

[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

# Analyse

Analysis

# Beratung

Consultancy

# Fortbildung

Training

Das Büro ... ▾

Agri-Food-Politik ▾

Bodenmanagement ▾

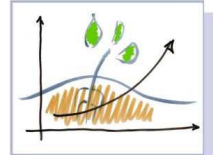
Umweltbildung ▾

Publikationen ▾

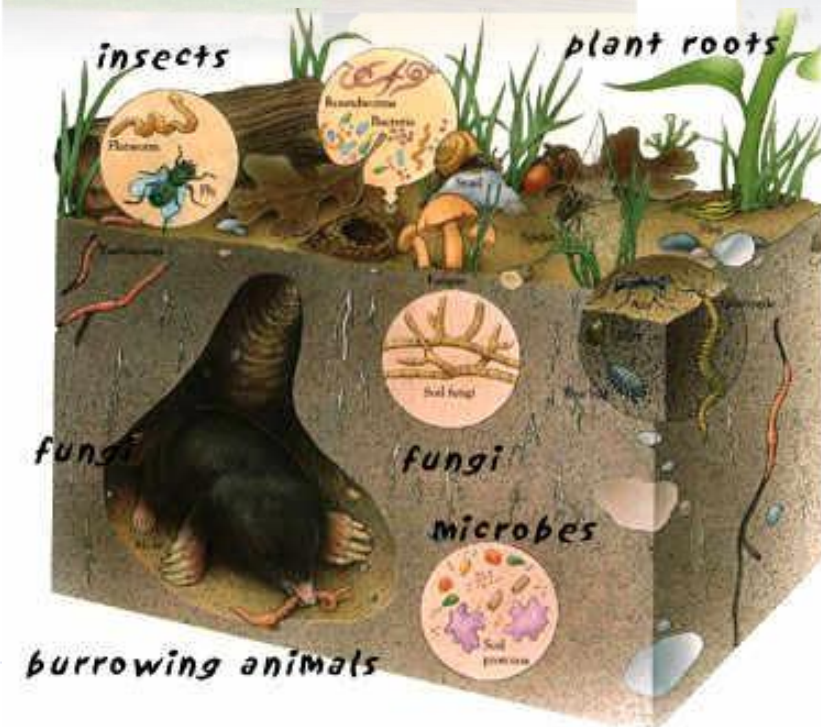
Agrarpolitik, Food-Policy, landwirtschaftliches Bodenmanagement,  
aufbauende Landwirtschaft, Bodenfruchtbarkeit, Qualitative Analyse der  
Bodenstruktur

Büro für Bodenschutz & Ökologische Agrarkultur  
Beratung, Analyse und Fortbildung für Politik und Landwirtschaft

**Seit 2001**



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

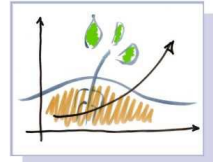


## Das Ganze im Blick haben – Gesunde Böden & gutes Klima

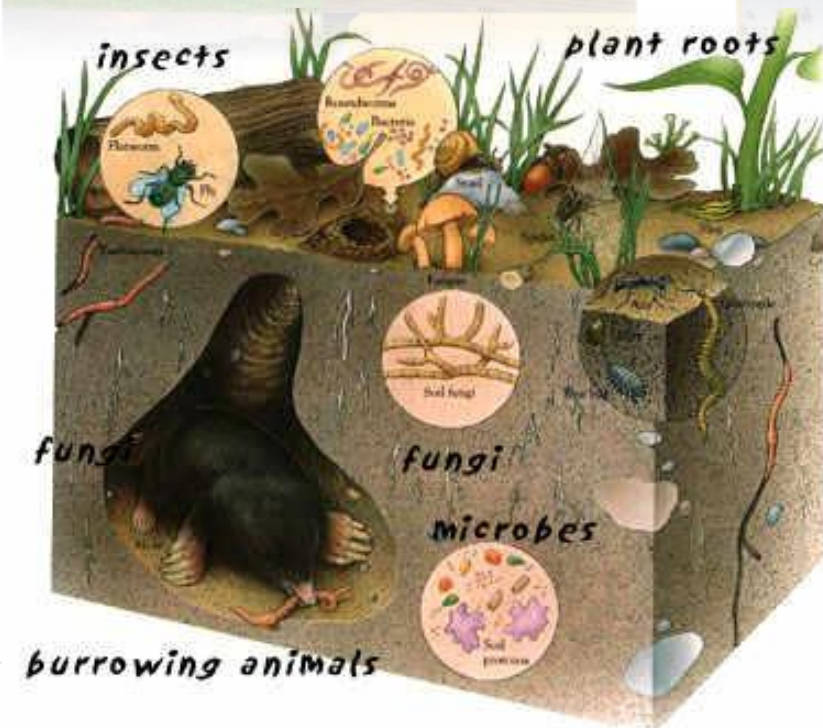
Dr. Andrea Beste

Linz 2024





[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)



## Status Quo

# Erosion

**Etwa 970 Millionen Tonnen fruchtbarer Boden gehen in der EU jedes Jahr durch Wassererosion verloren**

(Panagos et al. 2015)

**– genug Erde, um die gesamte Stadt Berlin einen Meter abzusenken.**

**Das JRC schätzt, dass der Bodenverlust bis 2050 voraussichtlich noch um 13 - 22,5 % zunehmen wird**

(Panagos et al. 2021).

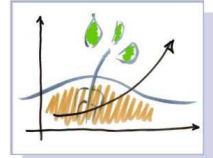
Fläche von Berlin...



**Die Bildung von einem Meter Boden dauert je nach Ausgangsgestein und Einflussfaktoren zwischen 20 000 und 200 000 Jahren.**



# Bodenqualitätsverlust

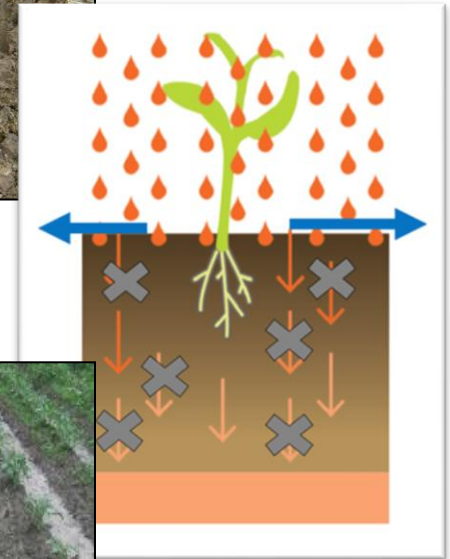


[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

**23 % der Flächen zeigen starke Unterbodenverdichtung und deutlich mehr Flächen zeigen schleichende Krumenverdichtung.**

**Das verstärkt die Erosionsanfälligkeit, vermindert die Wasserspeicherfähigkeit und die Erntesicherheit und verstärkt die Hochwassergefahr.**

(EU Kommission 2021; Beste 2021, Montanarella 2018)



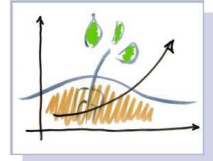
# Humusverluste..... in ganz Europa

Verlust von Humus führt zu zunehmender Erosion und Verdichtung in den letzten 30 Jahren.

(<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltprobleme-der-landwirtschaft>)

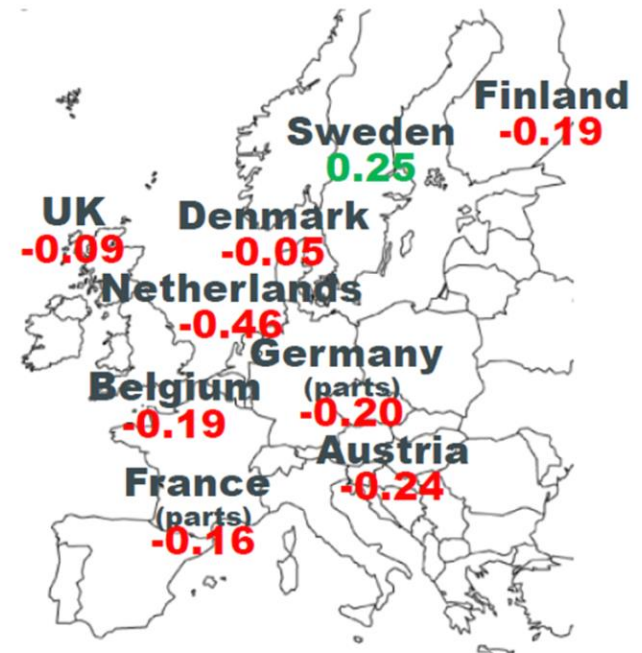


Das bestätigen auch europäische Messungen.



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

## Recent soil carbon stock changes in croplands



In t C/ha/yr and based on repeated soil inventories

Sources: Heikkinen et al. 2013, Poeplau et al. 2015, Taghizadeh-Toosi et al. 2014, Lettens et al. 2005, Knotters et al. 2022, Dersch and Böhm 1997, Höper 2021, Antoni et al., 2008

# Ursachen ...



Das europäische SOILSERVICE-Projekt, an dem 11 europäische Universitäts- und Forschungsinstitute beteiligt waren, hat die Auswirkungen verschiedener Intensitäten landwirtschaftlicher Nutzung auf die Bodenökosystemleistungen des Bodens in 4 europäischen Ländern vor 11 Jahren schon einmal untersucht.

(2008 – 2011)

Ergebnisse zeigen (u.a.):

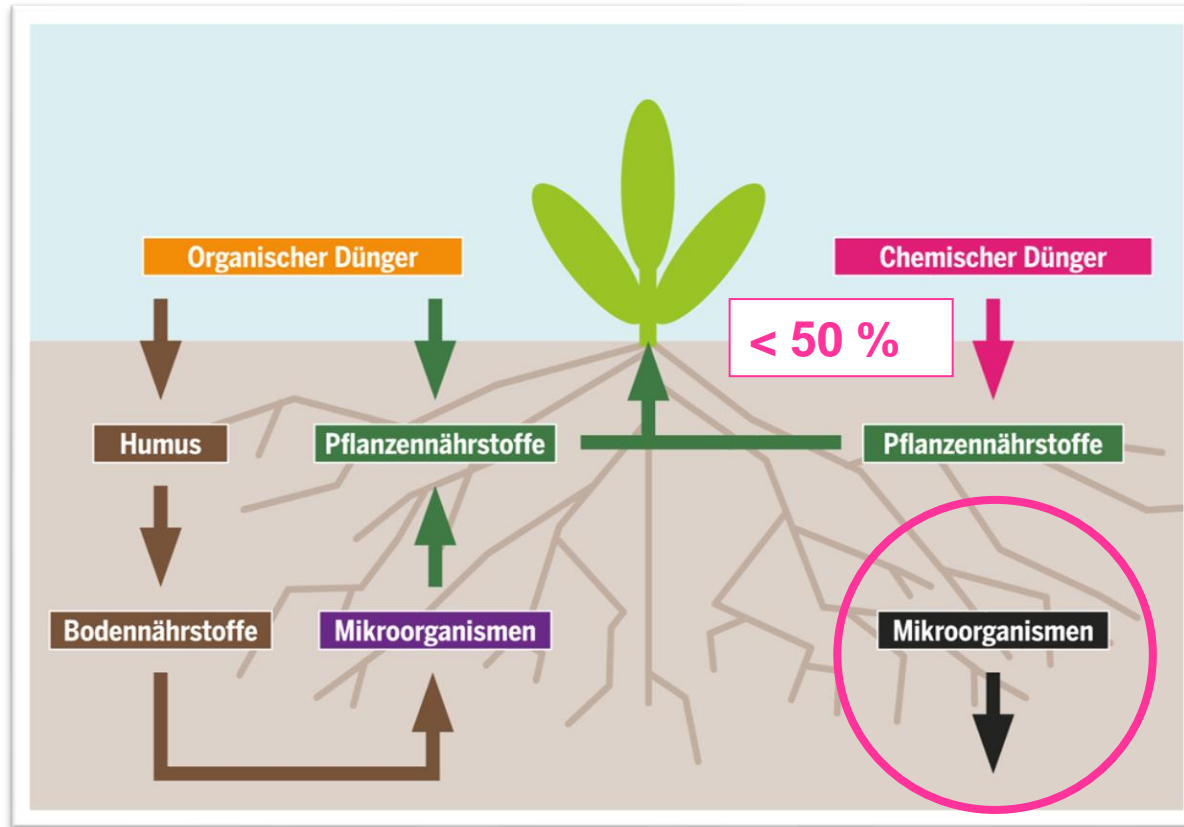
Intensive Landwirtschaft mit engen Fruchtfolgen, intensiver Düngung und einem hohen Pflanzenschutzmitteleinsatz führt zu einer Verschlechterung der biologischen Vielfalt im Boden, zu Humusschwund, Verdichtung und Erosion. (Hedlund, K. et al. 2012)

Die mit der Verschlechterung der Bodenqualität verbundenen Kosten belaufen sich in der EU aktuell auf über 50 Milliarden Euro pro Jahr! (EU Kommission 2021)

# Pflanzenernährung



Die Mineraldüngerproduktion war im Jahr 2018 für etwa 2,4 % der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Das ist mehr als der Anteil des globalen Geschäftsflugverkehrs im selben Jahr (Menegat et al. 2020).



**Synthetische Düngemittel fördern das Bodenleben nicht, sie beeinträchtigen sogar fruchtbarkeitsfördernde Mykorrhiza Pilze.**

Beste/Lorentz (2022)

**Weltweit kommen aber weniger als 50 % des gedüngten Stickstoffs bei den Pflanzen an, der Rest geht verloren.**

(Zhang et al. 2021, BIZ 2022)

(verändert, Beste 2015/Bodenatlas)



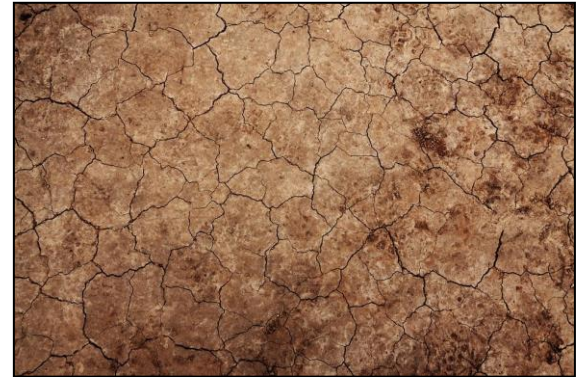
# **Klima Auswirkungen....**

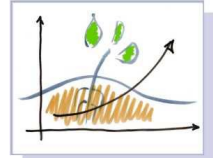
## **Die Böden sind gestresst....**

**Die Böden werden durch den Klimawandel auf vielfältige Weise beeinträchtigt, vor allem aber durch einen grundlegend veränderten Wasserkreislauf.**

**Dies führt zu vermehrter Trockenheit, die Bodenorganismen zerstört, aber auch zu extremen Niederschlagsereignissen, die Erosion und Bodenverluste auslösen.**

**Wenn die Vegetationsdecke zurückgeht, wird das Mikroklima heißer und die lokale Luftfeuchtigkeit sinkt. Nachhaltiges Bodenmanagement kann eine Lösung sein, aber noch zu oft werden die Zusammenhänge zwischen Boden, Vegetation und Klima nicht richtig erkannt.**





[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)



**Was tun?**

# Was wir zum Schutz der Böden tun müssten...

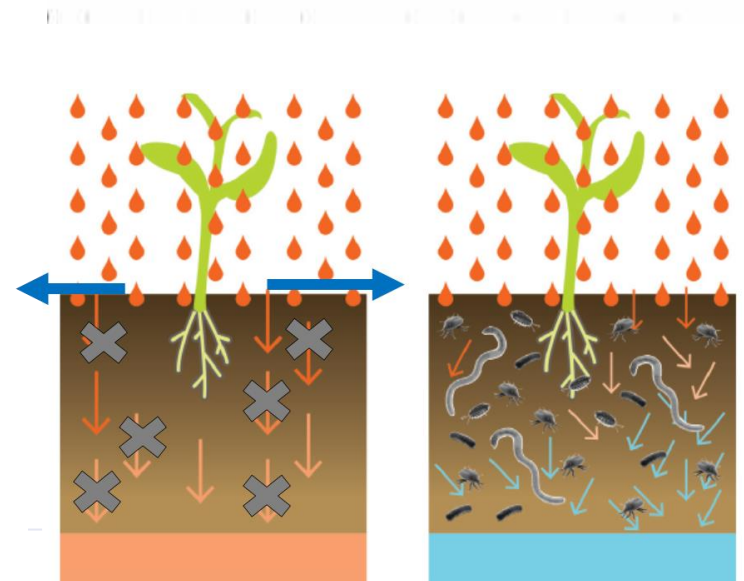
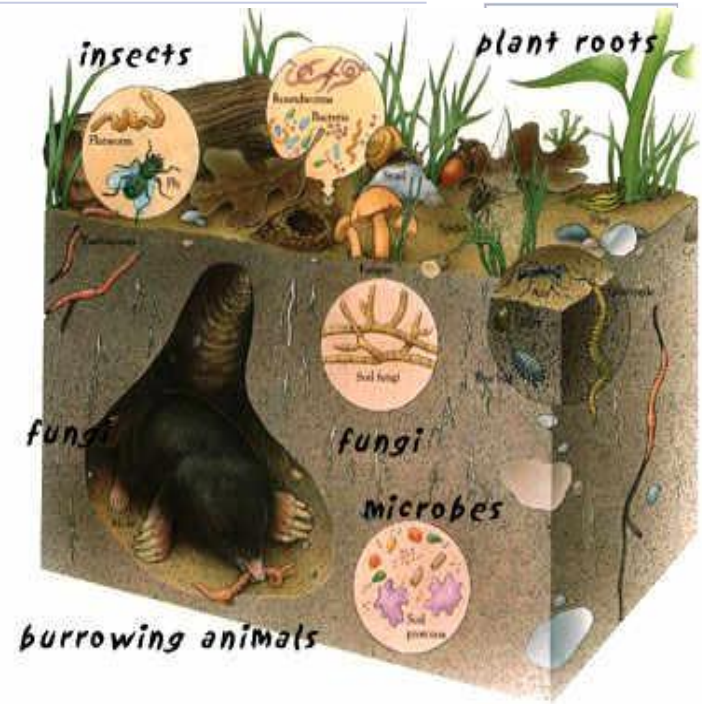
Zur Aufrechterhaltung der Bodenfunktionen ist eine hohe biologische Aktivität wichtig.

Nur Mikroorganismen können Mittelporen bilden, die Wasser speichern und reinigen können.

Ist der Boden biologisch verarmt, geht daher auch die Wasseraufnahme- und -speicherfähigkeit zurück.

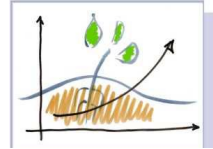
Daher können Öko-Flächen mehr als doppelt soviel Wasser aufnehmen und im Boden speichern, wie konventionelle (UBA 2016).

Bio-Winzer kamen beispielsweise mit dem Dürresommer 2022 deutlich besser zurecht (Finanznachrichten 20.01.2023).





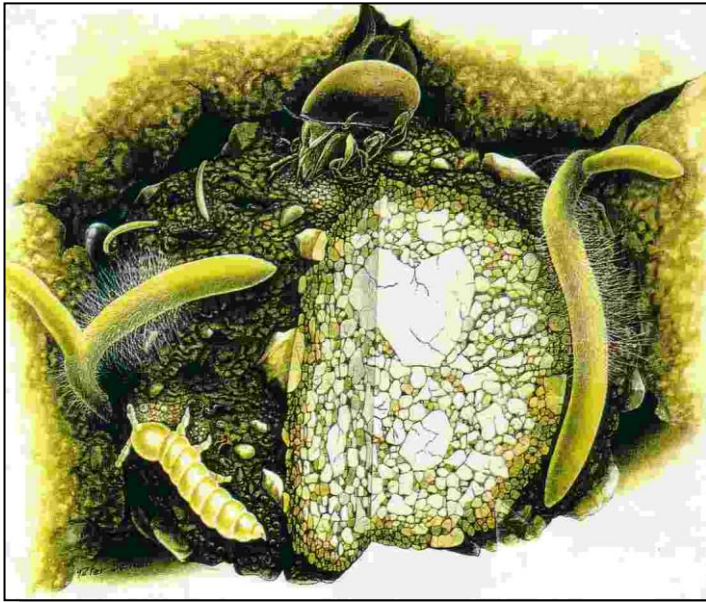
# Nur Bodenorganismen können Bioporen bilden ...



Nur Bodenorganismen können Bioporen bilden, technisch funktioniert das nicht.

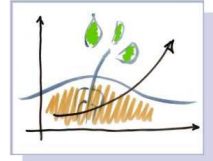
Nur Bioporen (mittelgroße Poren) können Wasser speichern und es an Pflanzen abgeben.

Grobe oder feine Poren erfüllen diese Funktion nicht.



Source: BSF1991



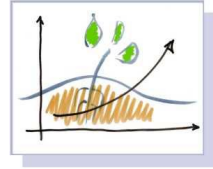


[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)



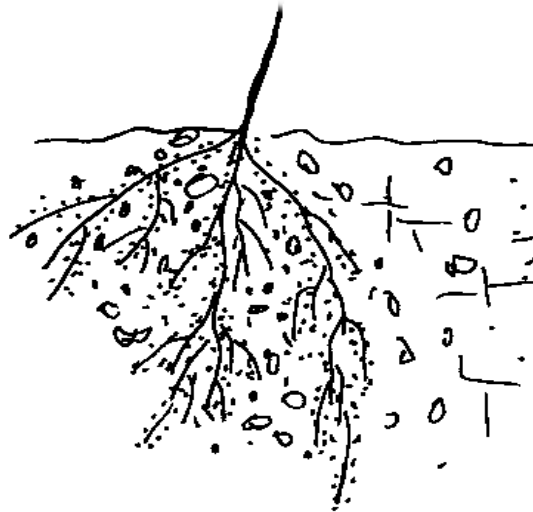
**PFLANZEN**

# Wurzeln bauen Humus auf und lockern den Boden



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

Höhere biologische Aktivität in Wurzelnähe



**Versorgung des Bodenlebens durch „Fütterung“ mit Wurzeln (Wurzelausscheidungen und absterbende Wurzeln) sowie mechanische Verbauung der Bodenteilchen.**

**Mikrobielle Biomasse nimmt entsprechend der Wurzelmasse zu.**

**Wurzeln sind die größten Humusbildner** (Gentsch 2020).

Biologische Aktivität  
Organismendichte  
Stoffwechselintensität  
Strukturstabilität

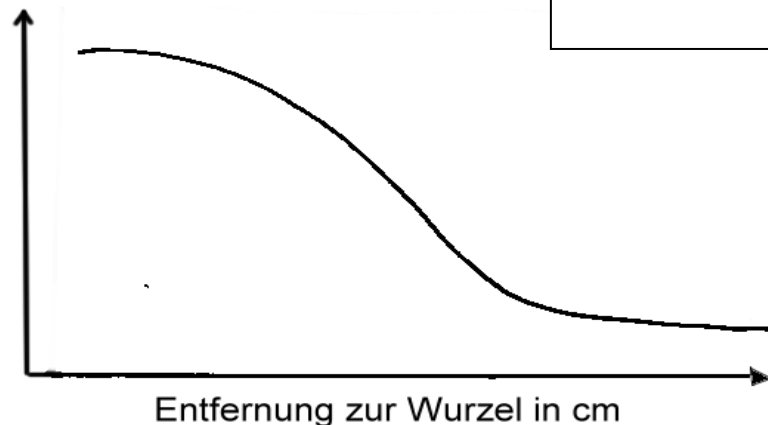
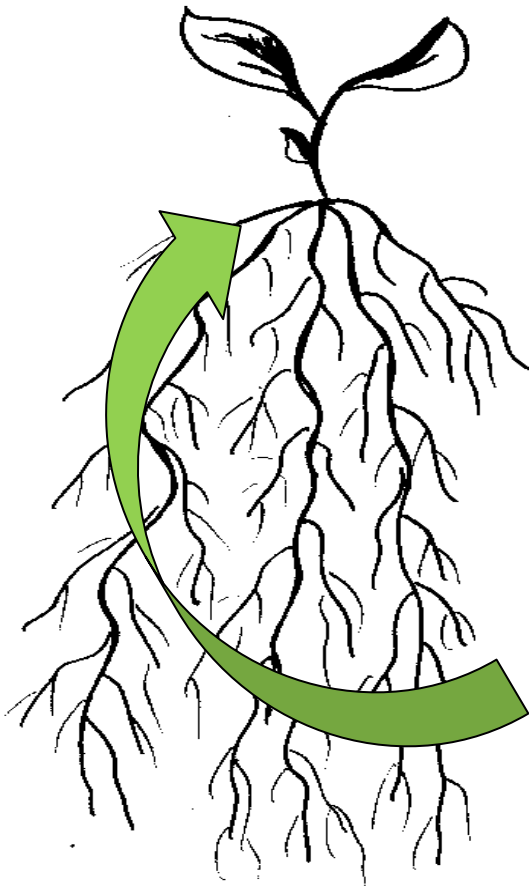


Abbildung: BESTE 2005 nach Gisi 1997



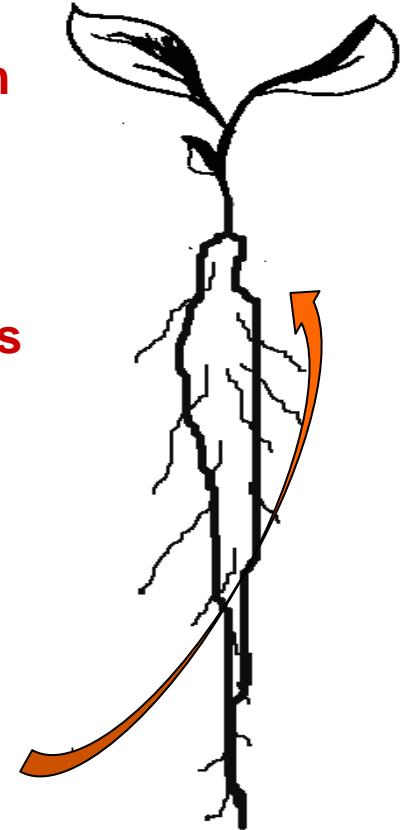
# Zwischenfruchtbau: Feinwurzler oft unterschätzt



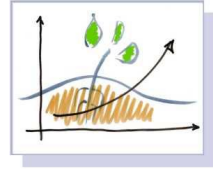
Im konventionellen Anbau dominieren Senf und Rüben im Winterzwischenfruchtbau.

Die Pfahlwurzel dieser Zwischenfrüchte leistet jedoch relativ wenig für die Aktivität des Bodenlebens, eine netzartige Stabilisierung des Gefüges und den Humusaufbau.

**Vielfältige Gemenge leisten hier ein Vielfaches.** Gentsch N. (2020)



# Wurzeln bauen Humus auf und lockern den Boden

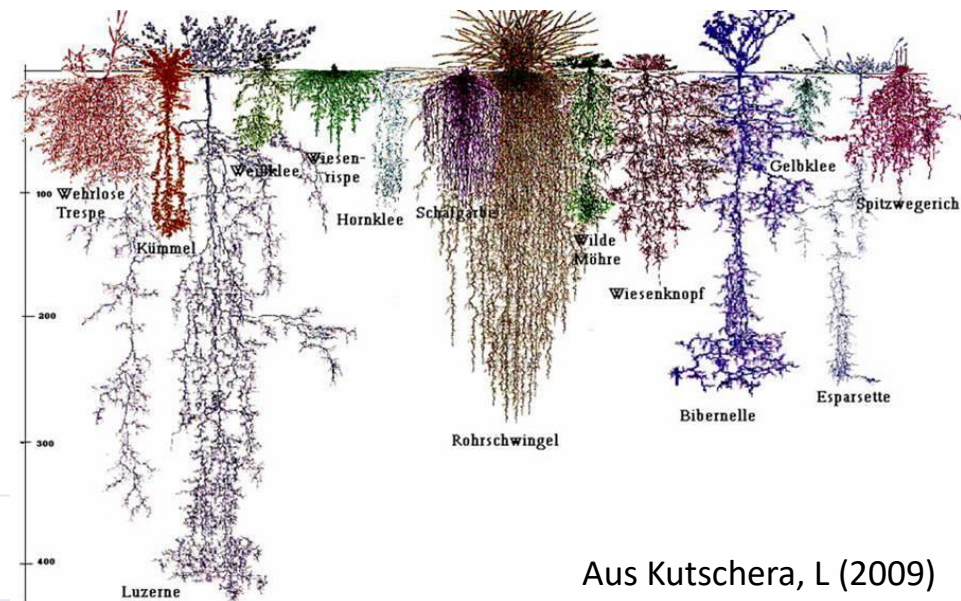


[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

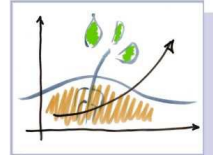
## Wurzeltrockenmasse und Ernterückstände unterschiedlicher Zwischenfrüchte

Zwischenfrüchte	Wurzeltrockenmasse in dt/ha	Ernterückstände in dt/ha
Winterrübsen	5	9
Grünroggen	8-11	14-16
Landsberger Gemenge	19-22	27-29

Zusammenstellung aus Beste (2005), nach Freyer (2003)



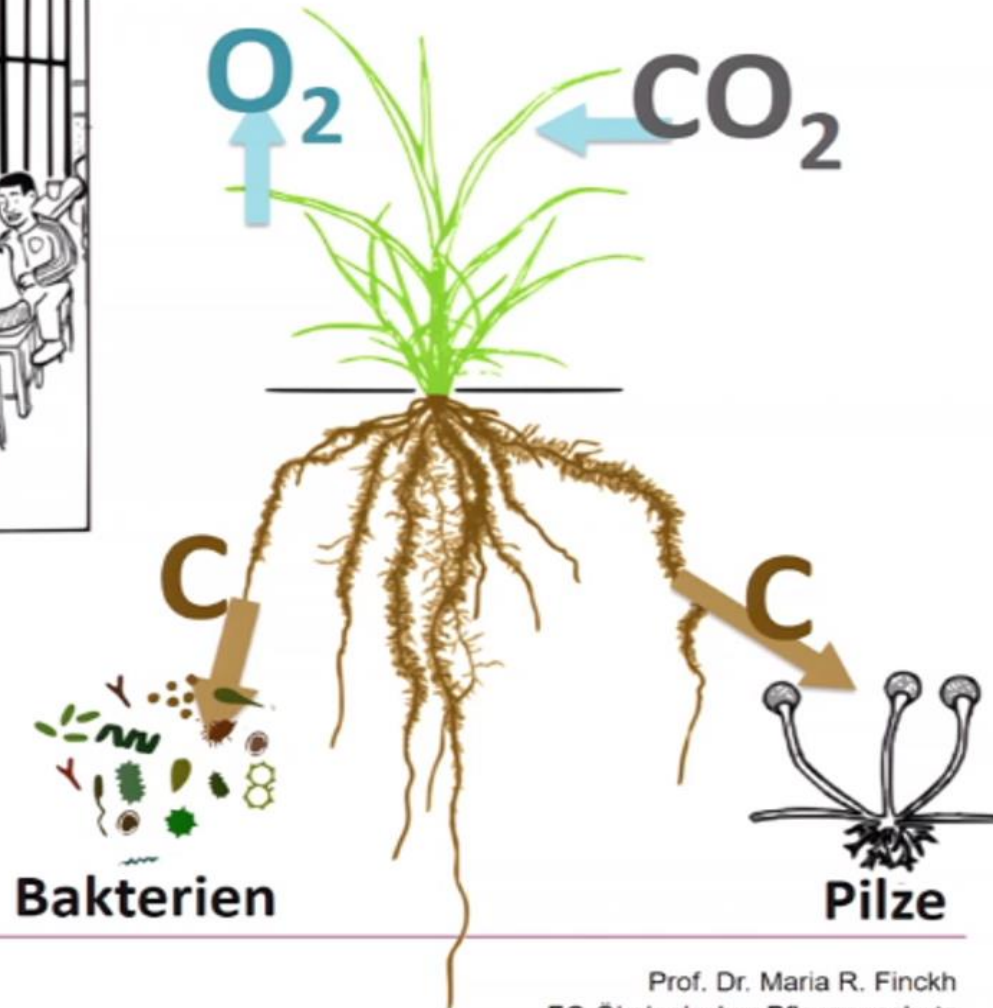
# Die Wurzel funktioniert wie eine Bar...



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

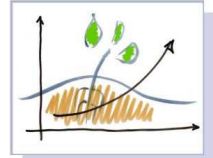


## Pflanzen und Mikroorganismen

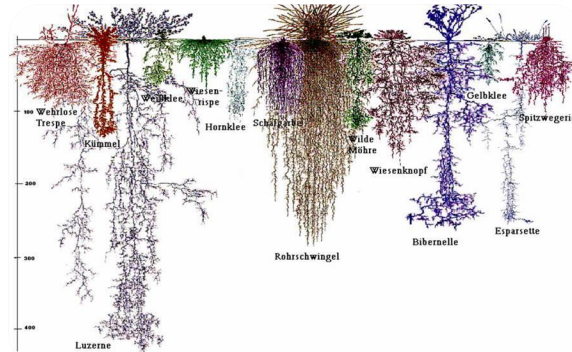


Die Wurzel funktioniert wie eine Bar:  
Durch den Ausschank bestimmter C und H<sub>2</sub>O-haltiger Getränke wird ein spezielles Publikum stimuliert und gefördert.



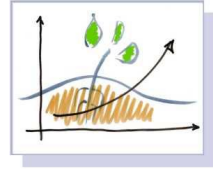


[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

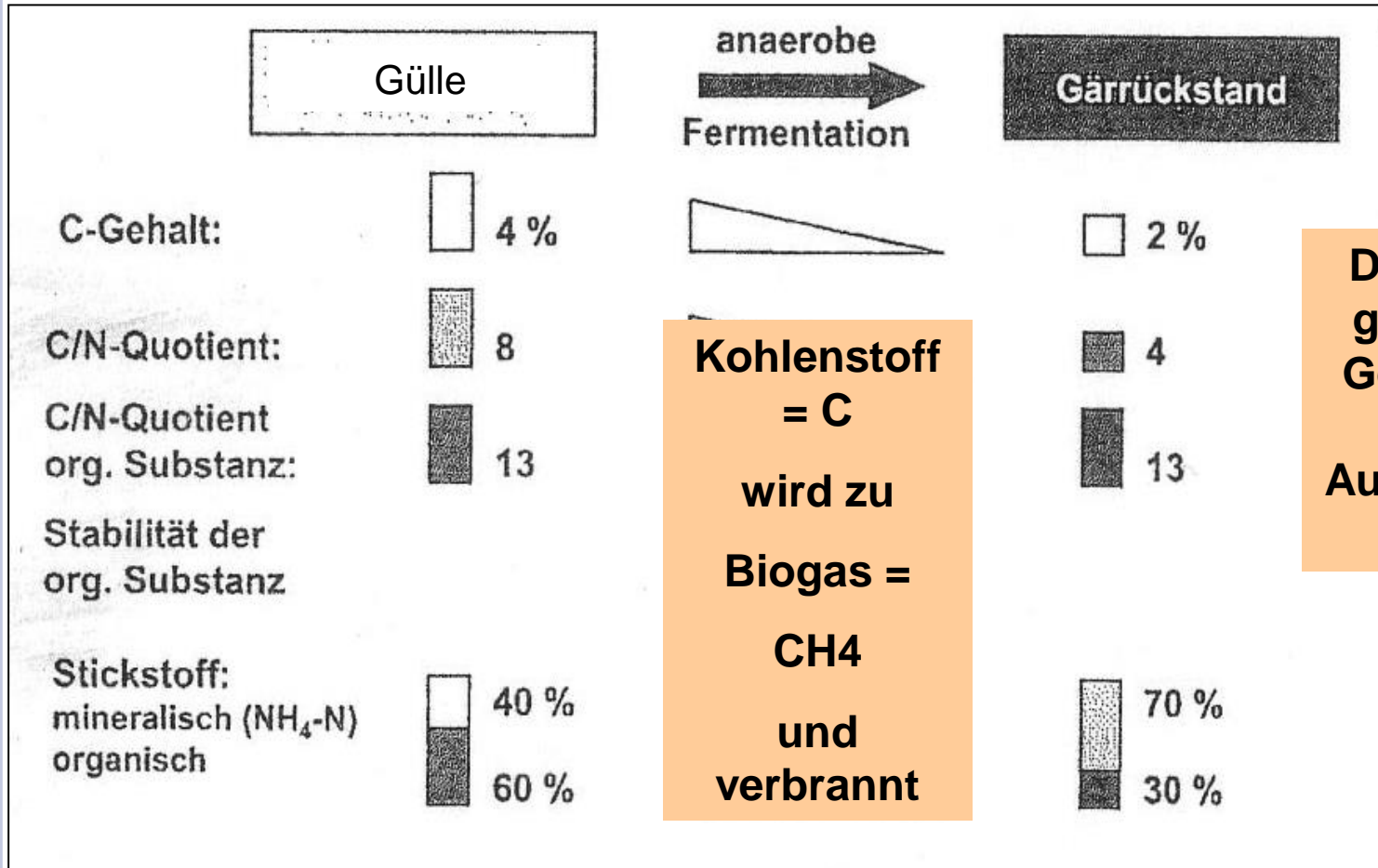


# DÜNGUNG

# Vorsicht: Biogasgülle – immer C-reduziert....



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

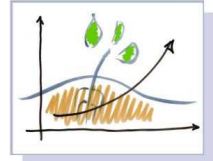


**Der C-Gehalt ist  
geringer, der N-  
Gehalt höher als  
im  
Ausgangsmaterial**

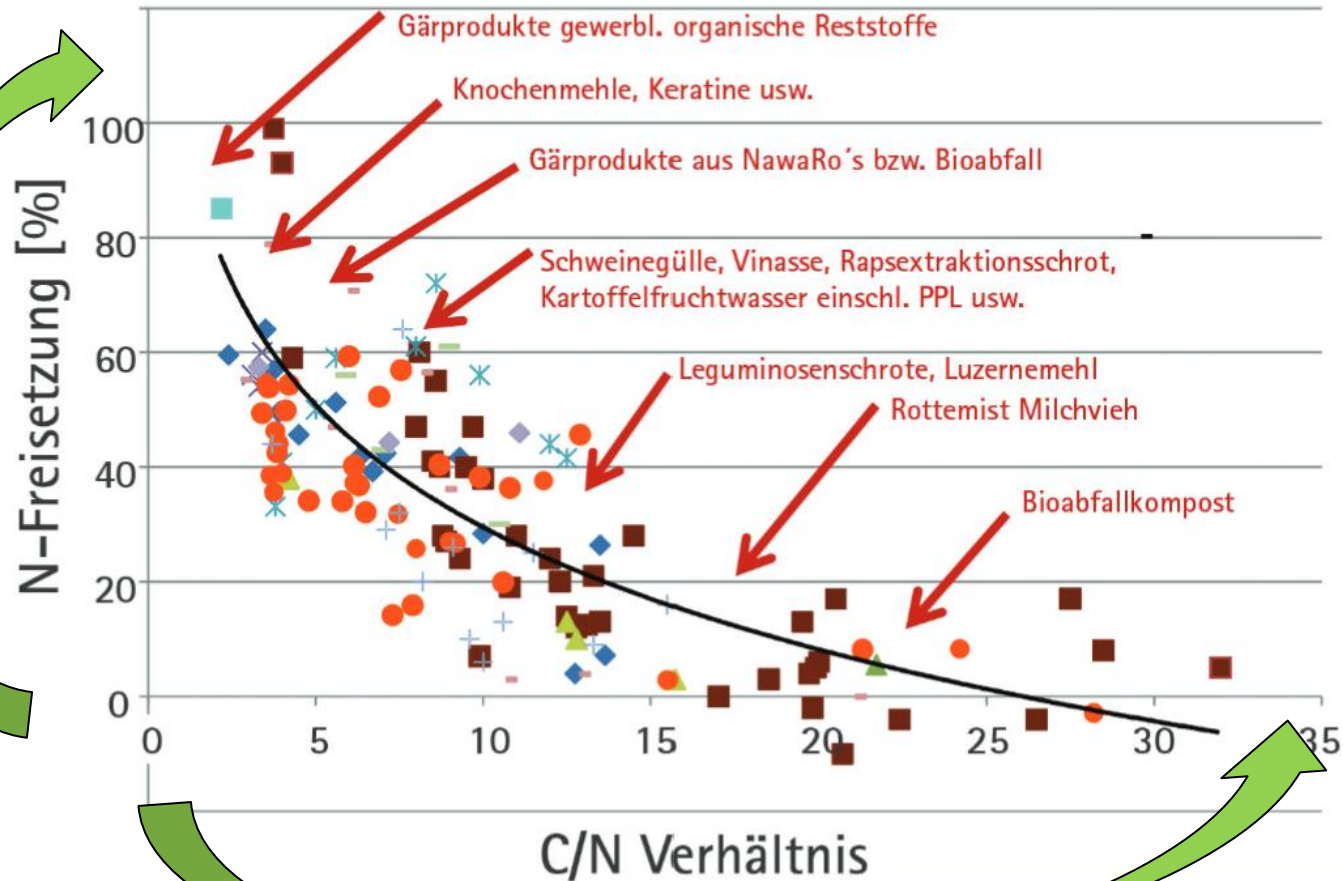
Quelle: GUTSER, R.; EBERTSEDER, TH. (2006): Die Nährstoffe in Wirtschafts- und sekundärrohstoffdüngern – ein unterschätztes Potential im Stoffkreislauf landwirtschaftlicher Betriebe. In KTBL (Hg.): Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der Landwirtschaft. Nutzen und Risiken. = KTBL 444

# Bodenleben füttern...

Pflanzen füttern!



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)



Quelle: KTBL-Fachgespräch, 2014

**Bodenleben füttern!**



# Lebendiger C- Lieferant

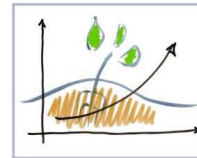
## Kompost hat viele Vorteile, die seit Jahrzehnten immer wieder wissenschaftlich bestätigt werden

- Zunahme der Aggregatstabilität, Verbesserung der Bodenstruktur
- Zunahme des Porenvolumens bei gleichzeitiger Verbesserung der Wasserspeicher- und Filterkapazitäten
- Impfung des Bodens mit Mikroorganismen
- Anstieg der biologischen Aktivität
- Anstieg des Humusgehalts
- Verringerung der Erosionsanfälligkeit, Hochwasserschutz
- Steigerung der Mykorrhizierung und damit Verbesserung der Nährstoffversorgung
- Geringere N-Auswaschung
- Geringere Krankheitsanfälligkeit der Kulturpflanzen

(Beste 2005; Beste 2022; BMLFUW 2006; Adujna 2016)



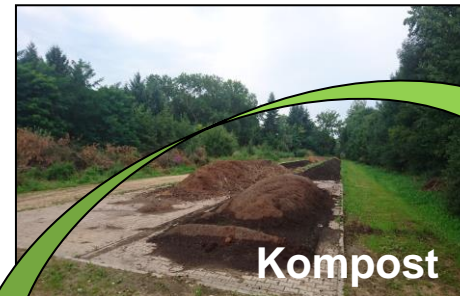
# Humus aufbauen - Bodenleben und -struktur fördern



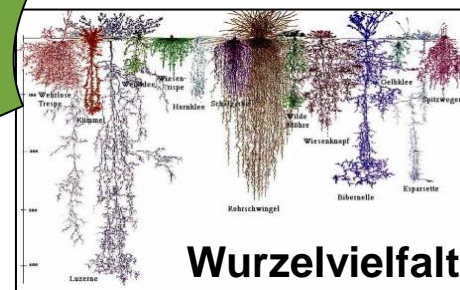
[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

Die Unterstützung der Bodenbiota wird am besten erreicht durch

- Kompostausbringung
- Fruchtfolge
- Zwischenfruchtanbau
- Agroforstwirtschaft
- Permakultur



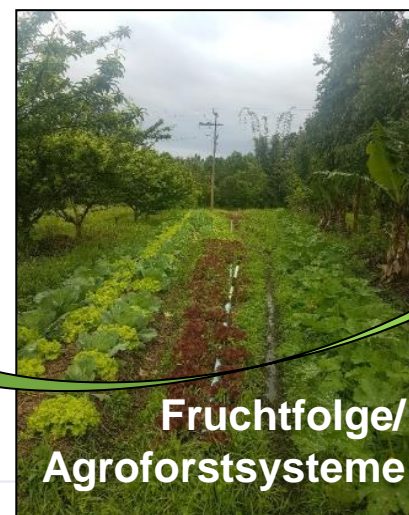
Kompost



Wurzelveielfalt

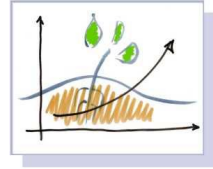


Permakultur



Fruchtfolge/  
Agroforstsysteme

# Beispiel: Klimafreundliche Systeme....



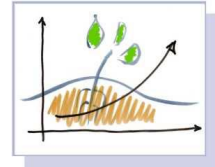
[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

- **Allein mit der N-Fixierung über Leguminosen wird der THG-Ausstoß einer Fruchtfolge mehr als halbiert.**  
(Köpke/Nemecek 2010).
- **Das System Ökolandbau benötigt 1/3 weniger fossile Energie/ha und zeigt eine deutlich höhere N-Effizienz.**  
(FAO 2007, Hülsbergen 2023).
- **Im Ökolandbau wird durchschnittlich 2x soviel CO<sub>2</sub> im Boden gespeichert und deutlich weniger Lachgas emittiert** (FAO 2007; SOILSERVICE 2012).



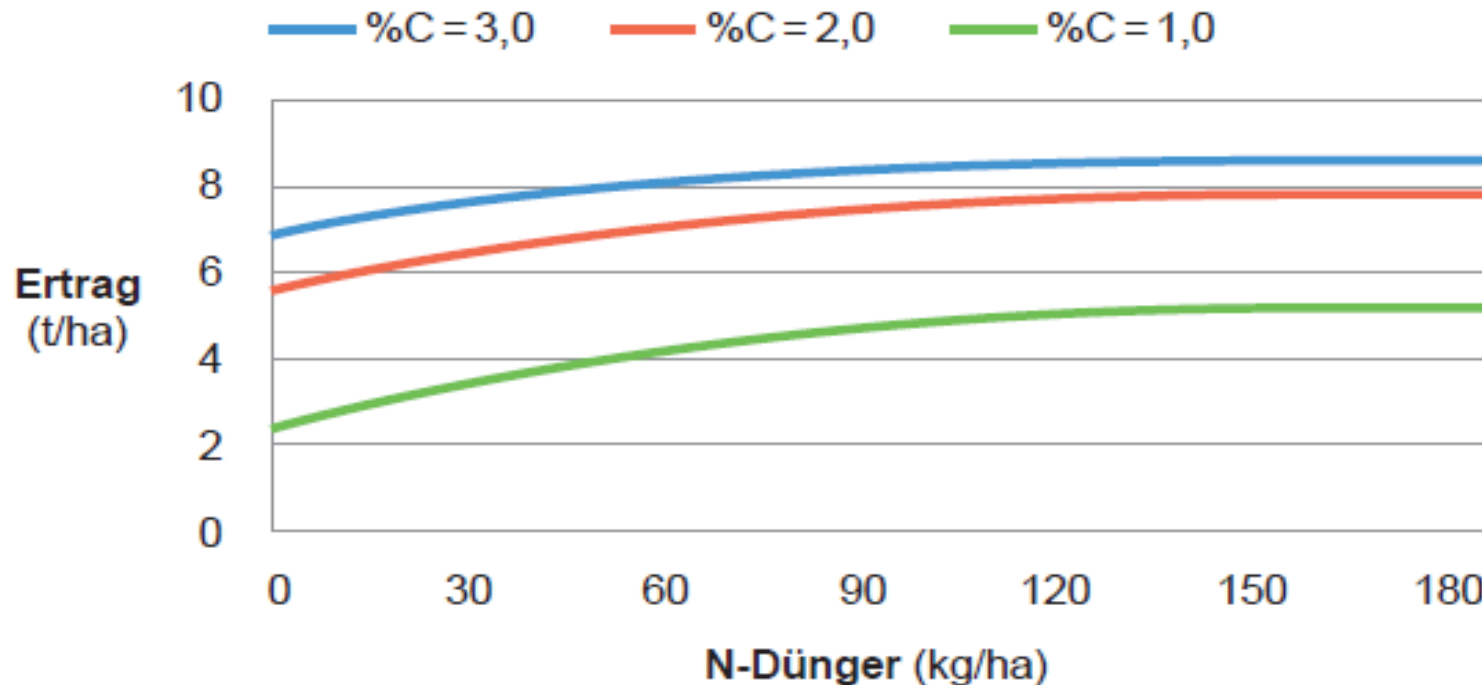


# Versorgung des Bodens mit organischem Material - es rechnet sich...

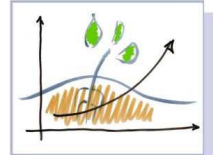


[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

Abbildung: Ertrag von Winterweizen bei steigender N-Dünger-Gabe abhängig vom Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden



Quelle: SOIL SERVICE

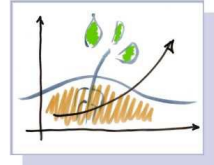


[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

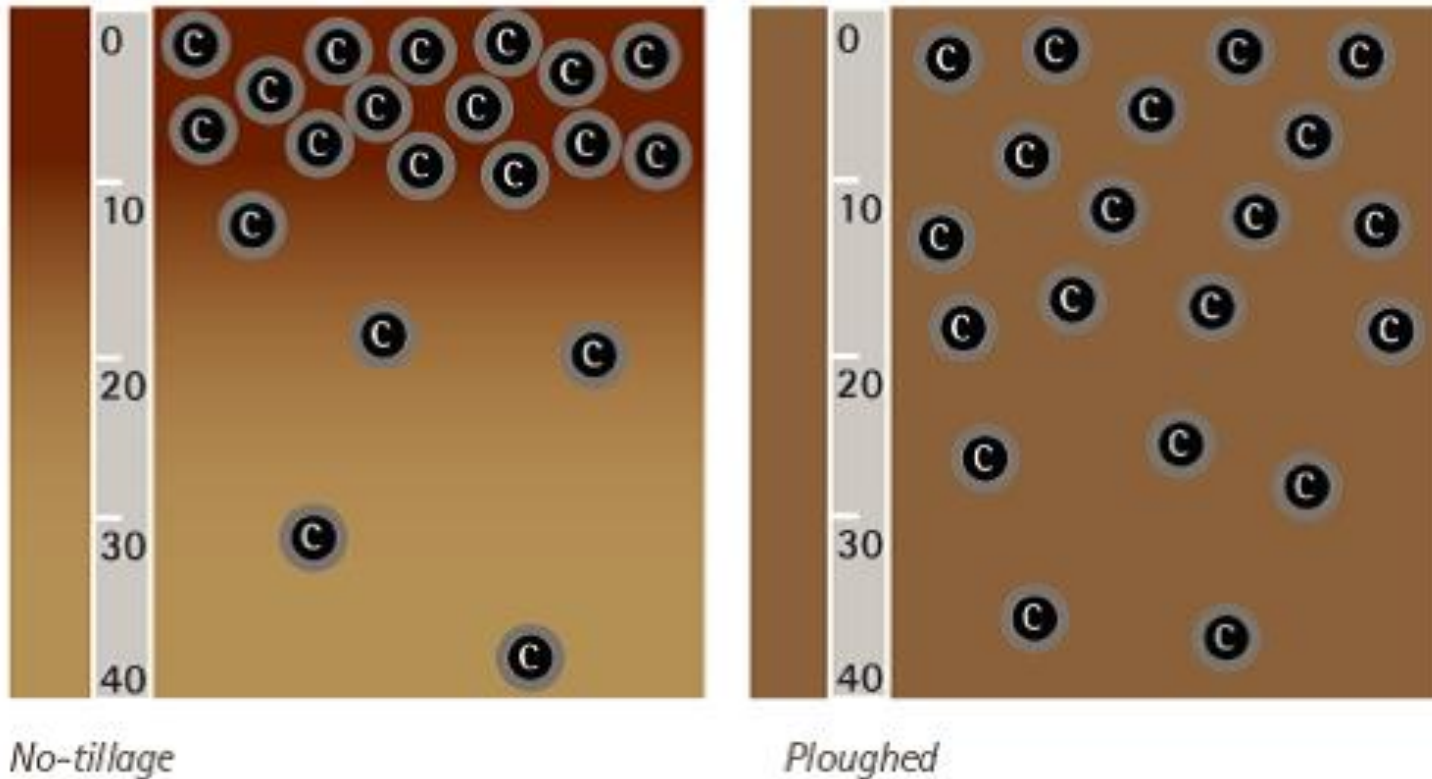


# BODENBEARBEITUNG

# Keine Humusanreicherung durch Pflugverzicht, nur Verlagerung des organischen Materials.



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

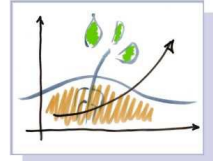


**Aufgrund der dichteren Lagerung entstehen bei Pflugverzicht oft sogar höhere Lachgasemissionen, was kontraproduktiv in Sachen Klimaschutz ist**  
(BMEL 2019; Rochette 2008).

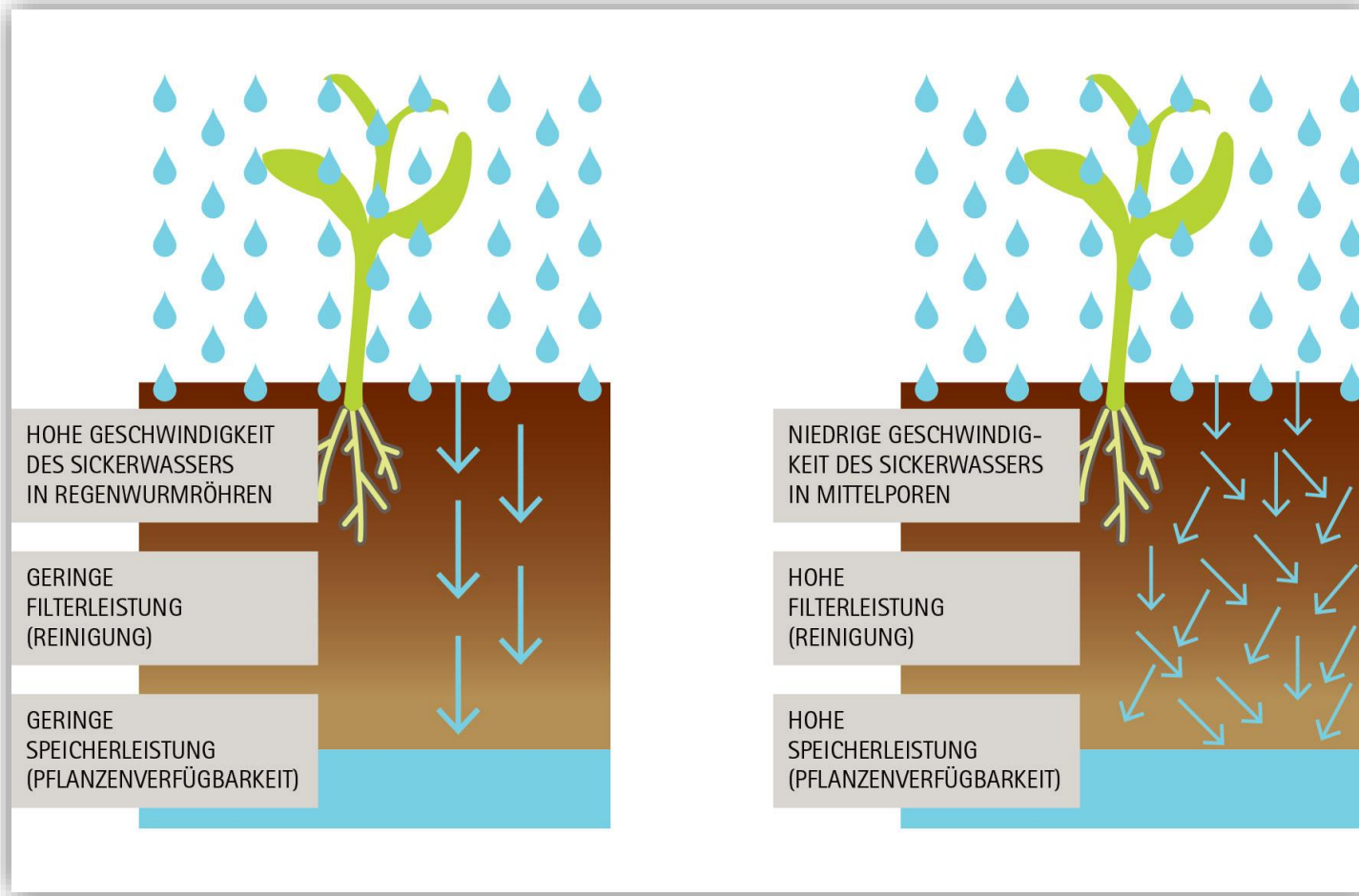


# Direktsaat: Hohe Infiltrationsleistung, aber...

Was bedeutet steigende Infiltration mit Makroporenfluss ?

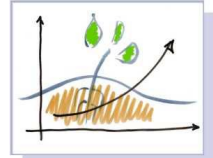


[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

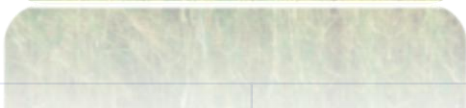


**Wasserverhalten in dicht gelagerten Direktsaatböden versus biologisch erzeugter Schwammstruktur**

(Titi 2003, Peschke 2001)



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)



**SYSTEME**

# Ökologisches Management stabilisiert Agrarsysteme

## Beispiele:

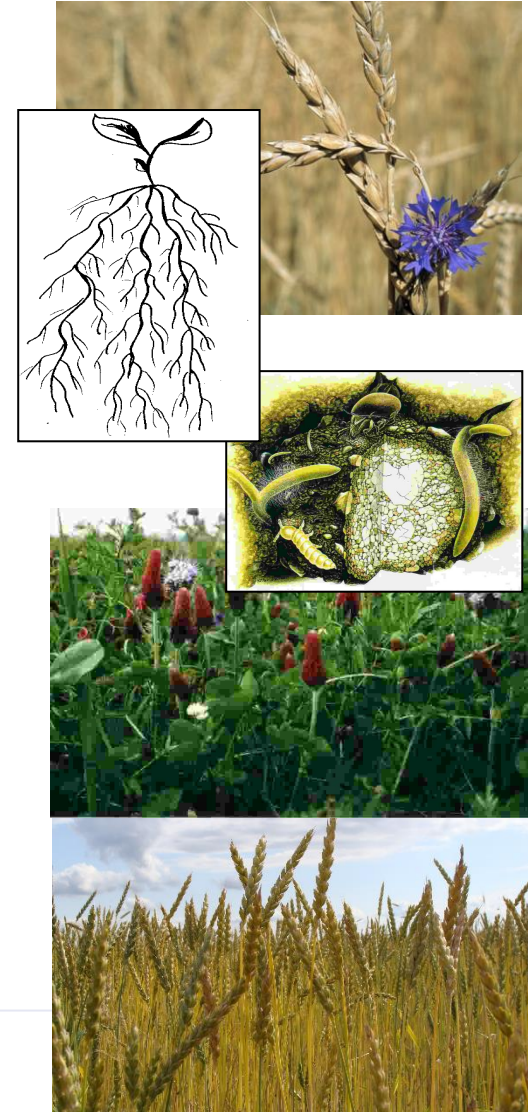
**Züchtung robuster, standortangepasster Sorten,** mit einer breiteren Palette günstiger Eigenschaften – nicht nur Fokussierung auf den Ertrag.

**Stickstoff-Fixierung mit Leguminosen, organische Düngung,** fördert die Bodenfruchtbarkeit und ist klimafreundlicher.

**Anbau von weiten Fruchtfolgen und Gründüngungsgemengen** fördert die Bodenfruchtbarkeit, sorgt für Unkraut- und Schädlingsunterdrückung, beinhaltet Nützlingsförderung.

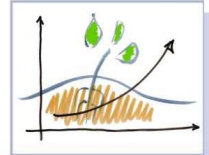
**Anbaudesign: Weite Weizen-Reihen** ermöglichen zB die Durchlüftung und senken so die Gefahr für Pilzbefall entscheidend.

[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)





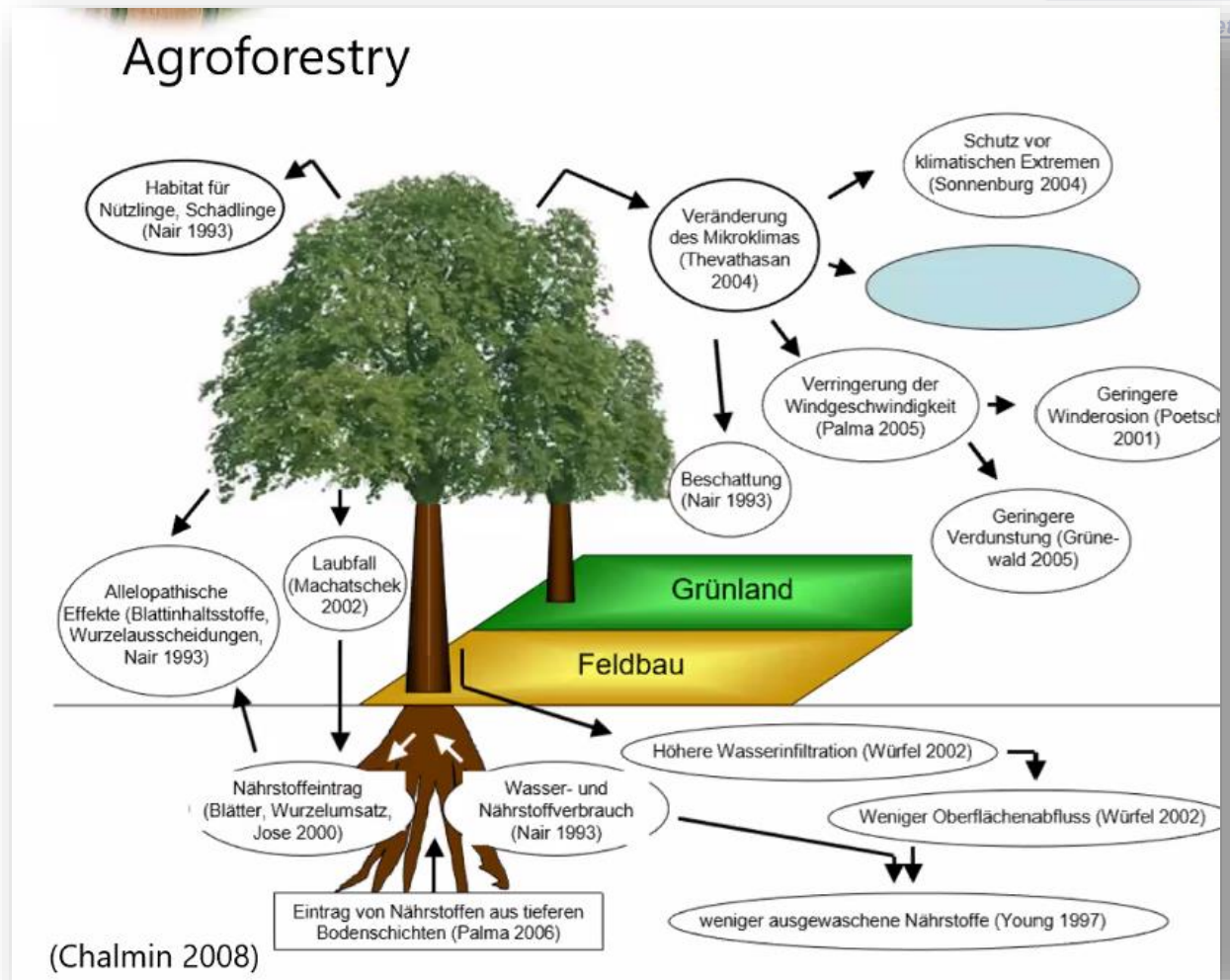
# Klimaresiliente Systeme - weiterdenken!



In Agroforst- und Permakultursystemen wird mehr Kohlenstoff in die Böden gebracht, auch in größere Tiefen.

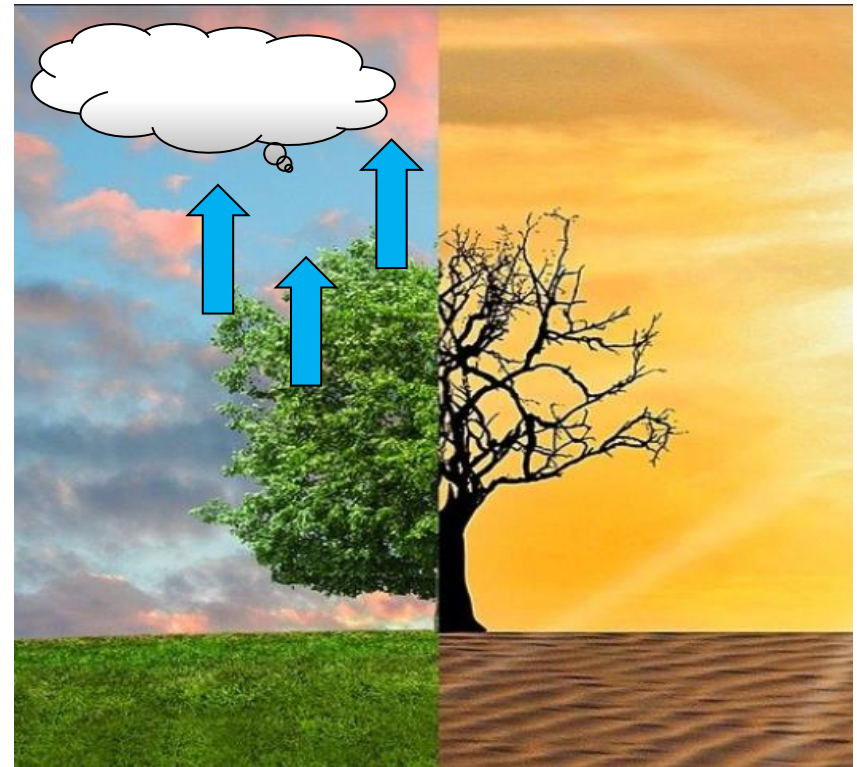
Feuchtigkeit und Nährstoffe werden nach oben geholt und der gesamte Landschaftswasserhaushalt wird stabilisiert.

Dies ist auch in europäischen Agroforstsystemen möglich, mit Rücksicht auf komfortable Arbeitsbreiten.



# „Slow Water“ – Wasser verlangsamen... Agroforst, Hecken, Keyline Design, Entwässerung stoppen

Ziel ist eine multi-funktionale Landschaft, die die Resilienz in Bezug auf die Speicherung von Wasser wiederherstellt und stärkt und so die Extreme ausgleicht.

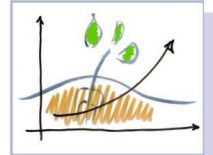


**Pflanzen verdunsten und kühlen und sorgen für lokalen Regen.**



# Und die Tiere?

## Kühe & Co Klimakiller? - Im Gegenteil!



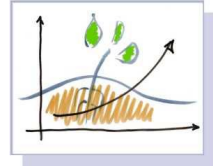
[gunde-erde.net](http://gunde-erde.net)

- Von allen landwirtschaftlichen Nutzflächen weltweit bestehen ein Drittel aus Ackerland und zwei Drittel aus Grasland (Roser/Ritchie 2018).
- Ruminanten sind die einzigen Tiere, die Gras verdauen können!
- Ohne Weidetiere kein klimaschützender Grünlandschutz und damit CO<sub>2</sub> Speicherung, Grundwasserauffüllung und Hochwasserschutz!
- Grünland bildet die Lebensgrundlage für ein Zehntel der Weltbevölkerung (Peyraud et al. 2014)





# Wasserbilanz Rind



[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

Für die Erzeugung eines Kilogramms Rindfleisch werden Zahlen bis 100.000 Liter Wasser **verbrauch** gehandelt. Das ist bei Weidefleisch grober Unsinn.

Neben der Bedeutung für die biologische Vielfalt erfüllt nachhaltige Graslandnutzung eine zentrale Funktion für den Wasserhaushalt der Böden und den Hochwasserschutz.

So heißt es in einem Bericht der Welternährungsorganisation FAO:



»In den Fällen, in denen nachhaltiges Beweidungsmanagement den Gehalt an Bodenkohlenstoff erhöht, nimmt auch das Wasserbindungs- und reinigungsvermögen des Bodens zu.«

Das Bilden die meisten Modelle für den „Wasserrucksack“ nicht ab.

# Fazit



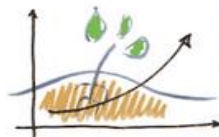
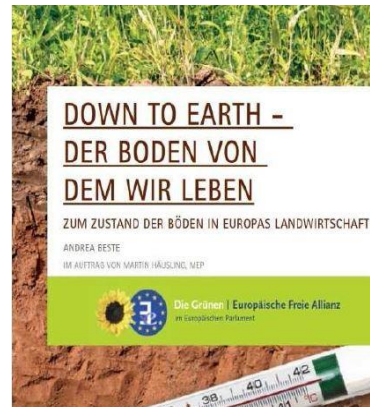
**Was nützen uns hohe Erträge,  
wenn Böden, Wasser und Artenvielfalt  
leiden?**

**Unsere Landwirtschaft muss  
klimatauglich UND umweltverträglich  
werden.**

**Langfristig erfolgreich und nachhaltig ist  
nur eine Bewirtschaftung, die den  
höchsten Ertrag  
pro Einheit gesundem Ökosystem  
produziert.**

**Schon bei der gegenwärtigen deutschen  
Bio-Agrarfläche von rund 1,8 Millionen  
Hektar ergibt sich eine gesellschaftliche  
Entlastung nicht entstandener  
Folgekosten in Höhe von 1,5 Milliarden  
Euro pro Jahr (Hülsbergen et al. 2023).**

# Mehr über Boden, Klima und nachhaltige Landwirtschaft unter <https://www.gesunde-erde.net/publikationen/>



**Büro für Bodenschutz &  
Ökologische Agrarkultur**  
Analyse - Beratung - Fortbildung

**KONTAKT DE EN**

Das Büro ... ▾

Agri-Food-Politik ▾

Bodenma ▾



Umweltbildung ▾

Publikationen ▾

Agrarpolitik, Food-Policy, landwirtschaftliches  
Bodenmanagement, aufbauende Landwirtschaft,  
Bodenfruchtbarkeit, Qualitative Analyse der Bodenstruktur