



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER

**Agroscope**

# **Biologische Vielfalt im Boden**

## **Vorteile und Auswirkungen des Weinbaus**

Katie Mackie-Haas, Forschungsgruppe Weinbau Deutschschweiz

13. Januar 2022



# Boden



**Leptosol**



**Cambisol**

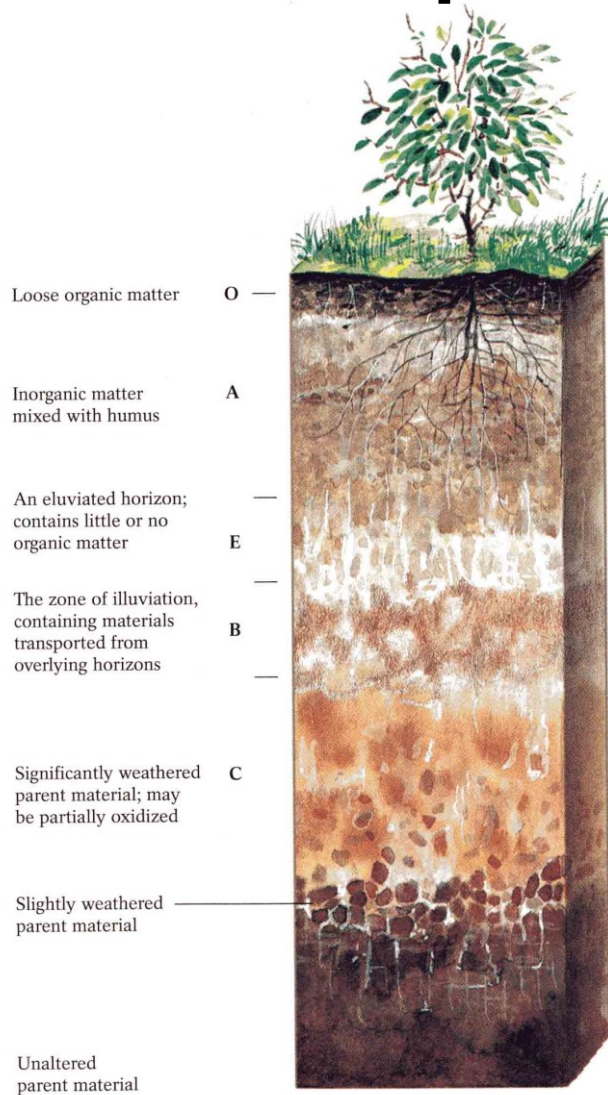


**Anthrosol**





# Bodenprofil und Biodiversität



## ■ O horizont

- Organische Materie (OM) oder Humus, sehr fruchtbar mit vielen Makro-, Meso- und Mikro-fauna

## ■ A horizont

- Viele Mikroorganismen
- Durchschnittlich von 5% OM, 20% Humus, 45% Mineralien

**25 bis 40 Milliarden Tonnen Oberboden werden jedes Jahr abgetragen.**

**Es kann 1000 Jahre dauern, bis 1 cm Boden entsteht.**



1 m<sup>2</sup>  
Waldboden  
enthält  
>1,000  
wirbellose Tierarten

1 g  
Fruchtbare  
Erde  
enthält  
>1,000,000  
Organismen

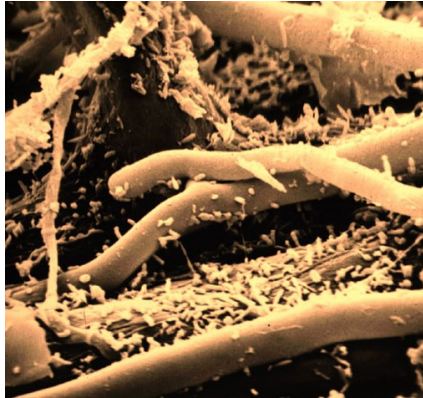
**Biologische Vielfalt  
des Bodens:  
Variabilität der  
lebenden Organismen  
im Boden und der  
ökologischen  
Komplexe, zu denen  
sie gehören**

**(UNEP 1992)**

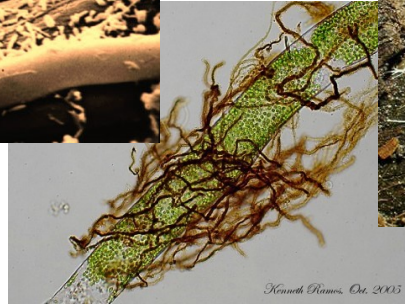




# Biologische Vielfalt



Mikroorganismen



Mesofauna

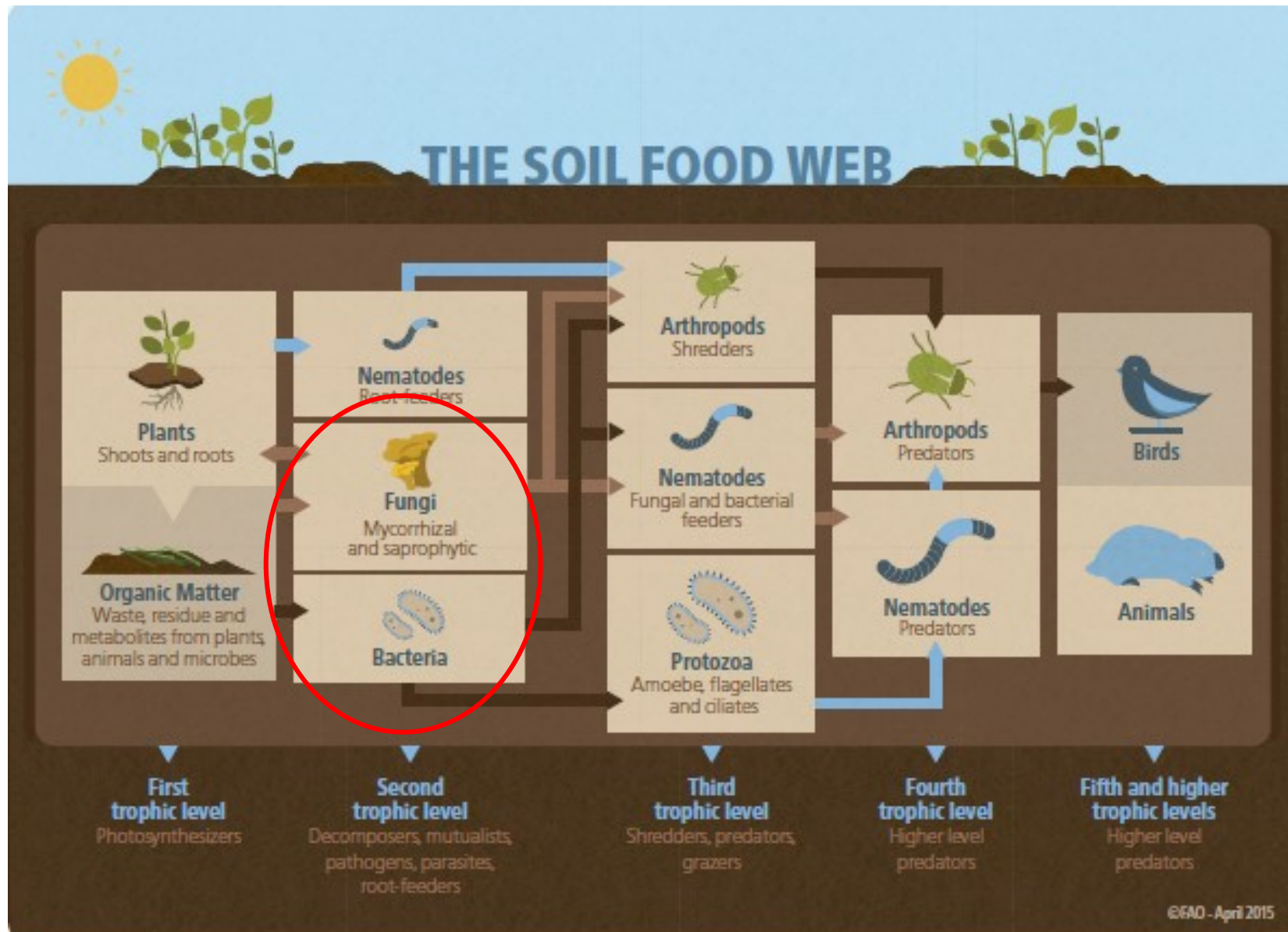


Mikrofauna



Makrofauna







# Vorteile von Biologische Vielfalt im Boden

- Ökosystemleistungen
  - C Speicherung = ↓ Treibhausgasemissionen
  - Regulierung der hydrologischen Prozesse
  - Bodenbildung
  - Nährstoffkreislauf
  - Bodenentgiftung
  - Unterdrückung von Schädlingen und Parasiten
  - Förderung des Pflanzenwachstums



# Vorteile der funktionellen Vielfalt im Boden

- Einige Mikroorganismen sind recht spezifisch, andere überschneiden sich in ihren Funktionen (funktionelle Redundanz)
- Nährstoffkreislauf
  - C Kreislauf
  - N Kreislauf (Nitrifikanten, Denitrifikanten)
  - Enzyme
- Detoxifizierer (Übertragung von Schadstoffen, Schwermetallen)
- Zersetzer (abgestorbene Organismen, Kompostierung)
- r- vs K-Strategen (hohe oder niedrige Wachstumsrate, leicht verfügbare oder komplexe Substrate)





# Negative Auswirkungen der Landwirtschaft

- Die wahrscheinlichsten Ursachen für den Verlust der biologischen Vielfalt laut The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB):
  - Störung
  - Verschmutzung
  - Invasive Pflanzen
  - Klimawandel
- Direkter Einfluss – Bodenmikroorganismen sind empfindlich gegenüber Störung
- Indirekter Einfluss – Bakterien brauchen andere Organismen oder Wasser, um sie oder ihre Substrate zu zersetzen



# Störung im Rebbau = Bodenbearbeitung

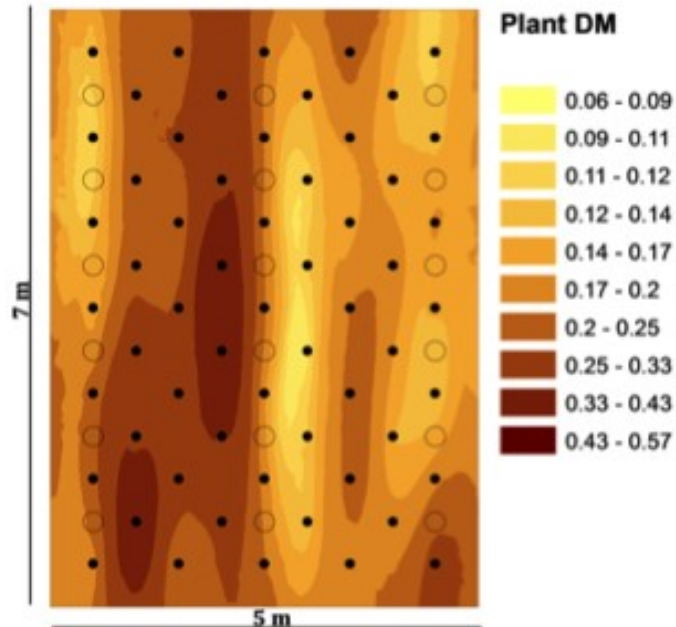
- Bodenstörungen führen leicht zu einer Unterbrechung der Pilzfäden und -hyphen, während der zunehmende Verkehr auf dem Feld zu einer Bodenverdichtung führt, die die Bodenstruktur sowie die Luft- und Wasserinfiltration beeinträchtigt.
- Bodenbearbeitung kann die folgenden Gruppen reduzieren:
  - Regenwürmer
  - Bodenmikrobielle Biomasse (Bakterien und Pilze)
  - Bodenenzyme, die im C Kreislauf mithelfen (Xylanase)



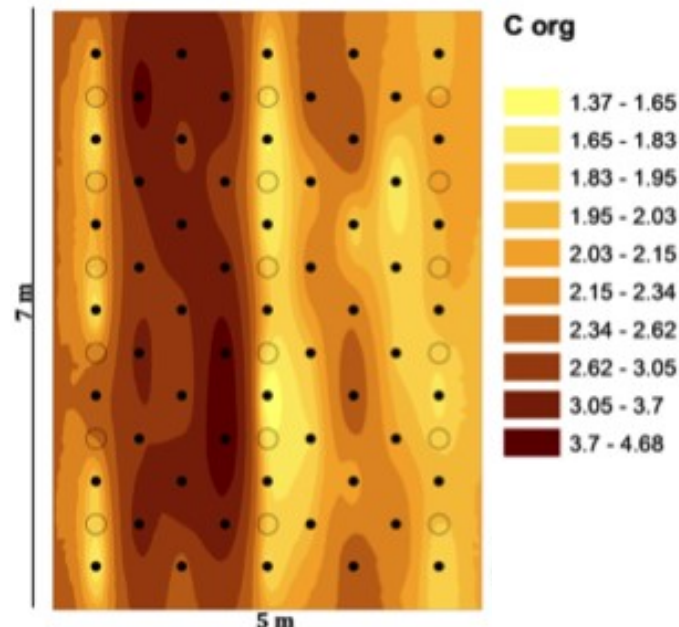
# Bodenbearbeitung

- Baden Württemberg, DE; Rebberg; Umbric Leptosol (sehr steinig); Linke Fahrspur ohne Bodenbearbeitung, rechte Fahrspur ist im gleichen Jahr bearbeitet

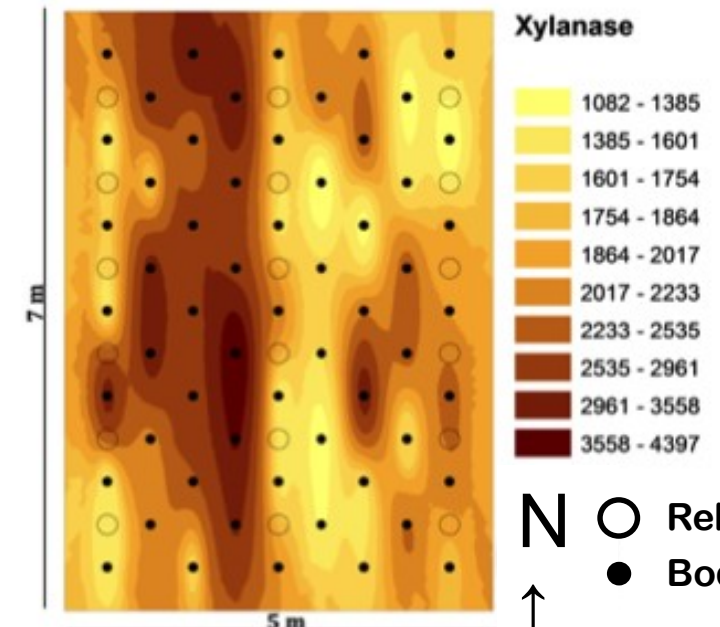
Pflanzentrockenmasse ( $\text{kg m}^{-2}$ )



Organischer Kohlenstoff (%)



Xylanase ( $\mu\text{g GLV g}^{-1} 3 \text{ h}^{-1}$ )



N  
↑  
○ Rebstock  
● Bodenprobe



# Verschmutzung im Rebbau = Fungizide und co.

- Verschmutzungen im Rebbau mit Pflanzenschutzmittel hemmen die funktionelle Aktivität von Organismen, haben aber auch toxische Wirkungen auf bestimmte empfindlichere Makrofauna.
- Verschmutzung kann die folgenden Gruppen reduzieren:
  - Regenwürmer
  - Amphibien
  - Bodenmikrobielle
  - Bodenenzyme, die im P und S Kreislauf mit helfen (Phosphatase, Arylsulfatase)





# Synthetische Fungizid

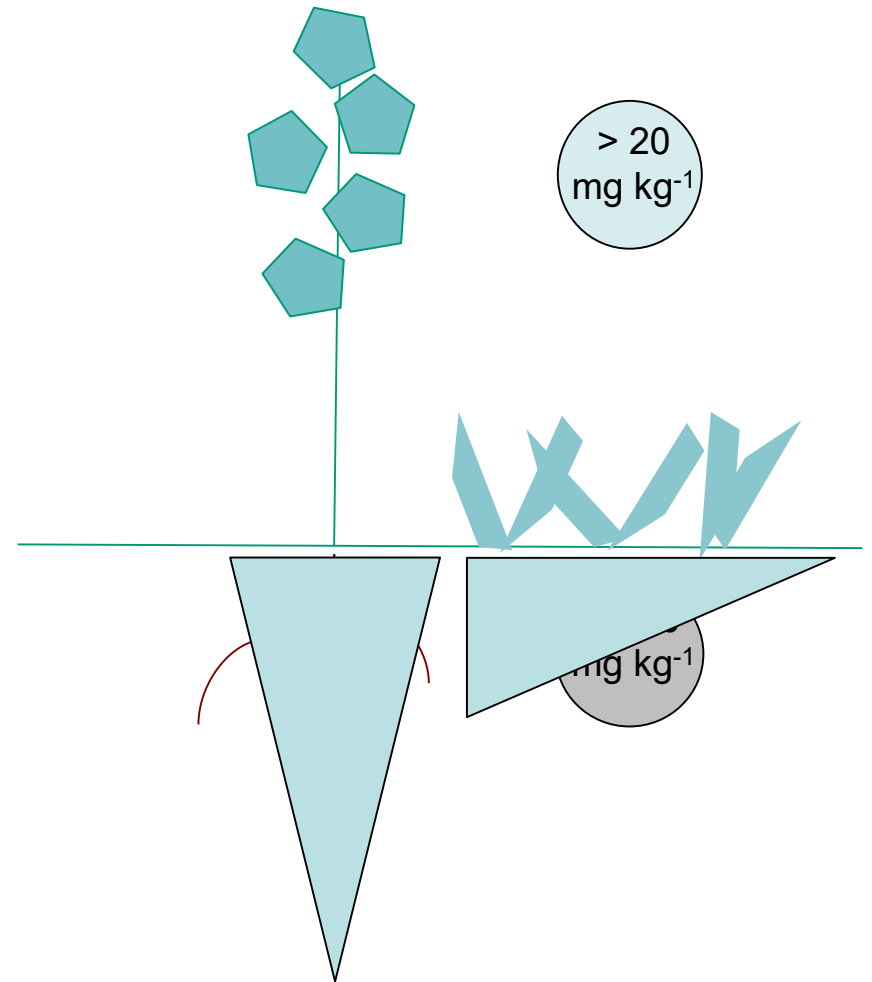
- Kürzlich wurde in Deutschland im Labor nachgewiesen, dass Amphibien den Kontakt mit verschiedenen synthetischen Fungiziden, einschliesslich bestimmter Formulierungen von Folpet, meiden.
- Im Labor wird oft nur ein Produkt auf einmal getestet, während in der Praxis mehrere Produkte gleichzeitig verwendet werden.
  - Um diese Ergebnisse zu bestätigen, sind Praxisergebnisse erforderlich.
- Wenn Organismen aufgrund von Toxizität ihre Umwelt meiden, nimmt die Vielfalt ab und damit auch ihre Rolle in dieser Umwelt





# Kupfer Fungizid

- Kupfer ist auch ein Schwermetall
  - Nicht abbaubar, akkumuliert in Pflanzen und Boden
  - Verfügbar im Boden mit niedrigem CEC, pH und Humus
- ÖLN max. 4 kg Cu ha<sup>-1</sup>
- VITISWISS max. 3 kg ha<sup>-1</sup>
- DEMETER max. 2-3 kg ha<sup>-1</sup>

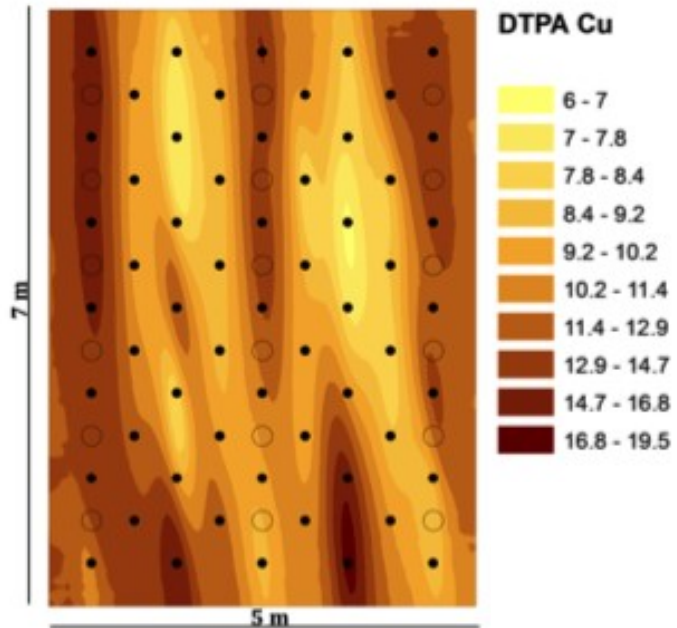




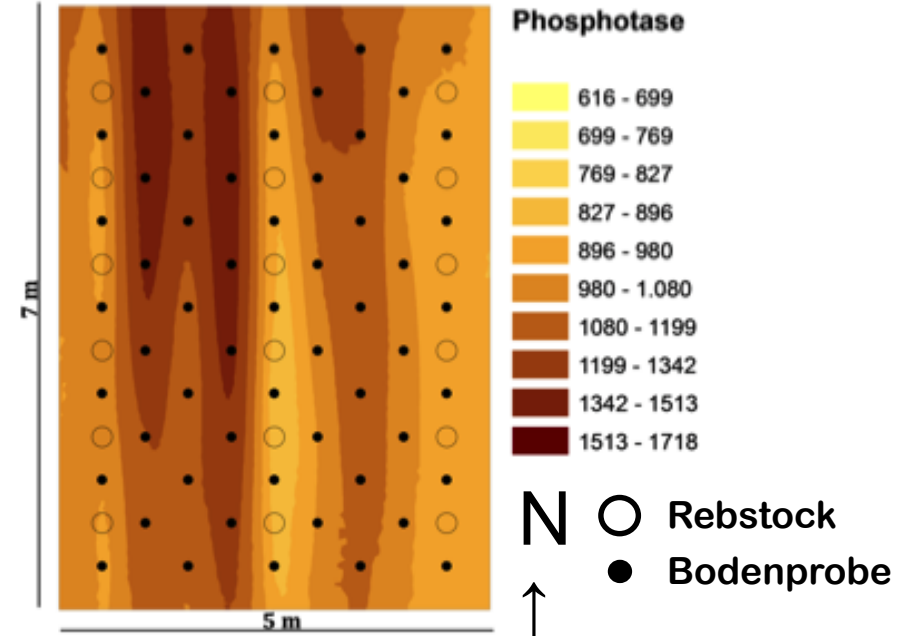
# Einfluss von Kupfer auf die funktionelle Aktivität von Mikroorganismen

Gesamtkupfer  $140 \text{ mg kg}^{-1}$

DTPA Kupferfraktion ( $\text{mg kg}^{-1}$ )



Phosphatase ( $\mu\text{g phenol g}^{-1} 3 \text{ h}^{-1}$ )





# Positive Auswirkungen der Landwirtschaft

- Biologische Vielfalt unterstützen durch Zugabe von
  - Kompost
  - Biokohle
- Management Strategie anpassen





# Kompost

- Hochwertiger Kompost
  - Führt dem Boden Nährstoffe und Mikroorganismen zu
  - Hat ein höheres Pilze/bakterien Verhältnis
    - Pilze sind wichtig für die Zersetzung von schwer abbaubarem C
- Im Versuch Kompost von Kuh-, Pferde- und Hühnermist sowie Stroh
  - 55 t ha<sup>-1</sup>, Mischung bis 10 cm tief





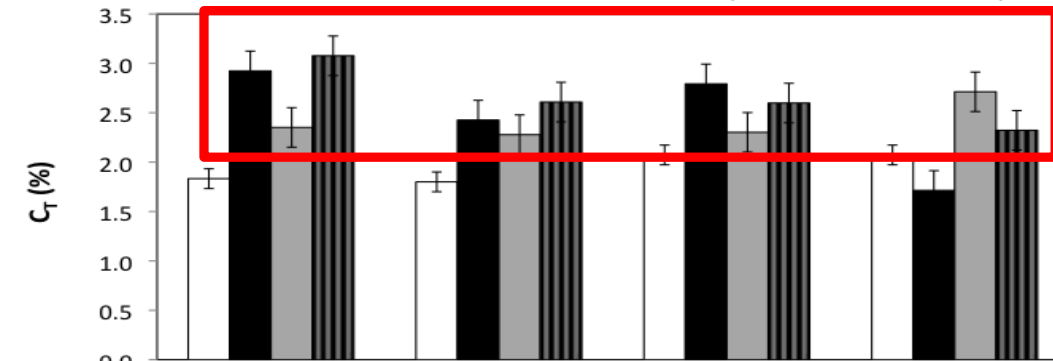
# Biokohle

- Biokohle hat viele verschiedene Formen
  - Werkstoff
  - Temperatur der Pyrolyse
  - Mit oder ohne Kompost
- Im Versuch Holz Biokohle (Pyrolyse 750°C)
  - 8 t DM ha<sup>-1</sup>, Mischung bis 10 cm tief
- Im Versuch Biokohle-Kompost, 8 t DM Holz Biokohle am Anfang der Kompostierung dazu gegeben
  - 63 t ha<sup>-1</sup>, Mischung bis 10 cm tief





### Total Carbon



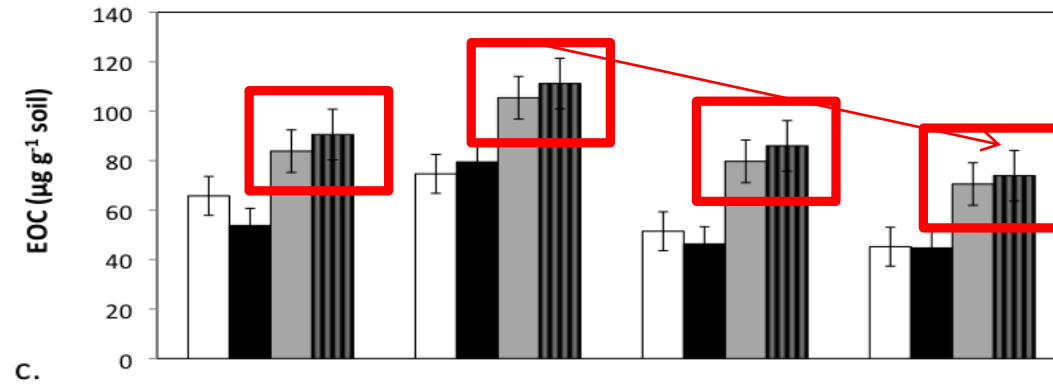
Control

Biochar

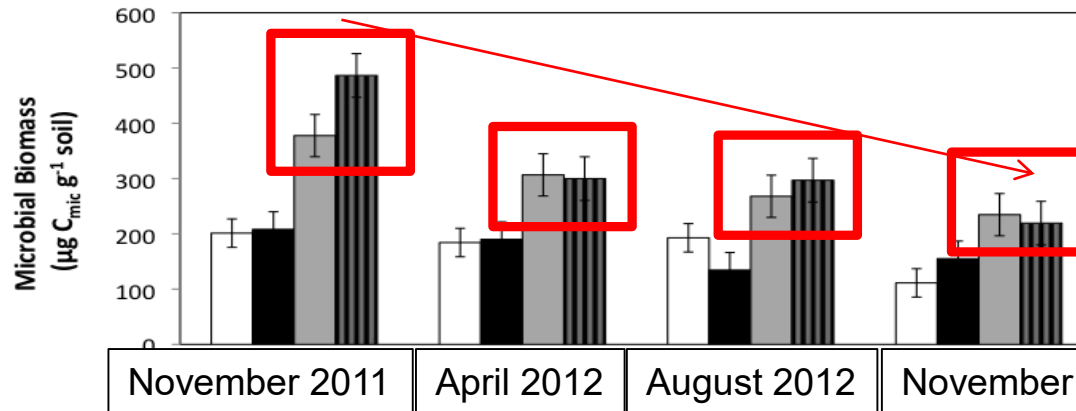
Compost

Biochar-Compost

### Exchangeable Organic Carbon



### Microbial Biomass Carbon





	Biochar (1 d.f.)	Compost (1 d.f.)	Date (3 d.f.)	Compost*Date (3 d.f.)
	F/P-value	F/P-value	F/P-value	F/P-value
<b>C<sub>mic</sub></b>	n.s.	36.32***	12.55***	3.37*
<b>N<sub>mic</sub></b>	n.s.	34.71***	8.93***	3.44*
<b>PLFA<sub>bacteria</sub></b>	n.s.	81.51***	4.56***	3.49*
<b>PLFA<sub>Gram +</sub></b>	n.s.	104.88***	4.27***	3.96*
<b>PLFA<sub>Gram -</sub></b>	n.s.	126.13***	10.55***	7.08*
<b>16S</b>	n.s.	26.97***	3.14*	n.s.
<b>PLFA<sub>fungal</sub></b>	n.s.	7.19**	11.37***	n.s.
<b>Ergosterol</b>	n.s.	6.92**	n.s.	n.s.
<b>Arylsulfatase</b>	n.s.	17.03***	8.54***	n.s.
<b>Phosphatase</b>	n.s.	37.49***	n.s.	n.s.
<b>Invertase</b>	n.s.	n.s.	13.01***	3.11*
<b>Actinobacteria</b>	n.s.	17.10***	5.17**	n.s.
<b>Acidobacteria</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b><math>\alpha</math>-Proteobacteria</b>	n.s.	10.96**	n.s.	n.s.
<b><math>\beta</math>-Proteobacteria</b>	n.s.	11.78**	n.s.	n.s.
<b>Firmicutes</b>	n.s.	209.23***	n.s.	n.s.
<b>Gemmatimonadetes</b>	n.s.	8.90**	n.s.	n.s.
<b>Actinobacteria %</b>	n.s.	4.76*	n.s.	n.s.
<b>Acidobacteria %</b>	n.s.	11.93**	2.82+	n.s.
<b><math>\alpha</math>-Proteobacteria %</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b><math>\beta</math>-Proteobacteria %</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Firmicutes %</b>	n.s.	123.18***	3.45+	3.35+
<b>Gemmatimonadetes %</b>	n.s.	14.91**	6.01**	n.s.





# Management Strategien

- 3 Hauptmanagement Strategien
  - Integrierte Produktion (IP)
  - Biologisch
  - Biodynamisch
  
- Kann Management einen Einfluss auf biologische Vielfalt haben?

**JA**, laut Meissner et al. (2019) und Ostandie et al. (2021)



# Management Strategien

- Langfristiger Feldversuch in Geisenheim, DE in Riesling-Parzelle
- Bodenqualität (Regenwürmer und mikrobielle Enzymaktivität), Pflanzenwachstum und Pflanzenmorphologie untersucht

IP

BIO

BIODYN

↑Bodenqualität

↓Vegetativer Wuchs

↓Traubenertrag

↓Traubenkompaktheit

↓Graufäule, Essigfäule

↑↑Bodenqualität

↓↓Vegetativer Wuchs

↓Traubenertrag

↓Traubenkompaktheit

↓Graufäule, Essigfäule



# Management Strategien

- Biologische Vielfalt in IP und biologischen Rebbergböden im Südwesten Frankreichs (Insgesamt 40 Rebberge)

IP

BIO

↑ Spinnen und Springschwänze

↓ Bestäuber und mikrobielle Biomasse

Wichtige Variablen für die biologische Vielfalt im Boden:  
Bodenbearbeitung, Insektizid-Nutzung und Kupfergehalt



# Unser Boden ist am leben

- Böden sind lebendig und sowohl funktional als auch biologisch vielfältig
- Der Boden bestimmt, welche Art von biologischer Vielfalt in ihm vorkommt.
  - Die biologische Vielfalt im Boden kann den Boden beeinflussen (Struktur, Nährstoffe, Luft, Wasser)
- Mikroorganismen im Boden erbringen regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen, die für die Landwirtschaft von Nutzen sind
  - Nährstoffkreislauf
  - Kohlenstoffspeicherung





# Unser Boden ist am leben

- Die Landwirtschaft kann negative und positive Auswirkungen auf die biologische Vielfalt im Boden haben
  - Bodenbearbeitung verringert die Abundanz von Bodenmikroben, die mikrobielle Gemeinschaft und die Enzyme des Kohlenstoffkreislaufs
  - Fungizide verringern die potenzielle Enzymaktivität, beeinträchtigen den Nährstoffkreislauf und reduzieren die Biomasse von Makro-, Meso- und Mikrofauna
    - Kupfer akkumuliert im Boden mit dauerhafte Nutzung
    - Keine Möglichkeit den Gehalt im Boden zu reduzieren, ausser Bodenmischung
- Kompostzugabe erhöht den Anteil verfügbarer Nährstoffe, die mikrobielle Vielfalt und die biologische Vielfalt im Boden



# Wie können wir die Nachteile minimieren?

## Managementstrategie anpassen

- Weniger Bodenbearbeitung, Häufigkeit von Traktorfahrten reduzieren
- Reduktion von giftige Pflanzenschutzmittel
  - Low Residue Strategie
  - Kupfergehalt reduzieren
  - Robuste Rebsorten (0-4 Behandlung im Jahr)
  - Prognosemodelle konsultieren (z.B. Agrometeo)
- Hochwertiger Kompost unterstützt mikrobielle Biomasse, während Biokohle C Gehalt steigert
- IP, Bio oder Biodynamisch?! → Mehr Information notwendig!



# Forschungsgruppe Weinbau Deutschschweiz

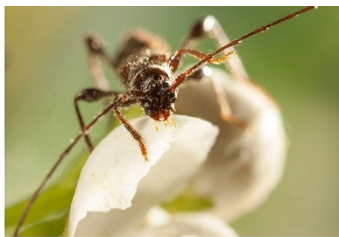
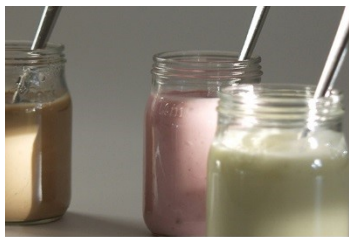
- Pflanzenschutzstrategien testen
  - Neue alternative Produkte
  - Bio-Pflanzenschutz mit reduziertem Schwefel und Kupfer
  - Pflanzenschutz ohne Folpet
  - Einfluss von IP und Bio Strategie auf Bodengemeinschaft
  
- Neue robuste Rebsorten agronomisch und önologisch prüfen





As you can see for yourself,  
this property has a very rich soil...





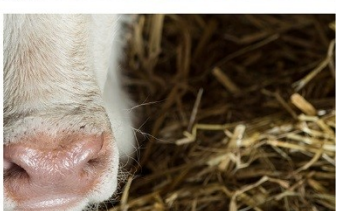
**Vielen Dank für Ihr Aufmerksamkeit!**

**Katie Mackie-Haas**

kathleen.mackie-haas@agroscope.admin.ch

**Agroscope** good food, healthy environment

www.agroscope.admin.ch







- Ali, R.S., Ingwersen, J., Demyan, M.S., Funkuin, Y.N., Wizemann, H.D., Kandeler, E., Poll, C. (2015) Modelling *in situ* activities of enzymes as a tool to explain seasonal variation of soil respiration from agro-ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry* 81, 291-303.
- Baldantoni, D., Bellino, A., Morra, L., Alfani, A. (2015) Compost amendment enhances natural revegetation of a Mediterranean degraded agricultural soil. *Environmental Management* 56, 946-956.
- Boeddinghaus, R.S., Nunan, N., Berner, D., Marhan, S., Kandeler, E. (2015) Do general spatial relationships for microbial biomass and soil enzyme activities exist in temperate grassland soils? *Soil Biology & Biochemistry* 88, 430-440.
- FAO (2015)
- Gardi, C. & Jeffery, S. (2009) *Soil biodiversity*. European Communities, Luxembourg.
- Helgason, B.L., Walley, F.L., Germida, J.J. (2010) No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in soil aggregates. *Applied Soil Ecology* 46, 390-397.
- Holland, T.C., Bowen, P.A., Bogdanoff, C.P., Lowery, T.D., Shaposhnikova, O., Smith, S., Hart, M.M. (2016) Evaluating the diversity of soil microbial communities in vineyards relative to adjacent native ecosystems. *Applied Soil Ecology* 100, 91-103.
- Kandeler, E., Palli, S., Stemmer, M., Gerzabek, M.H. (1999) Tillage changes microbial biomass and enzyme activities in particle-size fractions of a Haplic Chernozem. *Soil Biology & Biochemistry* 31, 1253-1264.
- Mackie, K.A., Müller, T., Zikeli, S., Kandeler, E. (2013) Long-term copper application in an organic vineyard modifies spatial distribution of soil microorganisms. *Soil Biology & Biochemistry* 65, 245-253.
- Mackie, K.A., Marhan, S., Ditterich, F., Schmidt, H.P., Kandeler, E. (2015) The effects of biochar and compost amendments on copper immobilization and soil microorganisms in a temperate vineyard. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 201, 58-69.



- Mackie, K.A., Zeiter, M., Bloor, J.M.G., Stampfli, A. (in preparation) High abundance of fungi assists grassland plant community in recovering post-drought.
- Mbutia, L.W., Acosta-Martinez, V., DeBruyn, J., Schaeffer, S., Tyler, D., Odoi, E., Mpheshea, M., Walker, F., Eash, N. (2015) Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. *Soil Biology & Biochemistry* 89, 24-34.
- Moll, J., Goldmann, K., Kramer, S., Hempel, S., Kandeler, E., Marhan, S., Ruess, L., Krüger, D., Buscot, F. (2015) Resource type and availability regulate fungal communities along arable soil profiles. *Microbial Ecology* 70, 390-399.
- Pimentel (1997) Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. *Bioscience* 47(11), 747-757.
- Sengupta, A., Dick, W.A. (2015) Bacterial community diversity in soil under two tillage practices as determined by pyrosequencing. *Microbial Ecology* 70, 853-859.
- TEEB (2010) The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.
- Xuan, D.T., Guong, V.T., Rosling, A., Alstroem, S., Chai, B., Hoegberg, N. (2012) Different crop rotation systems as drivers of change in soil bacterial community structure and yield of rice *Oryza sativa*. *Biology & Fertility of Soils* 48, 217-225.
- Zhang, B., Li, Y., Ren, T., Tian, Z., Wang, G., He, X., Tian, C. (2014) Short-term effect of tillage and crop rotation on microbial community structure and enzyme activities of a clay loam soil. *Biology & Fertility of Soils* 50, 1077-1085.