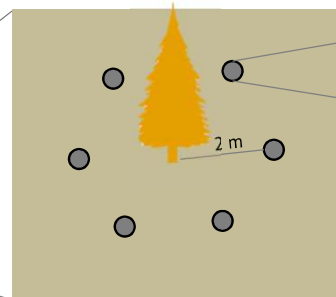
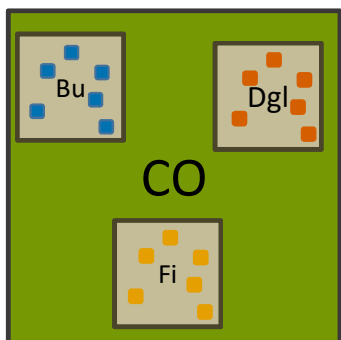
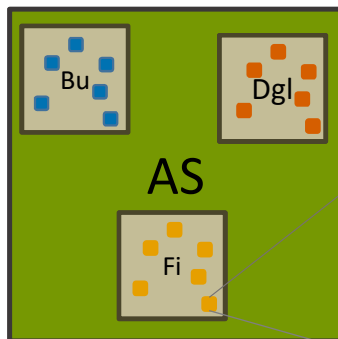
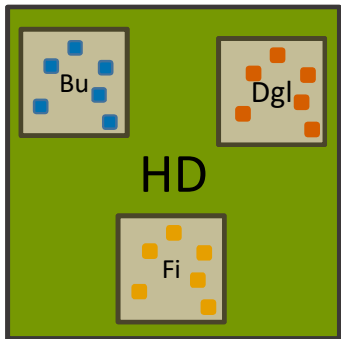
1981 - 2020

06/20 - 07/21

Temperatur und Niederschlaggradient:  
 AS > CO > HD



# Versuchsdesign



Of  
Oh  
0-5cm  
5-10 cm  
10-30 cm

**Beprobung 2021**  
6.7.-13.7.2021

- 3 Standorte
- 3 Baumarten
- 6 Bäume
- 6 Proben pro Baum
- 5 Tiefenstufen

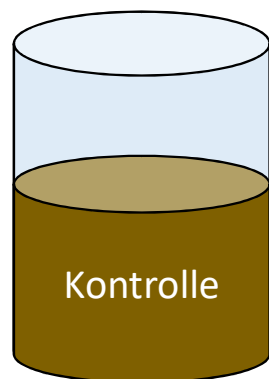
→ 270 Proben

Quelle: Svenja Meier

- CFE-C und CFE-P Chloroform Fumigation Extraction – Mikrobiell gebundenes C und P
- Phosphatase Aktivität (Phosphomonoesterase)
- qPCR (Quantifizierung Bakterien & Pilze, enzymatisches Potential)
- Metagenom – Potential Diversität und Funktionen
- Metatranskriptom – Aktive Diversität & enzymatische Aktivität

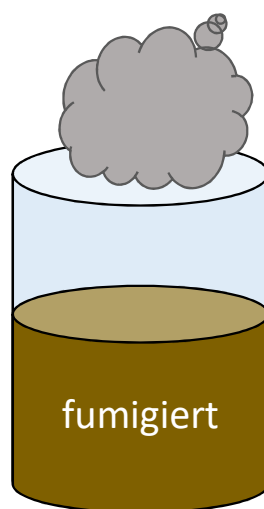
# CFE (Chloroform Fumigation Extraktion)

1. keine Begasung



2. C-Extraktion mit  $0,5 \text{ mol L}^{-1} \text{ CaCl}_2$

1. Begasung mit Chloroform



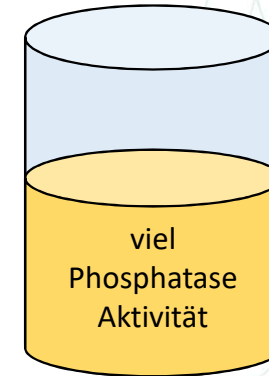
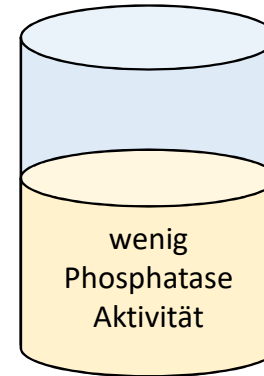
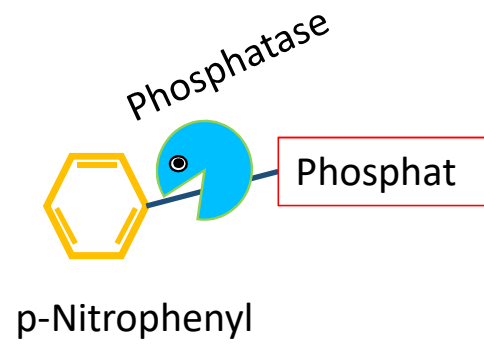
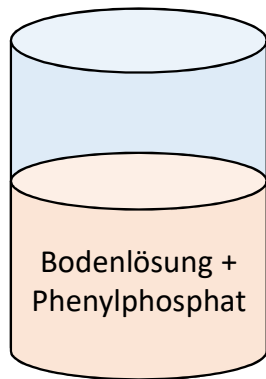
2. C-Extraktion mit  $0,5 \text{ mol L}^{-1} \text{ CaCl}_2$

Chloroform  $\rightarrow$  enzymatische Autolyse



$$C_{mic} = \frac{\text{Fumigiert } CDOC - \text{Kontroll } CDOC}{\text{Extraktionsfaktor } (0.45)}$$

# Phosphatase Aktivität

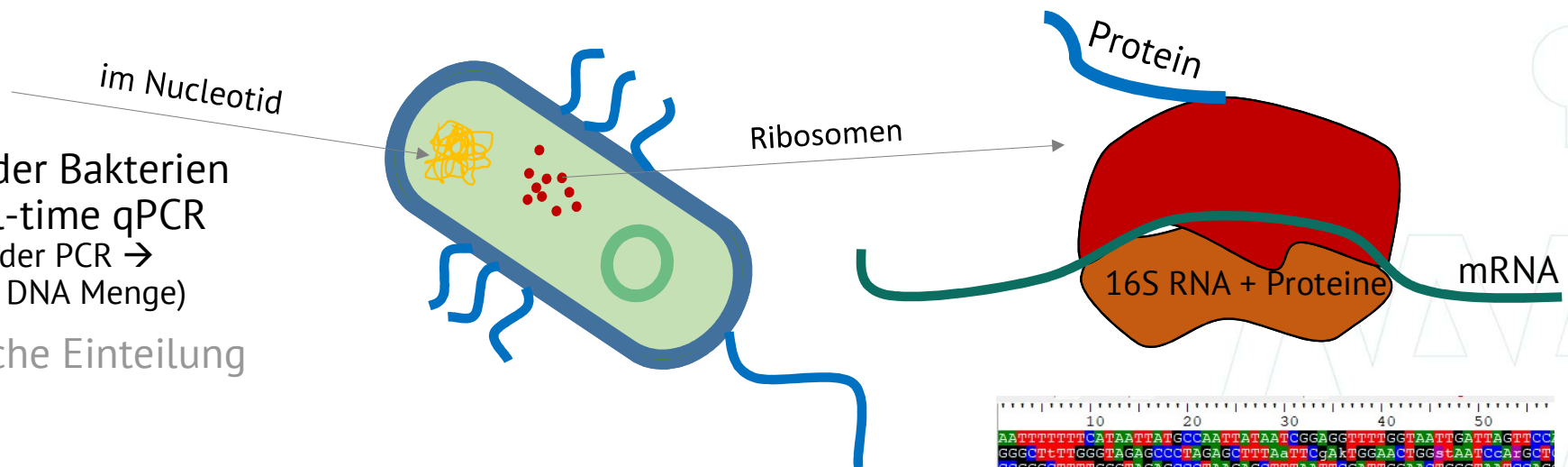


# Genetische Methoden



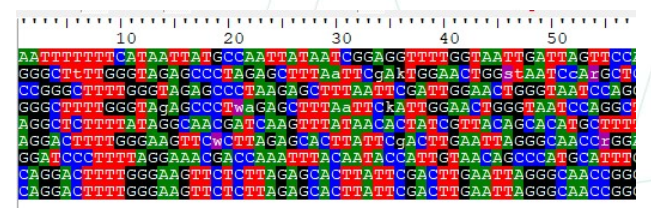
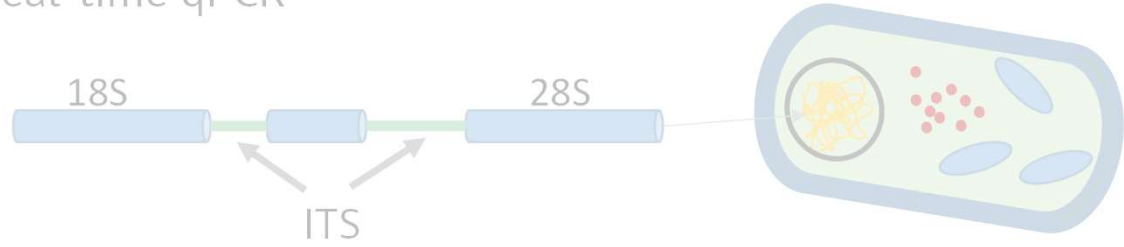
## 16S r DNA

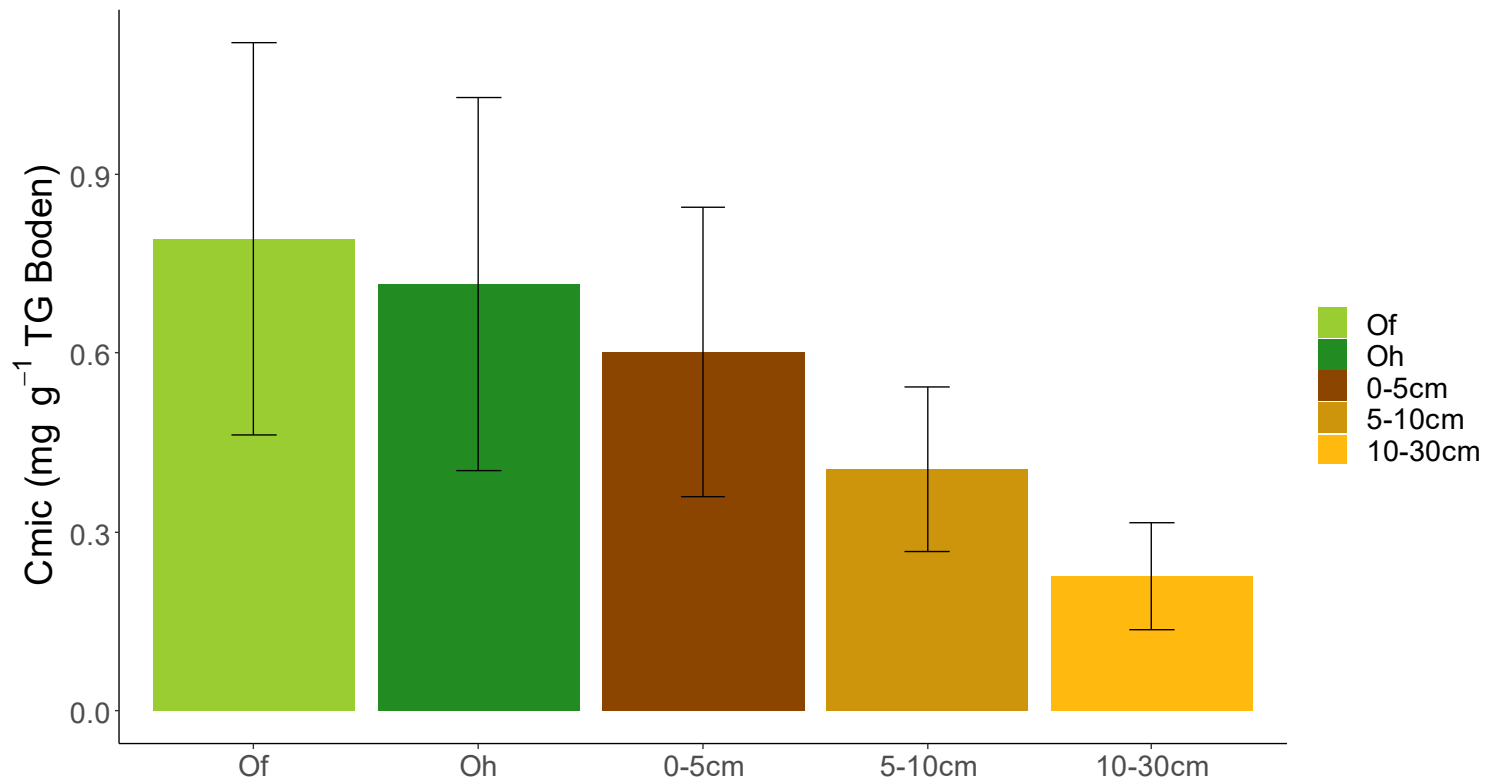
- Abundanz der Bakterien mittels real-time qPCR (zeitl. Verlauf der PCR → ursprüngliche DNA Menge)
- taxonomische Einteilung



## ITS DNA

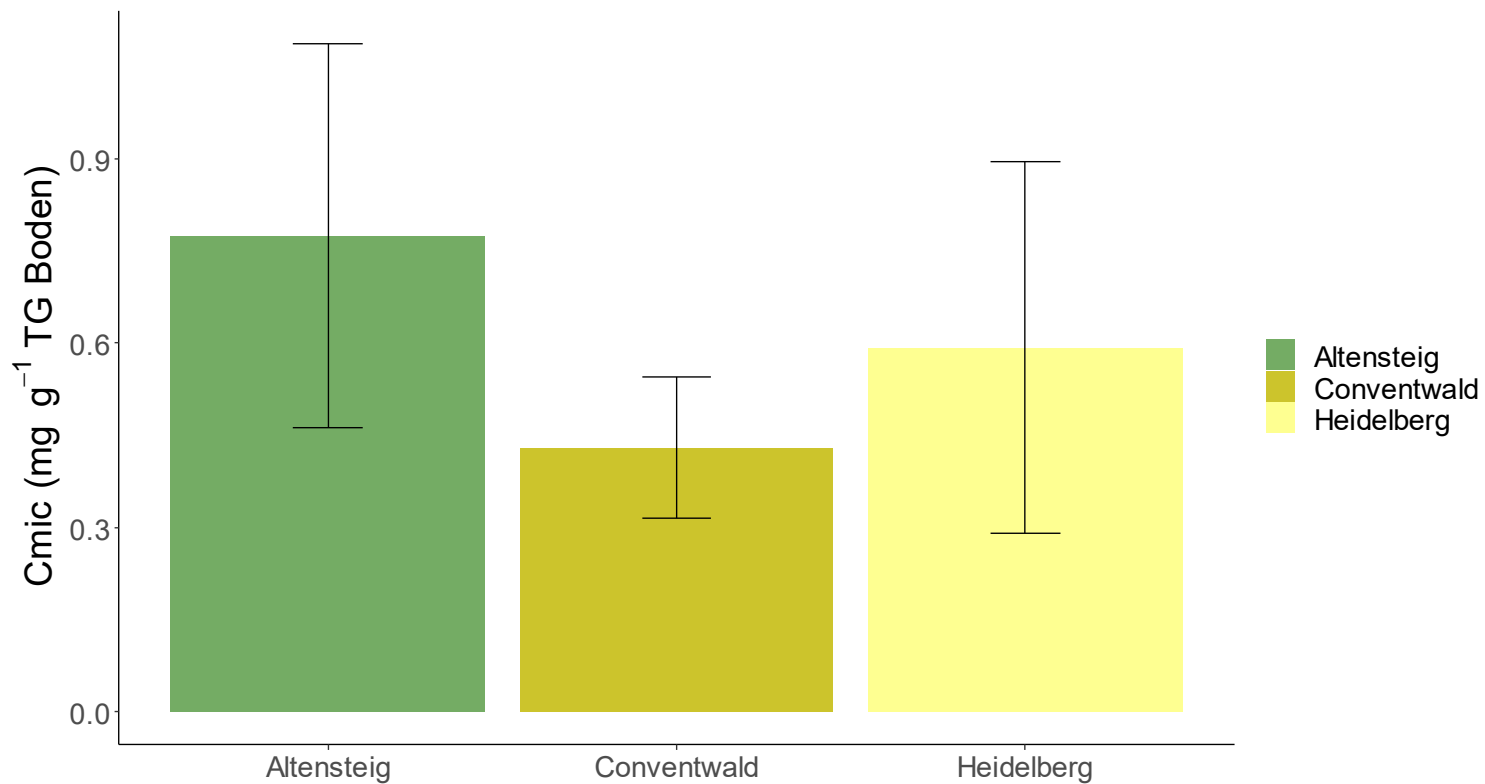
- Abundanz von Pilzen mittels real-time qPCR





## Mikrobielle Biomasse geht mit Tiefenstufe zurück

- Konzentration und Qualität von Kohlenstoff nehmen mit Tiefe ab (FRIERER ET AL. 2003, Soil Biol. Biochem.)



## Mikrobielle Biomasse und Region

- Bodeneigenschaften größeren Einfluss als Klima

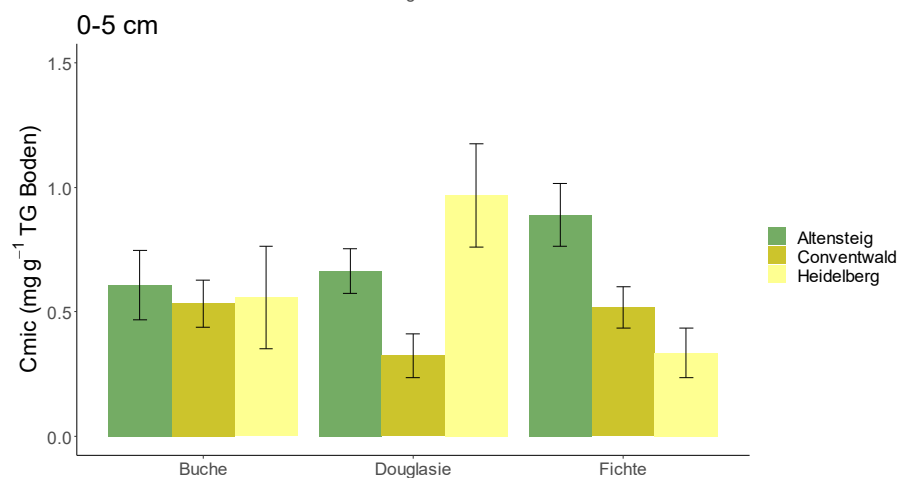
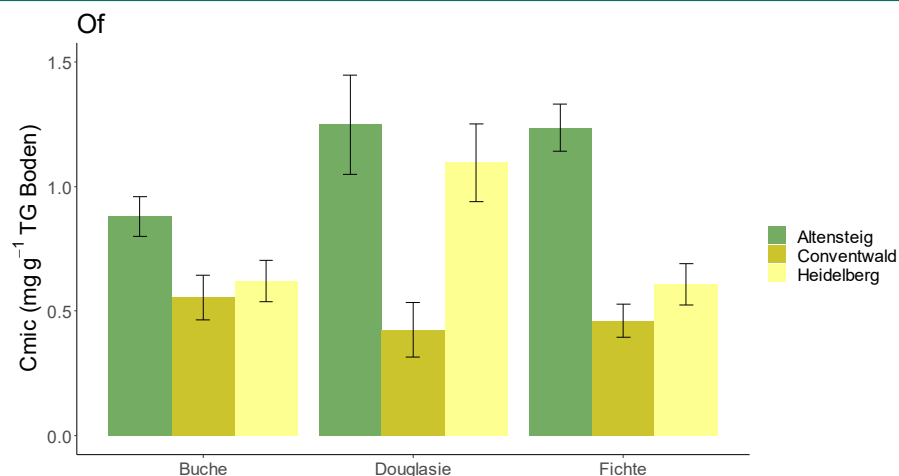
1981 - 2020

Niederschlag:  
CO > HD > AS

06/20 - 07/21

Temperatur und  
Niederschlaggradient:  
AS > CO > HD

# Baumart und Standort



– Altensteig sehr hohe Cmic

	Regenwurm Abundanz m <sup>-2</sup>	Regenwurm Biomasse g m <sup>-2</sup>	Humus
AS	85.71	43.33	Mull
CO	18.83	9.06	Moder
HD	16.71	0.85	Moder/Mull

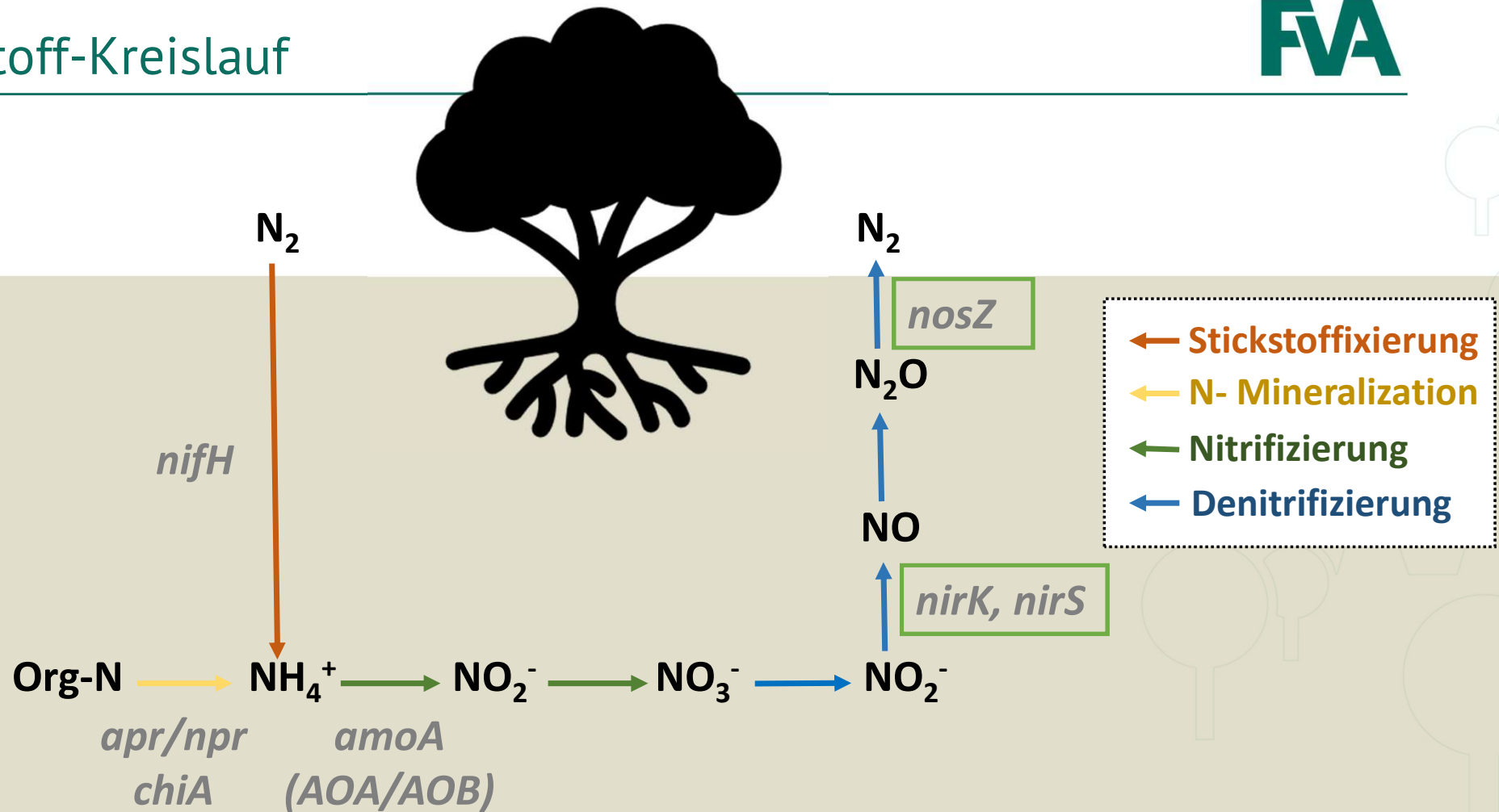
→ Bioturbation in Altensteig (Oh fehlt)

– Baumarteffekte in Of am deutlichsten ausgeprägt

– Baumarteffekte nehmen mit Tiefe ab

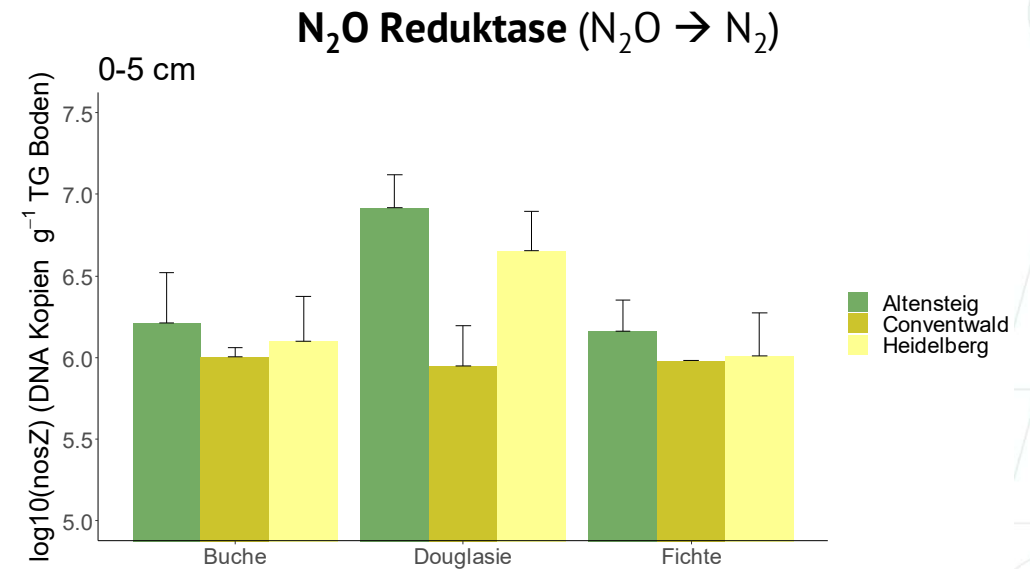
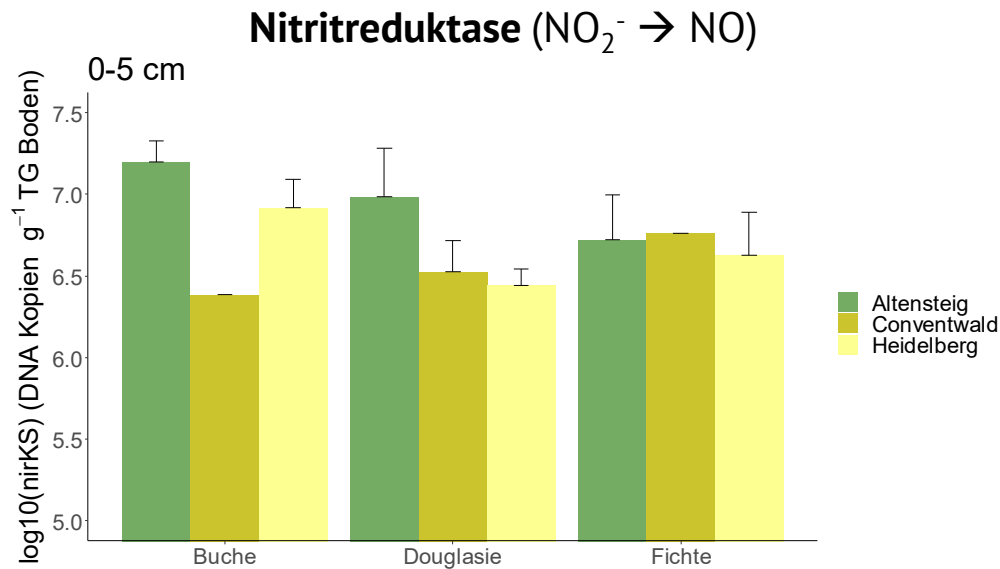


# Stickstoff-Kreislauf



Kreislaufdarstellung: Akane Chiba (TUM)

# Baumeffekte nirKS & nosZ



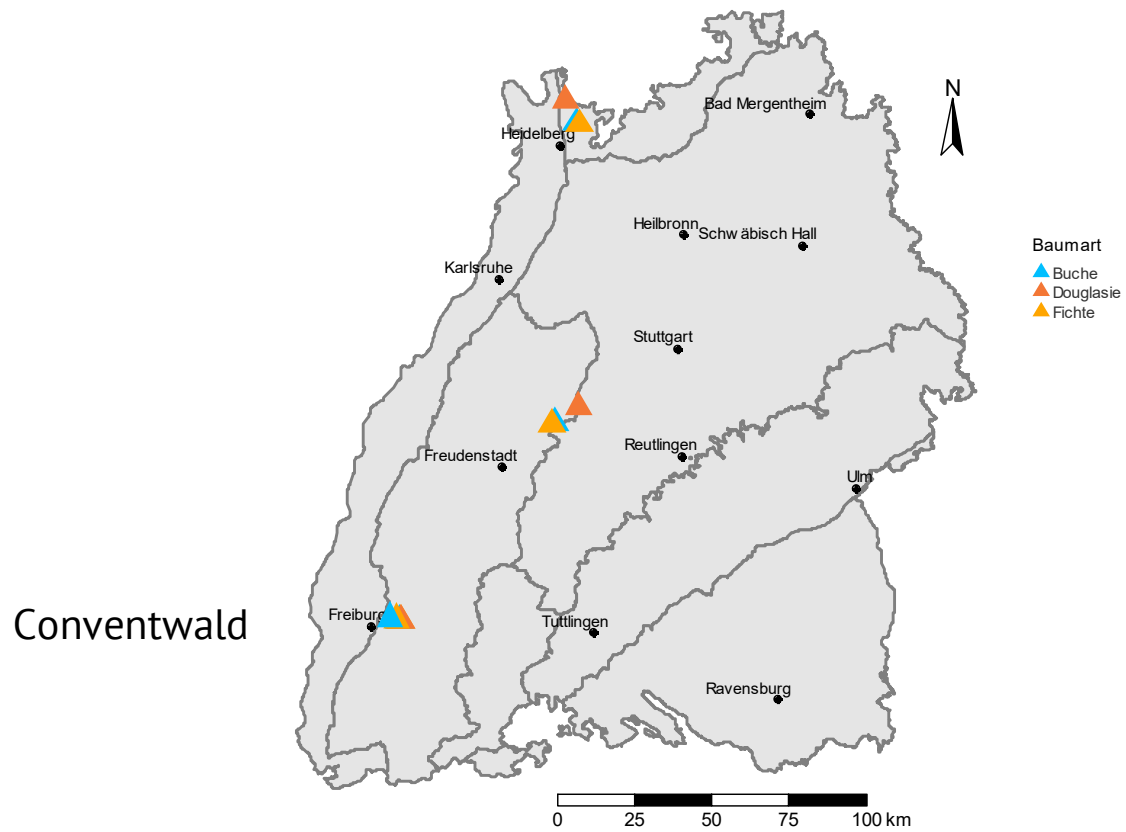
- Buche höheres nirKS (Nitritreduktase) Potential Bu>Dgl=Fi in AS und HD
- Douglasie höheres nosZ ( $\text{N}_2\text{O}$  Reduktase) Potential in AS und HD

## Zusammenfassung Standort Baumart

- Mikrobielle Biomasse
    - Bodenchemie > Klima und Baumart (Juli 2021)
      - Wie sieht die Biomasseentwicklung im Jahresverlauf aus?
    - AS hohe Cmic, Regenwurmaktivität (Vermischung, Belüftung)
  - Denitrifizierung in 0-5 cm Baumeffekte
    - Buche höheres nirKS (Nitritreduktase)
    - Douglasie höhere nosZ (N<sub>2</sub>O Reduktase)
- Effekte von Klima mit Langzeituntersuchung
- Bodenfauna <=> Mikroorganismen, unbedingt mit einbeziehen
- Bedeutung der Saisonalität?

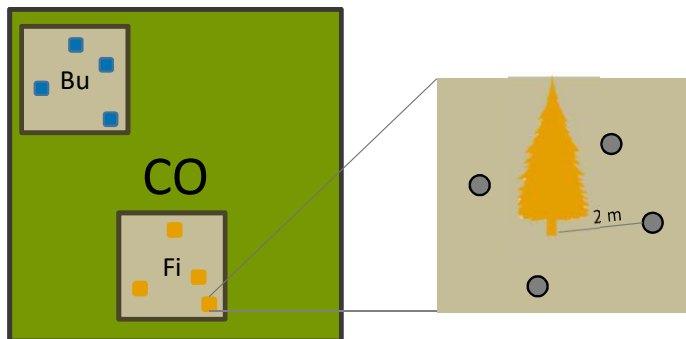


# Untersuchungsgebiet



Conventwald





L Streu

O Organische Auflage

A Mineralboden  
(0-10cm)

Quelle: Svenja Meier

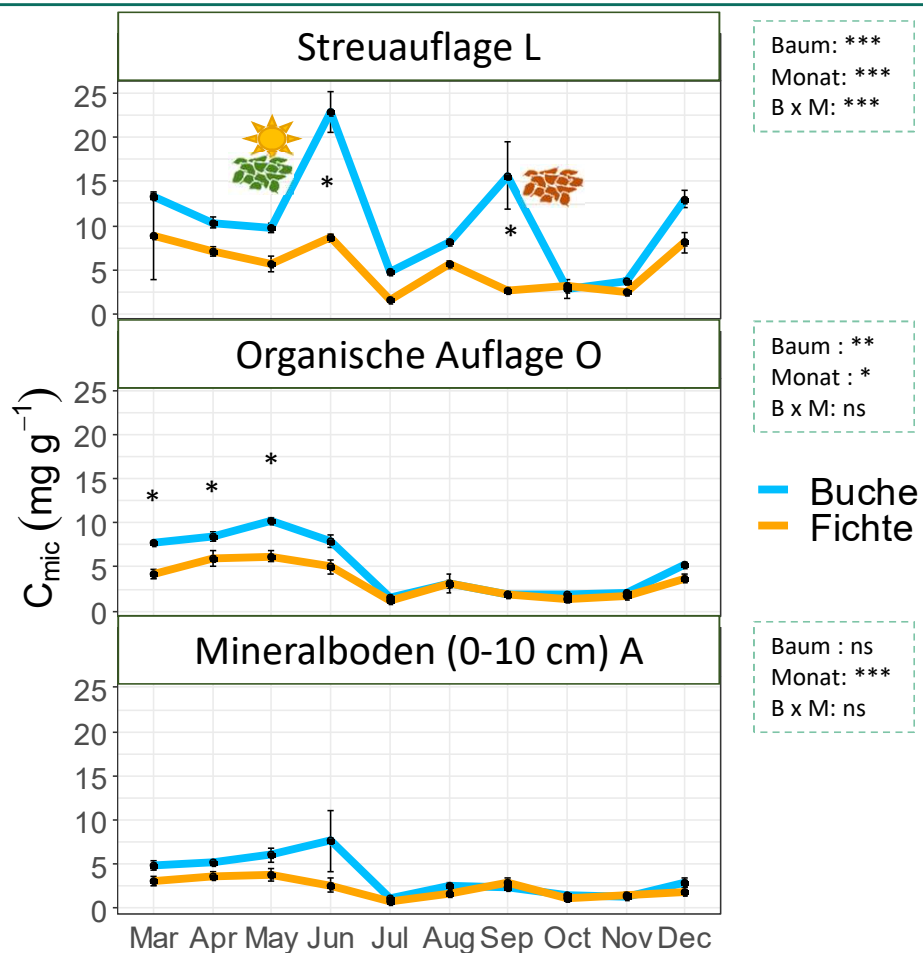
## Beprobung 2022

März bis Dezember, alle 28 Tage

- 1 Standort
- 2 Baumarten
- 4 Proben pro Baum
- 3 Tiefenstufen
- 10 Zeitpunkten

→ 240 Proben

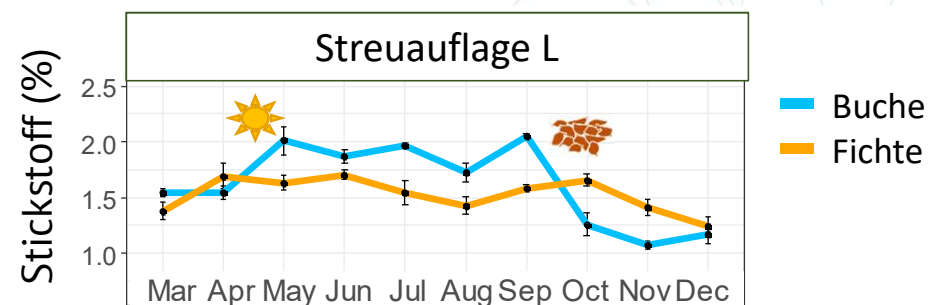
# Saisonale Effekte: C<sub>mic</sub>



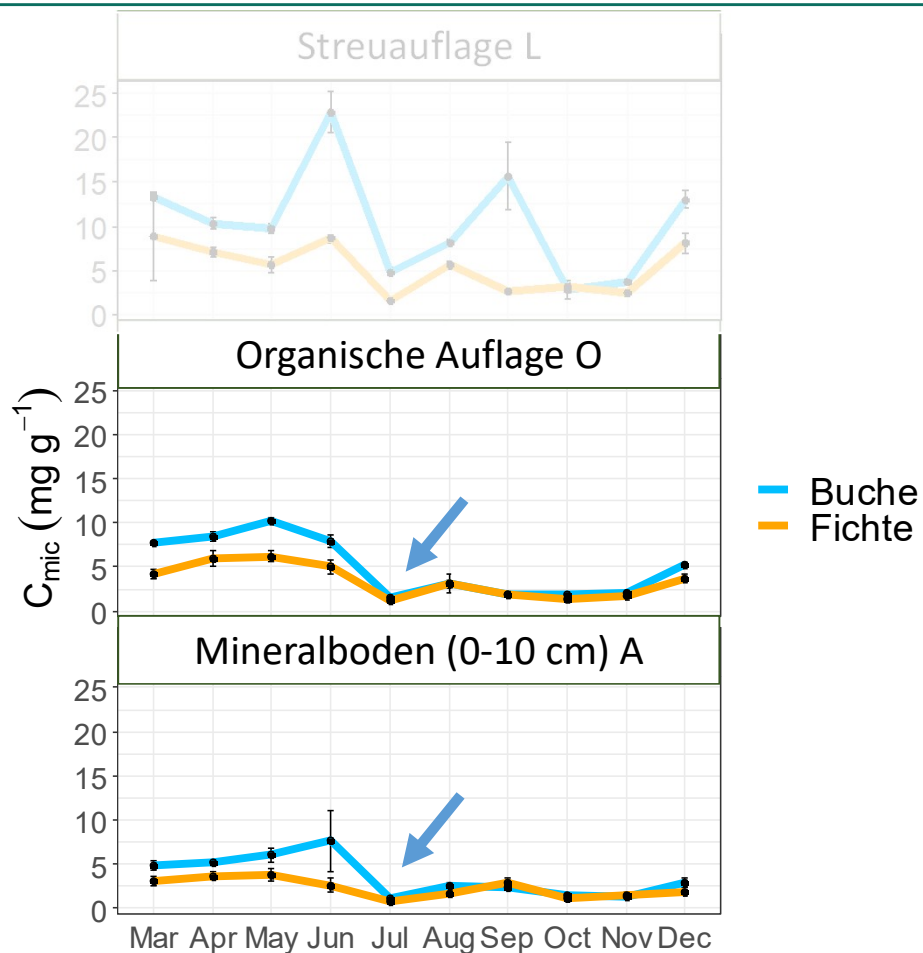
- Abnahme der Biomasse mit Tiefenstufe
- signifikante Änderung im Jahresverlauf
- signifikante Baumart Unterschiede in einigen Monaten

	Blatt 100%	Blüte	Start Blattfall
Buche	09.05.	01.05.	26.09.
Fichte		25.04.	

- Nährstoffeintrag (Stickstoff)

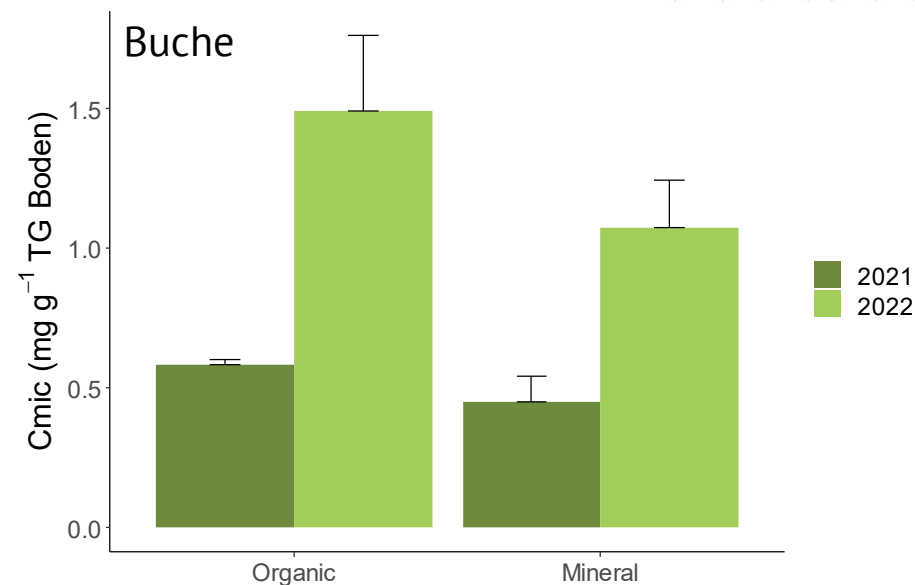


# Saisonale Effekte: C<sub>mic</sub>

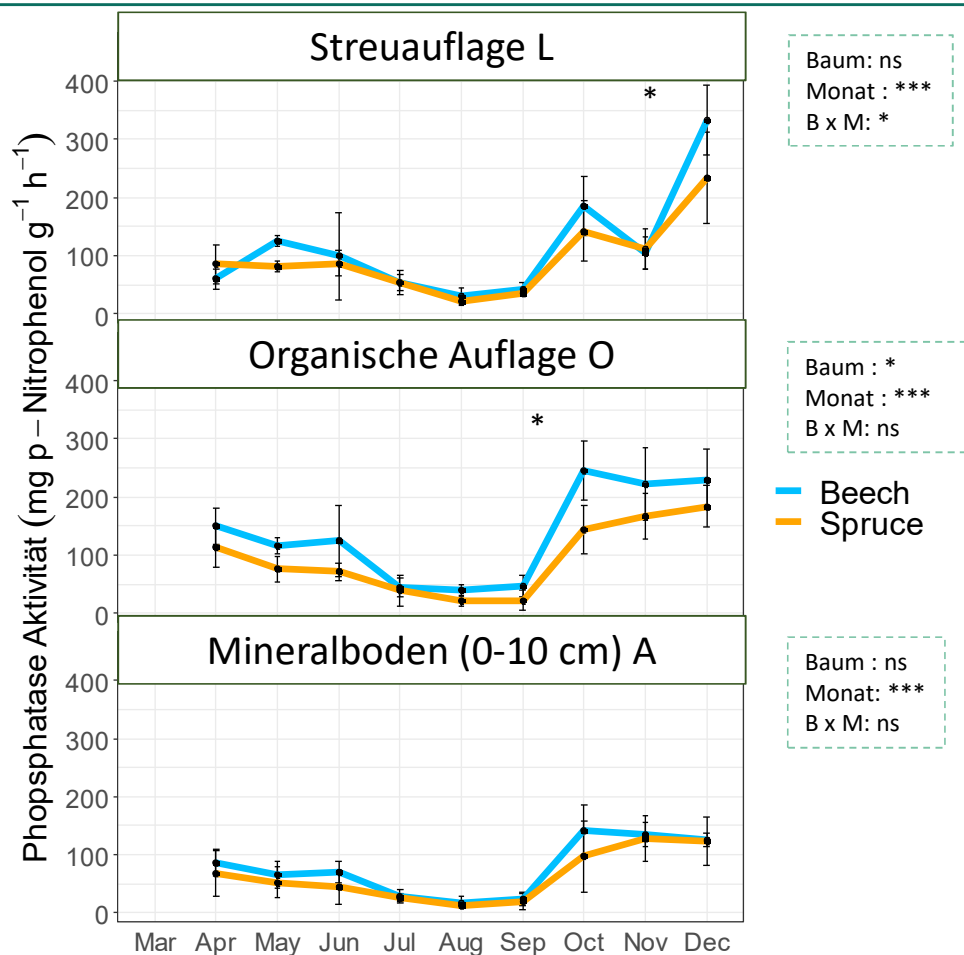


## Vergleich zu 2021

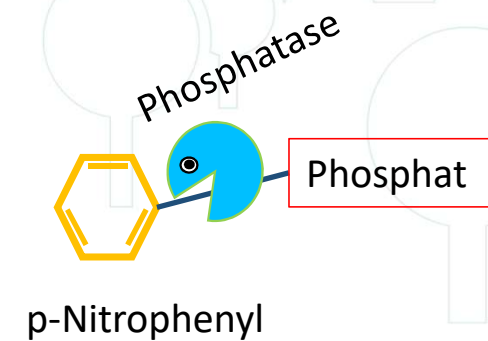
- Juli 2022: niedrigster Wert im Jahresverlauf
- geringere Biomasse in 2021
  - 2021: kühl und feucht
  - 2022: trocken und warm



# Saisonale Effekte: Phosphatase-Aktivität



- signifikante Änderung im Jahresverlauf
- wenige Baumartunterschiede
- hohe Aktivität im Herbst  
Nährstoffeintrag (Blattfall)





## Zusammenfassung

- Baumart Unterschiede in der Biomasse nicht das ganze Jahr sichtbar (Phänologie)
    - ausgeprägte Peaks der mikrobiellen Biomasse bei Buche
  - Baumart Unterschiede der Biomasse nehmen mit Tiefe ab
  - Phosphataseaktivität gleiche Saisonalität in den Tiefenstufen, wenig Baumarteffekte
- Zeitpunkt der Beprobung je nach Fragestellung ist wichtig

## Ausblick

- Auswertung der Gene des gesamten Stickstoff- und Phosphorkreislaufes
- Metagenom (Gemeinschaft und deren Funktionen)
- Metatranskriptom für 3 Zeitpunkte 2022: Gemeinschaft und deren Aktivität (RNA, sehr aufwendig)
- direkter Vergleich der genetischen und nicht-genetischen Methoden

→ Abschlussveranstaltung **12. + 13.03.2024 in Freiburg**

*Diskussion über wichtige Funktionen, Machbarkeit von genetischen Methoden im Monitoring, bestätigter Referent: Prof. Dr. François Buscot*



<https://www.fva-bw.de/top-meta-navigation/fachabteilungen/boden-umwelt/forstliches-umweltmonitoring/klima-bodenorganismen>



**FVA** Forstliche Versuchs-  
und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg

  
**LFV** Landes  
Forst  
Verwaltung  
BW

*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!*