

MiKrobiom: Wer sind wir und wie viele?

Maria Finckh, Ökologischer Pflanzenschutz
Universität Kassel

1. Die vier Traumata der Menschheit
2. Das Mikrobiom, was gehört dazu, was nicht?
3. Mikrobiom und mehrzelliges Leben und (menschliche) Gesundheit

Ein bisschen Wissenschaftsgeschichte, v.a. Biologie....

- Basis der biologischen Forschung: Landwirtschaft und Medizin
Wie haben sich die Denkansätze entwickelt?
- Einige wichtige neue Erkenntnisse im Laufe der Zeit

Landwirtschaft und Medizin

- Erste Impulse zur systematischen Betrachtung von Naturerscheinungen und zum Studium des Lebens
- Was unterscheidet das Leben von der toten Materie?
 - Stoffwechsel
 - Fortpflanzung
 - Bewegung
- Gegensatz zwischen mechanistischen Betrachtungen und vitalistischen Vorstellungen

Bis in die Neuzeit war das Studium der Lebewesen weitgehend **praxisorientiert**: keine Notwendigkeit es als eigenständiges Fach zu begreifen

Ab 17. Jahrhundert Renaissance und dann Aufklärung;

Grundlegende Veränderungen:

- Erfindung des Mikroskops (seit Beginn 17. Jhd.)
- Entdeckung der Zelle (Hooke, 1635-1703): Zelltheorie
- Entdeckung der Metamorphose von Insekten (Swammerdan, 1637-1680)

Aufklärung und 19. Jahrhundert

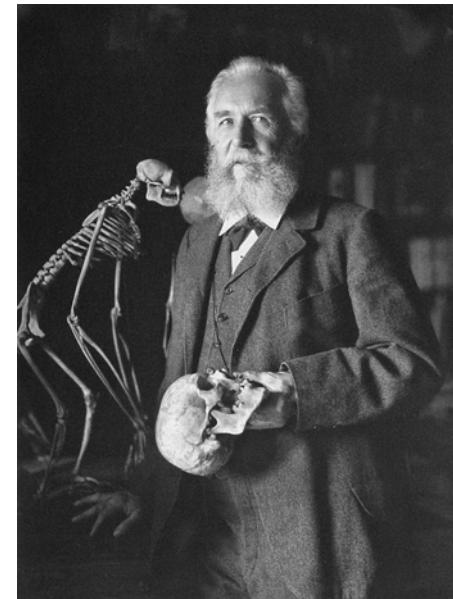
Der Mensch wird vom Sockel geschubst: **die ersten drei Traumata** und was daraus u.a. folgte

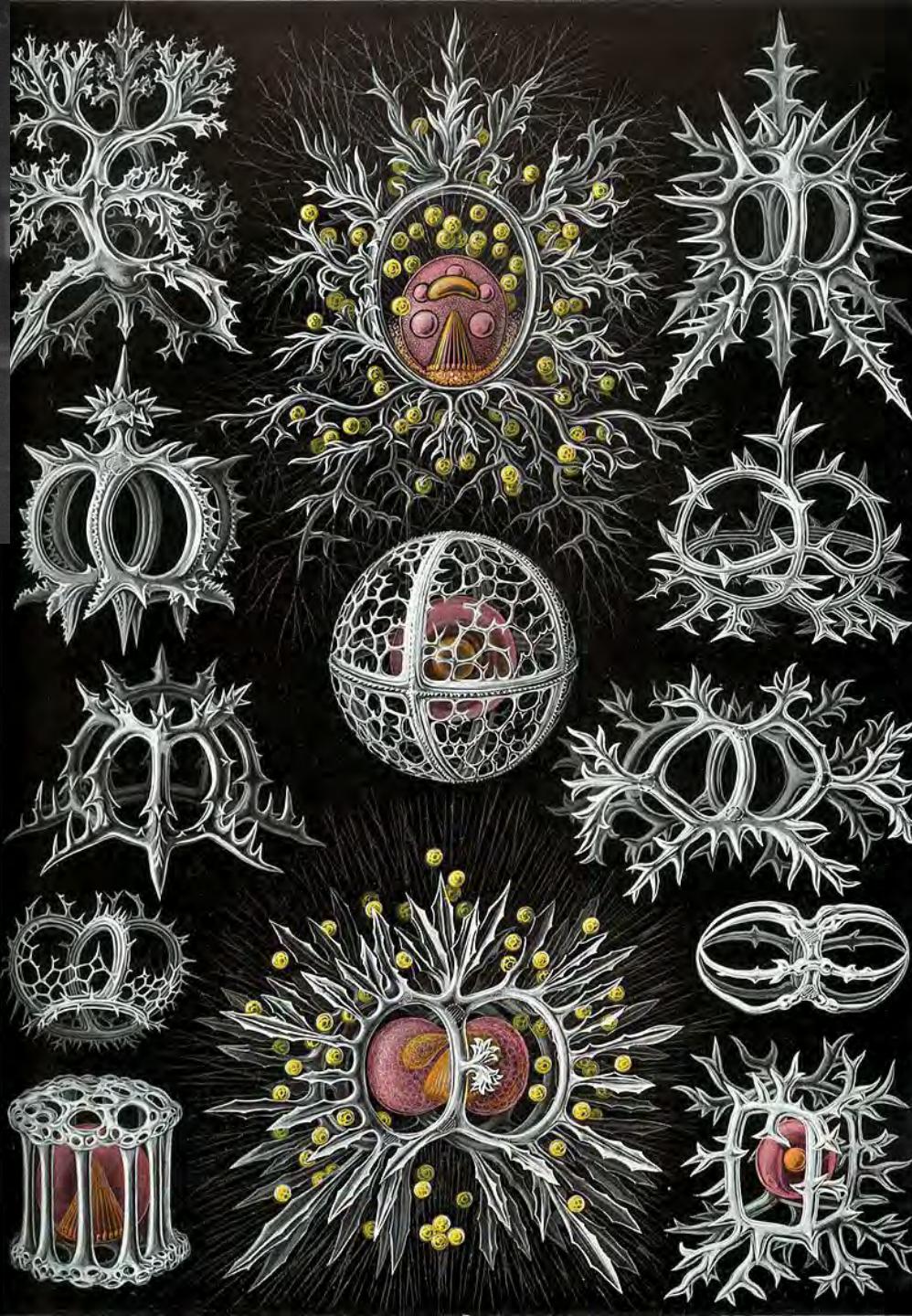
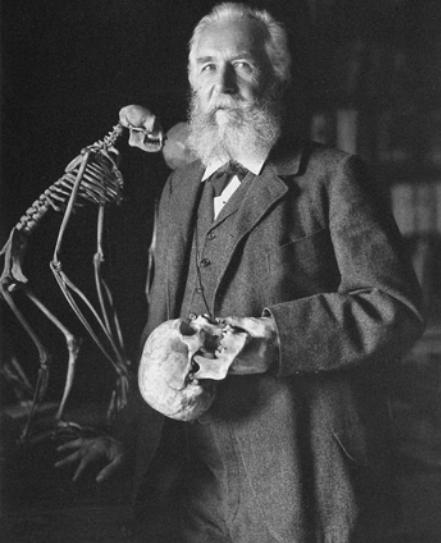
1. Die Erde ist nicht das Zentrum
2. Wir sind nicht die Krone der Schöpfung: Evolution
3. Wir sind nicht Herr im eigenen Haus: Psychologie

Wie reagierten verschiedene Gesellschaften auf die Evolutionstheorie?

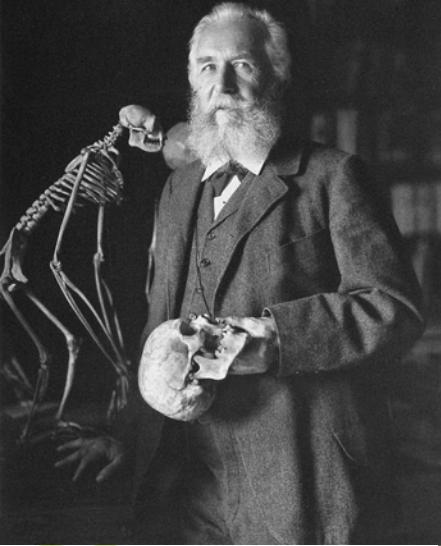
1. Ökologie (Häckel):

- Exzenter Beobachter, Mikroskopieur und Zeichner (Plankton)
- Parallelität Phylogenie/Ontogenie („Embryonen vollziehen Evolution nach“)
- Fokus auf Natur und Beobachtungen. Häckel gilt als Begründer der Ökologie als Wissenschaft

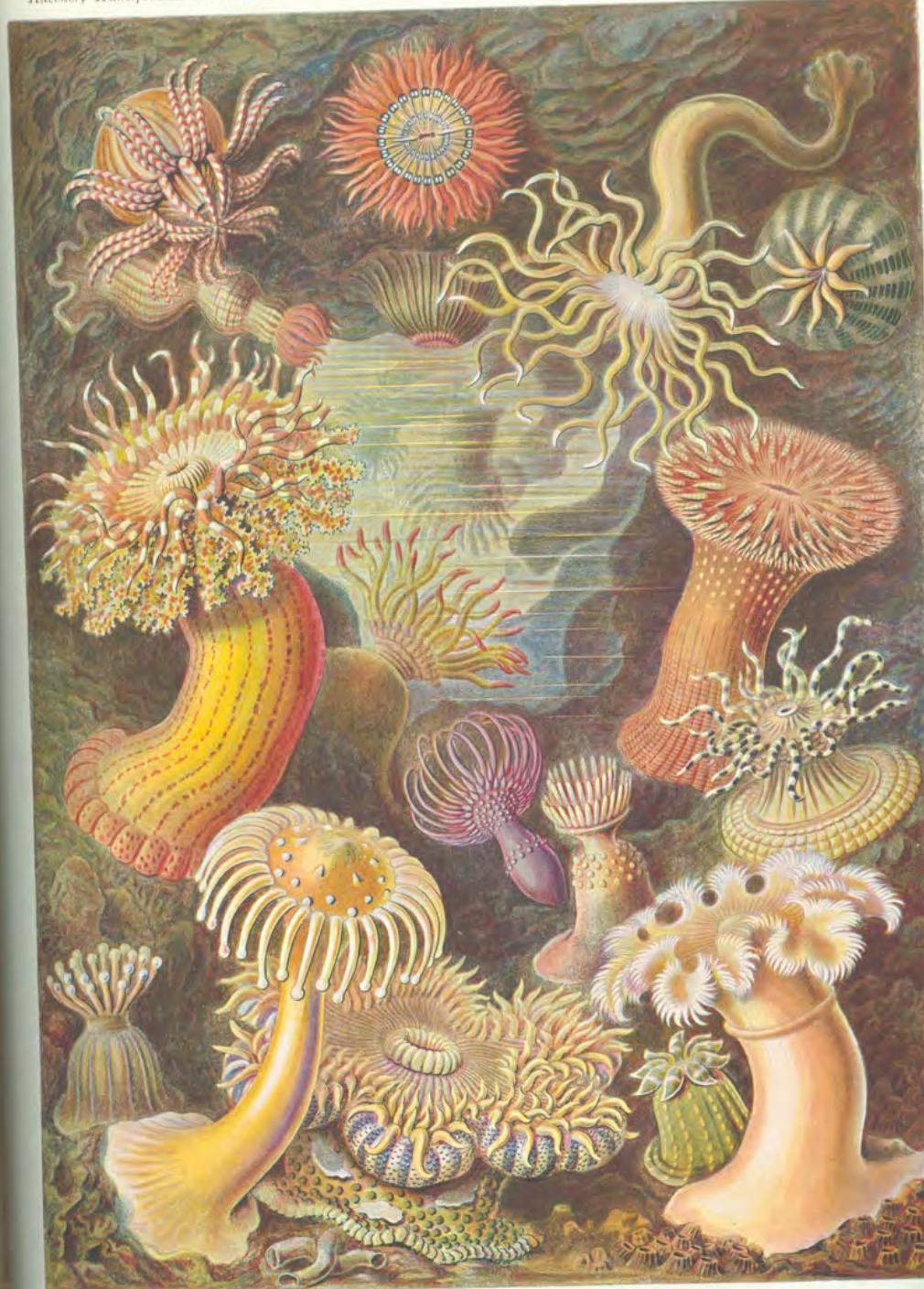




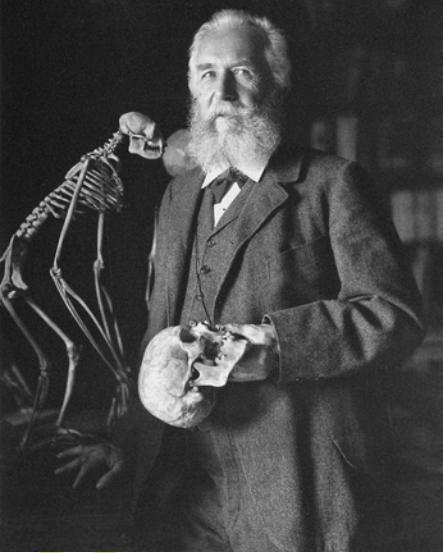
Radiolarien
(Strahlentierchen):
Bildtafel Nr. 71 aus
*Kunstformen der
Natur*, 1899



Haeckel, *Kunstformen der Natur*.



Seeanemonen:
Bildtafel Nr. 49
aus
*Kunstformen
der Natur*,
1899



GENERELLE MORPHOLOGIE DER ORGANISMEN.

ALLGEMEINE GRUNDZÜGE
DER ORGANISCHEN FORMEN-WISSENSCHAFT,

MECHANISCH BEGRÜNDET DURCH DIE VON

CHARLES DARWIN

REFORMIRTE DESCENDENZ-THEORIE,

von

ERNST HAECKEL.

ERSTER BAND:

ALLGEMEINE ANATOMIE
DER ORGANISMEN.

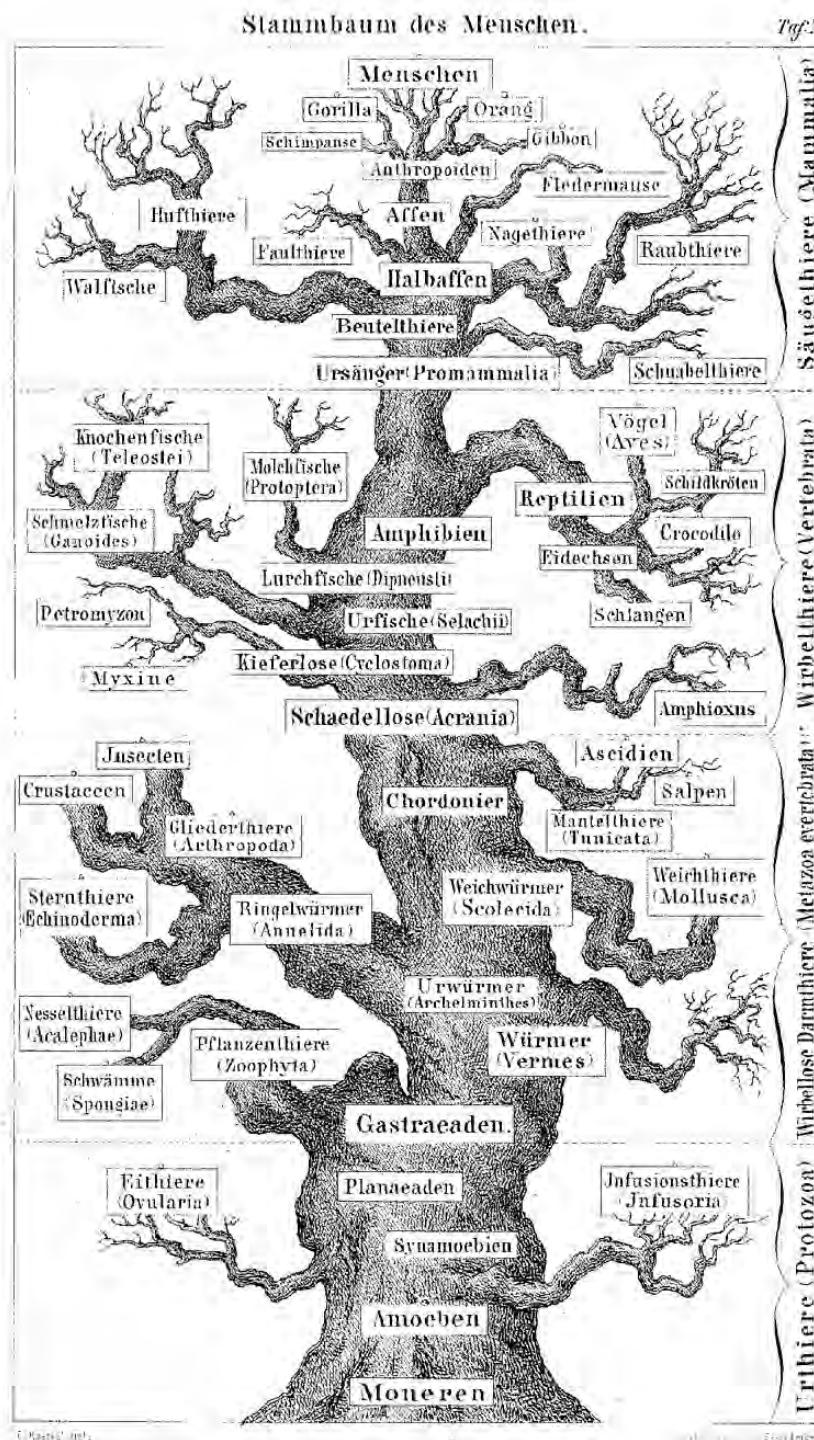
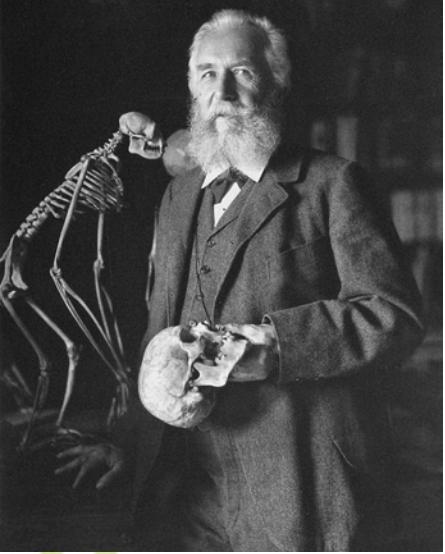
„E PUR SI MUOVE!“

MIT ZWEI PROMORPHOLOGISCHEN TAFELN.

BERLIN.

DRUCK UND VERLAG VON GEORG REIMER.
1866.

*Generelle
Morphologie
der
Organismen
(Berlin 1866):
In diesem Werk
definierte
Haeckel den
Begriff Ökologie*

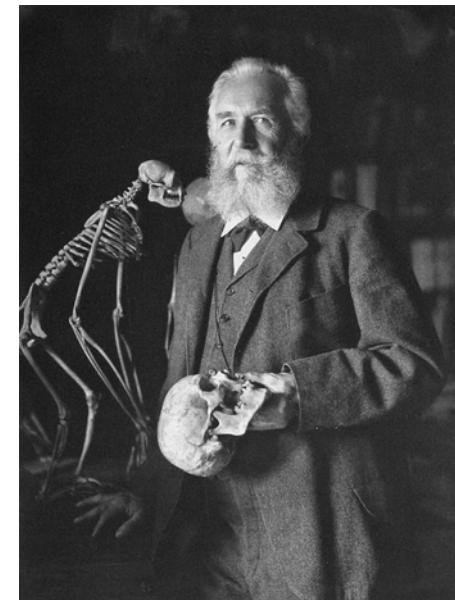


Stammbaum
des Menschen
nach Haeckel
(1874)

Wie reagierten verschiedene Gesellschaften auf die Evolutionstheorie?

1. Ökologie (Häckel):

- Exzenter Beobachter, Mikroskopieur und Zeichner (Plankton)
- Parallelität Phylogenie/Ontogenie („Embryonen vollziehen Evolution nach“)
- Fokus auf Natur und Beobachtungen. Häckel gilt als Begründer der Ökologie als Wissenschaft
- **Zeitalter der Romantik:** kein Interesse Natur mit „niederm“ bla bla in Verbindung zu bringen



Wie reagierten verschiedene Gesellschaften auf die Evolutionstheorie?

2. Mutualismus (Russland):

- Zarenzeit, Leibeigenschaft, Entstehung von Widerstand
- Rasputin/Anarchisten: Gewaltfreie herrschaftslose Gesellschaft:
Forschung in Richtung **Zusammenarbeitende Systeme durch Evolution**
(Bienen, Parasitismus, Symbiosen)
- Populationsgenetik ursprünglich russisch
- Genetik passt **nicht** zum Kommunismus, weil sie besagt, die
Eigenschaften sind weitgehend festgelegt und damit ist der Gedanke der
Umerziehung ad absurdum geführt
- Lysenko versus Vavilov Kontroverse

Trofim Denissowitsch Lyssenko (1889-1976)

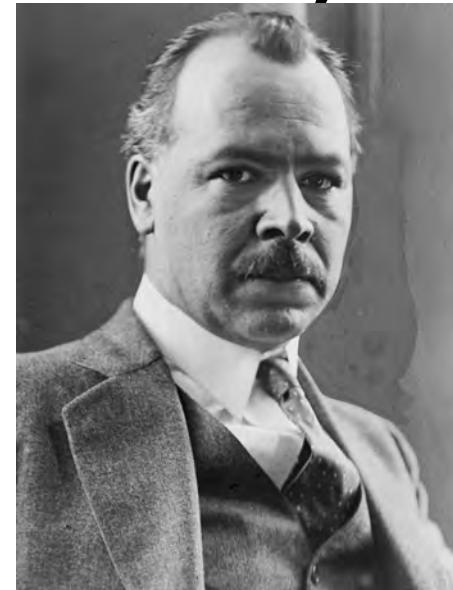
- Hervorragender Pflanzenzüchter: Wechselweizen
- „(Um)Erziehung“ von Weizen demonstriert, passend zur kommunistischen Doktrin
- Stalin sprach einen formalen Bann gegenüber der sogenannten *Mendel-Weismann-Morgan-Genetik* aus: Moderne Genetik wurde damit abgeschafft („Lyssenkoismus“). Katastrophale Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Wissenschaft.
- Erst 1962 Fälschungen und Fehlinterpretationen öffentlich gemacht und Entlassung Lyssenkos.
- Genetik war bis 1964 ein hoch gefährliches Thema in Russland.



Von Autor/-in
unbekannt -
Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1052653>

Nikolai Iwanowitsch Wawilow (1887-1943)

- Botaniker, Begründer der Theorie der geographischen Genzentren
- Begann die systematische Sammlung genetischer Ressourcen (Wawilow Institut Sankt Petersburg)
- Professor für Ackerbau und Genetik
- 6. August 1940 als Führungsmitglied der vom NKWD erfundenen „Werktätigen Bauernpartei“ verhaftet, seiner Ämter enthoben und am 19. Juli 1941 zum Tode verurteilt. 26.1.1943 im Gefängnis verhungert.
- 1955 Beginn Rehabilitation „Held der sowjetischen Wissenschaftler“



Quelle: Von World Telegram staff photographer - Library of Congress. New York

World-Telegram & Sun Collection.

<http://hdl.loc.gov/loc.pnp/cph.3c18109>, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1273924>



Vavilov centres of origin: (1) Mexico-Guatemala, (2) Peru-Ecuador-Bolivia, (2A) Southern Chile, (2B) Paraguay-Southern Brazil, (3) Mediterranean, (4) Middle East, (5) Ethiopia, (6) Central Asia, (7) Indo-Burma, (7A) Siam-Malaya-Java, (8) China and Korea.

Redwoodseed, CC BY 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Wie reagierten verschiedene Gesellschaften auf die Evolutionstheorie?

3. Sozialdarwinismus (Spencer, u.a.) (Angelsächsischer Bereich):

- Survival of the fittest (Spencer)
- gut geeignet die Zustände in den Industriegebieten zu rechtfertigen, Selektion führt zu armen und reichen.....
- Heute leider auch noch sehr präsent in v.a. rechtsextremen Kreisen.
Definition und Geschichte siehe:

[https://www.bpb.de/politik/extremismus/rechtsextremismus/214188/was-
ist-sozialdarwinismus](https://www.bpb.de/politik/extremismus/rechtsextremismus/214188/was-ist-sozialdarwinismus)

20. – 21. Jahrhundert

- Wissenschaft hat eine Verantwortung! Carl Friedrich von Weizsäcker
- Die Erde als Gesamtorganismus begreifen (Lovelock):
 - Kreisläufe global: Wasser, Gase, Elemente, etc.
 - Leben als Ursache des derzeitigen Ungleichgewichts in der Atmosphäre
- Potsdamer Manifest: „Wir müssen lernen auf eine neue Weise zu denken“
- Epigenetik: Vor der Geburt sind die Gene festgelegt, die Lebensprozesse aber nicht
- Das Mikrobiom und das Holobiontenkonzept
- siRNAs
- Andere Formen der Wissensgenerierung durch kollektive Ansätze

Die Erdatmosphäre (Lovelock)

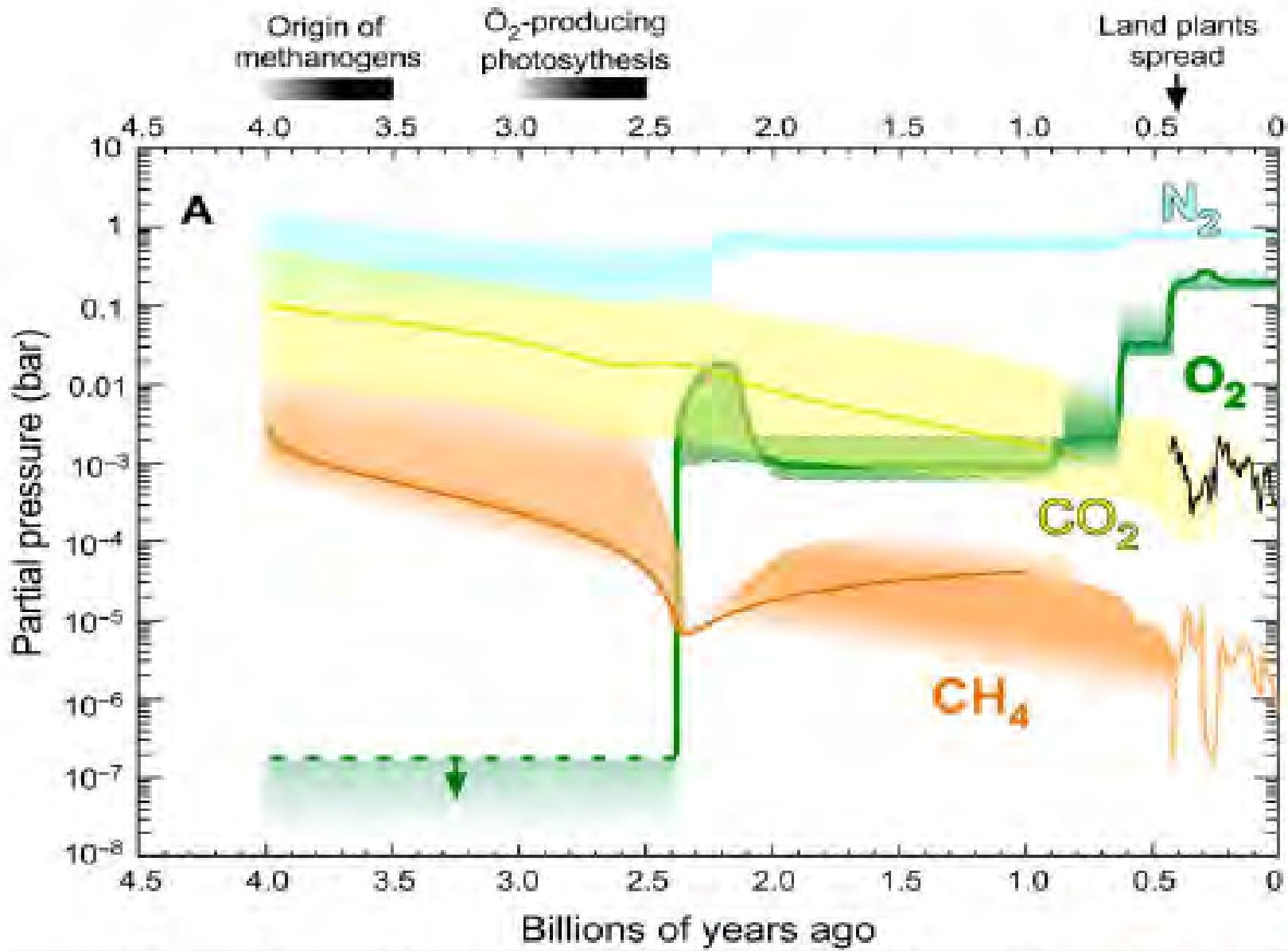
Gas	Ohne Leben	Beginn des Lebens	heute
CO ₂	98%	0,3%	0,03%
N ₂	1,9%	99%	79%
O ₂	0	1ppm	21%
Methan	0	100ppm	1,7ppm
H ₂	wenig	1ppm	
Temperatur	240-340		13
Druck	60 bar		1bar

„We have ... defined Gaia as a complex entity involving the Earth's biosphere, atmosphere, oceans, and soil; the totality constituting a feedback or cybernetic system which seeks an optimal physical and chemical environment for life on this planet.“

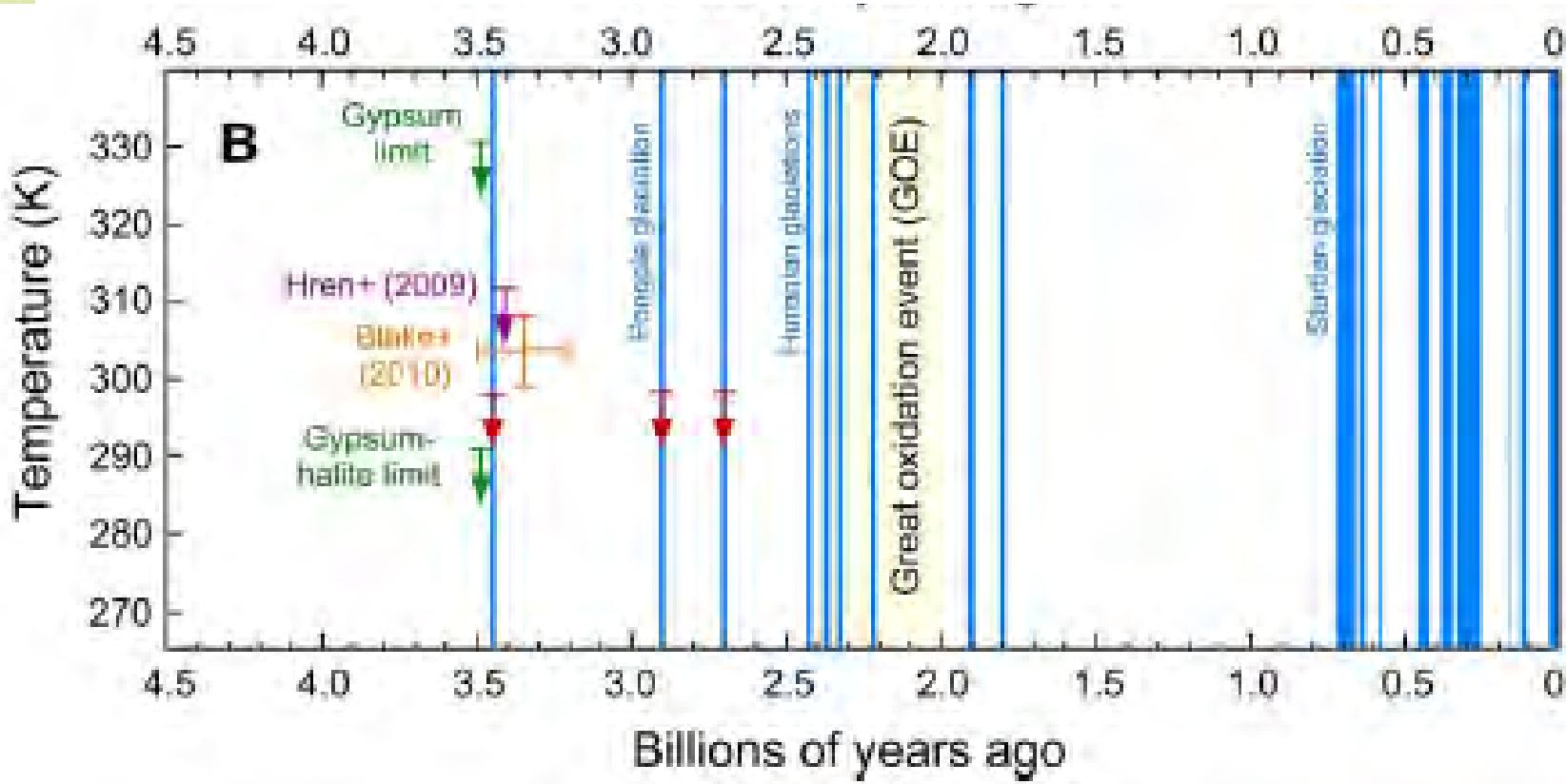
(Aus: Lovelock, J.E. 1979. *Gaia. A new look at life on earth.* Oxford University Press, reprint 1991, Introduction, p 11)

Neues Buch: „Gaias Rache“ u.a.: Nicht die Erde braucht Hilfe sondern der Mensch.....

Die Erdatmosphäre



Die Erdatmosphäre

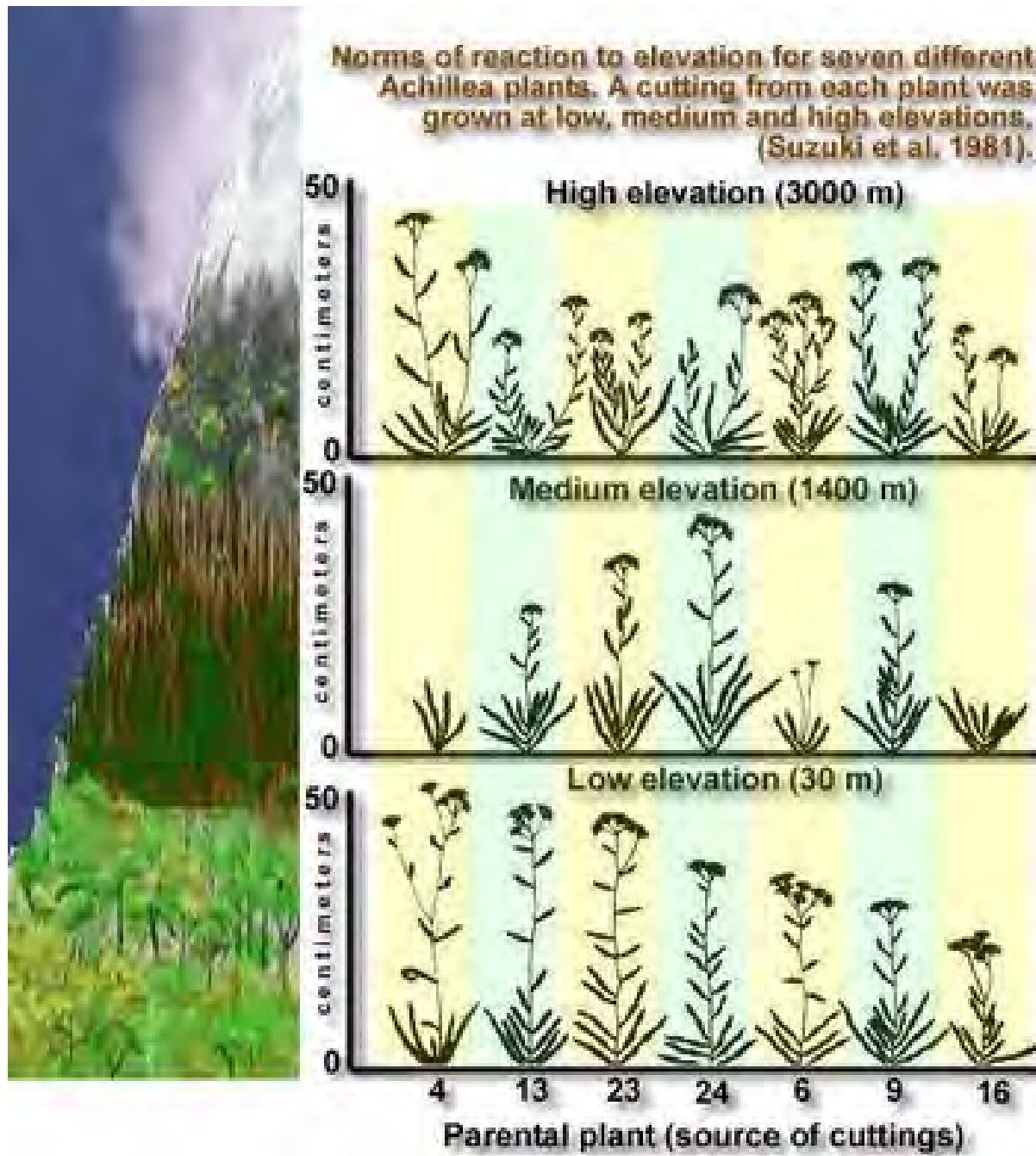


Epigenetik

Das Studium von Prozessen, die zu langfristigen Auswirkungen auf die Entwicklung von Prokaryoten und Eukaryoten führen. Auf zellulärer Ebene beeinflussen diese Prozesse die Determinierung und Differenzierung. Auf höheren Ebenen der biologischen Organisation werden epigenetische Prozesse durch sich selbst erhaltende (oder weiter gegebene) Interaktionen zwischen Zellgruppen beeinflusst, mit physiologisch und morphologisch permanenten Auswirkungen.

A single genotype can produce many phenotypes, depending on many contingencies encountered during development. That is, phenotype is an outcome of a complex series of developmental processes that are influenced by environmental factors as well as genes.

_H. F. Nijhout, 1999





Die Königin der Honigbiene (*Apis mellifera*) ist gentisch identisch mit ihren Arbeiterinnen; alleine die Fütterung der Larve und der Bau der "Weißenzelle" sorgt dafür, dass eine Königin entsteht anstatt sterile Arbeiterbienen. (Foto: eigen).

X inactivation

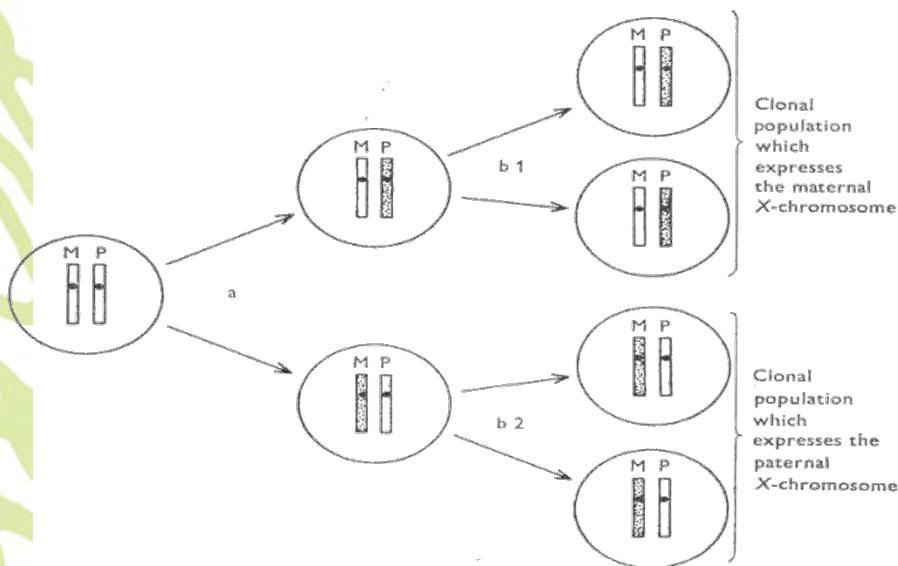


Foto: eigen

Linaria

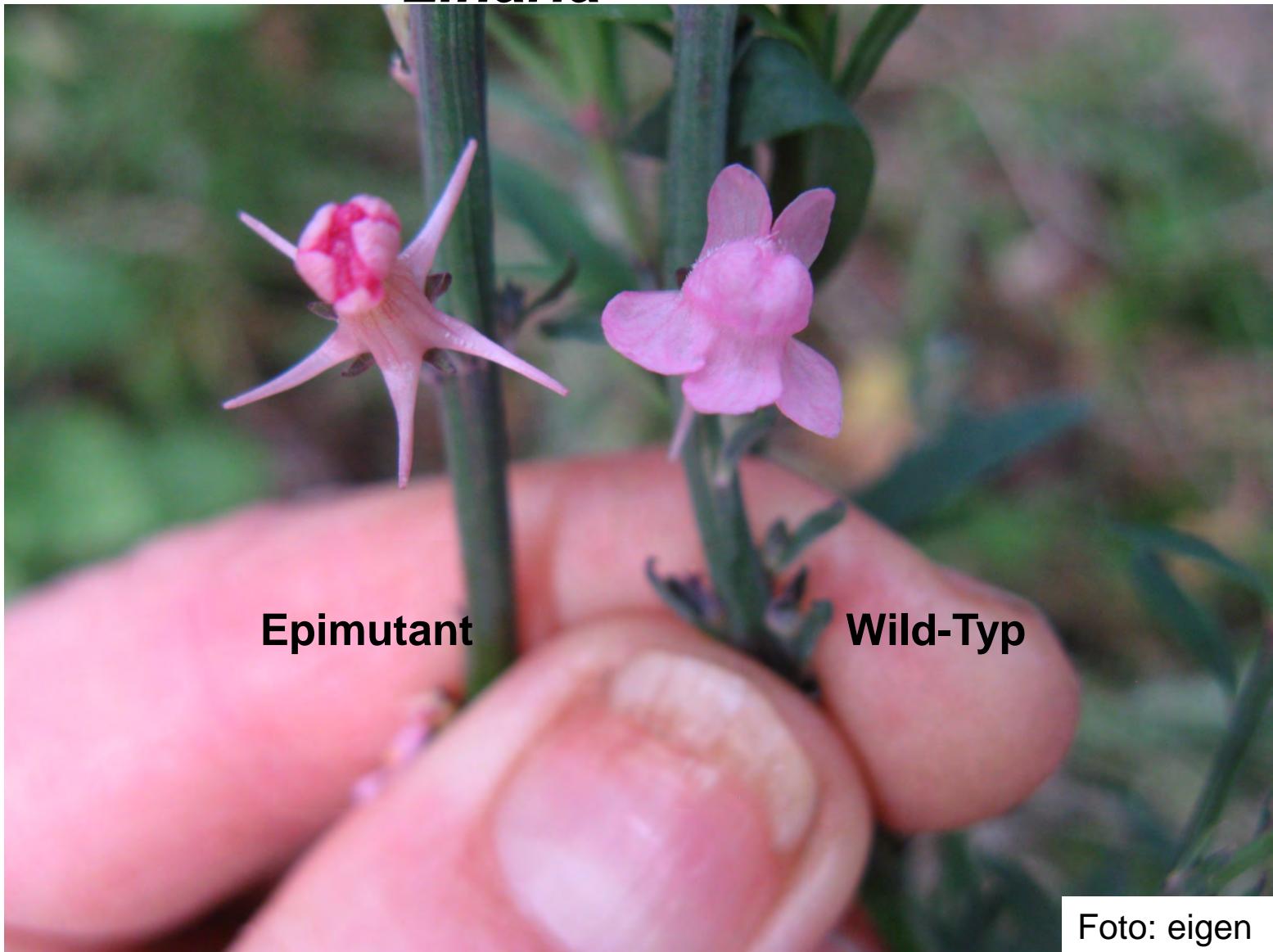


Foto: eigen

Epigenetische Vererbung

- Wenn phänotypische Variation, die **nicht** durch eine Veränderung der DNA Sequenz entstanden ist an die nächste Generation vererbt wird.
- Epigentische Vererbung ist eine **Komponente** der Epigenetik.
- Sie kann auf der Ebene eines Organismus oder auch auf zellulärer Ebene stattfinden.

Genetische Mechanismen der Plastizität

- Hypervariable DNA Regionen:
 - Immunoglobuline: Antigenerkennung
 - Cadherin Gene: Neuronale Netzwerke
- (un)programmierte Rearrangements
 - Sex-Determination (Alter/ Umwelt)
 - Transposons/ Retrotransposons

Inputs to development: The five (potential) mothers

- The provider of genetic (DNA) resources
- The provider of the non-DNA part of the egg (nuclear and cytoplasmic)
- The provider of early nourishment (womb & milk)
- The provider of home and care
- The provider(s) of social education

Die epigenetische Sicht

„Gene kontrollieren nicht die Lebensprozesse, vielmehr liefern sie biochemische Substanzen, die für die Zelle in ihrem jeweiligen Entwicklungsprozess und in ihrer Funktion notwendig sind. Gene sind Moleküle wie alle anderen auch und die Zelle signalisiert, was wann gebraucht wird. Die Gene determinieren das Programm nicht.“

ABER: Wenn man eine bestimmte genetisch Ausstattung NICHT hat, kann man ein Merkmal auch nicht ausprägen.

Epigenese

„Die Epigenese kann operationell als ein vielfältiges Set von Prozessen definiert werden, die im Lebenszyklus stattfinden, deren Abläufe vor der Geburt nicht eindeutig festgelegt sind. Dieses Konzept beinhaltet die Erkenntnis der „Genome ambiguity“ (Uneindeutigkeit des Genoms), d.h. derselbe Genotyp kann in mehreren Phänotypen resultieren und die Zunahme der Information im Laufe der Entwicklung.“

Buiatti, 2006, pp12-14 in: *Epigenetics, Transgenic Plants and Risk Assessment*, Proceedings of the Conference on Dec. 1, 2005, Frankfurt. <http://www.oeko.de/oeekodoc/277/2006-002-en.pdf>)

Genomfluidität

Der Mensch unterscheidet sich nur mit 1.3% seiner DNA vom Schimpansen,
aber er hat 3 Mal so viele Transposons!

Gen-Netzwerke und ihre Regulation unterscheiden die Organismen viel
mehr als die Gene selbst!

Die DNA ist nie nackt sondern sie ist von Proteinen und Chemikalien
(natürlich oder Umweltgifte) umgeben. Dieses gesamte Muster kann an
die Nachkommen weitergegeben werden.

Das vierte Trauma: das Mikrobiom: Wer sind wir überhaupt?

1. Die Erde ist nicht das Zentrum
2. Wir sind nicht die Krone der Schöpfung: Evolution
3. Wir sind nicht Herr im eigenen Haus: Psychologie
4. **Wer sind wir überhaupt? Gibt es Individuen?**

Das Holobiontenkonzept

Die neuen Erkenntnisse im “Anthropozän”

„Einerseits sind Mikroben als der Hauptfeind der Menschen definiert. Durch die vergeblichen Versuche, Mikroben aus unseren Leben zu eliminieren hat das Anthropozän die Voraussetzungen für rekombinante Viren und antibiotikaresistente Bakterien erzeugt.

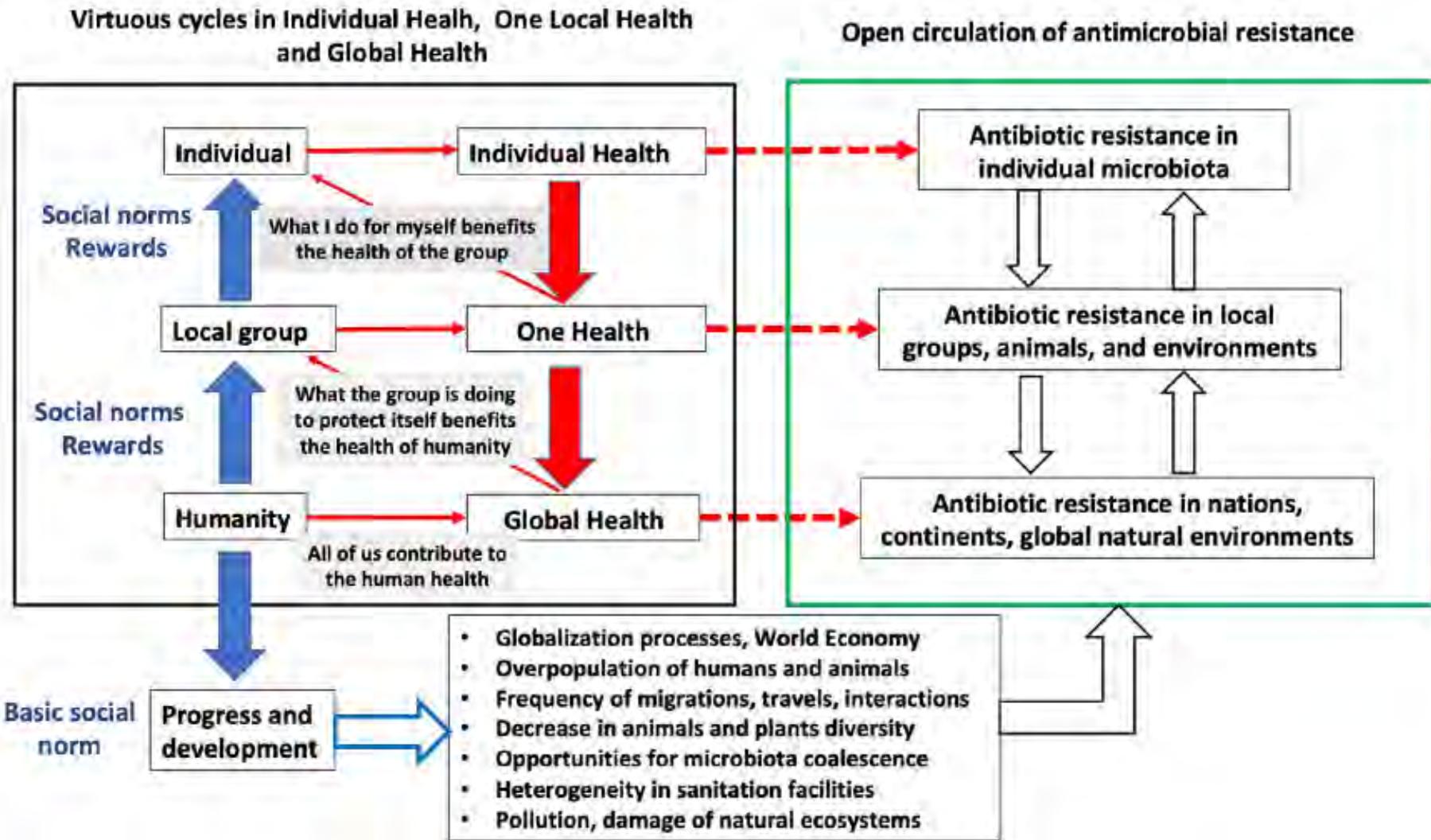
*Andererseits haben wir erkannt, dass Mikroorganismen ein Teil unserer Existenz sind. Unsere Gesundheit ist von den symbiotischen Bakterien abhängig, die helfen, unsere Körper aufzubauen und gesund zu erhalten. Unser Immunsystem hat sich dahin entwickelt, dass es den Unterschied zwischen harmlosen und potentiell krankheitserregenden Bakterien erkennt.“
(eigene freie Übersetzung)*

Die neuen Erkenntnisse im “Antrophozän”

„*Die Hologenom-Theorie stellt das einzelne Tier oder die einzelne Pflanze (und andere mehrzellige Organismen) als ein Konsortium ("Holobiont") dar - den Wirt und alle seine symbiotischen Mikroben Während wir etwa 22.000 Gene von unseren Eltern erben, erben wir etwa 8 Millionen verschiedene Gene von den Bakterien unserer Eltern*“ (eigene freie Übersetzung)

Die Rolle der Mikroorganismen übertrifft alles!

- Schätzungen sagen, dass Mikroorganismen 90 - 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.



- Jährlich sterben geschätzt 5 Mio Menschen an multiresistenten Keimen....

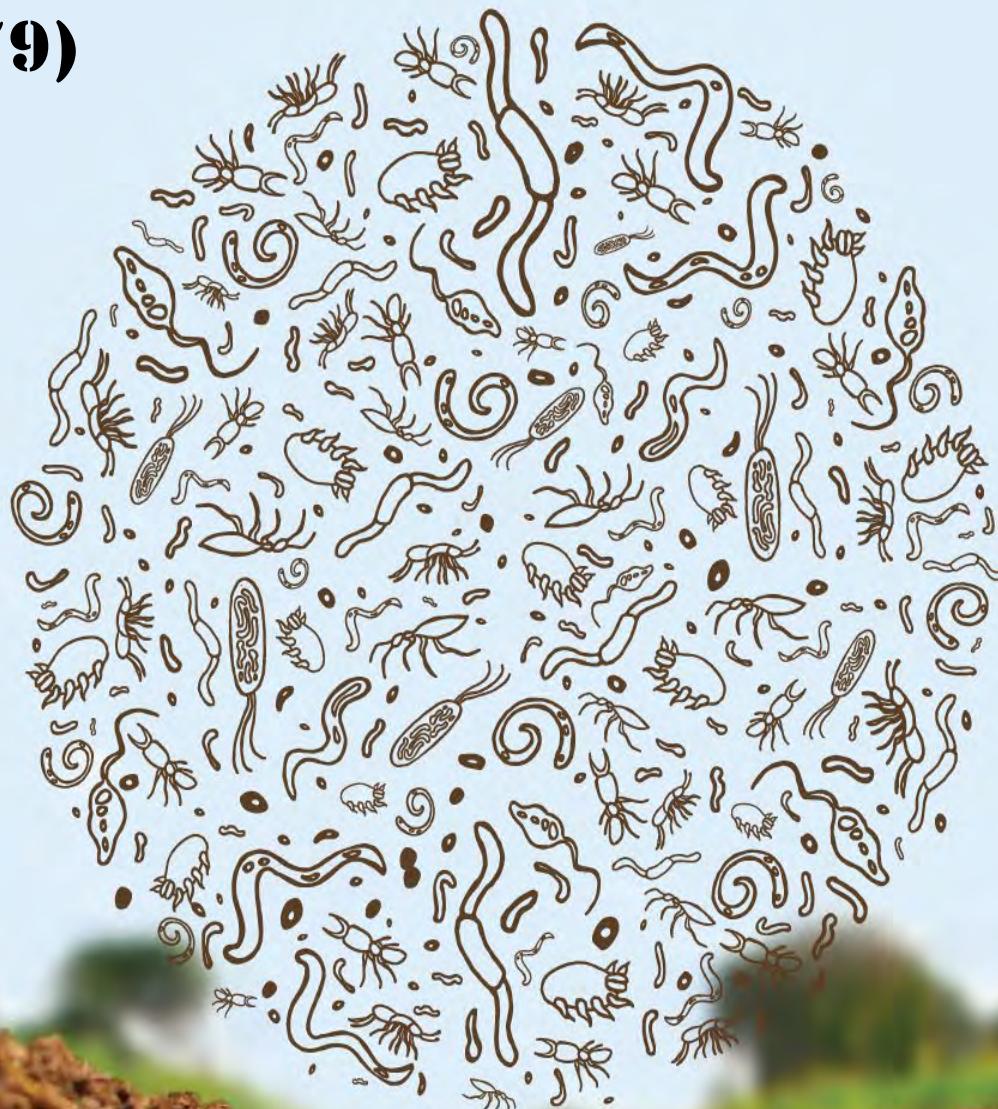
Ashley, E., Feasey, N., Dunachie, S., Krapp, F.,, Nachavi, M., & et.al. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*, 399, 629-955. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)

Und noch etwas: siRNAs

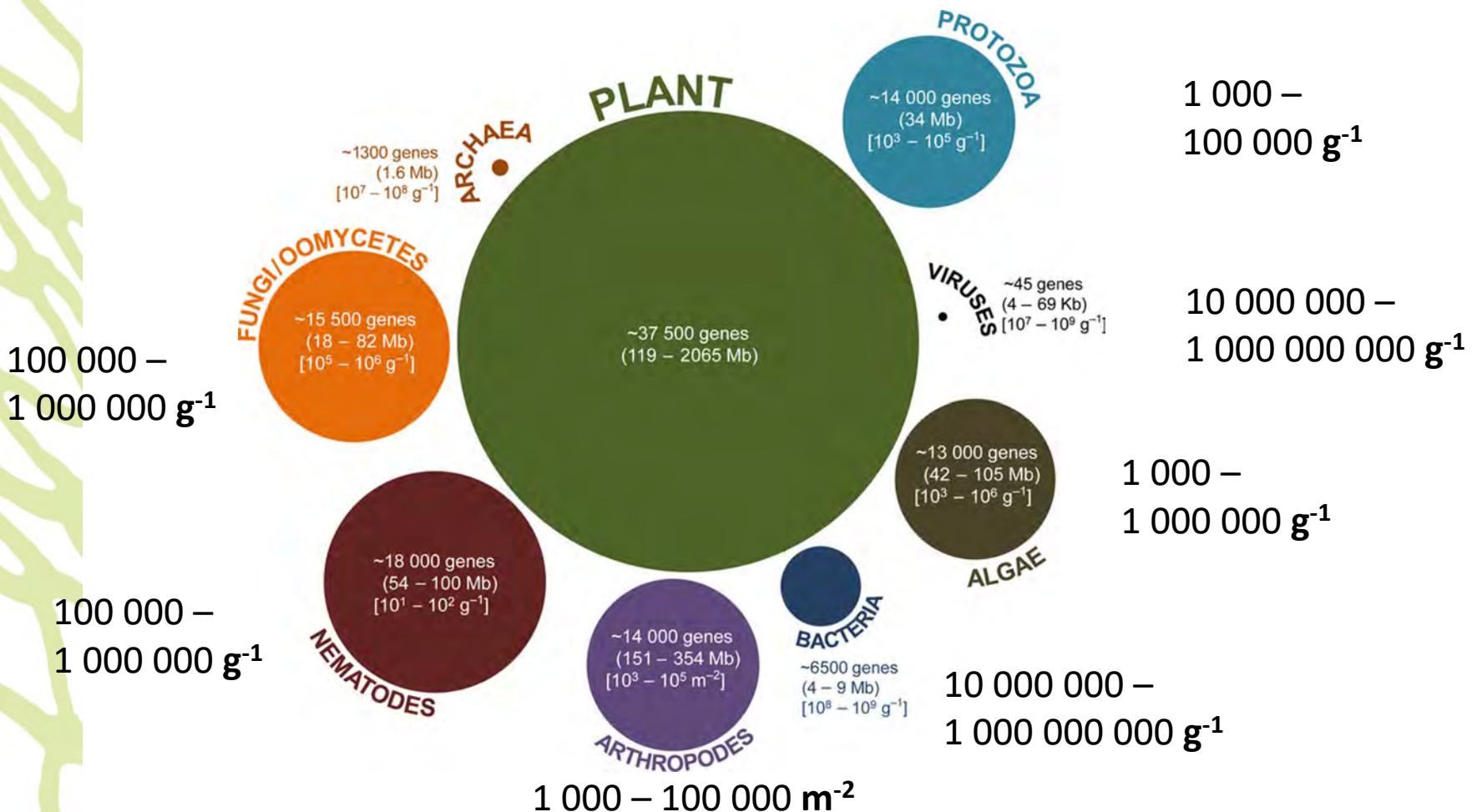
- Ein erst seit ca 20Jahren bekanntes aus **small interfering RNAs** basierendes Abwehrsystem von Eukaryotenzellen.
- Die Erkenntnisse revolutionieren das Verständnis des Lebens grundlegend
- Es wird inzwischen angenommen, dass RNA basiertes Leben den Anfang machte

Und jetzt ein bisschen Mikrobiom

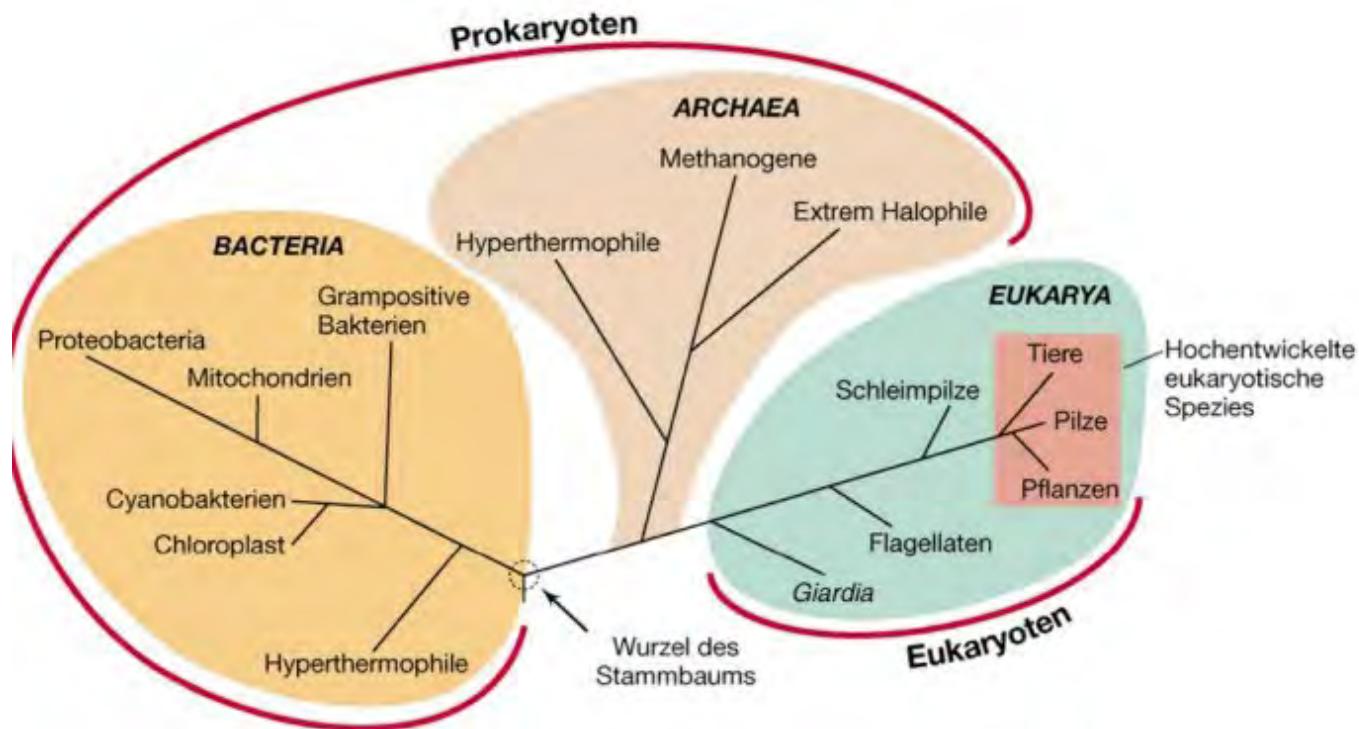
>> SOIL IS THE POOR MAN'S TROPICAL RAINFOREST <<
(USHER 1979)



(Micro-) Organisms in the soil cosmos



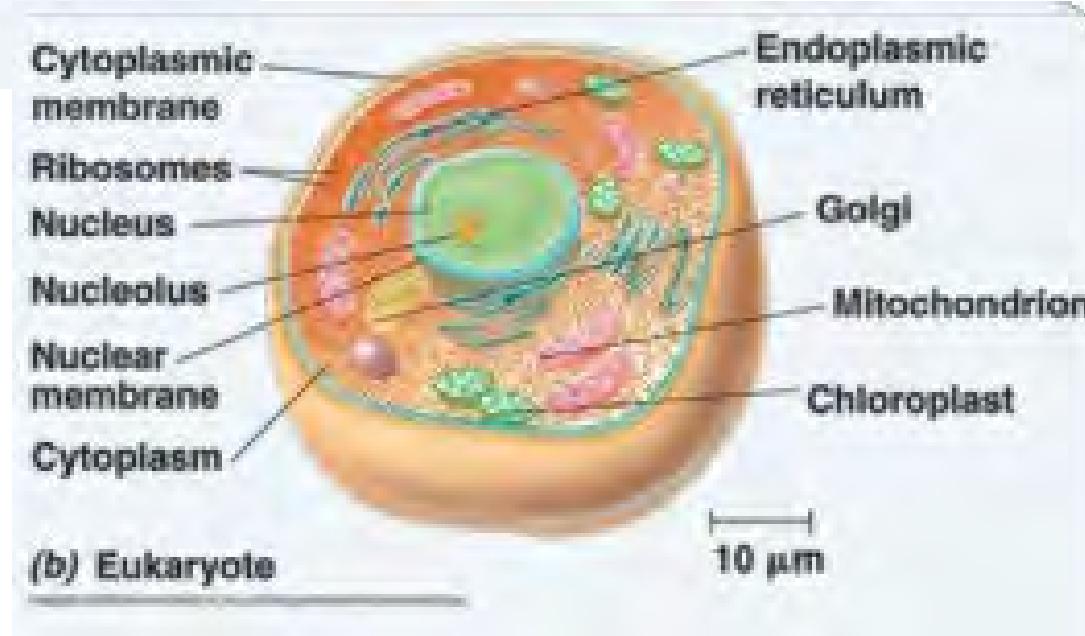
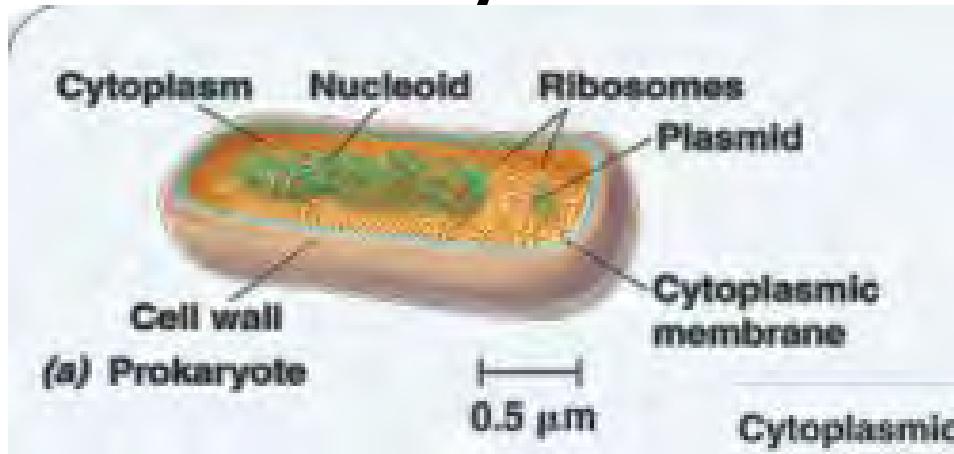
Prokaryoten: Archaea und Bacteria



Der phylogenetische Stammbaum, abgeleitet von der vergleichenden rRNA - Gen-Sequenzierung. Der Baum besteht aus den drei Domänen der Organismen: den **Bacteria** und den **Archaea**, und den **Eukarya**.

<https://www.studydrive.net/de/flashcards/mikrobiologie-1-einfuehrung/47874>

Prokaryoten versus Eukaryoten

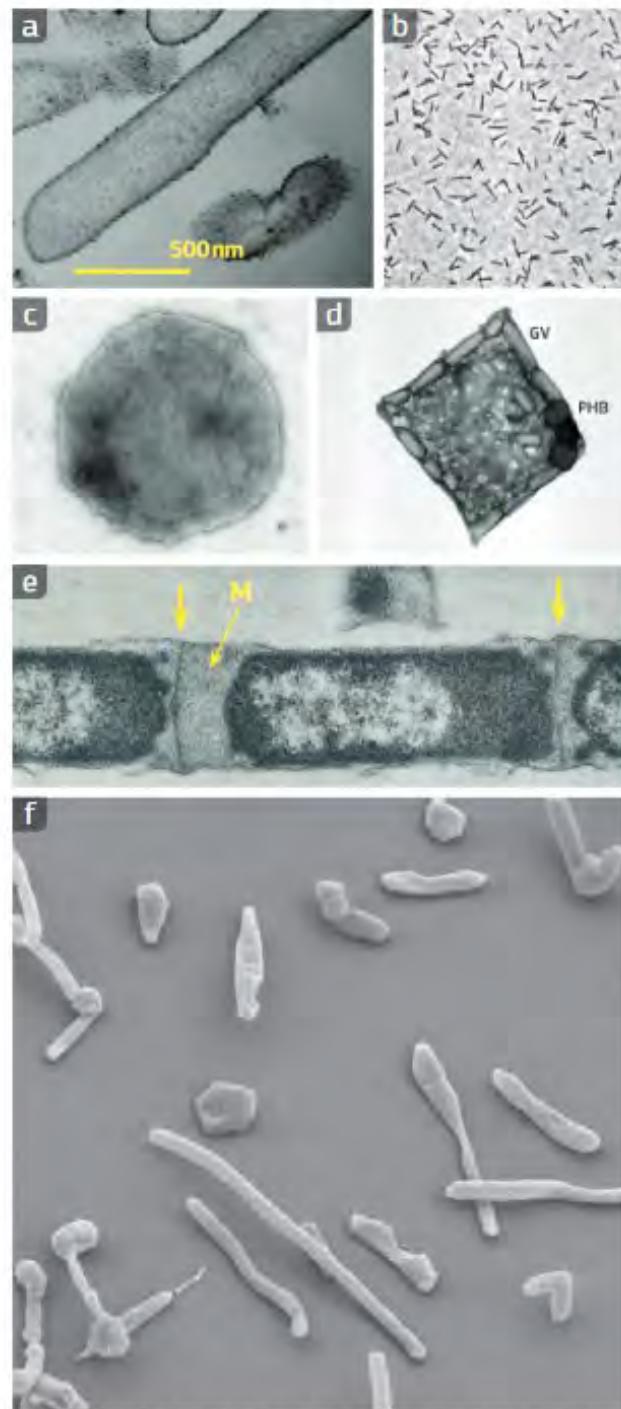


[https://www.studydrive.net/
de/flashcards/mikrobiologie-
1-einführung/47874.](https://www.studydrive.net/de/flashcards/mikrobiologie-1-einführung/47874)

Archaea

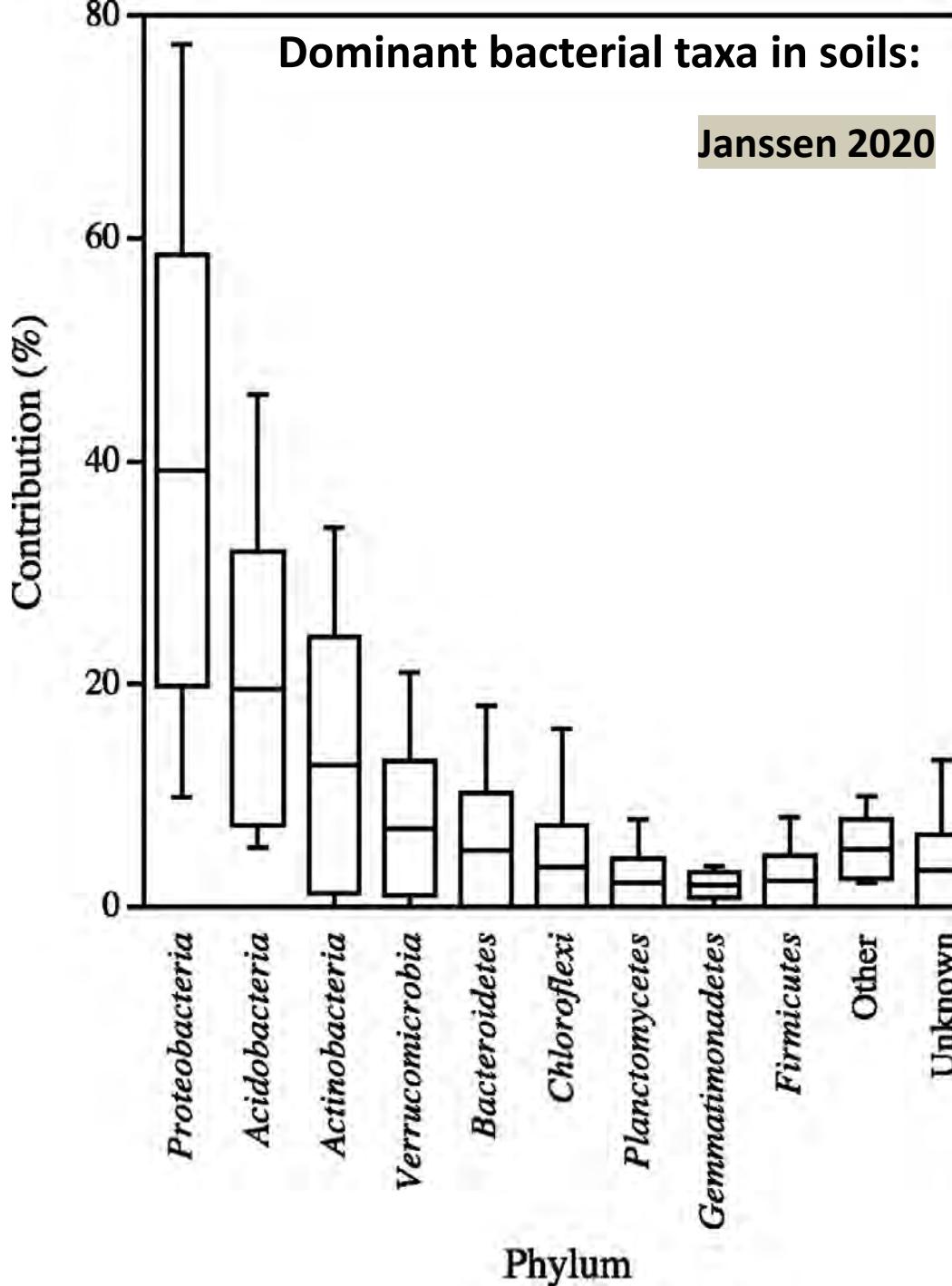
- Einzellige Prokaryoten, vor allem im Boden zu finden
- Viele **extremophile Arten** (thermo-, acido-, alkali- halophile)
- In **temperaten Böden** stellen sie wahrscheinlich bis zu 10% der Mikroben, unter extremen Bedingungen können sie die Mehrheit stellen
- Ähnlich den Bakterien aber genetisch näher an den Eukaryoten
- Die meisten anaerob

globalsoilbiodiversity.org: Soil atlas



Bacteria

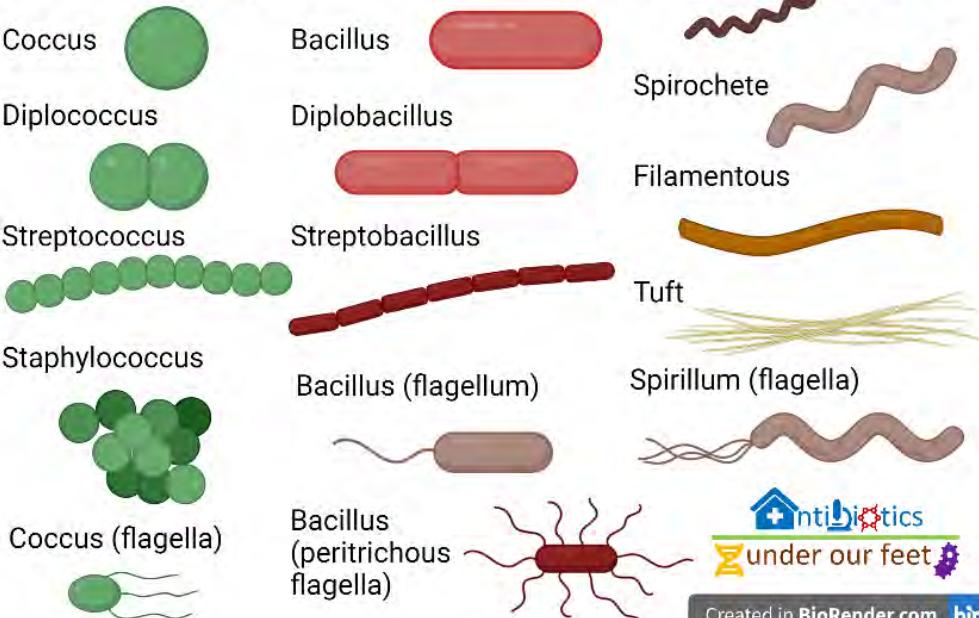
- Bakterielle Biomasse in Böden: 300 to 3000 kg/ ha.
- 10^8 to 10^9 (= 1 Milliarde) Bakterien pro Gramm Boden
- >99% wurden noch nicht bzw. können nicht im Labor gezüchtet werden



Bakterien: unglaubliche Vielfalt

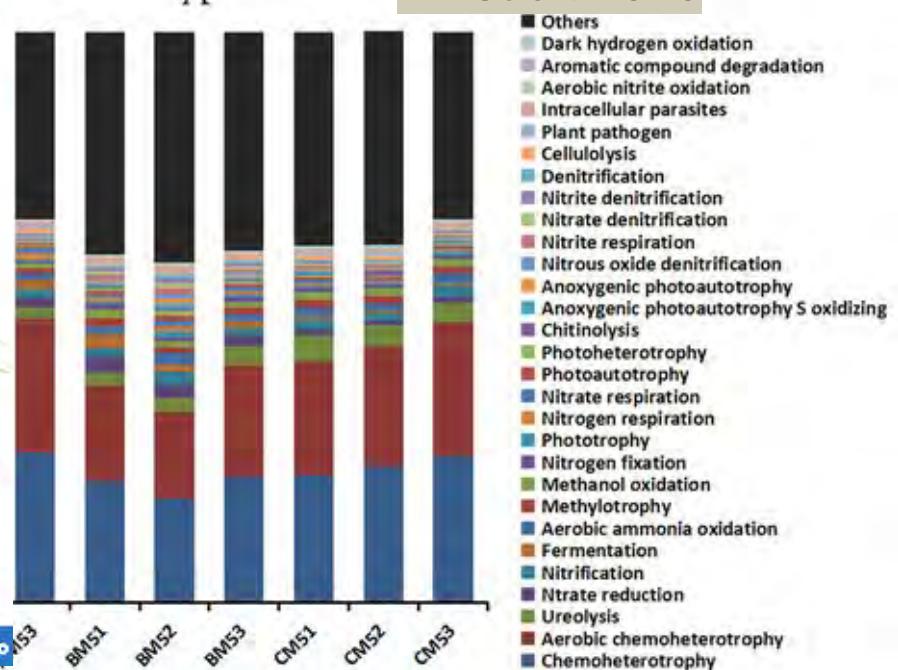
Shapes

Bacteria shapes and names



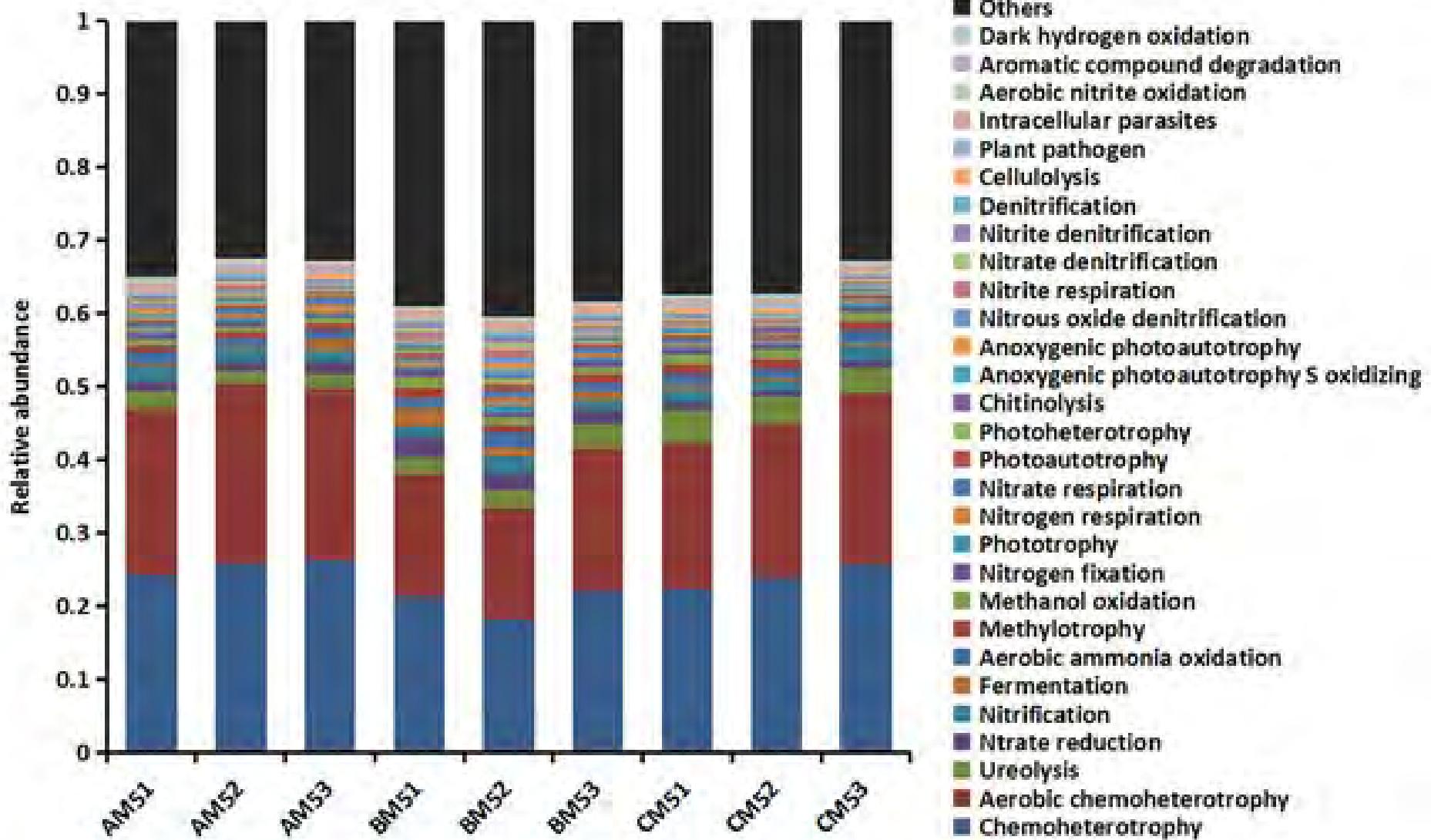
& functions

An et al. 2020

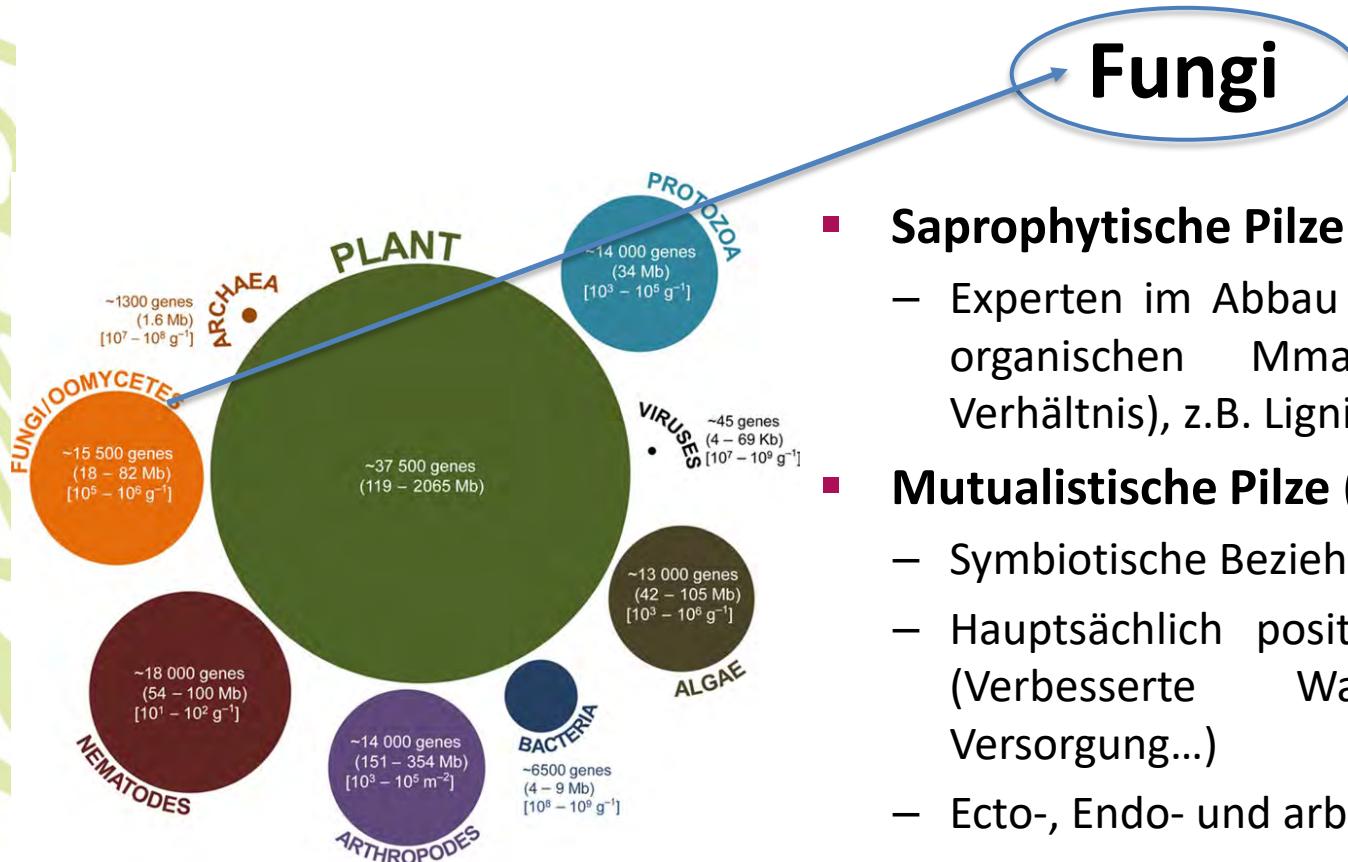


antibioticsunderourfeet.ac.uk

A



(Micro-) Organisms in the soil cosmos



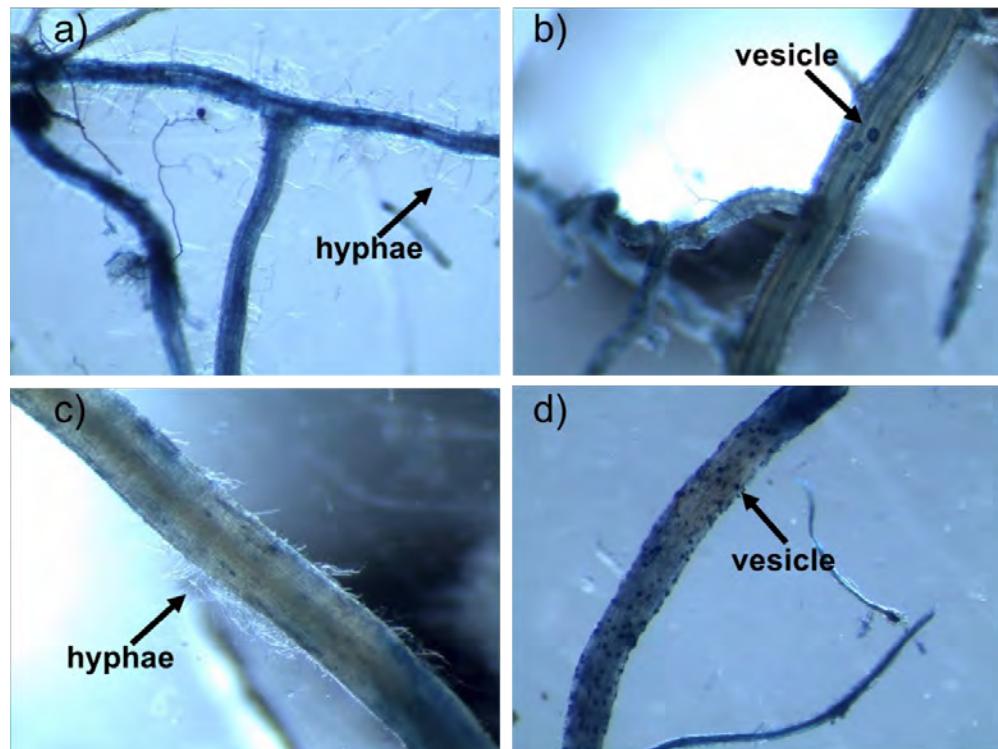
- **Saprophytische Pilze (Abbauer):**
 - Experten im Abbau von wiederständigem organischen Material (hohes C:N Verhältnis), z.B. Lignin, Cellulose, ...
- **Mutualistische Pilze (z.B. Mycorrhizae):**
 - Symbiotische Beziehungen Pilz-Pflanze
 - Hauptsächlich positive für die Pflanzen (Verbesserte Wasseraufnahme, P-Versorgung...)
 - Ecto-, Endo- und arbuskuläre Mycorrhizae
- **Pathogene Pilze (eine Minderheit)**
 - Z.B. *Pythium*, *Verticillium*, *Rhizoctonia*, *Fusarien*, ...

Soil fungi

Trichoderma harzianum



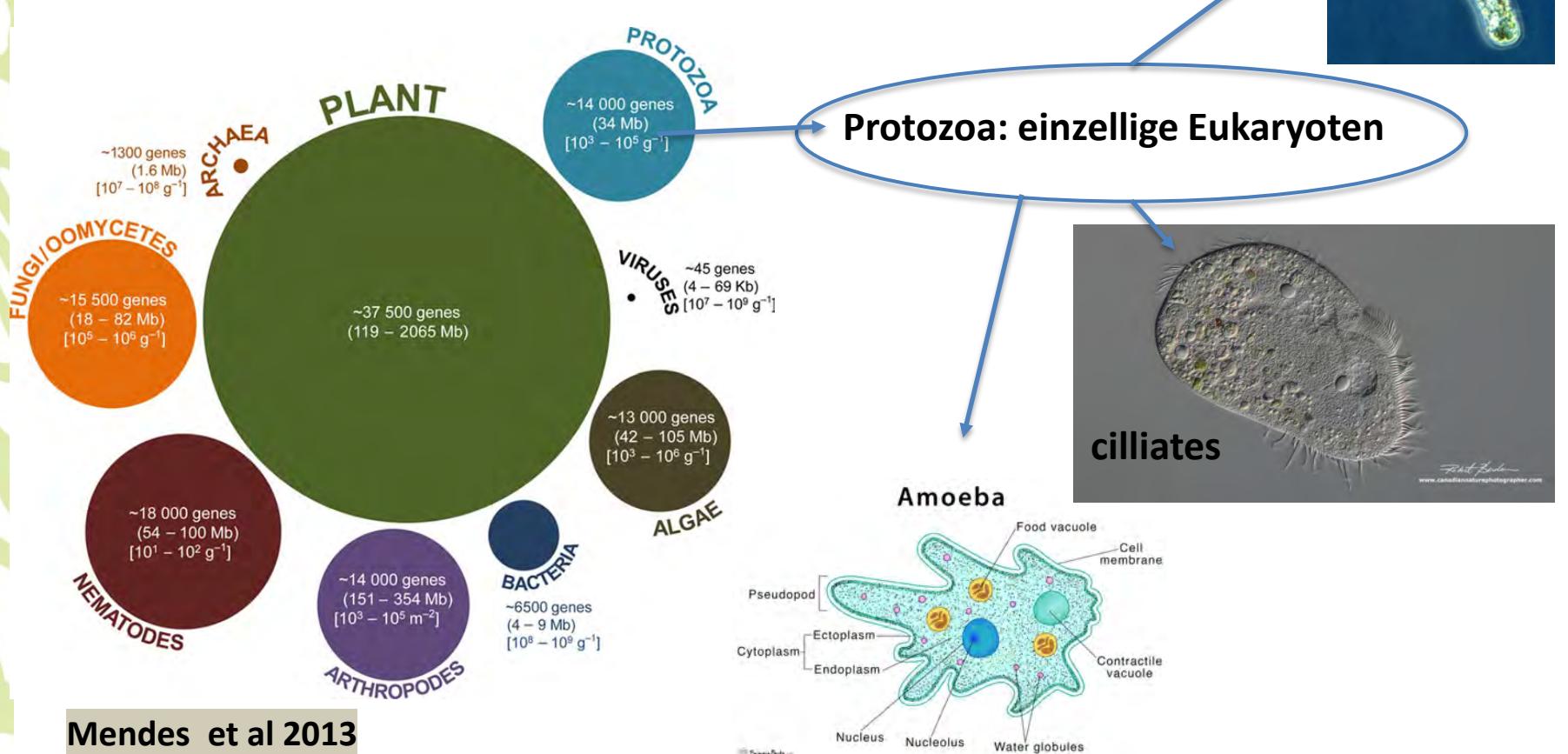
Arbuscular mycorrhizal fungi



alchetron.com

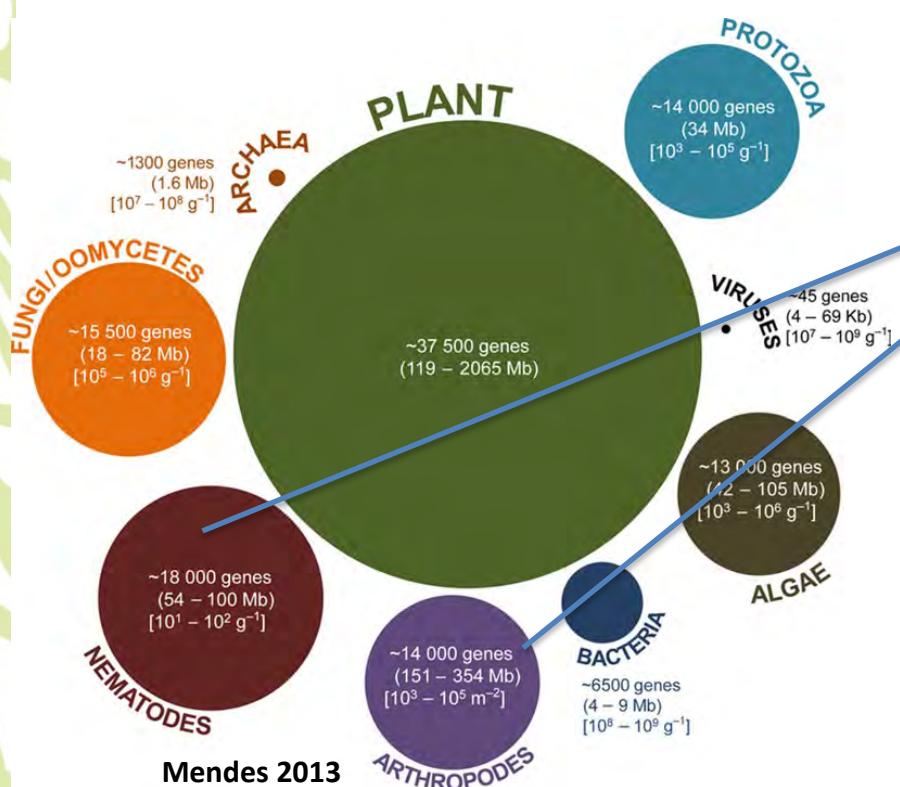
globalsoilbiodiversity.org

(Micro-) Organisms in the soil cosmos



Mendes et al 2013

(Micro-) Organisms in the soil cosmos



Rotiferes



Bodentiere

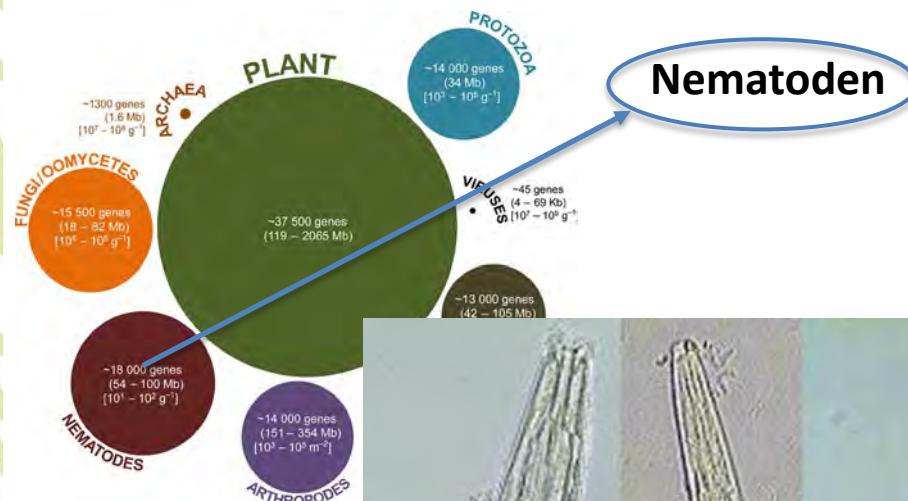


[Home](#) > [Science](#) > Tardigrade Protein Helps Human DNA Withstand Radiation, May Enable Long Distance Space Travel

Science

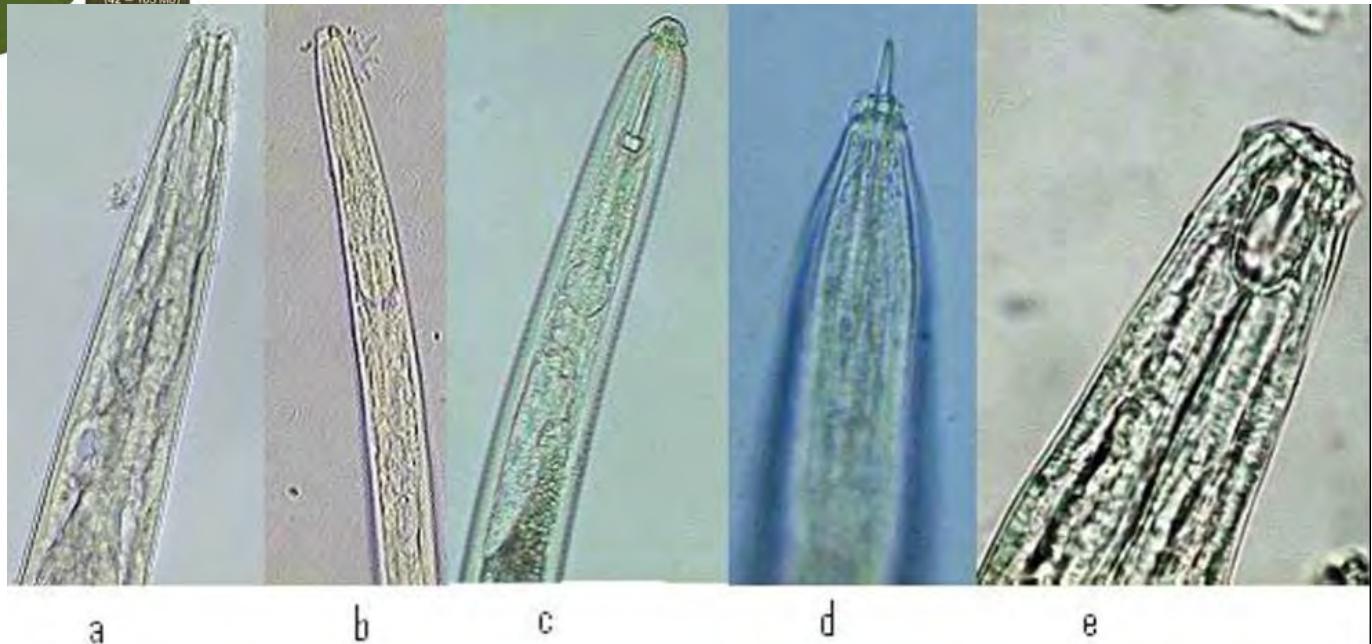
Tardigrade Protein Helps Human DNA Withstand Radiation, May Enable Long Distance Space Travel

(Micro-) Organisms in the soil cosmos



Die häufigsten Tiere auf Erden ~ 440 quintillion (10^{18}) Individuen

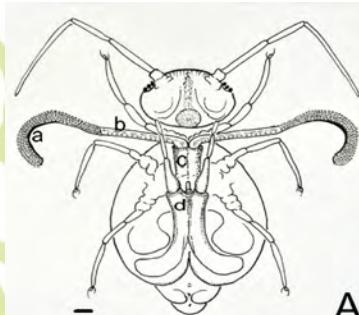
Mendes et al. 2013



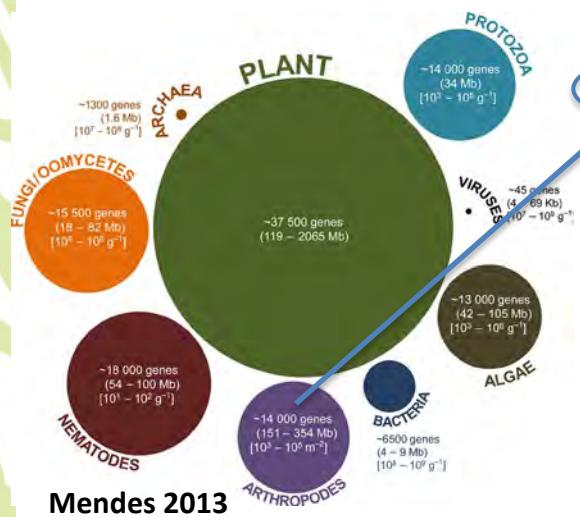
a) Bacterivore, b) Fungivore, c) Herbivore, d) Omnivore, e) Predator (Krueger & McSorley 2019)

van den Hoogen et al 2019 <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1418-6>

(Mikro-) Organismen im Bodenkosmos

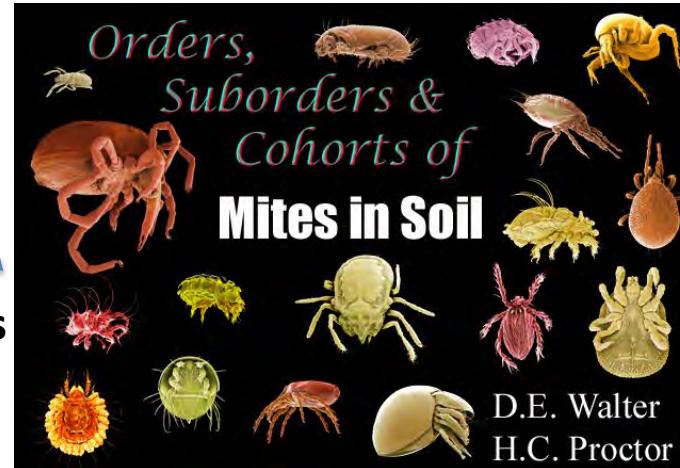


Collembola

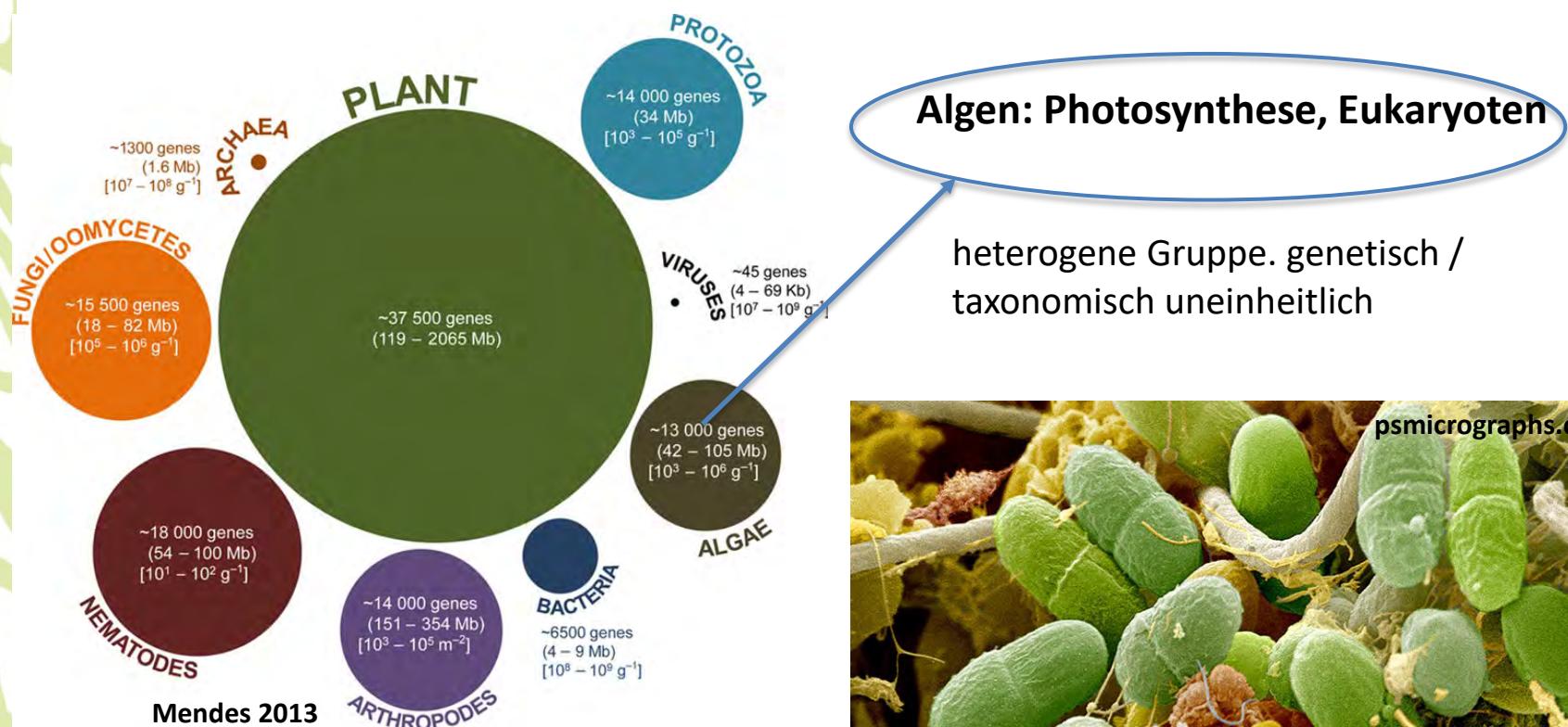


(Mikro-) Arthropoden

Mites

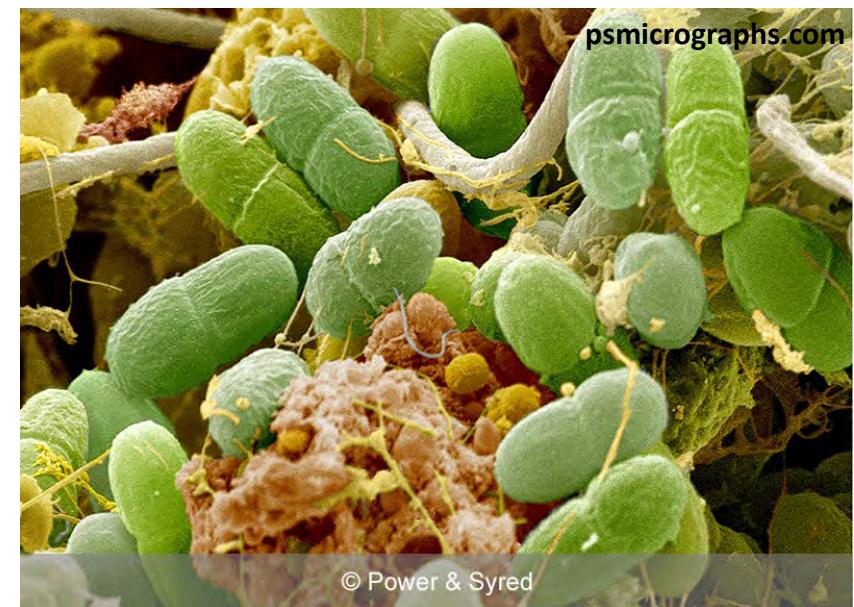


(Micro-) Organisms in the soil cosmos

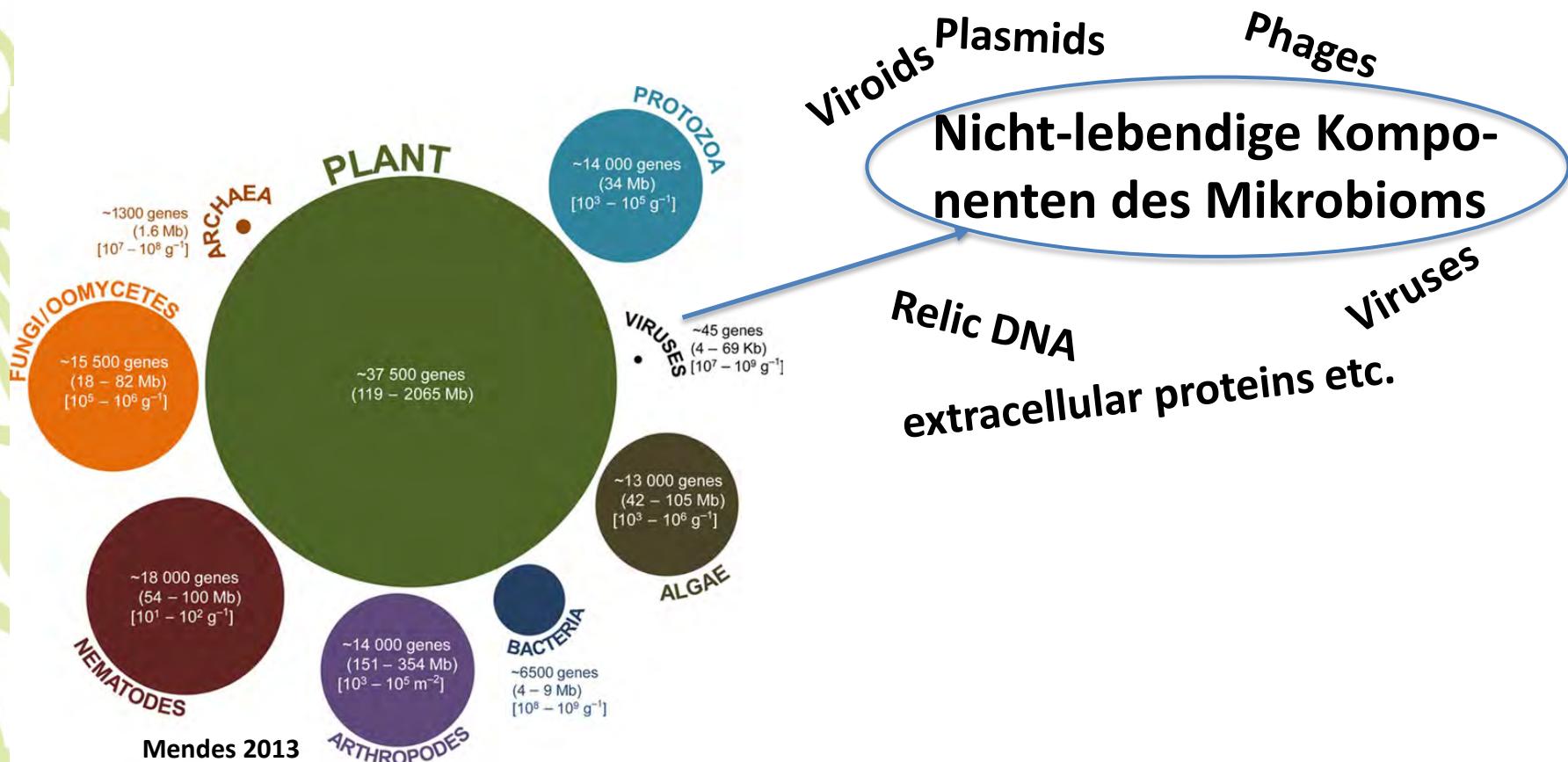


Algen: Photosynthese, Eukaryoten

heterogene Gruppe. genetisch /
taxonomisch uneinheitlich



(Micro-) Organisms in the soil cosmos



Definitionen Mikrobiom

- **Microbiota:** assemblage of *living microorganisms* present in a defined environment
- **Microbiome:** “a characteristic microbial community occupying a reasonably well-defined **habitat** which has distinct physio-chemical properties. The term thus not only refers to the microorganisms involved but also encompasses their **theatre of activity**” (Whipps 1988)
- Mikrobiom Definitionen und was dazugehört und was nicht (z.B. Viren) steht noch zur Debatte!

Microbiome

Microbiota

Bacteria

Archaea

Fungi

Protists

Algae

+ “Theatre of activity”

Microbial structural elements

Proteins/
peptides

Lipids

Poly-
sacharides

Nucleic acids

structural DNA/RNA

mobile genetic elements
incl. viruses/phages relic DNA

Internal/external structural elements

Environmental
conditions

Microbial metabolites

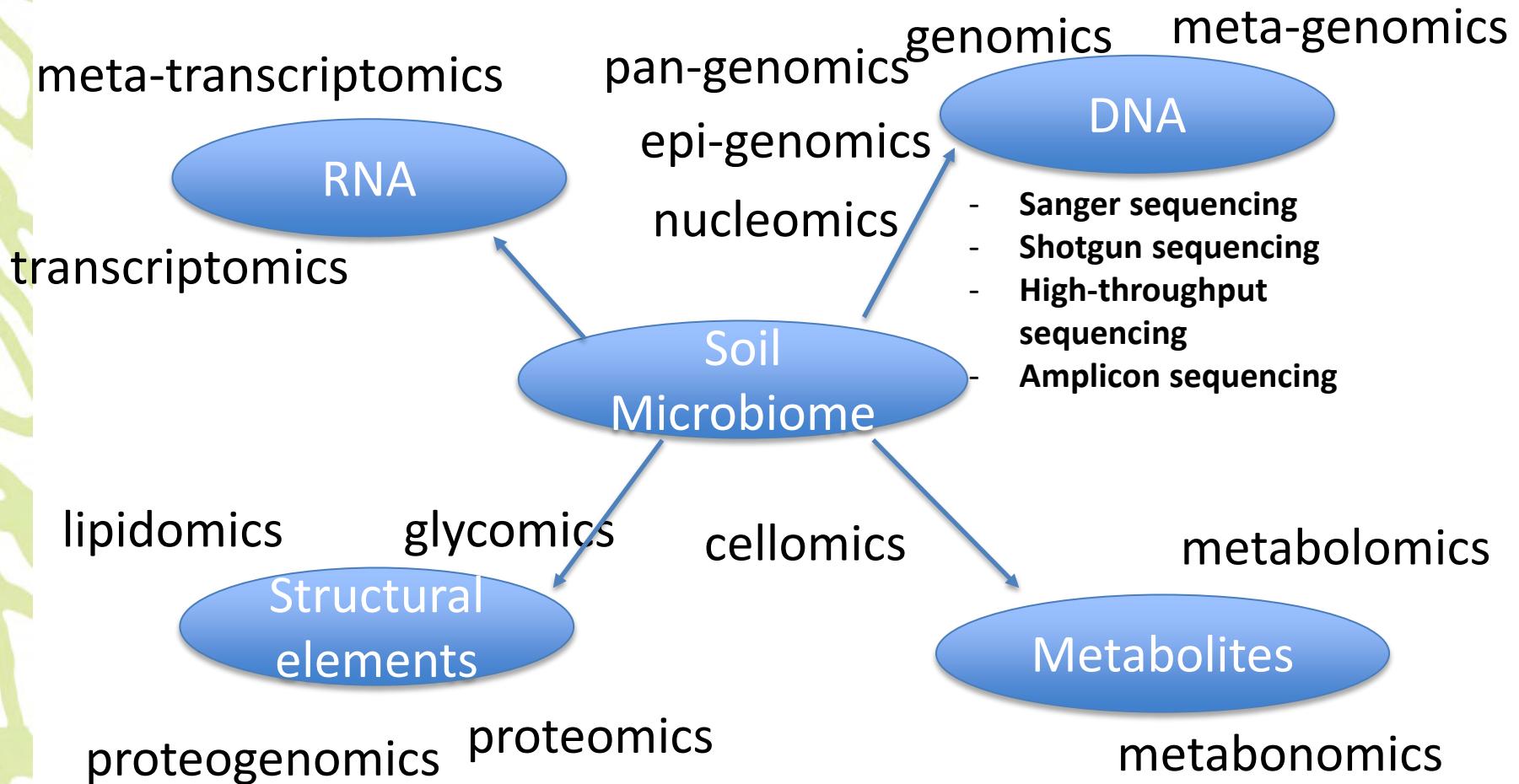
Signalling
molecules

Toxins

(An)organic
molecules

Biome: a reasonably well defined habitat which has distinct bio-physio-chemical properties

Methoden zum Studium



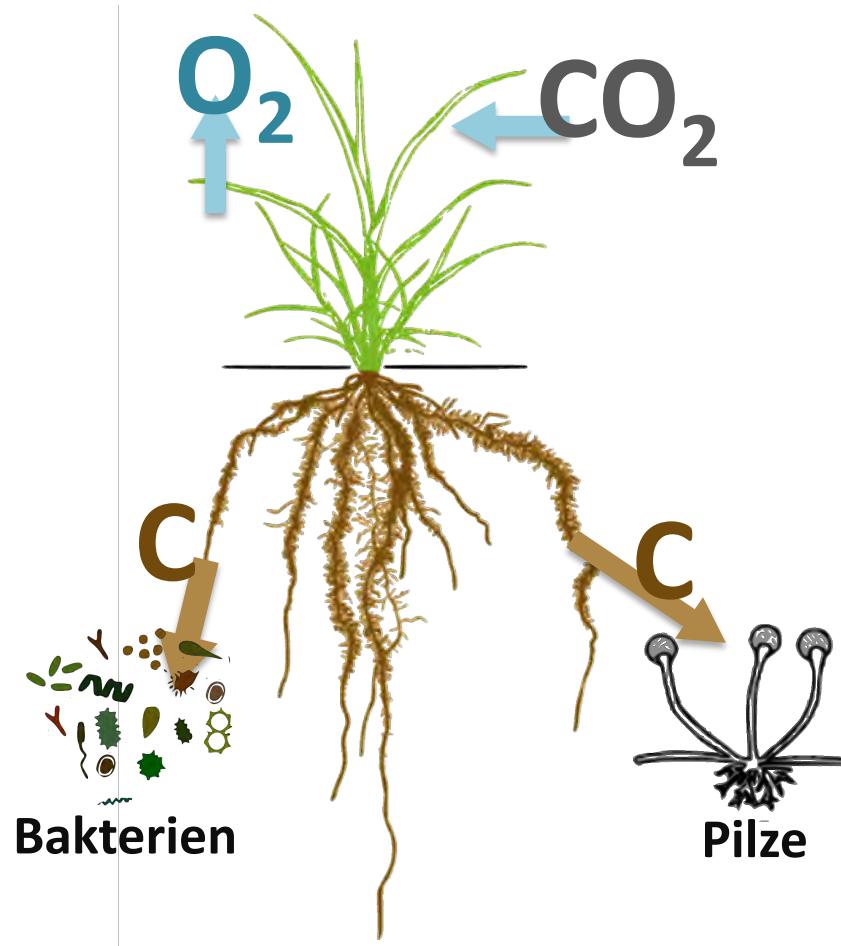


© M. Finckh

Die Wurzel ist wie ein Barkeeper:
Sie serviert bestimmte C und H₂O-haltige Getränke, die spezifische Kunden anlockt und erhält.

Design: Junge

Die Rolle der Pflanzen



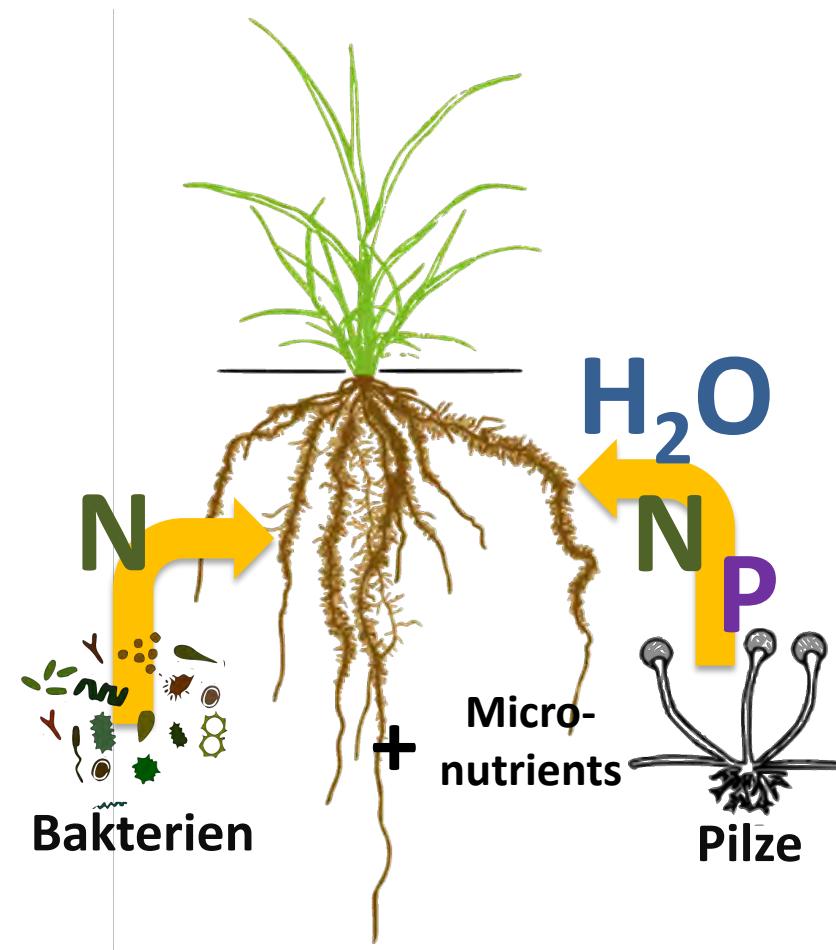


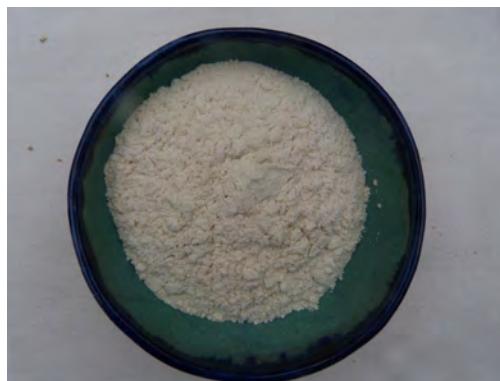
© M. Finckh

Die Kunden bezahlen
mit N (Bakterien) oder
P (Pilze)

Design: Junge

Pflanzen und Mikroorganismen





+



Design: Junge



+



Design: Junge



Design: Junge





Design: Junge







Design: Junge



Die Rolle der Pflanzen

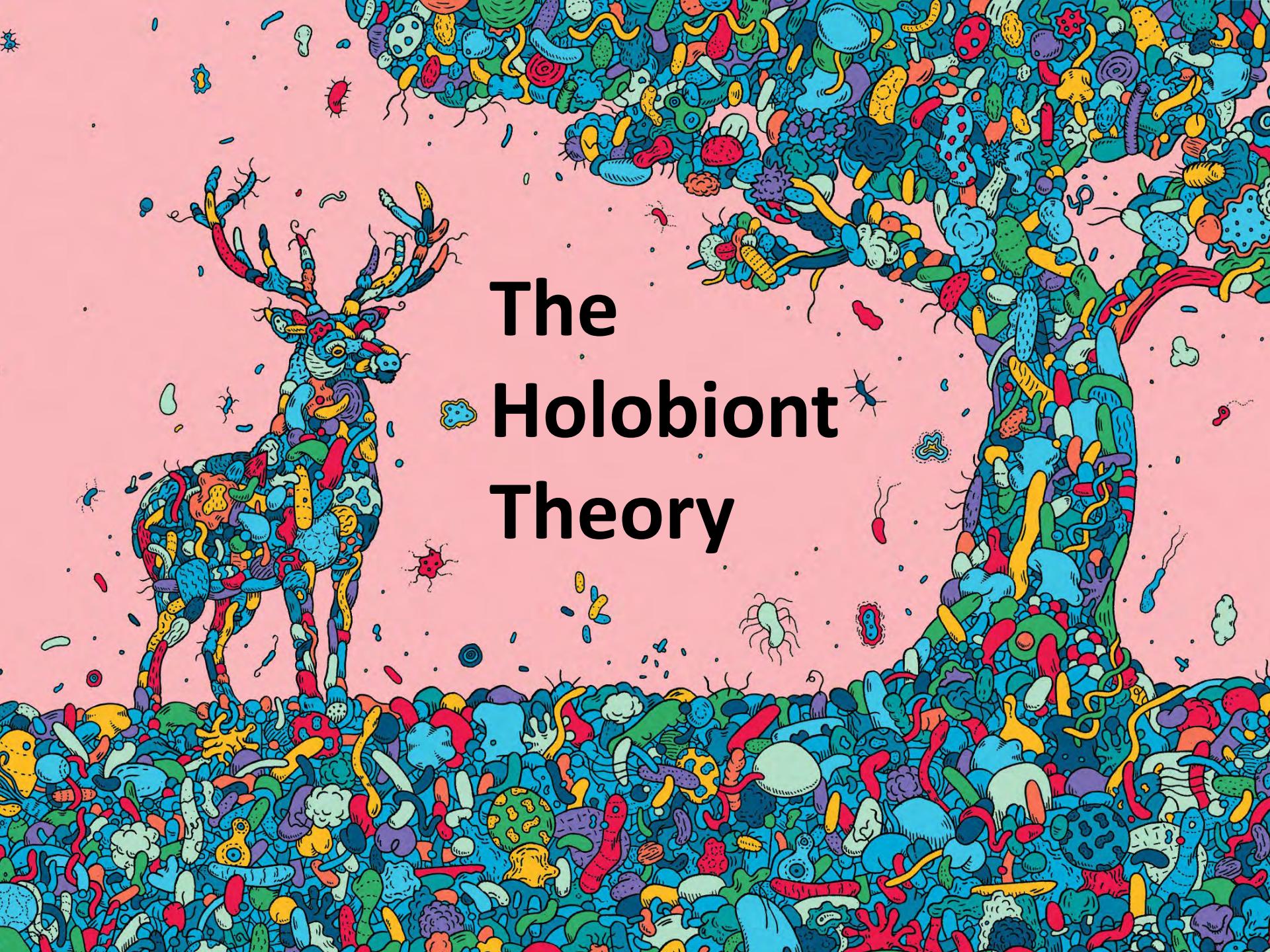
- Ca 30% der Assimilate von Pflanzen werden in die Wurzeln verbracht. Davon werden 40-90% über Respiration und Rhizodeposition in den Boden abgegeben (Marschner, Lehrbuch der Pflanzenernährung, Jones, 2009)
- Pflanzen bringen Energie (C) in den Boden
- Ohne C nur sehr wenig Leben im Boden

Wo kriegen die Ökos den Dünger her?



Dazu noch:

- Gesteinsmehle
- Tierische Abfälle
- Pflanzliche Reststoffe



A vibrant, hand-drawn style illustration of a deer standing amidst a dense, sprawling colony of microorganisms. The deer's body is intricately woven with a variety of colorful, worm-like bacteria and fungi, from long, thin blue and yellow strands to larger, more rounded green and red organisms. The background is a soft pink, and the ground is covered in a thick layer of these microorganisms, creating a sense of a symbiotic or parasitic relationship between the deer and its microbial environment.

The Holobiont Theory

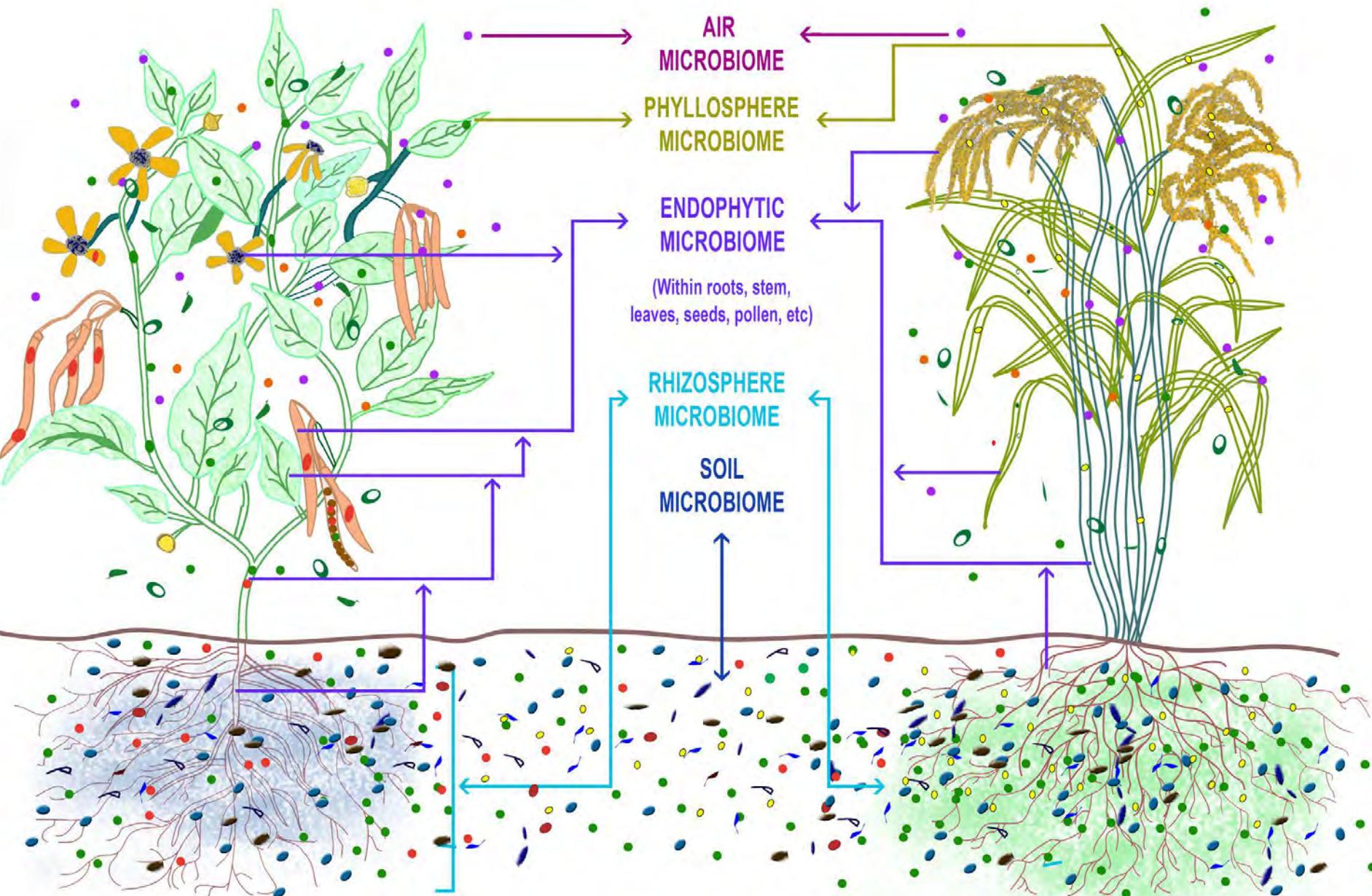
Das Holobiontenkonzept

- Alle **Eukaryoten sind Metaorganismen**. Sie müssen als untrennbare funktionale Einheiten mit ihren Mikroorganismen betrachtet werden
- Pathogene sind nur ein minimaler Teil der Mikroorganismen
- Der Verlust von mikrobieller Vielfalt kann in einer so genannten “Dysbiose” resultieren. Diese beschreibt eine abweichende mikrobielle Zusammensetzung, die eine Vielfalt an Auswirkungen auf das Immunsystem und Pathogenausbrüchen zur Folge haben kann.

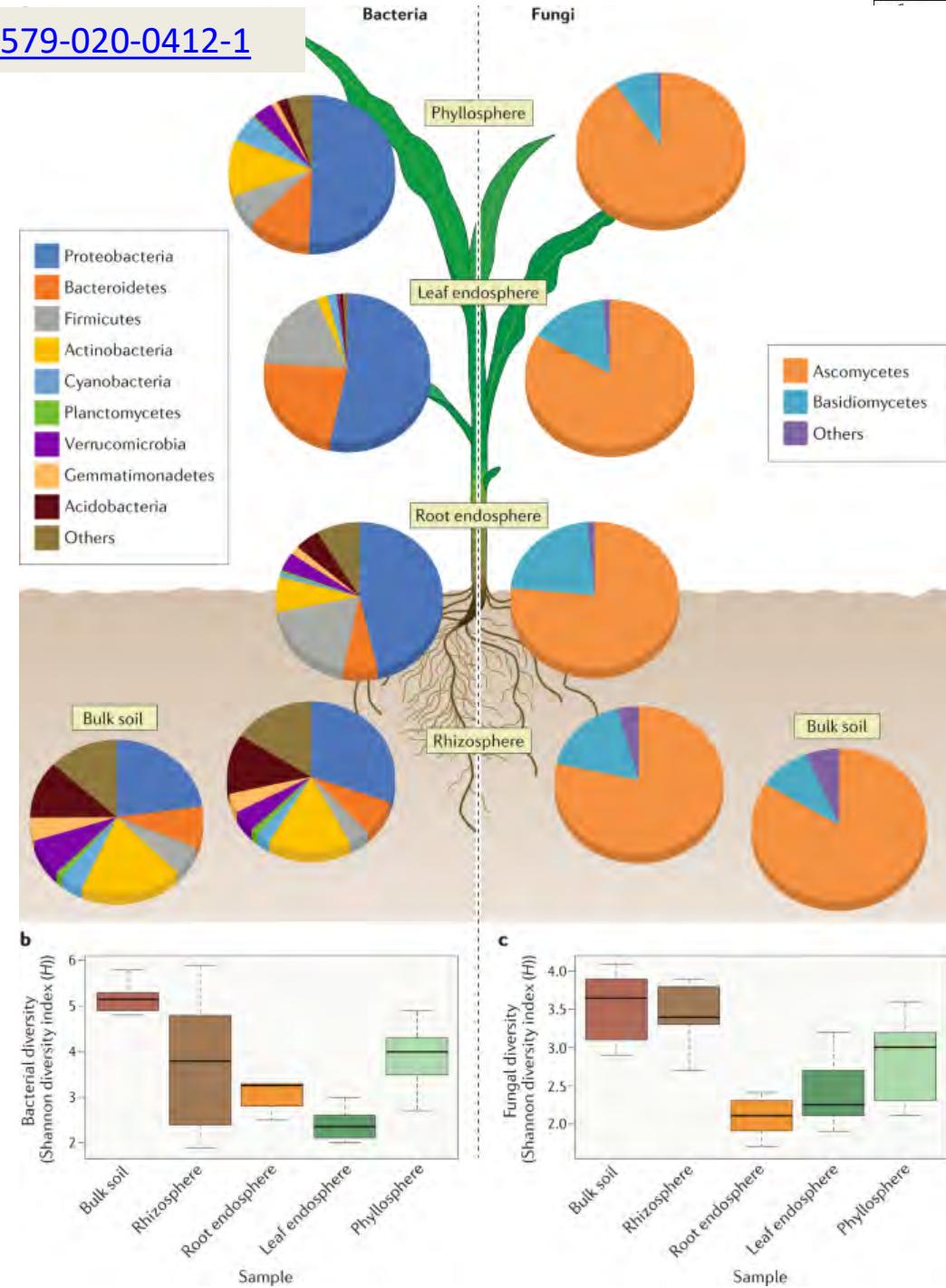


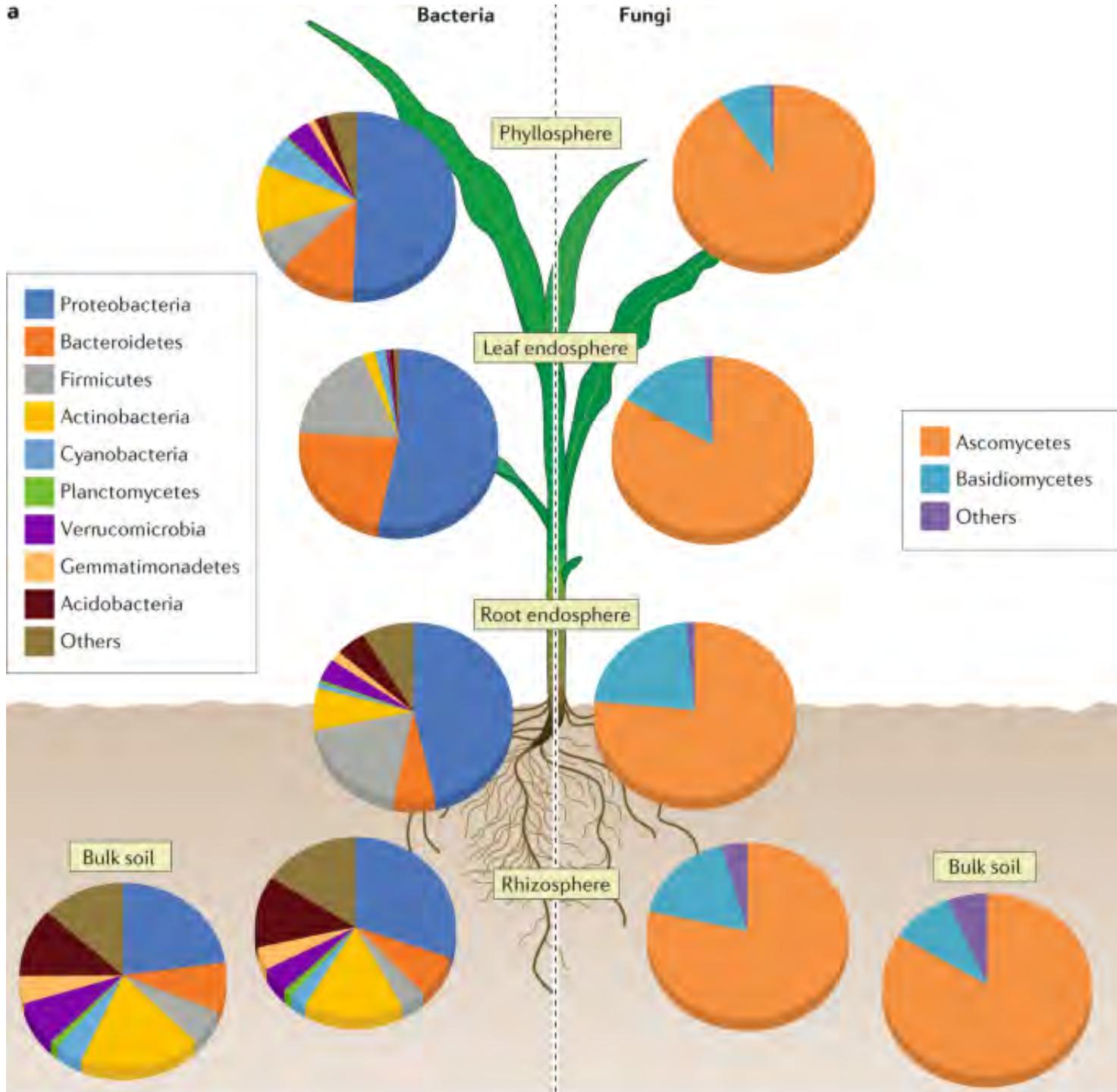
Sehr guter Hintergrund: Grassberger, M. (2021). "Das unsichtbare Netz des Lebens. Wie Mikrobiom, Biodiversität, Umwelt und Ernährung unsere Gesundheit bestimmen," Residenzverlag GmbH, Wien.

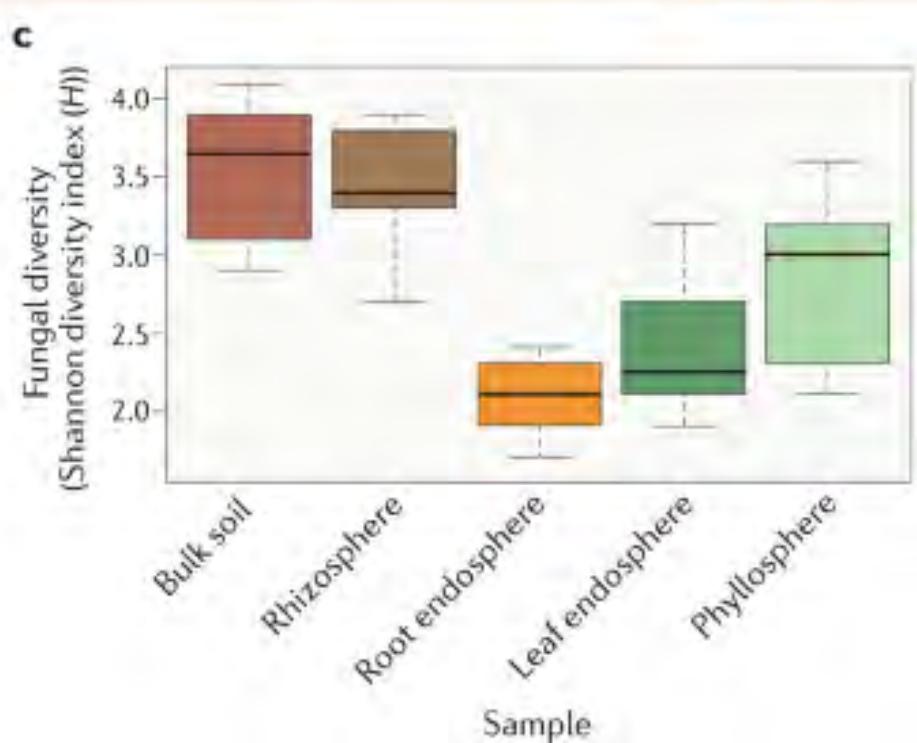
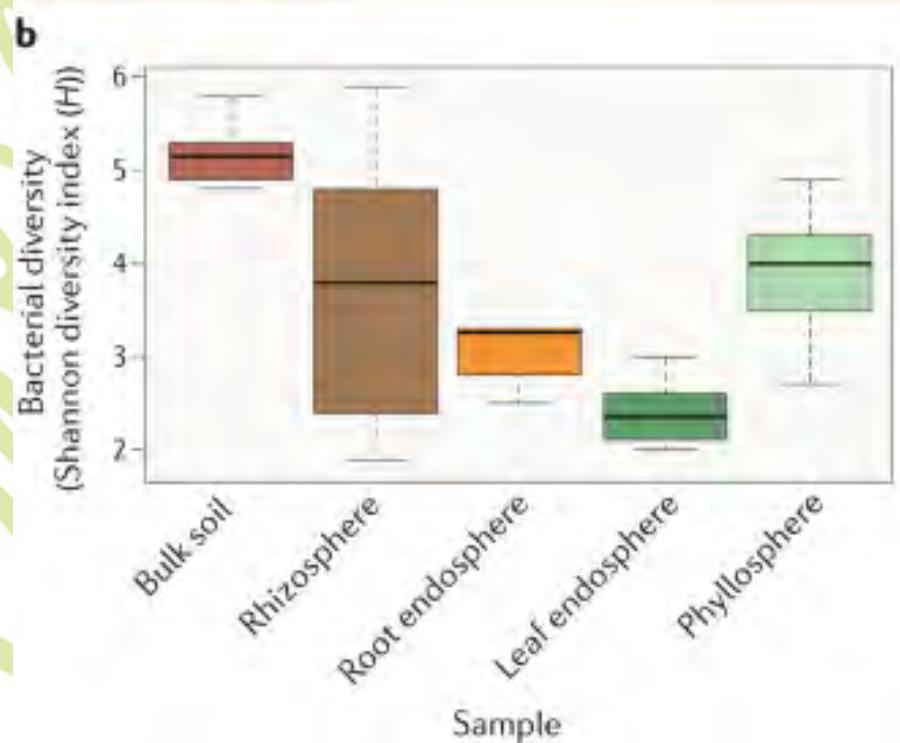
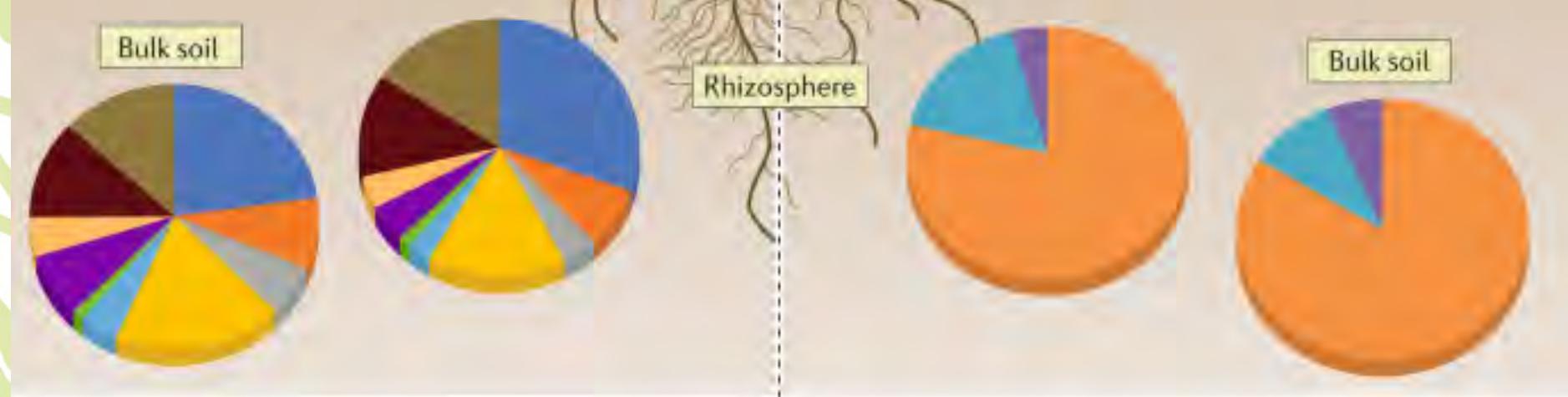
The Plant holobiont



The Plant Microbiome

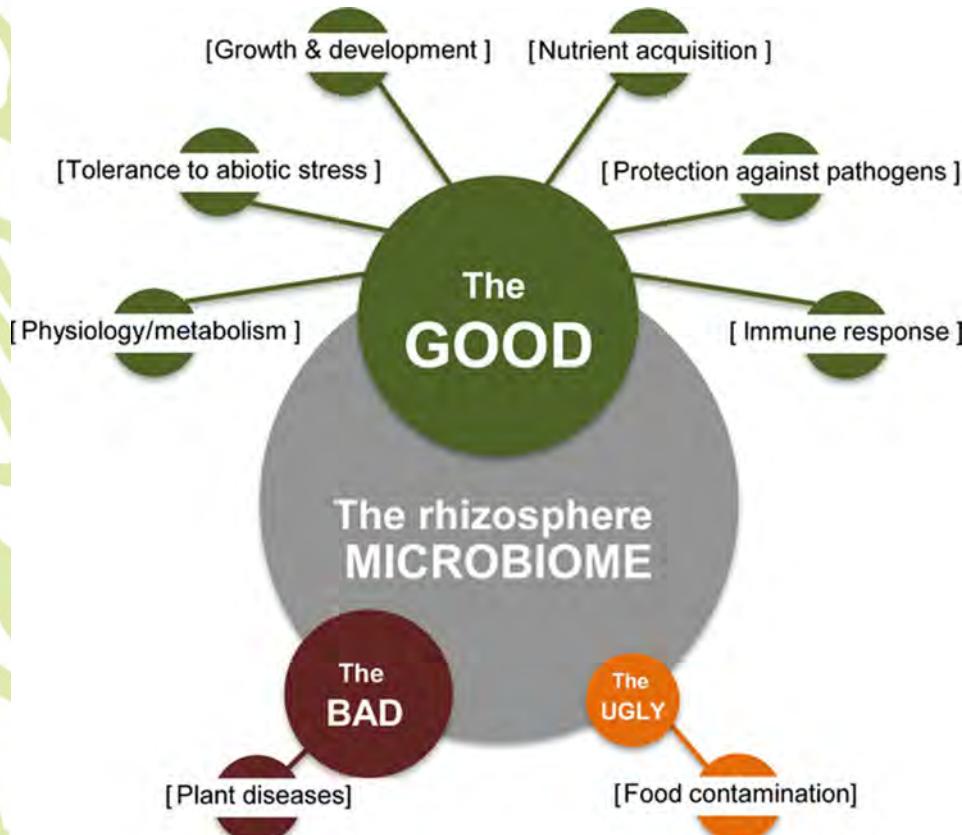






Trivedi 2020

Soil Microbiome – The Good, The Bad & The Ugly?



- Bodenmikroorganismen sind direkt oder indirekt für viele positive und wenige negative Bodenfunktionen(oder Pflanze/Tier/Mensch) verantwortlich **ABER**
- Die Realität ist komplexer als gut und Böse!



Indirect Effects of the Herbicide Glyphosate on Plant, Animal and Human Health Through its Effects on Microbial Communities

A. H. C. van Bruggen^{1*}, M. R. Finckh², M. He³, C. J. Ritsema⁴, P. Harke¹
V. Geissen⁴ DOI: 10.3389/fenvs.2021.763917

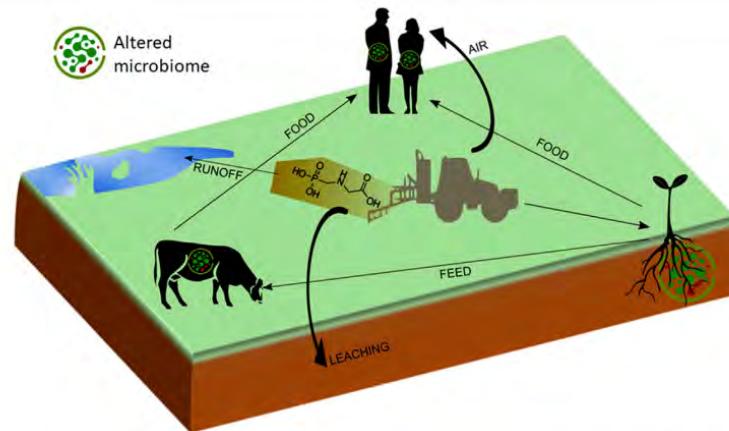


FIGURE 2 | Depiction of glyphosate flows in the agricultural production chain. Microbiomes consist of a wide range of commensals, beneficials, and pathogens.

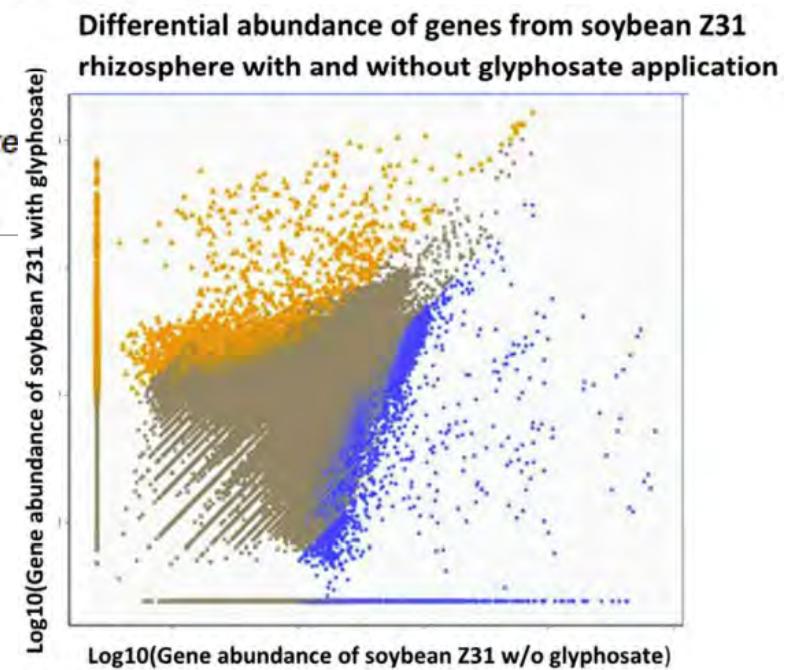
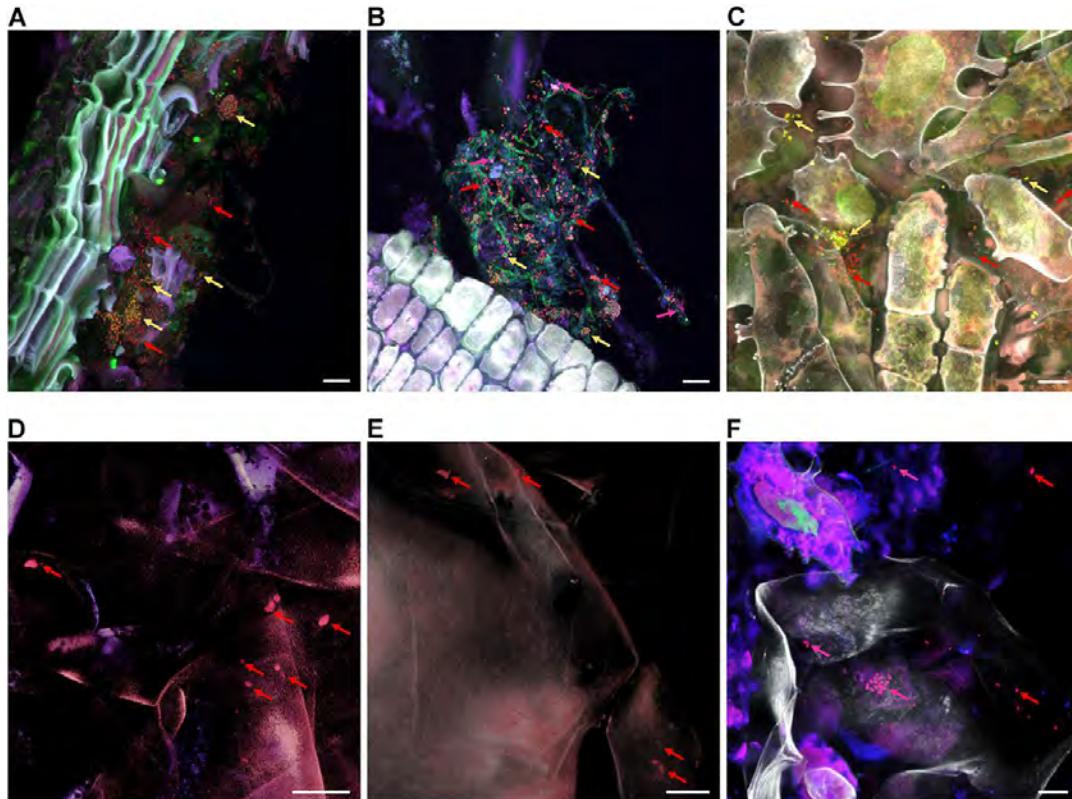


FIGURE 3 | Effects of glyphosate on prokaryote communities on roots of EPSPS-transgenic soybeans cultivar Z31 sprayed with dilute glyphosate (y-axis) or water (x-axis), as determined by shotgun metagenome sequencing analysis of 16S rDNA, modified from Lu *et al.* (2018). Yellow and blue data points indicate genes with significantly higher and lower relative abundance, respectively, in Z31 plants sprayed with glyphosate than in those sprayed with water. Brown points represent genes without significant difference between the two treatments.

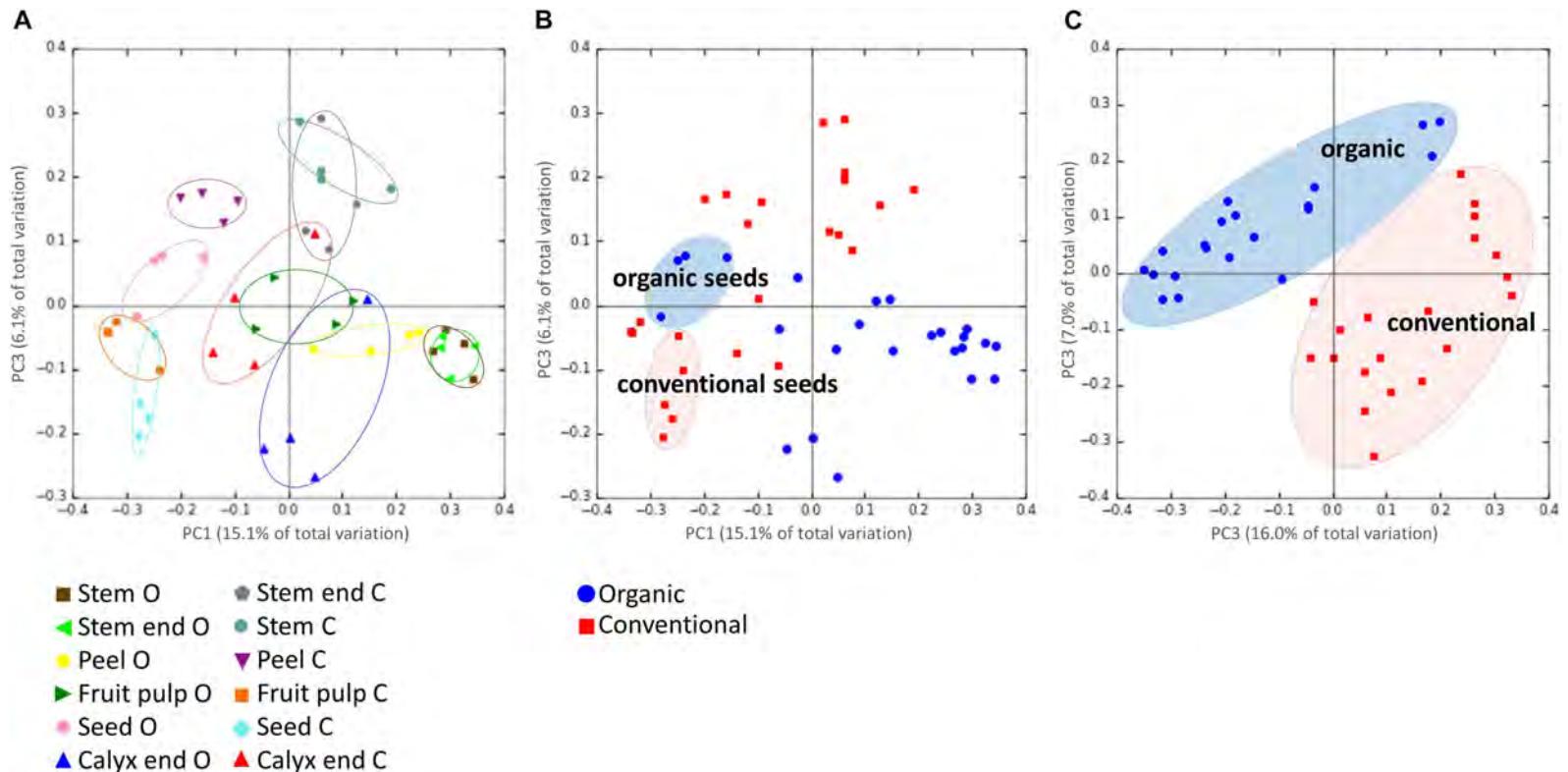
Wassermann 2019: An Apple a Day: Which Bacteria Do We Eat With Organic and Conventional Apples?

- about 100 million bacterial cells in one apple



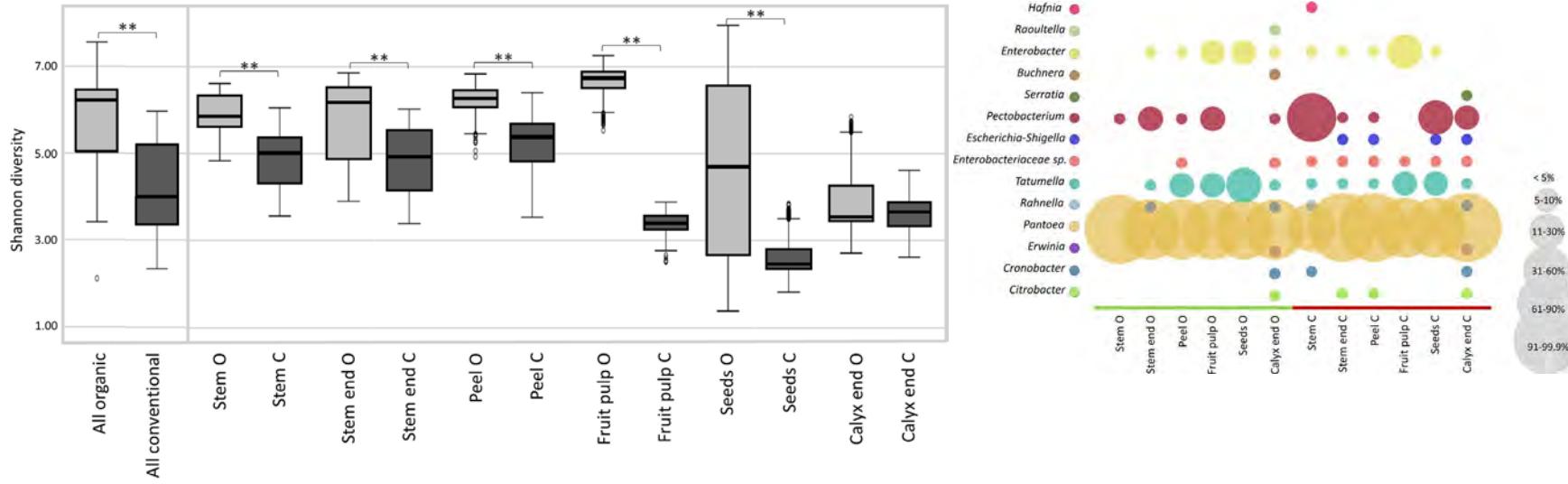
Wassermann 2019: An Apple a Day: Which Bacteria Do We Eat With Organic and Conventional Apples?

- organic vs. conventional: amount the same, but structure different!



Wassermann 2019: An Apple a Day: Which Bacteria Do We Eat With Organic and Conventional Apples?

- organic vs. conventional: diversity higher in organic apples
- bacterial signatures known for health-affecting (negative) potential (e.g. *Enterobacteriales*) enhanced in conventionally managed apples



Der Denkfehler der Gentechnik

Denkt man über

- Epigenetik
- Den Holobionten
- Genomfluidität
- siRNAs
- U.v.m nach,

dann kann man sich fragen, ob es sein kann, dass der Einbau/Ausbau einzelner Gene wirklich zu voraussagbaren und kalkulierbaren Ergebnissen führen kann.... Mehr dazu:

<https://www.derpragmaticus.com/r/gentechnik-pestizide/>