

Ist die Ökologische Landwirtschaft gut genug für die Zukunft?

Maria R. Finckh,

Ökologischer Pflanzenschutz, Universität Kassel

mfinckh@uni-kassel.de

Teil 1

- Landwirtschaftliche Systeme und ihre Einbindung in ökologische Prozesse
- Die Rolle der Biodiversität und die Ebenen der Biodiversität
- Die Rolle der Pflanzen
 - Pflanzen und Mikroorganismen
 - Mikroorganismen und Krankheitserreger
 - Wie hängt das alles zusammen?

Teil 2

- Agrarökologische Ansätze für eine Landwirtschaft der Zukunft
 - Ansätze zur Regeneration von Böden
 - Züchtung für Vielfalt
 - Was verhindert den agrarökologischen Umbau?

Anforderungen an zukünftige Anbausysteme

- Puffern **Klimastress**
- Puffern **Schaderreger**
- Reduzieren **Inputs**
- Produzieren gute **Erträge**
- Verbessern **Ökosystemdienstleistungen**: Bodenfruchtbarkeit, Struktur, Suppressivität gegen Krankheiten, Wasserqualität etc.
- Liefern **zusätzliche Produkte** wie NaWaRo

Zukünftige Systeme:

Aber:

- **Wie umgehen mit Klimawandel?**
- **Böden sind schon degradiert!**
- **Wasser wird übernutzt und ist kontaminiert!**
- **Biodiversität ist schon verloren gegangen!**

Vollständig auf Ökologie basiert

- Keine fossilen Inputs
- Keine Bodendegradation
- Wasser wird nicht übernutzt und verschmutzt
- Keine weiteren Verluste an Biodiversität

Ökologische Prozesse

Konventionelle LW:

- Hohe fossile Inputs
- Bodendegradation
- Wasserübernutzung und Verschmutzung
- Biodiversitätsverluste

Ökologische LW:

- Weniger fossile Inputs?
- Weniger Bodendegradation)
- Wasserübernutzung und Verschmutzung?
- Weniger Biodiversitätsverluste?

Die Rolle der Biodiversität und Ebenen der Biodiv.

- *“... the variability among living organisms from all sources, inter alia, terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species, between species and of ecosystems” (CBD, 1992) Article 2).*
- Was denken die meisten, wenn sie Biodiversität denken?
 - Pflanzen
 - Tiere
- Was denken weniger Menschen noch dazu?
 - **Mikroorganismen**

Die neuen Erkenntnisse im “Antrophozän”

*„On the one hand, **microbes** are defined **as the foremost enemy of humans**. In our failed attempts to eliminate microbes from our lives, the anthropocene has created the conditions for recombinant viruses and antibiotic-resistant bacteria. On the other hand, **we have recognized that microbes are part of our very being**. Our health depends on the symbiotic bacteria that helps build and maintain our healthy bodies. The body’s immune system has evolved to recognize the difference between benign and potentially pathogenic bacteria.“*

Sariola S, Gilbert SF. Toward a Symbiotic Perspective on Public Health: Recognizing the Ambivalence of Microbes in the Anthropocene. *Microorganisms*. 2020;8(5)

Die neuen Erkenntnisse im “Antrophozän”

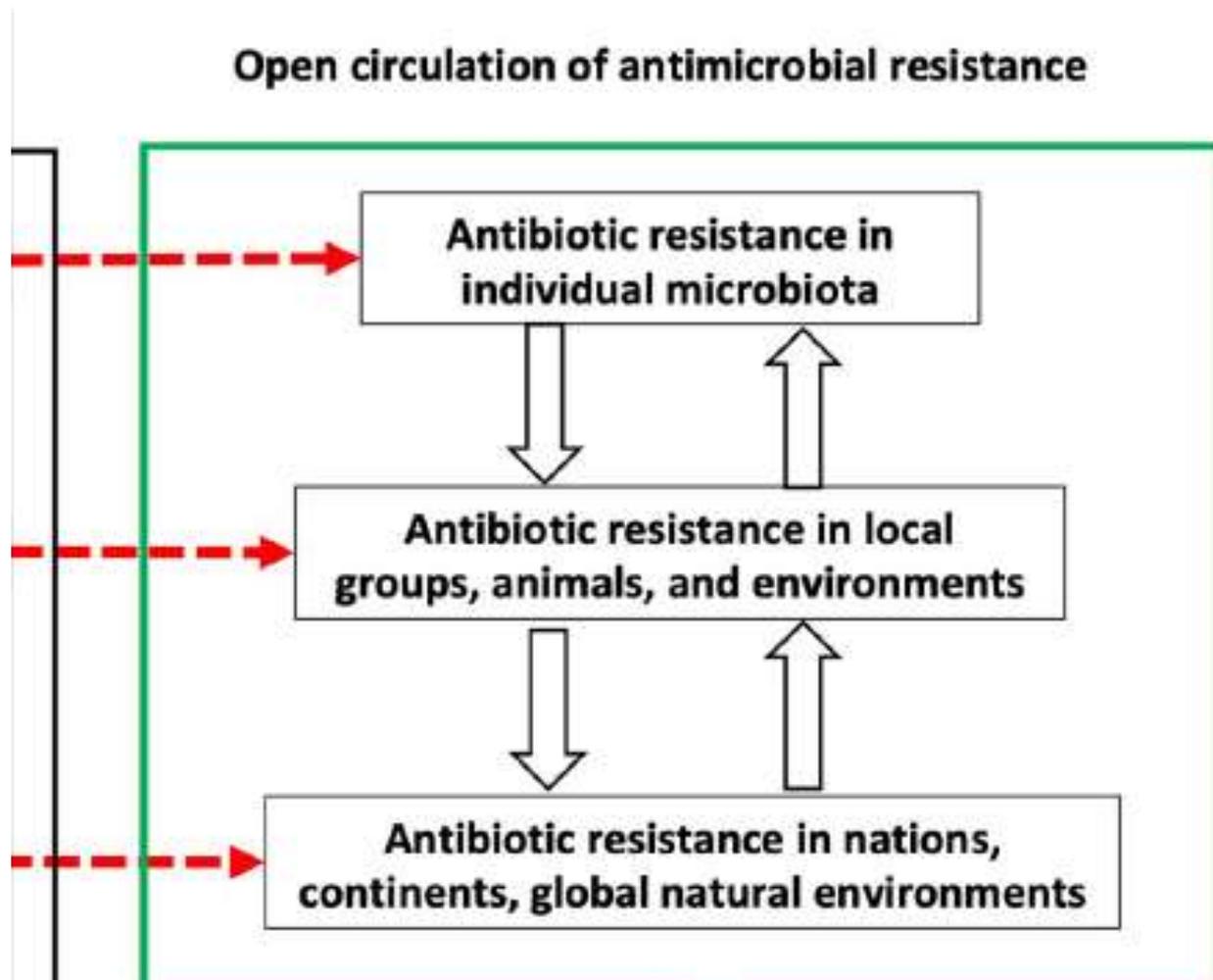
*„The hologenome theory recasts **the individual animal or plant (and other multicellular organisms) as a consortium (“holobiont”)**—the host plus all its symbiotic microbes..... While we inherit some 22,000 genes from our parents, we inherit about 8 million different genes from our parents’ bacteria“*

Sariola S, Gilbert SF. Toward a Symbiotic Perspective on Public Health: Recognizing the Ambivalence of Microbes in the Anthropocene. *Microorganisms*. 2020;8(5)

Die Rolle der Mikroorganismen übertrifft alles!

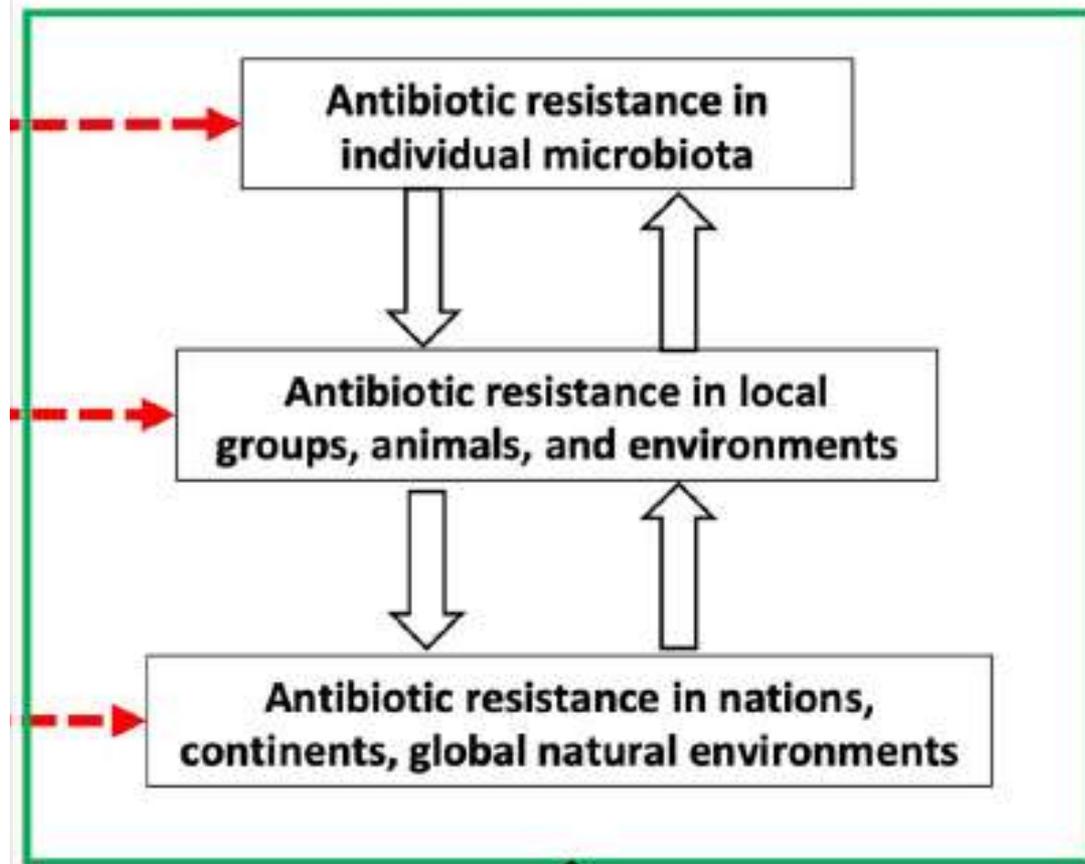
- Schätzungen sagen, dass Mikroorganismen zwischen 90 und 99 % aller Zellen in einem Menschen ausmachen.
- **Dysbiosen („*Deficient or aberrant microbiomes*“)** werden mehr und mehr als Ursachen von Krankheiten erkannt inklusive auch von mentalen Problemen.

Konsequenzen der Verbindung über Mikroorganismen: z.B. Antibiotikaresistenz



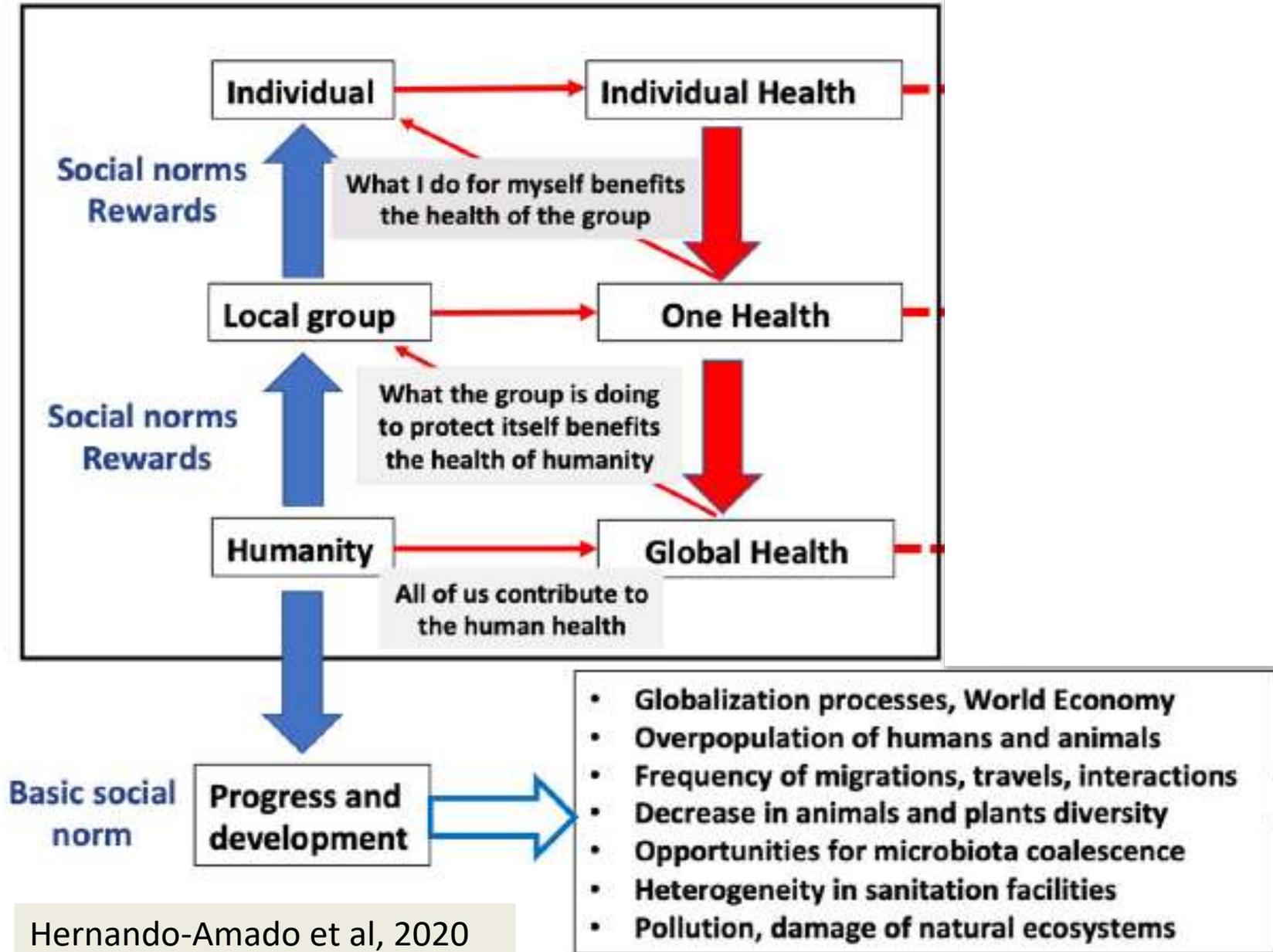
Hernando-Amado et al; Antibiotic Resistance: Moving From Individual Health Norms to Social Norms in One Health and Global Health. *Frontiers in Microbiology*. 2020;11(1914).

Open circulation of antimicrobial resistance

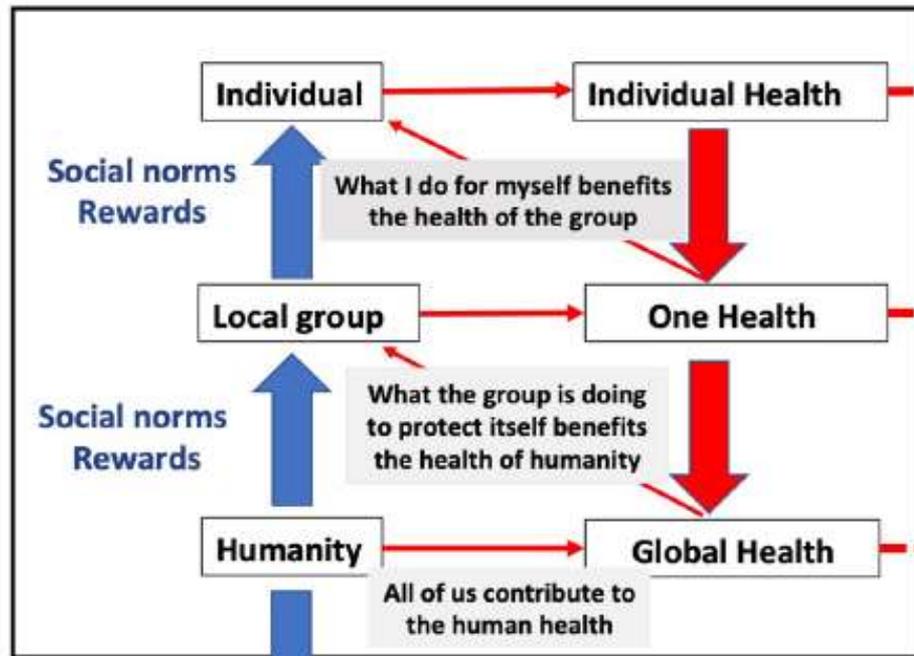


- Globalization processes, World Economy
- Overpopulation of humans and animals
- Frequency of migrations, travels, interactions
- Decrease in animals and plants diversity
- Opportunities for microbiota coalescence
- Heterogeneity in sanitation facilities
- Pollution, damage of natural ecosystems

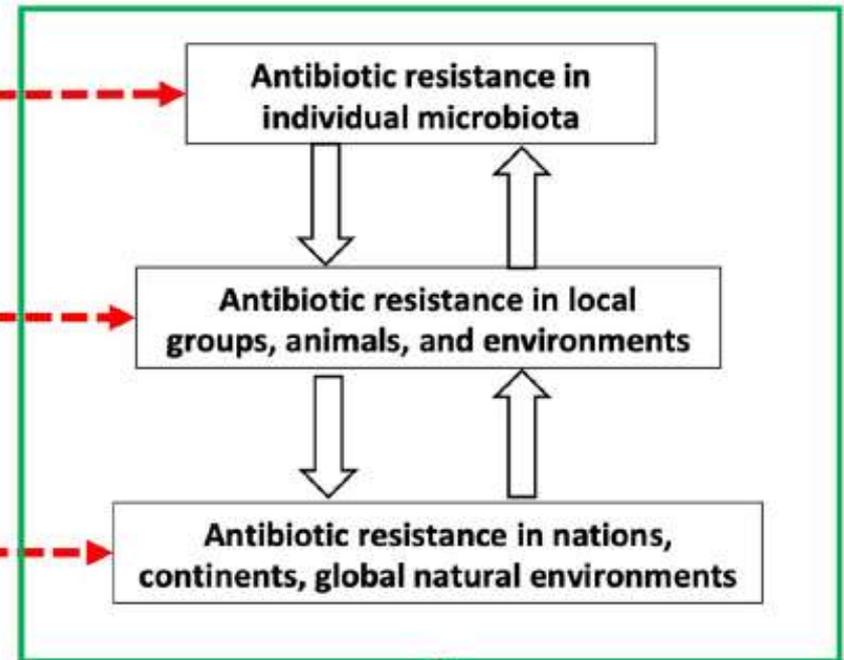
Virtuous cycles in Individual Health, One Local Health and Global Health



Virtuous cycles in Individual Health, One Local Health and Global Health



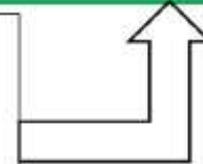
Open circulation of antimicrobial resistance



Basic social norm

Progress and development

- Globalization processes, World Economy
- Overpopulation of humans and animals
- Frequency of migrations, travels, interactions
- Decrease in animals and plants diversity
- Opportunities for microbiota coalescence
- Heterogeneity in sanitation facilities
- Pollution, damage of natural ecosystems



Antibiotikaresistenzen und Landwirtschaft?

“Neither reducing the use of antibiotics nor discovery of new ones may be sufficient strategies to avoid the post-antibiotic era. This is because bacteria may be exposed to other non-antibiotic chemicals that predispose them to evolve resistance to antibiotics more quickly. Herbicides are examples of some of the most common non-antibiotic chemicals in frequent global use.”

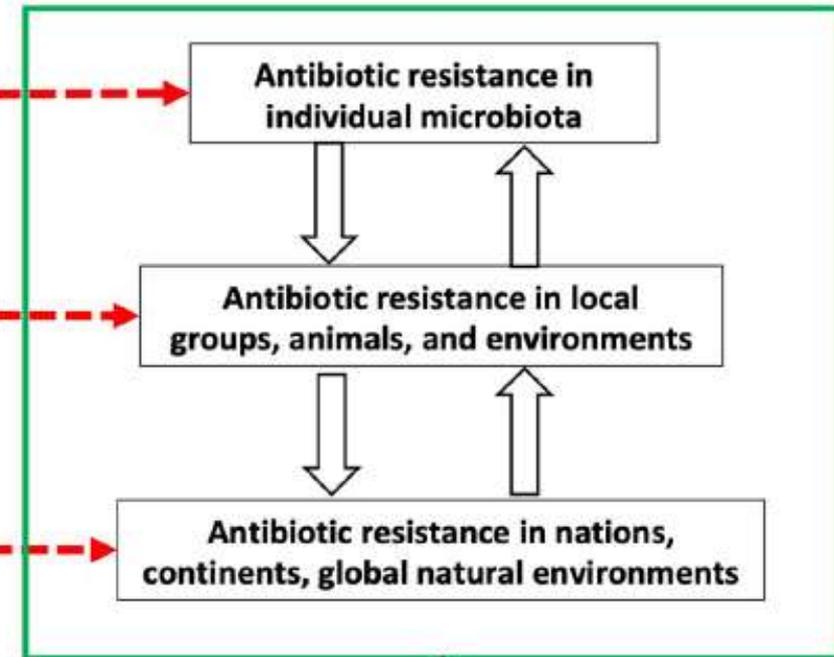
Glyphosat ist ein Antibiotikum

US patent 7,771, 736 B2 (2010)

“As antimicrobials, these compounds may be expected to induce stasis rather than cell lysis or death, allowing the infection to be cleared by the host's immune system. Such an outcome is desirable as it will ameliorate the absolute selective pressure to select for the growth of resistant mutants which would inevitably be the case if the compounds used caused cell death.”

Antibiotikaresistenzen und Landwirtschaft?

Open circulation of antimicrobial resistance



- Tierhaltung
- Antibiotisch wirksame Herbizide
- Werden weltweit flächendeckend angewendet....

Hernando-Amado et al; Frontiers in Microbiology. 2020;11(1914).

plants diversity
microbiota coalescence
in facilities
natural ecosystems



Was kosten uns Pestizide, Stickstoff, Treibhausgase?

Die Zukunft der deutschen Landwirtschaft nachhaltig sichern

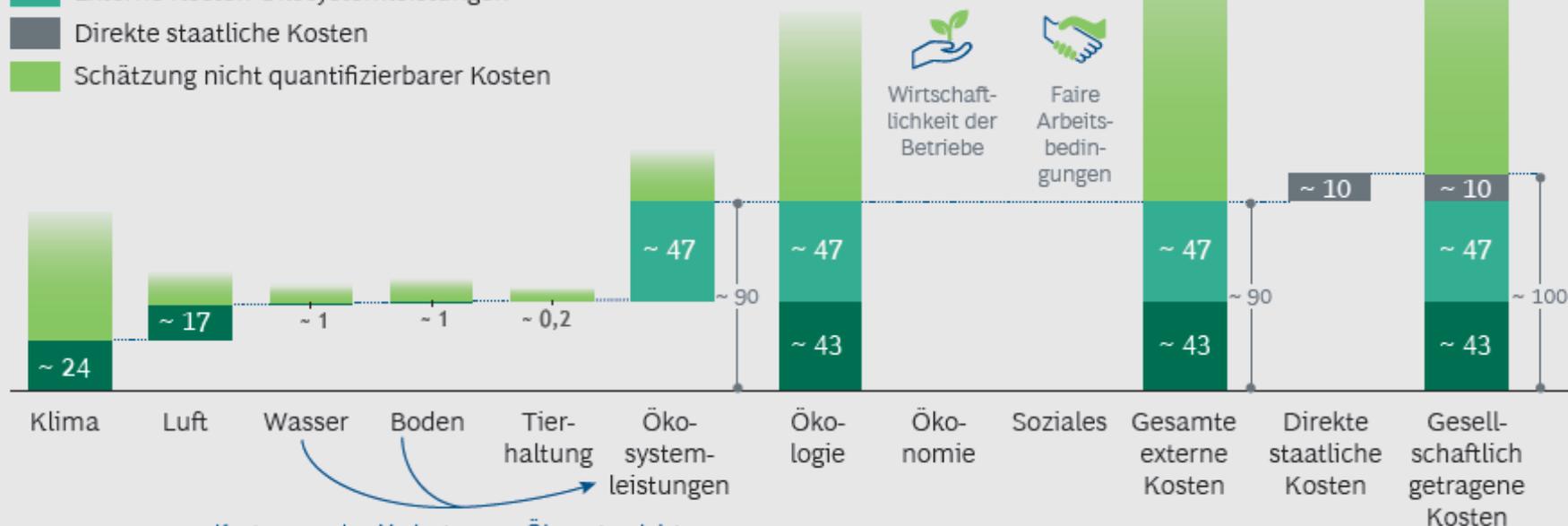
Denkanstöße und Szenarien für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit

NOVEMBER 2019 | BOSTON CONSULTING GROUP

ABBILDUNG 5 | Deutsche Landwirtschaft mit gesellschaftlich getragenen Kosten von mindestens ~ 100 Mrd. €/Jahr

Jährliche Kosten (in Mrd. €)

- Externe Kosten Ökologie (exkl. Ökosystemleistungen)
- Externe Kosten Ökosystemleistungen
- Direkte staatliche Kosten
- Schätzung nicht quantifizierbarer Kosten



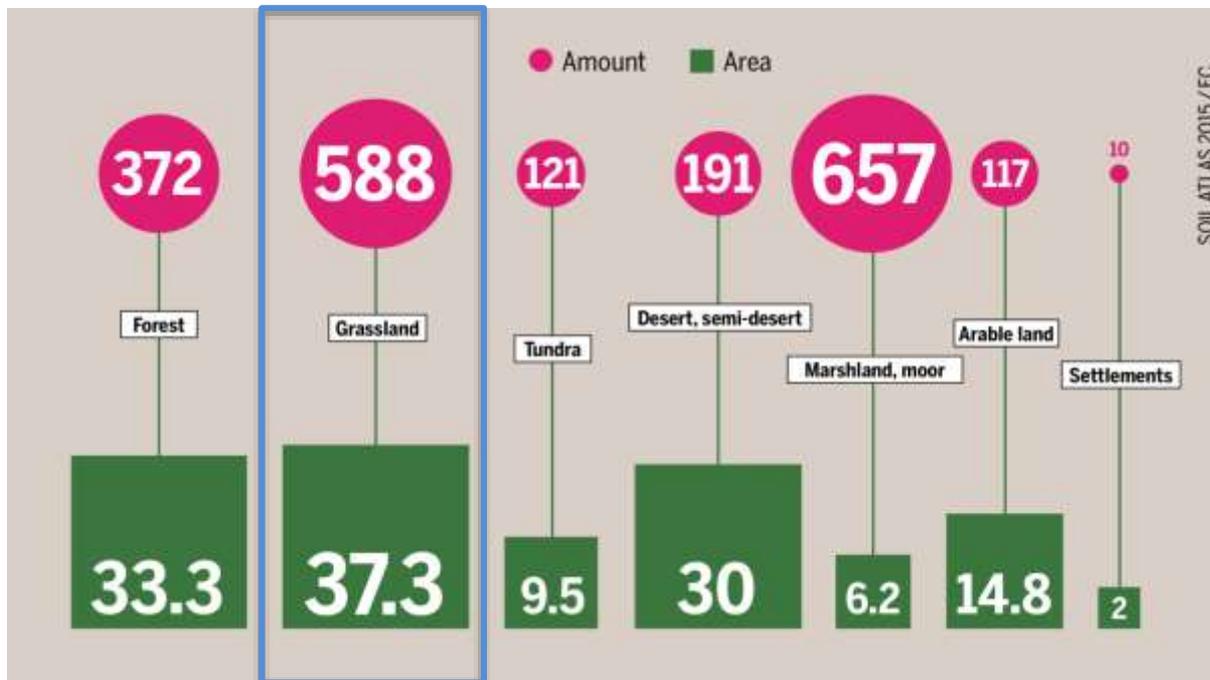
 Wirtschaftlichkeit der Betriebe
 Faire Arbeitsbedingungen

Kosten aus den Verlusten von Ökosystemleistungen in Wasser und Boden werden gesamthaft in der Kategorie Ökosystemleistungen berücksichtigt

Quelle: BCG

Wie definieren wir Ertrag?

- Ertrag, der geerntet wird oder auch Ökosystemdienstleistungen als „Ertrag“?
- Ertrag/ha oder Ertrag pro Jahr oder pro Person?
- Welche Produkte könnten sich ändern (Was fressen unsere Tiere?)
 - Z.B. (Dauer-)Grünland als OM-Beitrag zum Boden und gleichzeitig Tierfutter



Carbon stored by the earth's ecosystem, in million km² and Gigatons

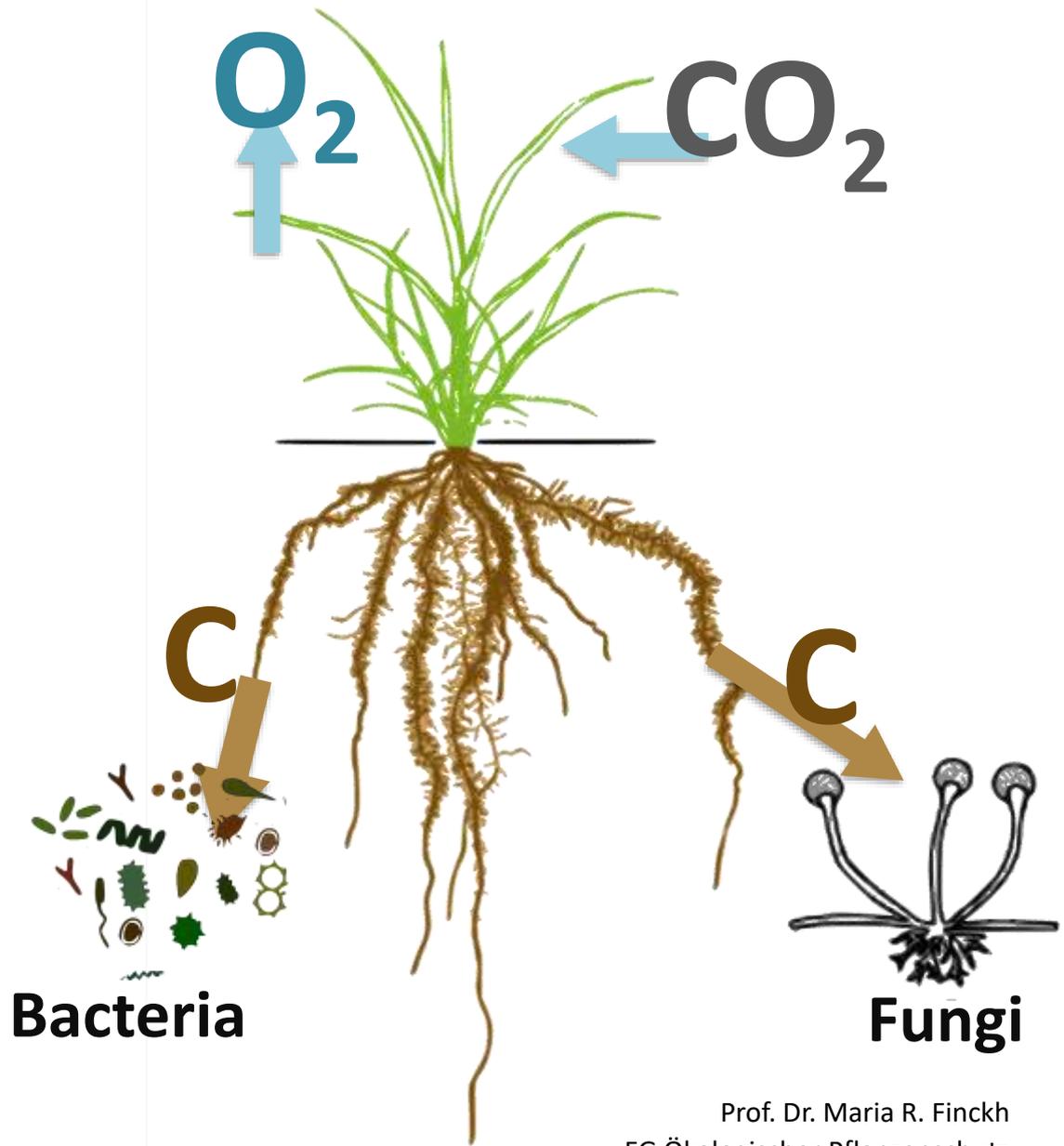
Die Rolle der Pflanzen

- **30-60% der Assimilate von Pflanzen werden in die Wurzeln verbraucht. Davon werden 40-90% über Respiration und Rhizodeposition in den Boden abgegeben** (Marschner, Lehrbuch der Pflanzenernährung)
- Zwischen 100 bis 1000m³/ha Wurzelausscheidungen (Sobotik, M. (2010). Wurzeln – Grundlage unserer landwirtschaftlichen Produktion - haben viele Funktionen. *LOP – Landwirtschaft ohne Pflug* 6/2010, 35-41.) (Düngung mit Mistkompost 15-25 t/ha ~20 – 33 m³)
- Sauerbeck, D. and B. Johnen (1976). "Der Umsatz von Pflanzenwurzeln im Laufe der Vegetationsperiode und dessen Beitrag zur „Bodenatmung“." Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde **139**(3): 315-328.



© M. Finckh

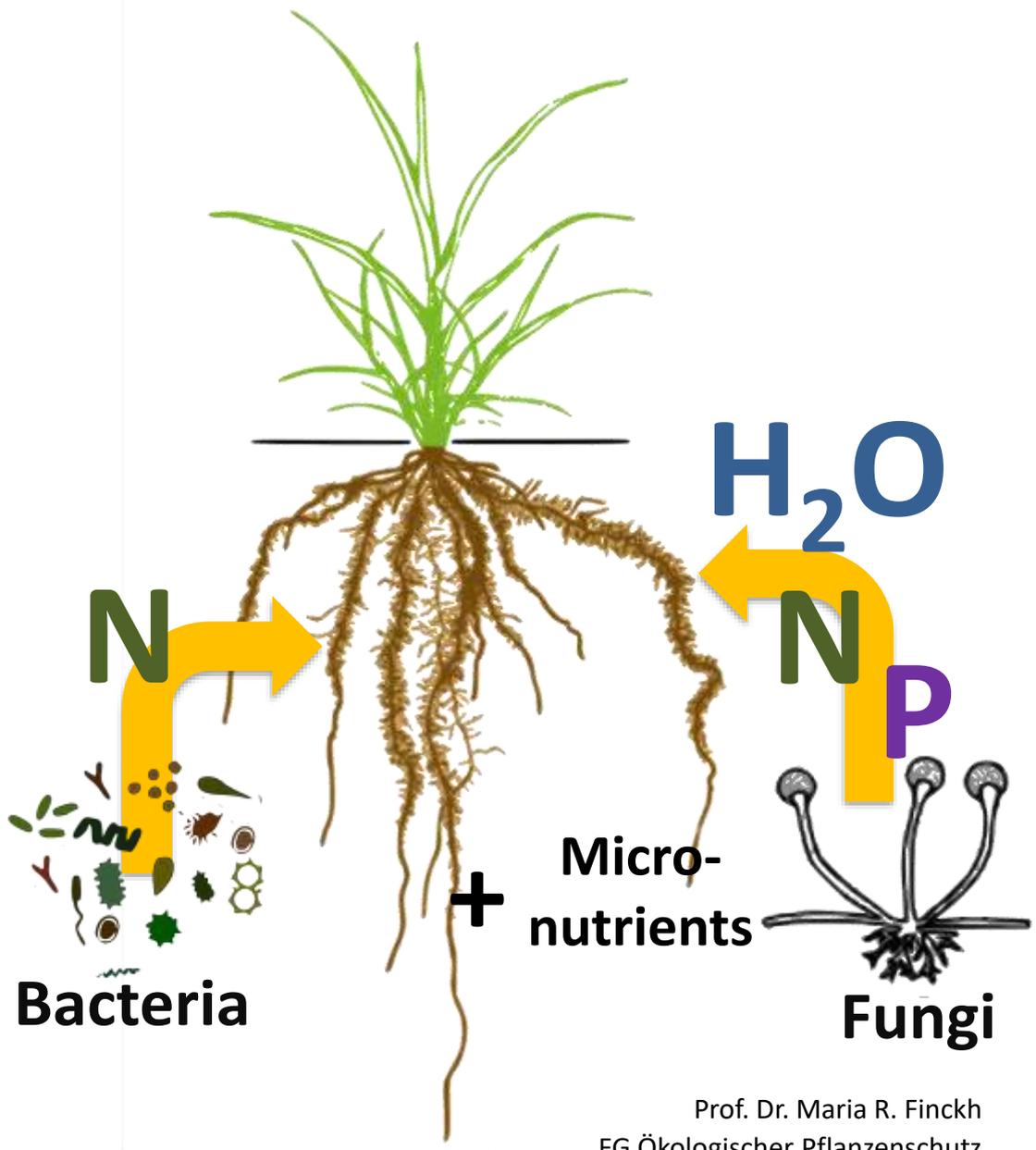
The Root is like a barkeeper:
It supplies certain C and H₂O-containing drinks that attracts and support specific customers.





© M. Finckh

The customers' currency is N (bacteria) or P (fungi)



Pflanzen und Mikroorganismen



Rhizobien fixieren N



Boden voller Mikroorganismen klebt an der Wurzel als „Wurzelhose“



+





+





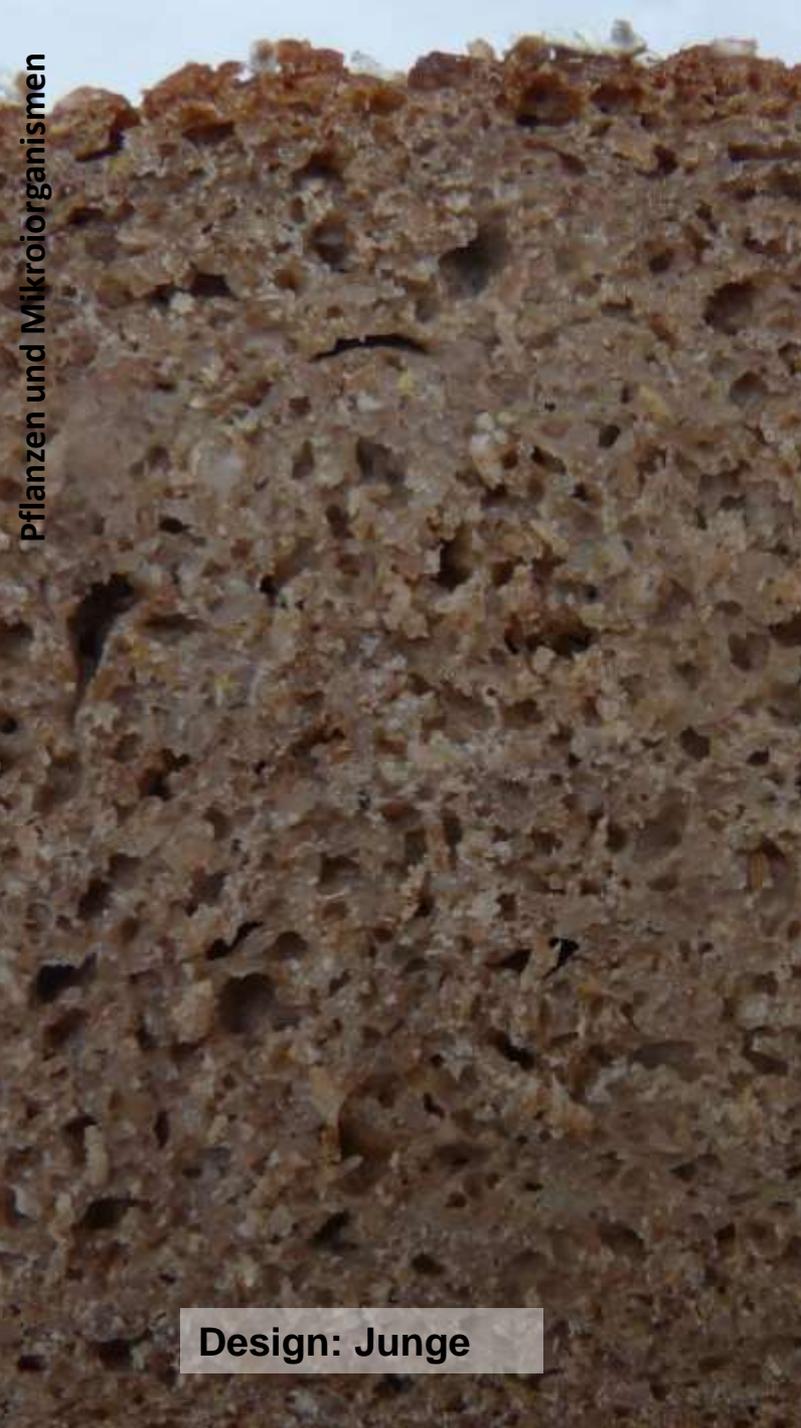
Design: Junge





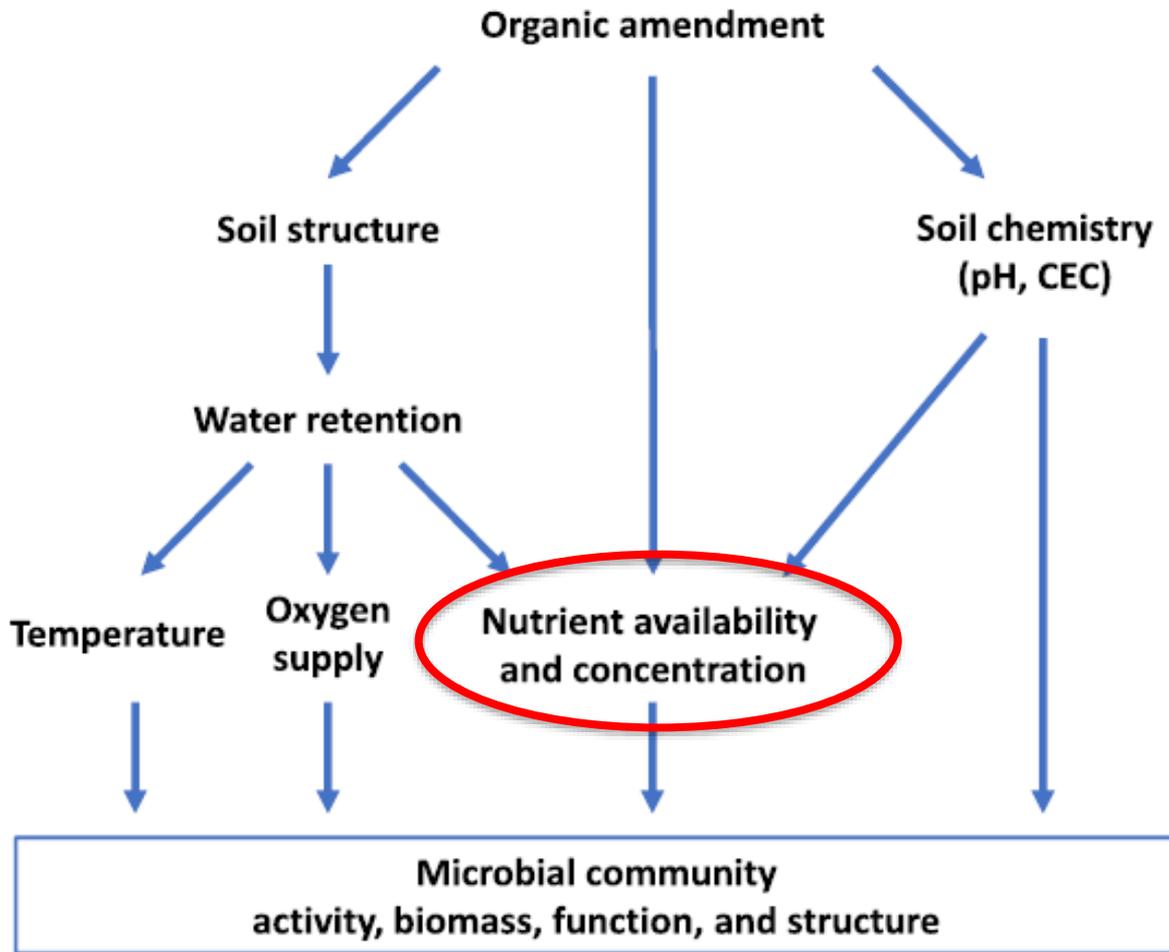
Design: Junge







Der Einfluss organischer Inputs (C) auf Nährstoffe und Mikroorganismen



“...Direct provision of nutrients is only one of many ways organic amendments affect microorganisms in soils.(...) **Impacts on structural and chemical** conditions in soil can include **long-term changes.** (...)”

In addition **back coupling and interaction with (crop) plants and other soil organisms,** which also affect microbial communities”

Possible impacts of carbon-rich organic amendments on soil organic matter (SOM) and the fate of pesticide compounds (PC) and mineral nutrients (NPK) in soil.

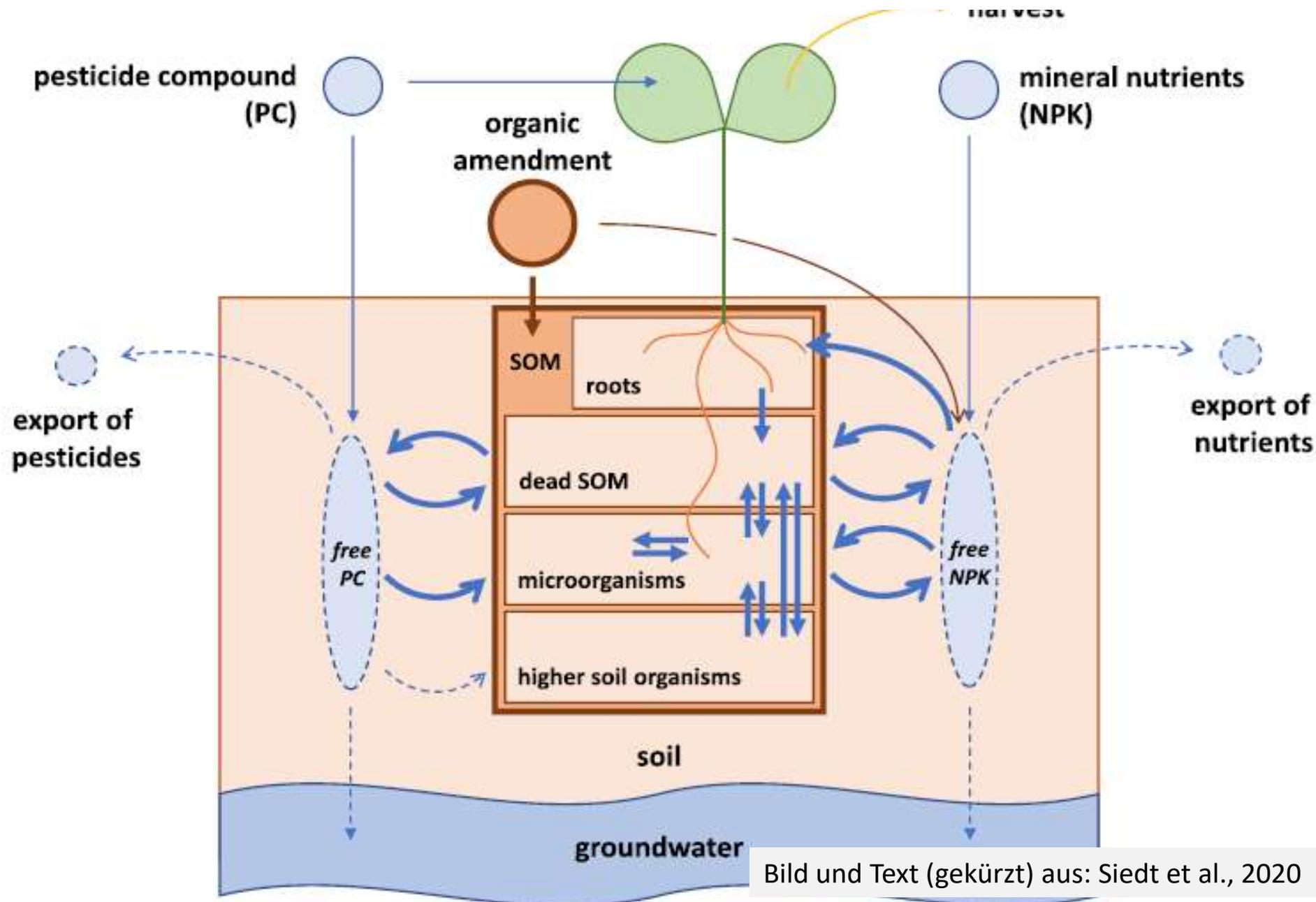


Bild und Text (gekürzt) aus: Siedt et al., 2020

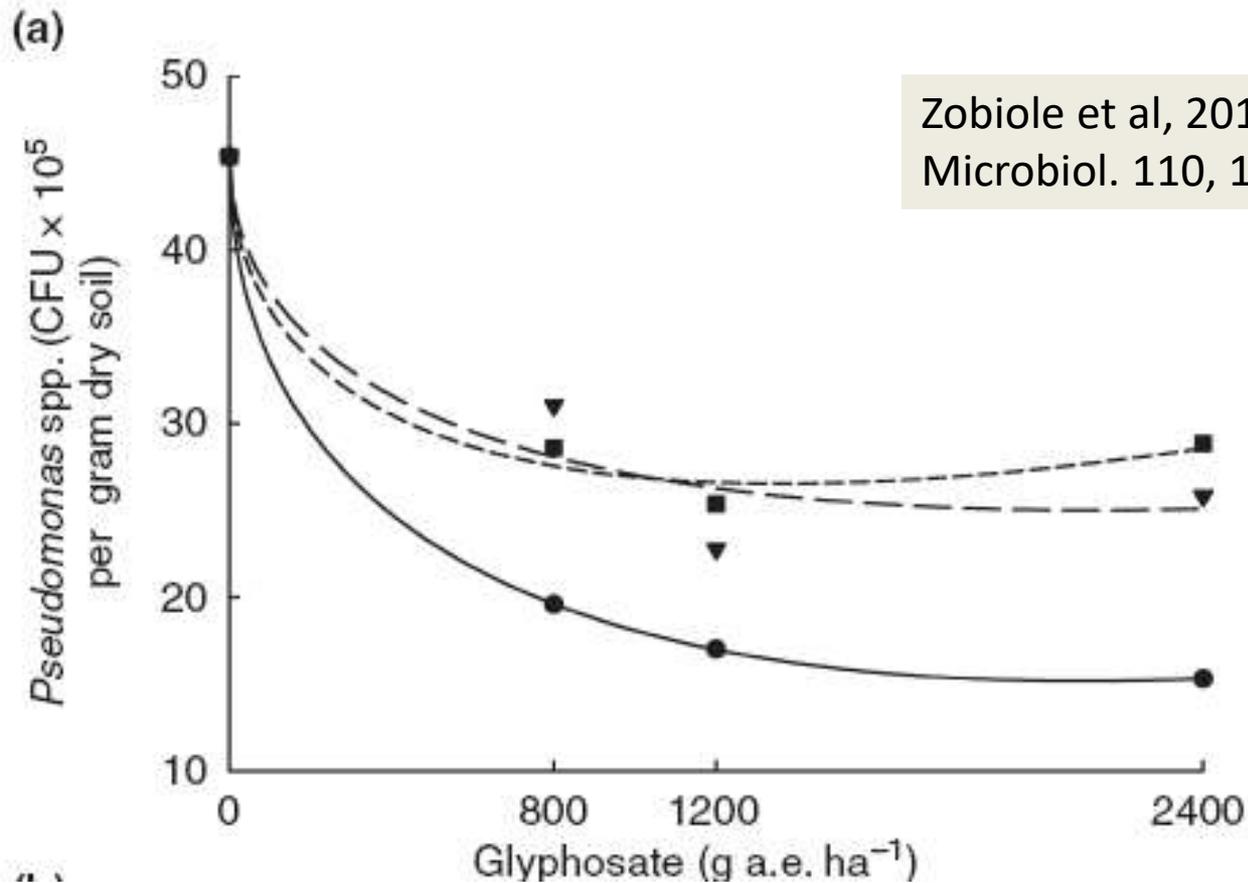
Mikroorganismen und Pathogene

- Fast alle MO sind nützlich oder neutral
- Pathogene haben es schwer, außerhalb der Pflanzen zu „überleben“, da sie an ihre Wirte angepasst sind.
- Bodenbewohner sind hervorragende Konkurrenten und Antagonisten
- Werden diese unterdrückt, haben es die Pathogene leichter

Für Schaderreger

- Sind Nutzpflanzen eine Ressource
- Je leichter zugänglich diese Ressource (viele und leicht verfügbare gelöste Nährstoffe), desto mehr Schaderreger
- Je geringer die mikrobielle Biomasse und Aktivität im Boden, desto besser überleben sie

z.B. Glyphosat unterdrückt Biokontrollbakterien im Boden



Welche organischen Inputs sind denkbar?

Siedt et al., 2020:

- Stroh (ca 8-13 Mio t/a = 10-16% der Fläche à 7 t Stroh/ha)
- Kompost (genug für ca 1-2% der Fläche)
- Biochar (sehr wenig und teuer bisher)

Alternative:

- Gründünger: nur durch Saatgut/Sortenvielfalt, Bodengesundheit, den Landwirt und Kosten-Nutzen limitiert
- **Kosten-Nutzen hängt von den Rahmenbedingungen ab...**

Zwischenfrüchte als Gründünger

- Halten Nährstoffe fest und **produzieren Nährstoffe**
- **Unterdrücken Unkräuter**
- **Schützen vor Erosion** und **verbessern die Wasseraufnahme** des Bodens



Verdichtungen und/ oder nackter Boden

- Verhindern die Wasseraufnahme
- Behindern das Pflanzenwachstum
- Machen den Boden anfällig für Erosion



Diskussion 1:

- Was wäre die Auswirkung einer Landwirtschaft, die massiv den Humusgehalt (C-Gehalt) im Boden erhöht?
- Sollten Landwirte für Kohlenstoffspeicherung im Boden (Humusaufbau) bezahlt werden?



Agrarökologische Ansätze für eine Landwirtschaft der Zukunft

- Ansätze zur Regeneration von Böden

Minimalbearbeitung, Mulch, und Zwischenfrüchte für Bodenerhaltung und Gesundheit im Kartoffelbau



Zwischenfrucht



Flächenkompostierung



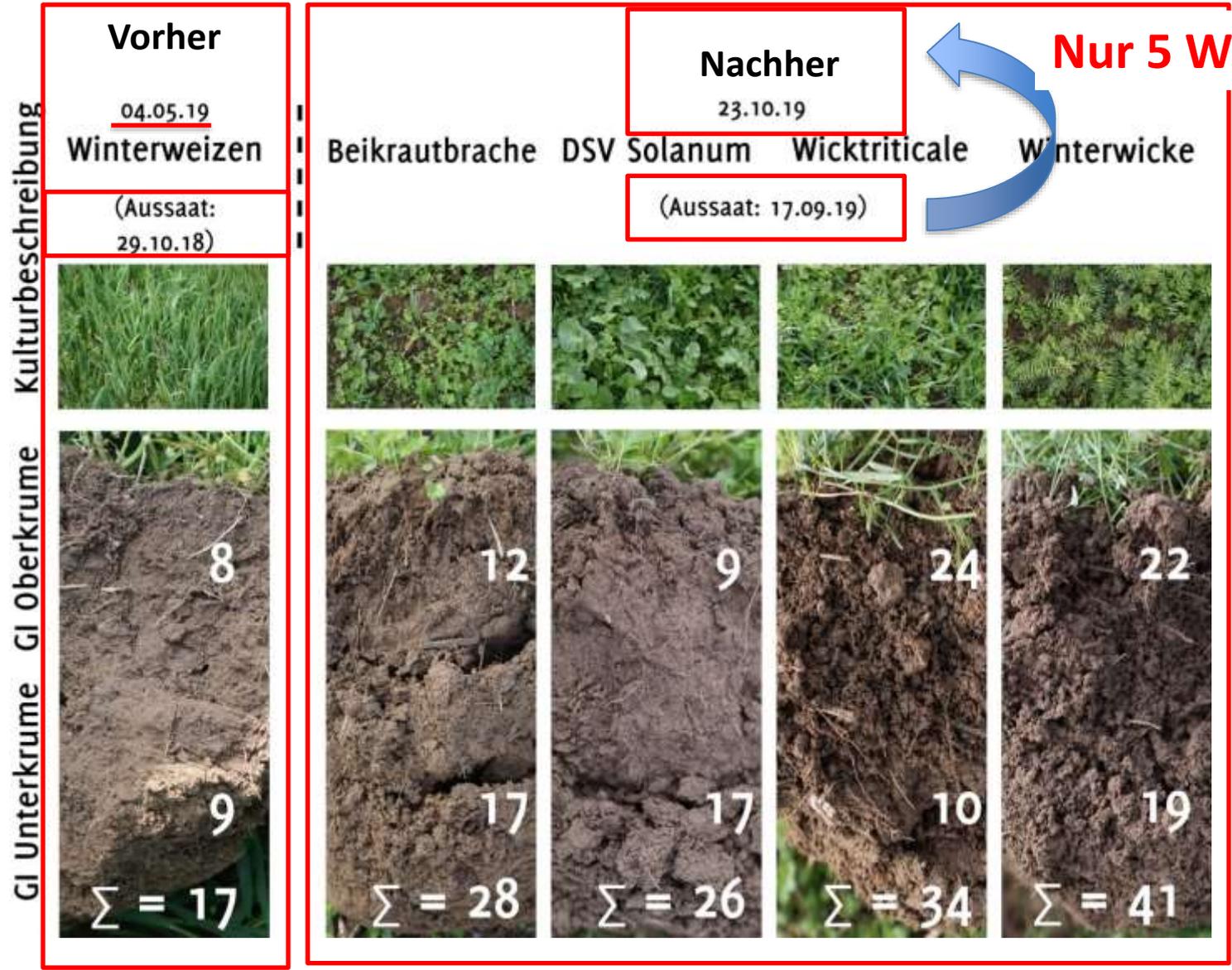
Mulch Applikation



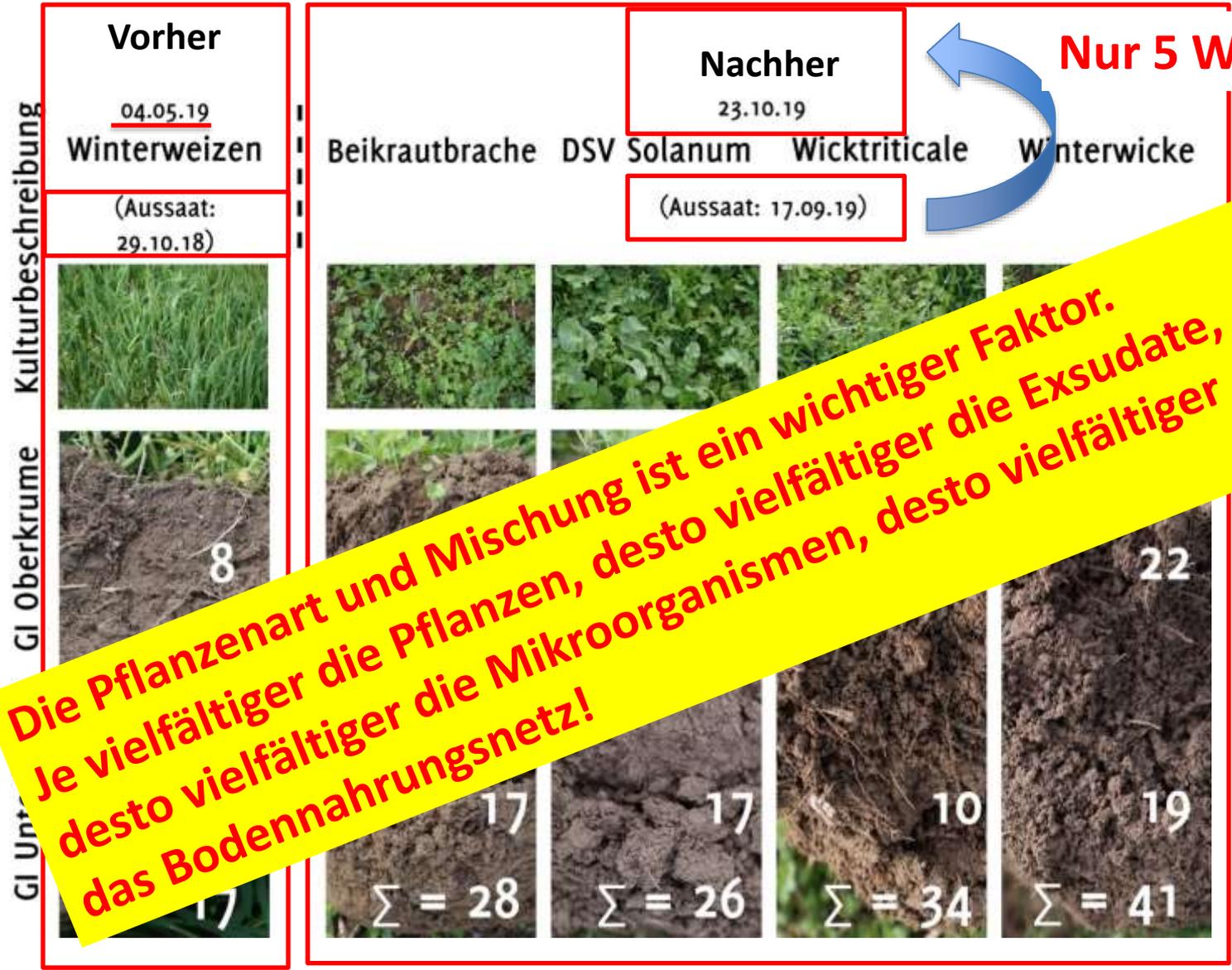
Flache Dämme

Abbildung: JUNGE 2017

Wie wirken sich Pflanzen auf den Boden aus?



Wie wirken sich die Pflanzen auf den Boden aus?



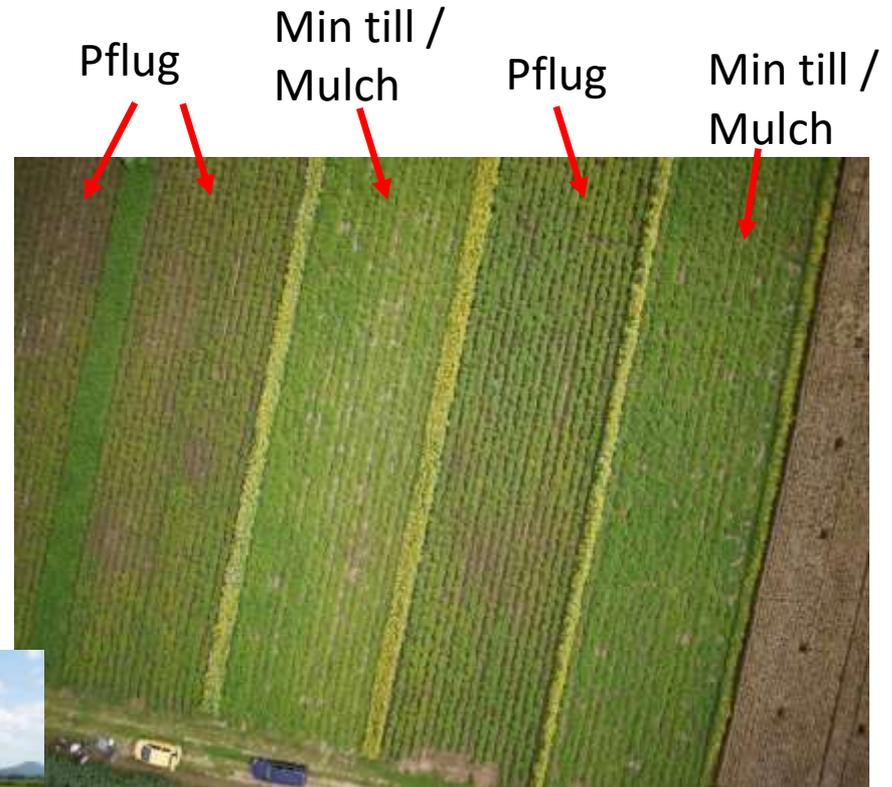
Nur 5 Wochen !



Die Pflanzenart und Mischung ist ein wichtiger Faktor. Je vielfältiger die Pflanzen, desto vielfältiger die Exsudate, desto vielfältiger die Mikroorganismen, desto vielfältiger das Bodennahrungsnetz!

Nährstoffreicher Mulch und *Phytophthora* (Krautfäule)

- Krautfäule im Schnitt 35% reduziert.
- Erträge gesichert
- Wasserstress vermieden



Nährstoffreicher Mulch und Kartoffelkäfer



Mulch und Wurzelwachstum



2018: Extreme Trockenheit

Wurzeln von Kartoffeln in der Vollblüte (BBCH 68)



Ohne Mulch

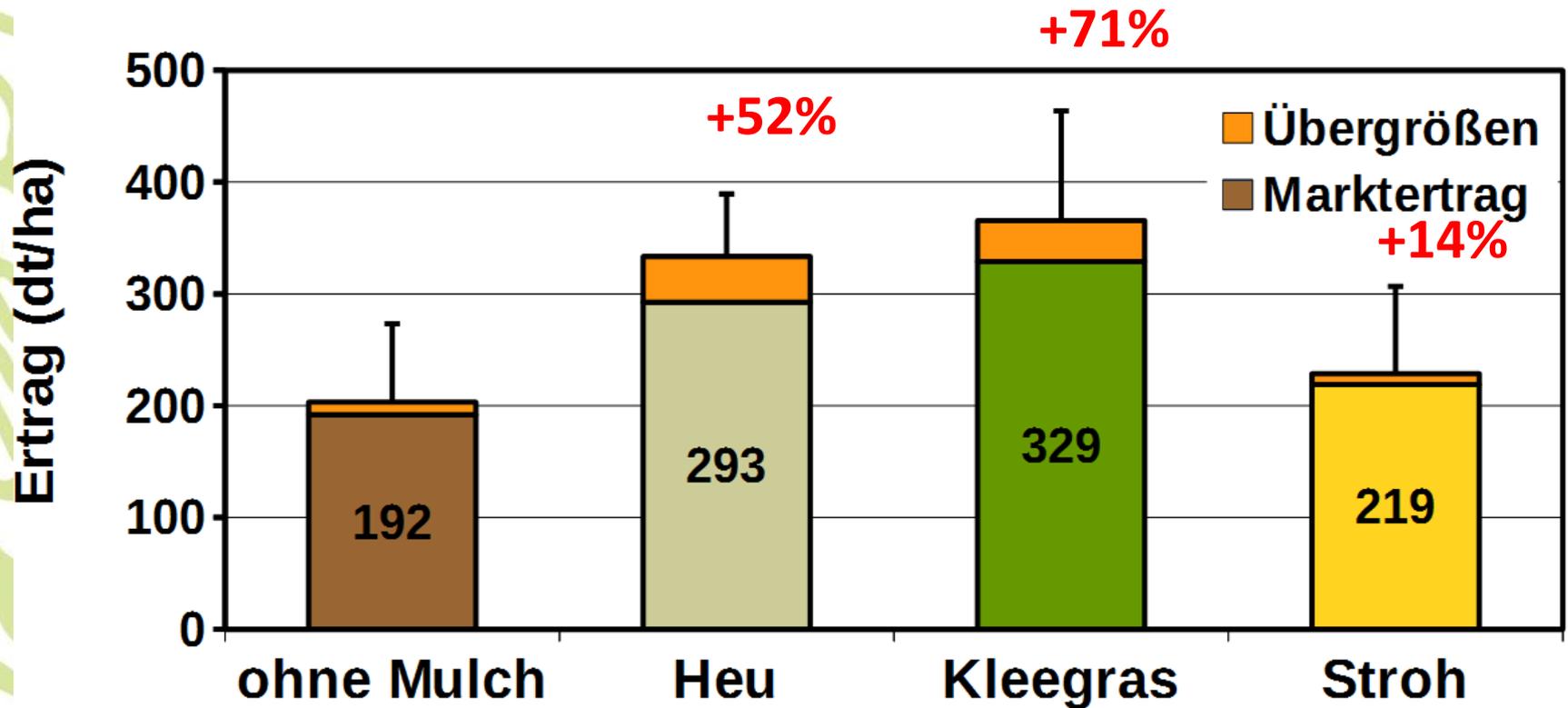


Mit Mulch

Mulch und Erosion im abgestorbenen Kartoffelfeld (August) nach >100 l Regen in 24 Stunden



Mulcheffekte auf Kartoffelertrag 2017



Nachfruchteffekt: Triticaleauflauf



Kartoffeln:
Ohne
Mulch



Triticale:

Agrarökologische Ansätze für eine Landwirtschaft der Zukunft

- Ansätze zur Regeneration von Böden
- Züchtung für Vielfalt als Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Einfluss von Vielfalt auf Gesundheit und Ertrag

- Größerer Abstand zwischen anfälligen Pflanzen
- Barriere Effekte u.v.m.
- Abpuffern von abiotischem Stress

Aber: Pathogene sind vielfältig und verändern sich mit der Zeit, Pflanzensorten werden einheitlich und unverändert gehalten.

Evolutionäre Weizen Composite Cross Populationen



Weizen Composite Crosses und Klimastress: Auswinterung 2011/12

CCs und
Sortenmischungen

Die Elternsorten

Brumlop et al., 2017

16.04.2012



Krankheitsstress: Braunrost

CCP

Bussard

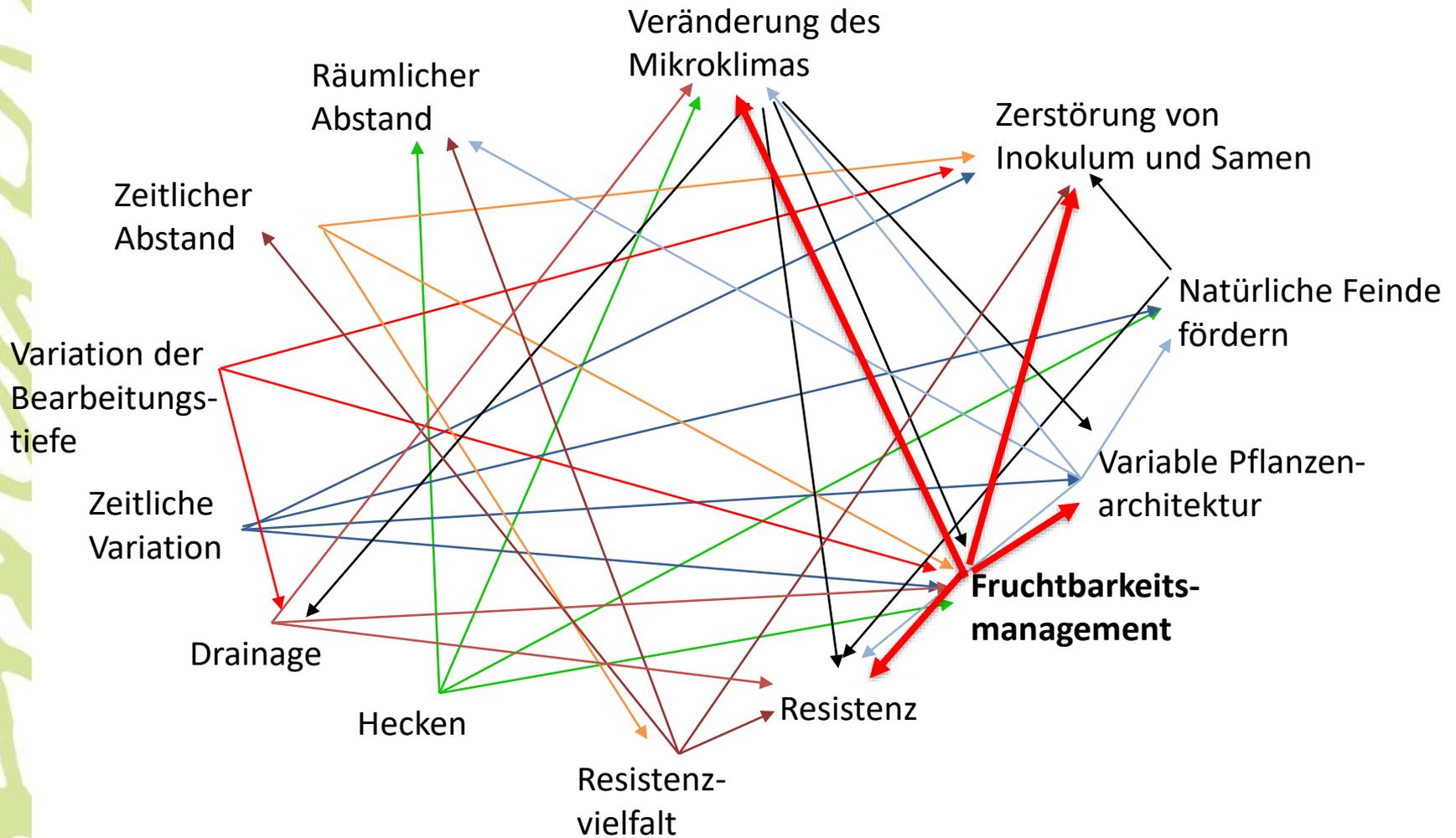
Unkrautunterdrückung

Elixer

Finckh et al., 2018

2017 CCP im pfluglosen Ökoanbau

Ein Netzwerk an Interaktionen



Was verhindert den agrarökologischen Umbau?

- **Fossile Inputs** sind viel **billiger als** ihre **wahren Kosten**: Menschen sind damit relativ zu teuer
- **Gesetze** schreiben Einheitlichkeit von Pflanzen vor: Hier gibt es Bewegung: „EU derogations for the marketing of populations of the plant species wheat, barley, oats and maize pursuant to Council Directive 66/402/EEC“ (bis 2021, verlängert, dann Directive für Ökoanbau).
 - Damit fehlt Wissen, weil in der Forschung uninteressant
- **In-Wert Setzung der Böden** und entsprechende Kopplung der landwirtschaftlichen Zahlungen an Bodenqualität **fehlt**

Diskussion 2

- Was sind Sustainable Farming Systems of the Future?
- Wie kann der Agrarökologische Umbau gefördert werden?

Literaturliste

- Finckh, M.R., Junge, S.M., Schmidt, J.H., Weedon, O.D., 2018. Disease and pest management in organic farming: a case for applied agroecology. In: Köpke, U. (Ed.), *Improving Organic Crop Cultivation Vol 1*. Burleigh Dodds, pp. 271-301.
- Hernando-Amado, S., T. M. Coque, F. Baquero and J. L. Martínez (2020). "Antibiotic Resistance: Moving From Individual Health Norms to Social Norms in One Health and Global Health." *Frontiers in Microbiology* 11(1914).
- Junge SM, Storch J, Finckh MR, Schmidt JH. Developing organic minimum tillage farming systems for Central and Northern European conditions. In: Dang YP, Dalal RC, Menzies NW, editors. *No-till Farming Systems for Sustainable Agriculture: Challenges and Opportunities*. Amsterdam: Springer, Cham; 2020. p. 173-92. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46409-7_11
- Kurenbach B, Hill AM, Godsoe W, van Hamelsveld S, Heinemann JA. Agrichemicals and antibiotics in combination increase antibiotic resistance evolution. *PeerJ*. 2018;6:e5801.
- Marschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)*. San Diego, Academic Press.
- Sariola, S. and S. F. Gilbert (2020). "Toward a Symbiotic Perspective on Public Health: Recognizing the Ambivalence of Microbes in the Anthropocene." *Microorganisms* 8(5).
- Sauerbeck, D. and B. Johnen (1976). "Der Umsatz von Pflanzenwurzeln im Laufe der Vegetationsperiode und dessen Beitrag zur „Bodenatmung“." *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 139(3): 315-328.
- Siedt, M., A. Schäffer, K. E. C. Smith, M. Nabel, M. Roß-Nickoll and J. T. van Dongen (2021). "Comparing straw, compost, and biochar regarding their suitability as agricultural soil amendments to affect soil structure, nutrient leaching, microbial communities, and the fate of pesticides." *Science of The Total Environment* 751: 141607.
- Sobotik, M., 2010. Wurzeln – Grundlage unserer landwirtschaftlichen Produktion - haben viele Funktionen. *LOP – Landwirtschaft ohne Pflug* 6/2010, 35-41.
- Zobiolo, L.H.S., Kremer, R.J., Oliveira, R.S., Constantin, J., 2011. Glyphosate affects micro-organisms in rhizospheres of glyphosate-resistant soybeans. *Journal of Applied Microbiology* 110, 118-127.

Was sind „Sustainable Farming Systems of the Future“?

- Fragen der Inputs: Energy versus Emergy
- Input/output Ratio
- Primat der Ökologie über der Ökonomie weil:
 - Wir können die Ökologie nicht ändern, die Ökonomie schon
- Die Basis ist der Boden und die Bodenfruchtbarkeit mit ihrem Einfluss auf das Klima etc.
- Nur weil wir nicht wissen, wie den Boden schonen, z.B. Minimalbodenbearbeitung im Ökologischen Anbau ist die Konsequenz nicht das weiter so sondern: Dann wird es Zeit anzufangen!



Anpassung an den Klimawandel in Hessen - Erhöhung der Wasserretention des Bodens durch regenerative Ackerbaustrategien

Im Auftrag des **Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz** im Rahmen des Facherlasses „*Maßnahme L-19 im Rahmen des Integrierten Klimaschutzplanes Hessen 2025 Wasserhaushalt unter Klimawandel stabilisieren*“

5/20-3/24