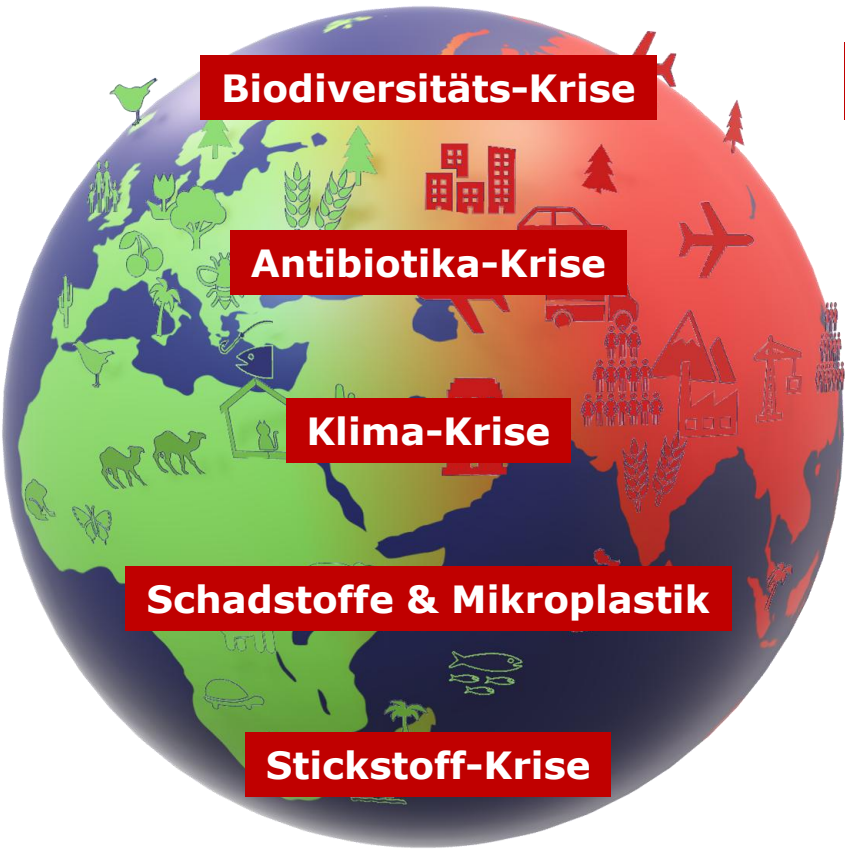
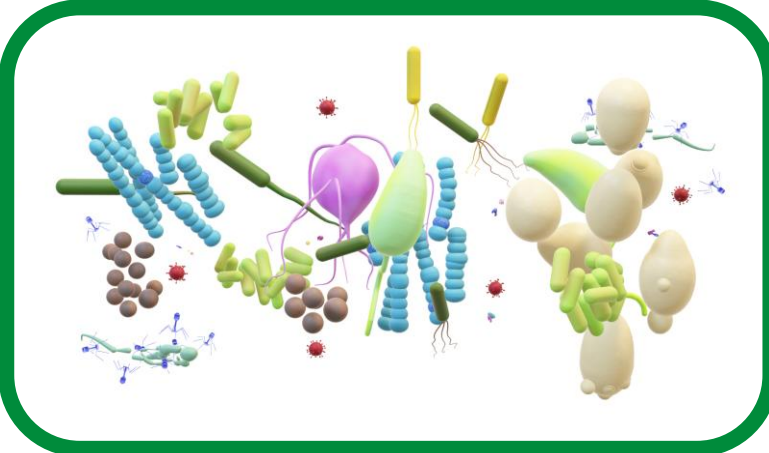


Von der Wurzel bis zum Menschen – Mikrobiome als unsichtbare Brücken zwischen Boden und Gesundheit

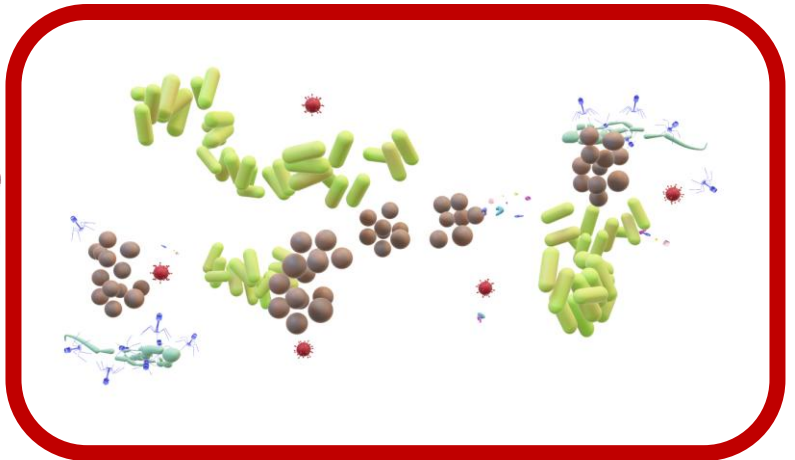
Matthias Schweitzer



Nützliche Mikroorganismen ▼



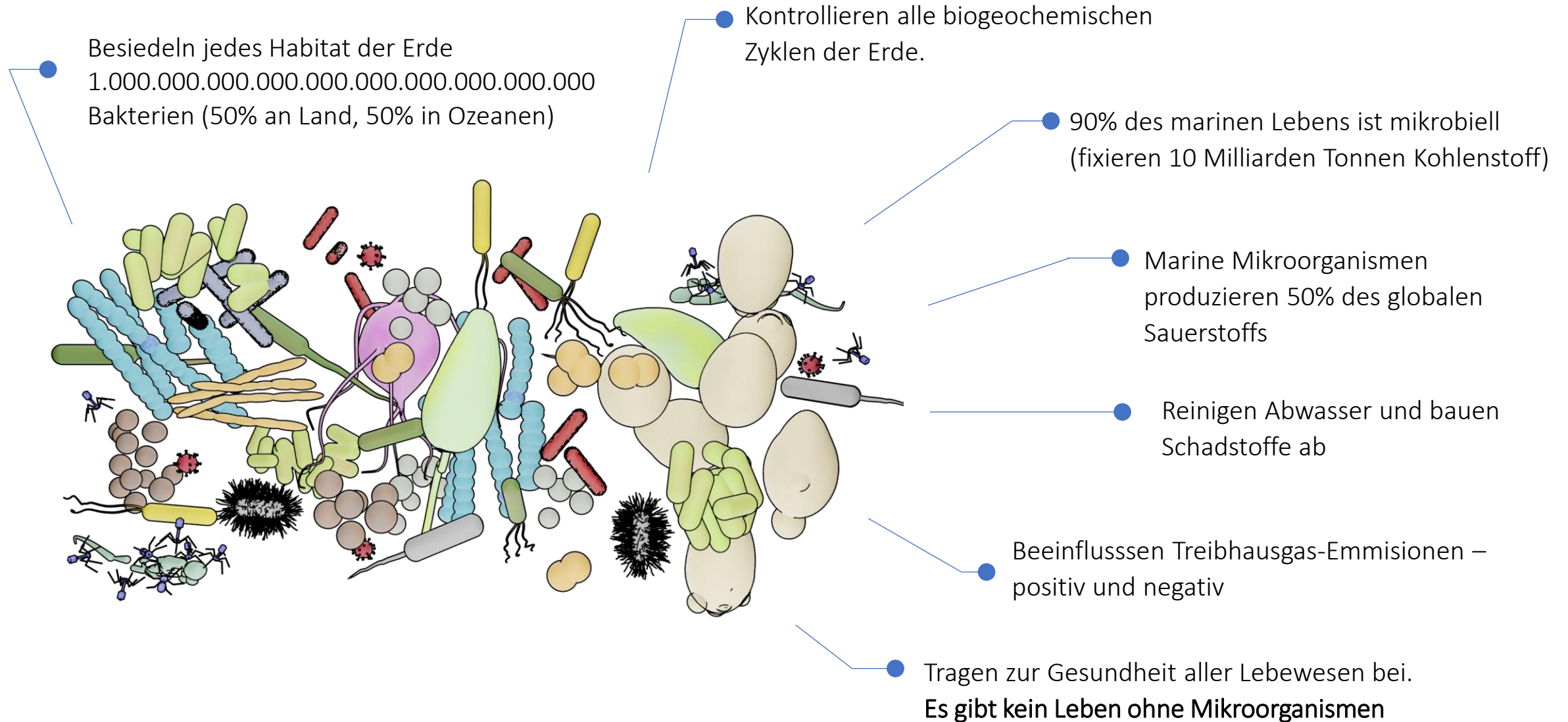
Krankheitserreger ▲



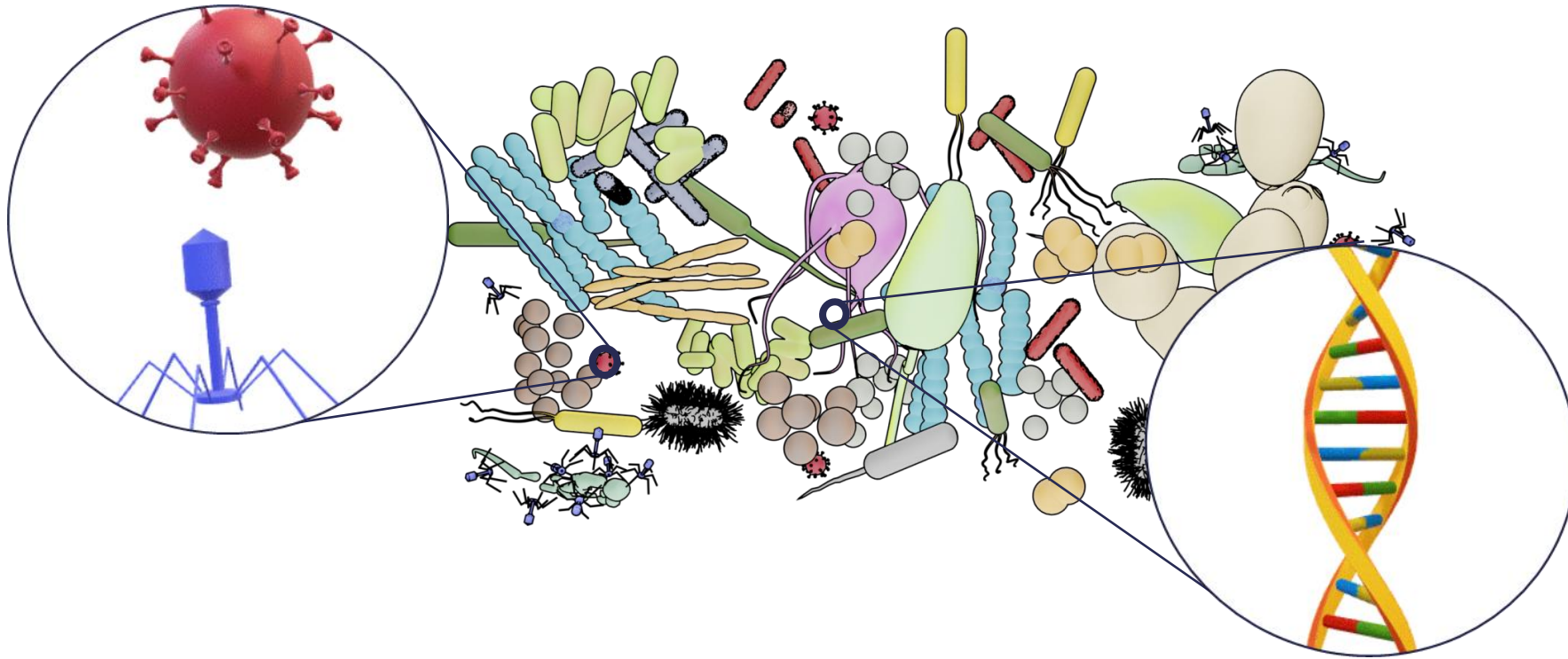
↓
Diversität
Gleichmäßigkeit
Spezifität

↑
Dysbiose
R-Strategen
Hypermutation
Antibiotikaresistenz

Mikrobielle Funktionen



Das Mikrobiom



3% Kultivierbar
wächst im Labor



97% Nicht-kultivierbar
DNA-Sequenzierung

**Mikrobiom = alle mikroskopisch kleinen Lebewesen
(Bakterien, Pilze, Archaeen, Algen, Protisten)
und all ihre Funktionen.**

**0,001% aller
Mikroorganismen sind
krankheitserregend.**

Vom Boden zur Pflanze

Von der Pflanze zur Frucht

Von der Wurzel bis zum Menschen – Mikrobiome als unsichtbare Brücken zwischen Boden und Gesundheit

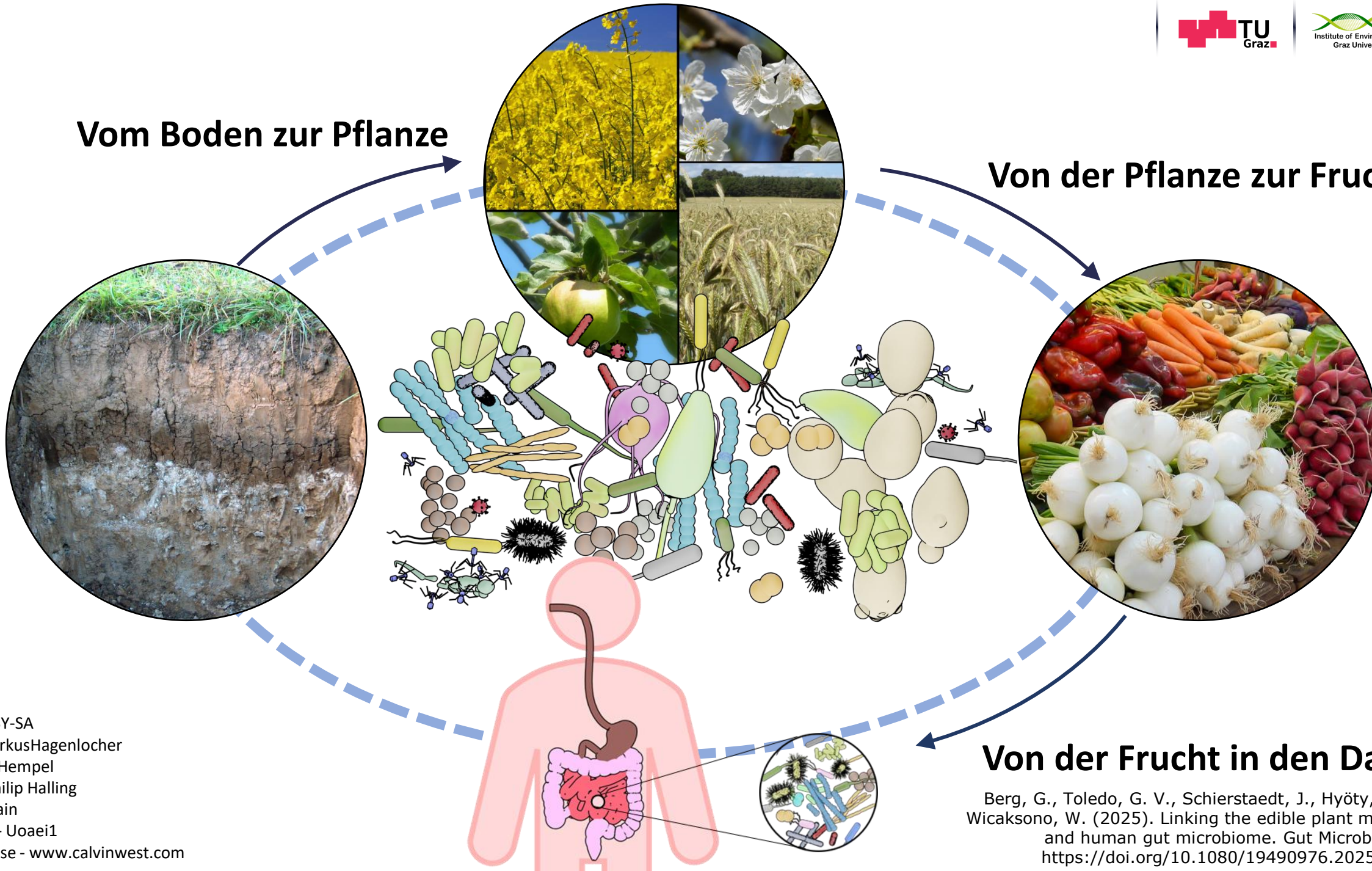
Von der Frucht in den Darm

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

Vom Boden zur Pflanze

Von der Pflanze zur Frucht

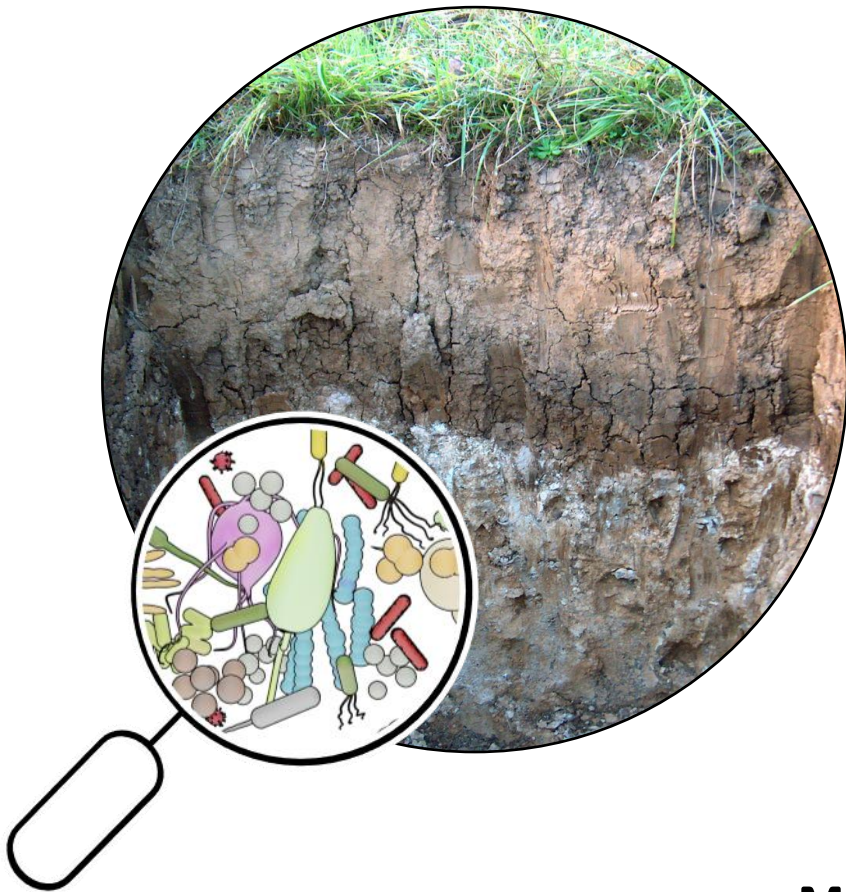
Von der Frucht in den Darm



Bilder: CC-BY-SA
 Boden - MarkusHagenlocher
 Raps - Jörg Hempel
 Weizen - Philip Halling
 Apfel - Jamain
 Kirschblüte- Uoaei1
 Obst/Gemüse - www.calvinwest.com

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1).
<https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

Das Mikrobiom im Boden



Einfluss auf die Bodengesundheit

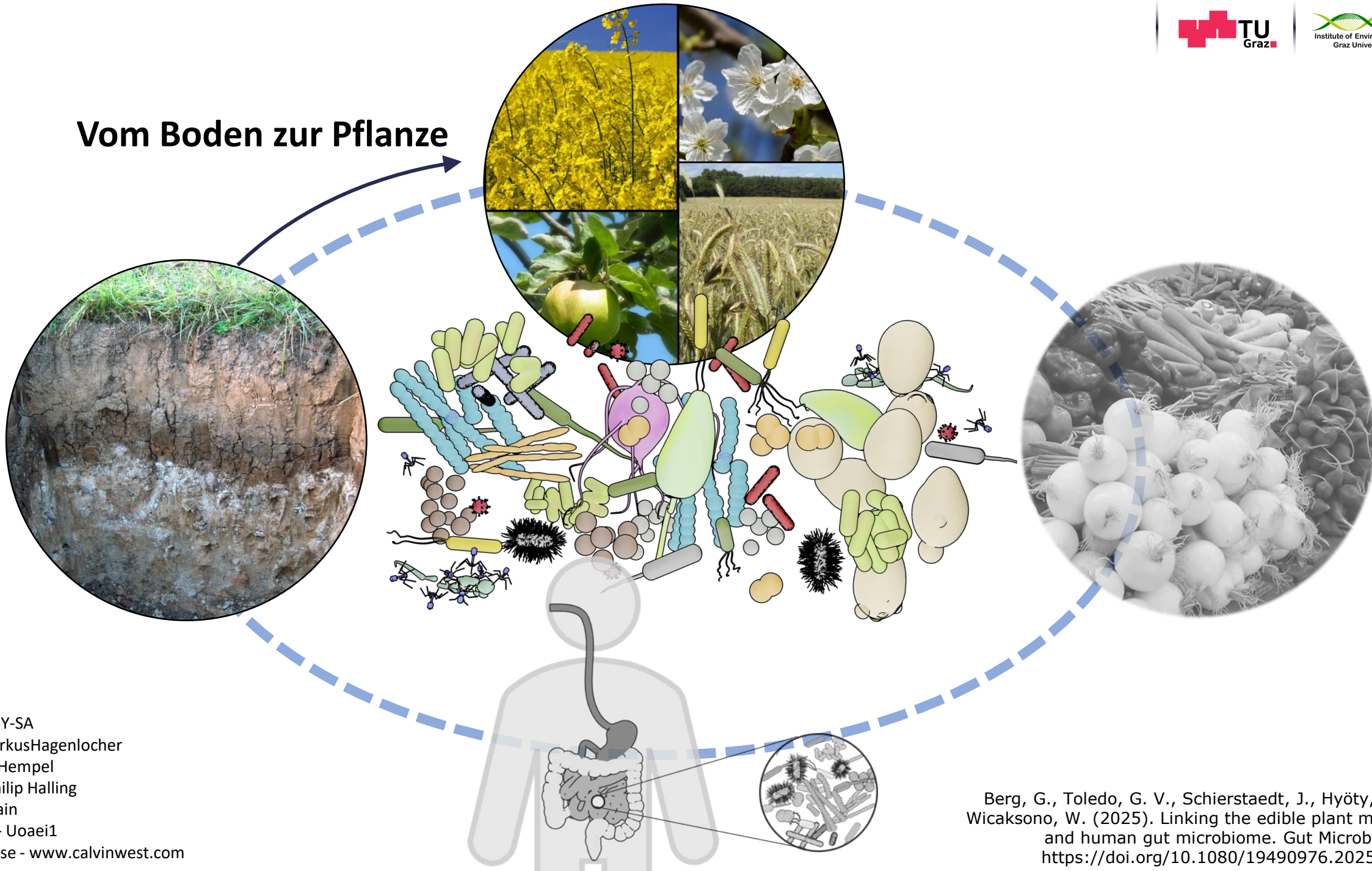
- Stützt die Bodenstruktur und schützt vor Erosion
- Baut Schadstoffe ab, reinigt Wasser
- Auf- und Abbau von organischer Substanz
- Fixiert Milliarden Tonnen an Kohlenstoff

Einfluss auf die Pflanzengesundheit

- Stickstoff-Fixierung
- Mycorrhizza
- Regulation der Samenkeimung
- Verfügbarkeit von Nährstoffen und Aminosäuren
- Unterdrückung von Krankheitserregern

Massiv beeinflusst von Chemikalien und Bodenbearbeitungsmaßnahmen

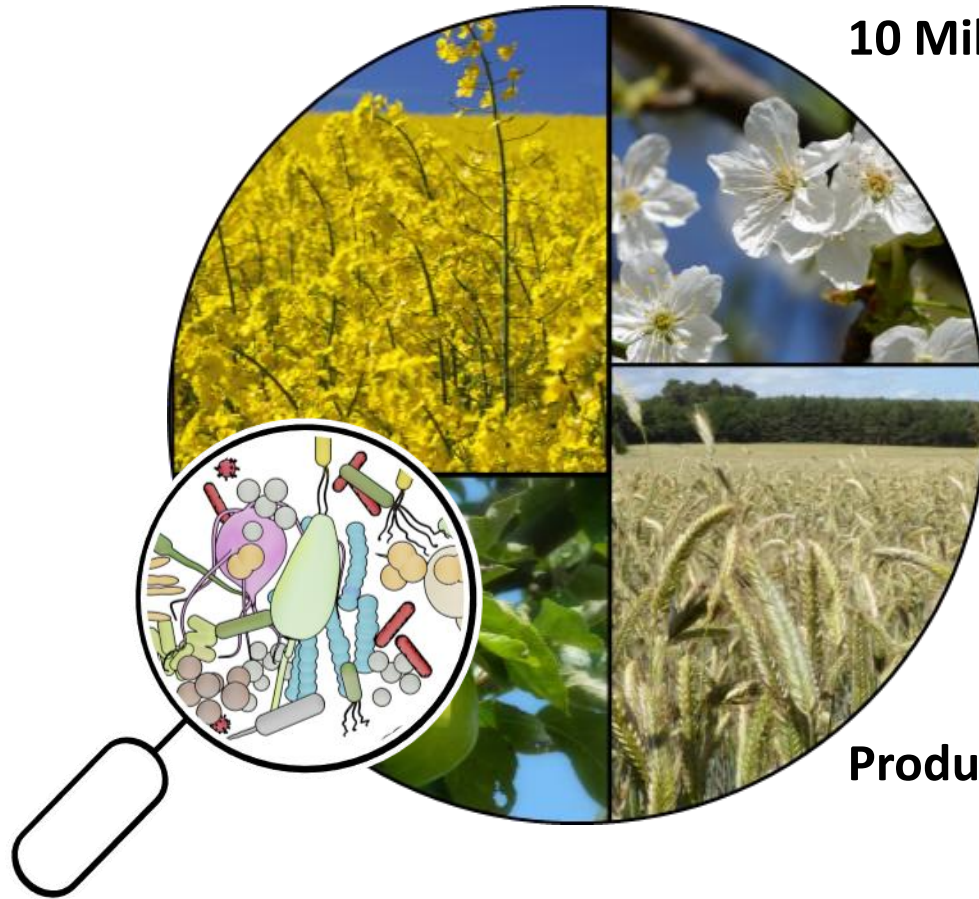
Vom Boden zur Pflanze



Bilder: CC-BY-SA
 Boden - MarkusHagenlocher
 Raps - Jörg Hempel
 Weizen - Philip Halling
 Apfel - Jamain
 Kirschblüte- Uoaei1
 Obst/Gemüse - www.calvinwest.com

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

Das Mikrobiom der Pflanze



10 Milliarden Mikroorganismen in 1 g Wurzel

Schutz gegen Krankheitserreger und Schädlinge

Stimulierung des Wachstums

Unterstützung die Keimung

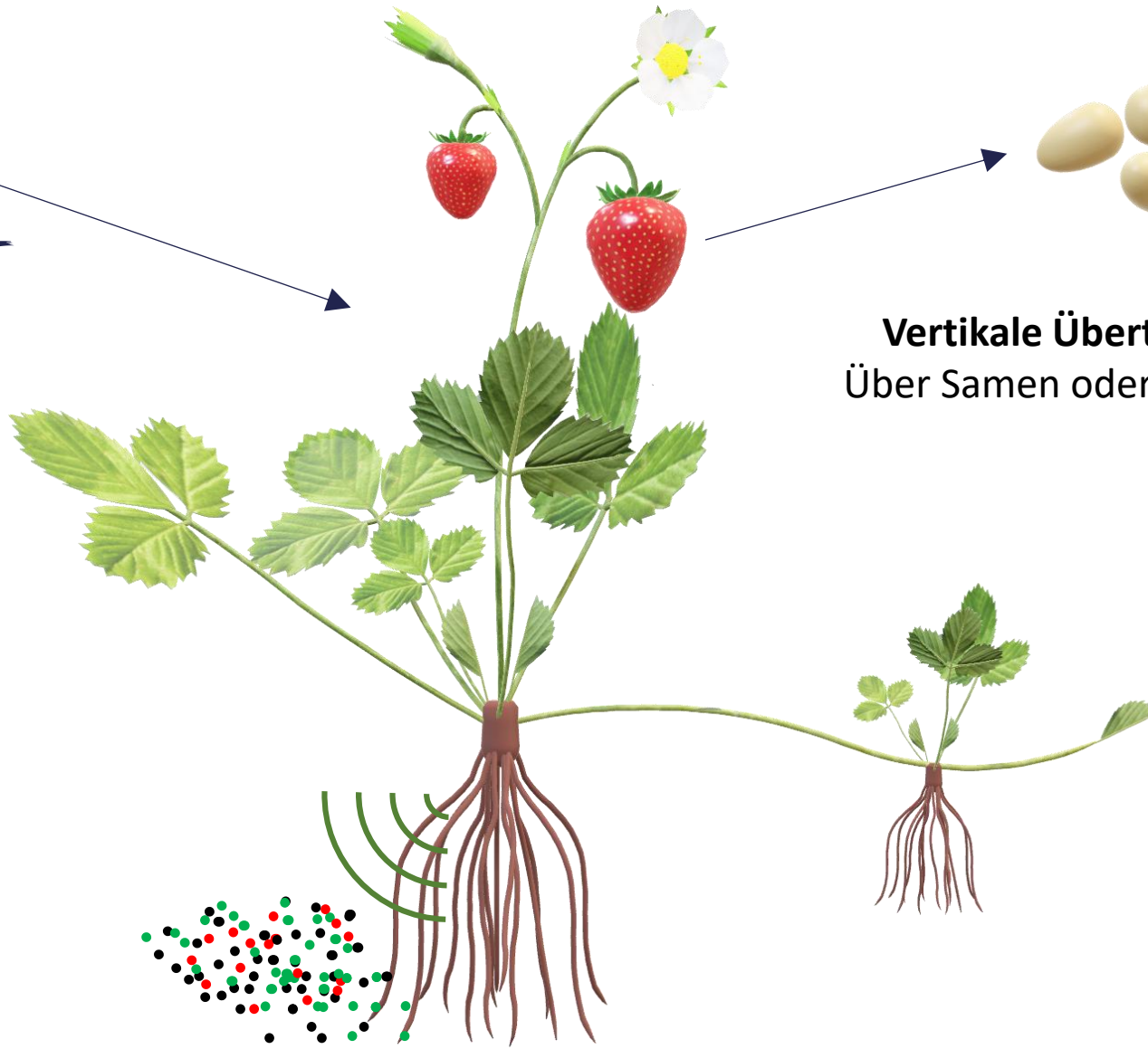
Verbesserung der Nährstoffaufnahme von Pflanzen

Produziert essentielle Nährstoffe, Hormone und Enzyme

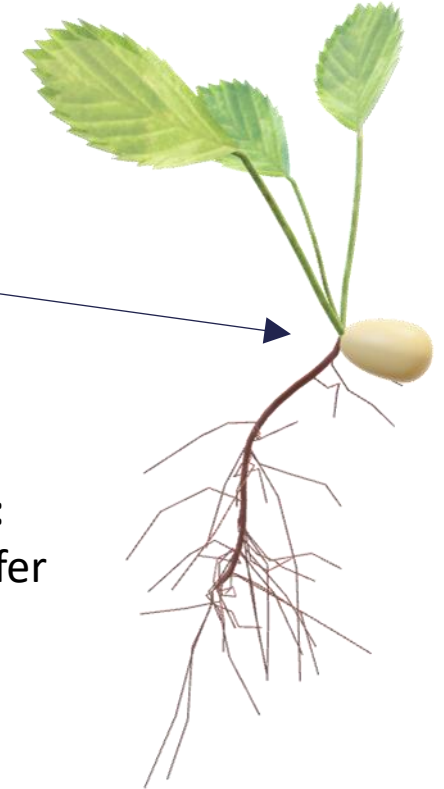
Die Zusammensetzung des Pflanzenmikrobioms



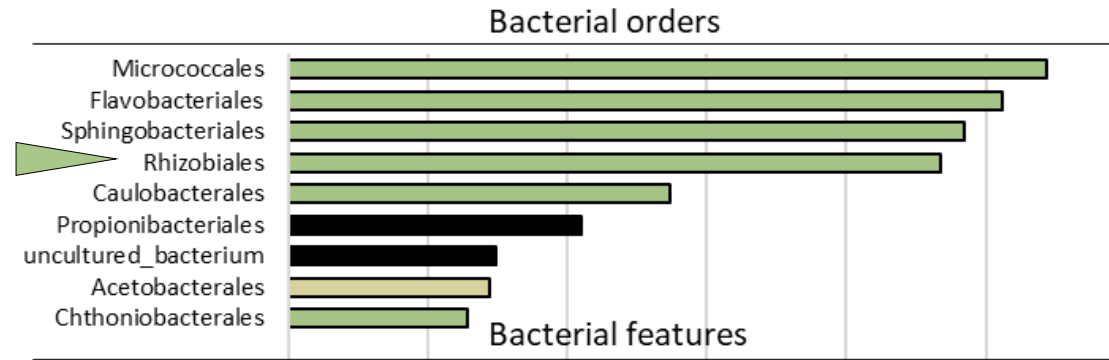
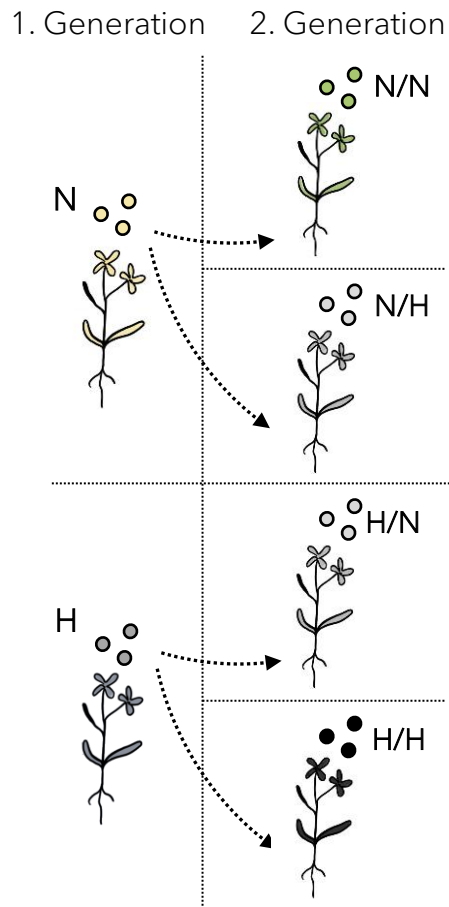
Horizontale Übertragung:
Insekten, andere Pflanzen,
Aerosole, **Boden**



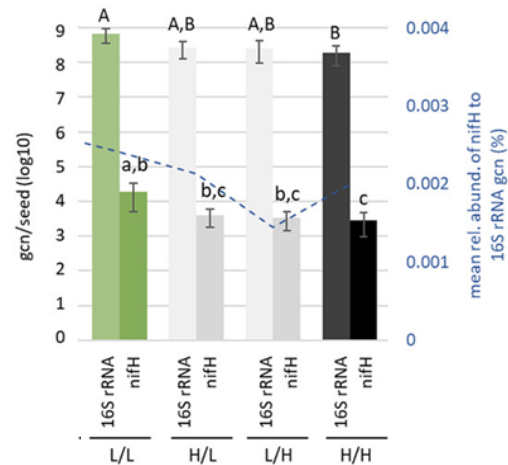
Vertikale Übertragung:
Über Samen oder Ausläufer



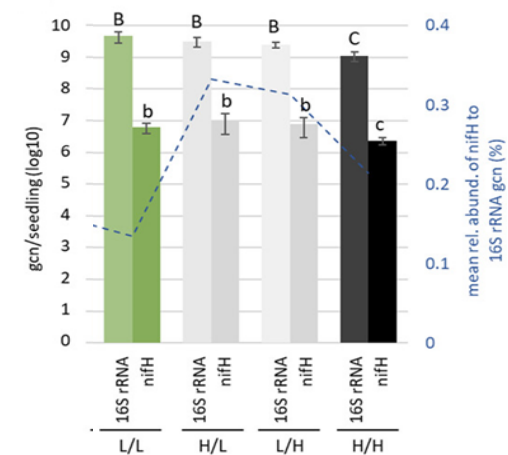
Stickstoffdüngung bei Raps



Stickstofffixierende Bakterien im Samen



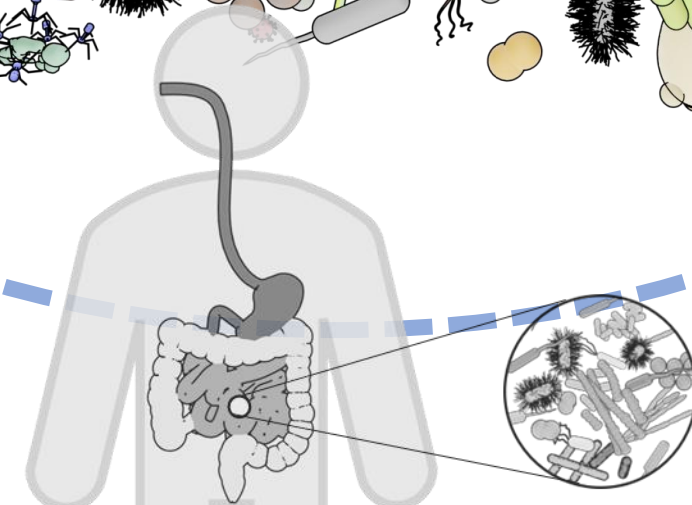
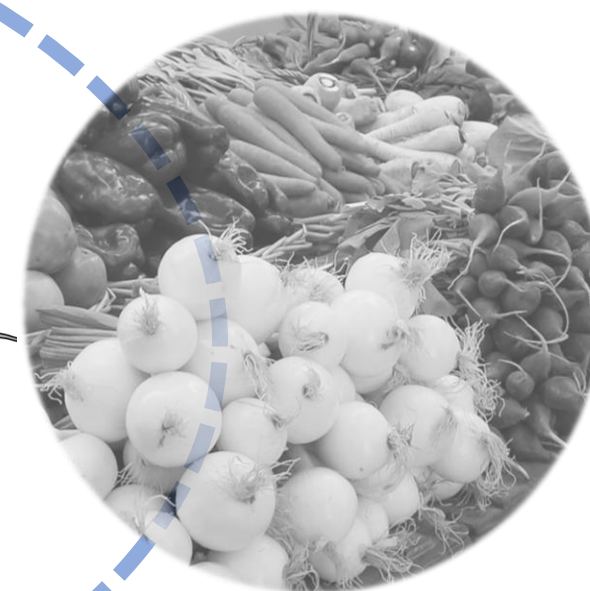
Stickstofffixierende Bakterien in Wurzeln



- ✓ Nach 2 Jahren geringer Stickstoffdüngung reichern sich Stickstoff-fixierende Bakterien im Samen an.
- ✓ Diese Bakterien besiedeln die Wurzeln und Böden.

Hohe mikrobielle Diversität im Boden = gesunde Pflanzen
Hohe Pflanzenbiodiversität = hohe mikrobielle Diversität

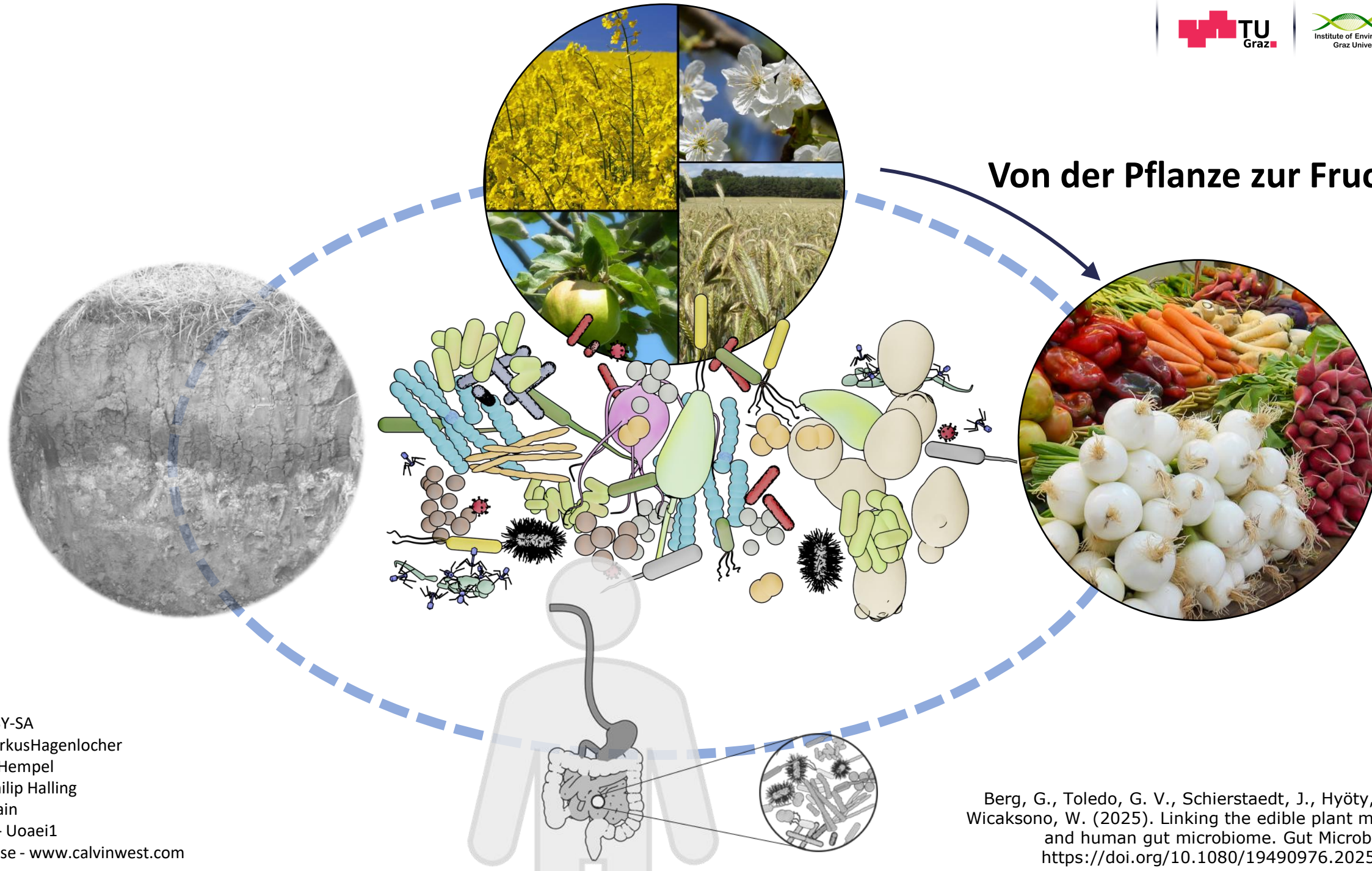
- Reduzierte oder keine Bodenbearbeitung
- Anbaudiversifizierung, Zwischenfruchtanbau
- Biologische Mittel



Bilder: CC-BY-SA
 Boden - MarkusHagenlocher
 Raps - Jörg Hempel
 Weizen - Philip Halling
 Apfel - Jamain
 Kirschblüte- Uoaei1
 Obst/Gemüse - www.calvinwest.com

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

Von der Pflanze zur Frucht



Bilder: CC-BY-SA
 Boden - MarkusHagenlocher
 Raps - Jörg Hempel
 Weizen - Philip Halling
 Apfel - Jamain
 Kirschblüte- Uoaei1
 Obst/Gemüse - www.calvinwest.com

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1).
<https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

Das Mikrobiom in Obst und Gemüse

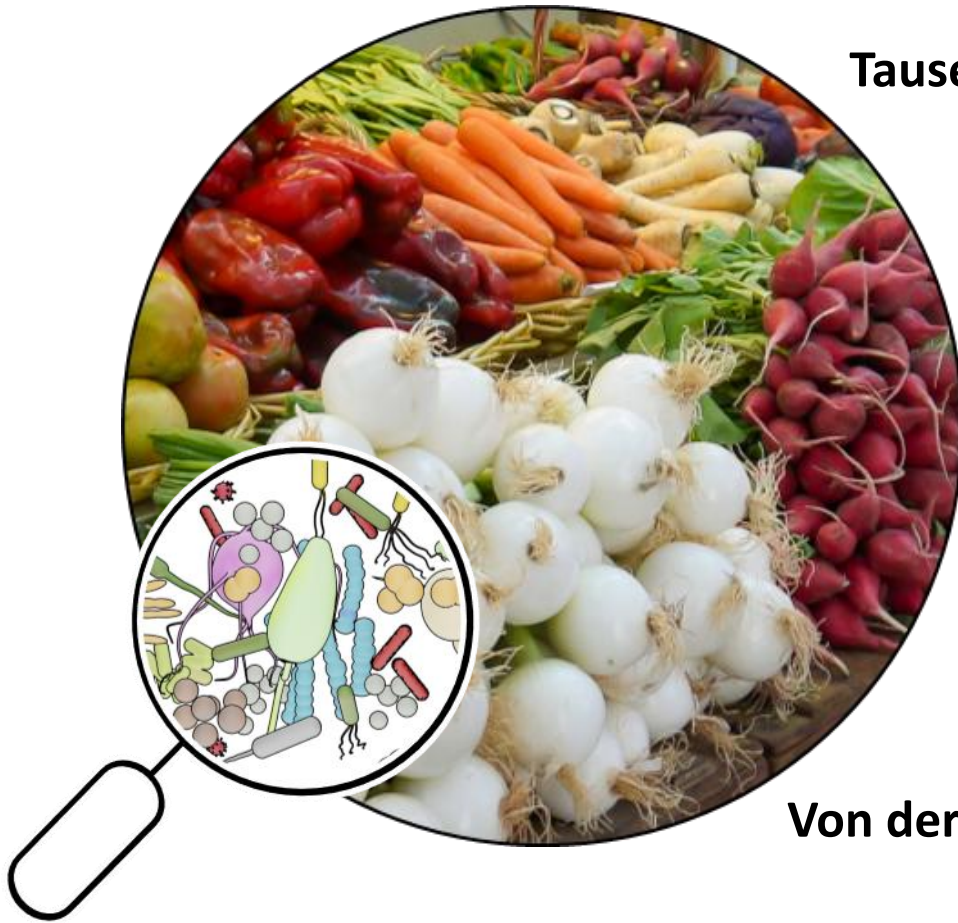
Tausende bis Millionen Mikroorganismen (100 Mio in 1 Apfel)

Schutz vor Fäulnis

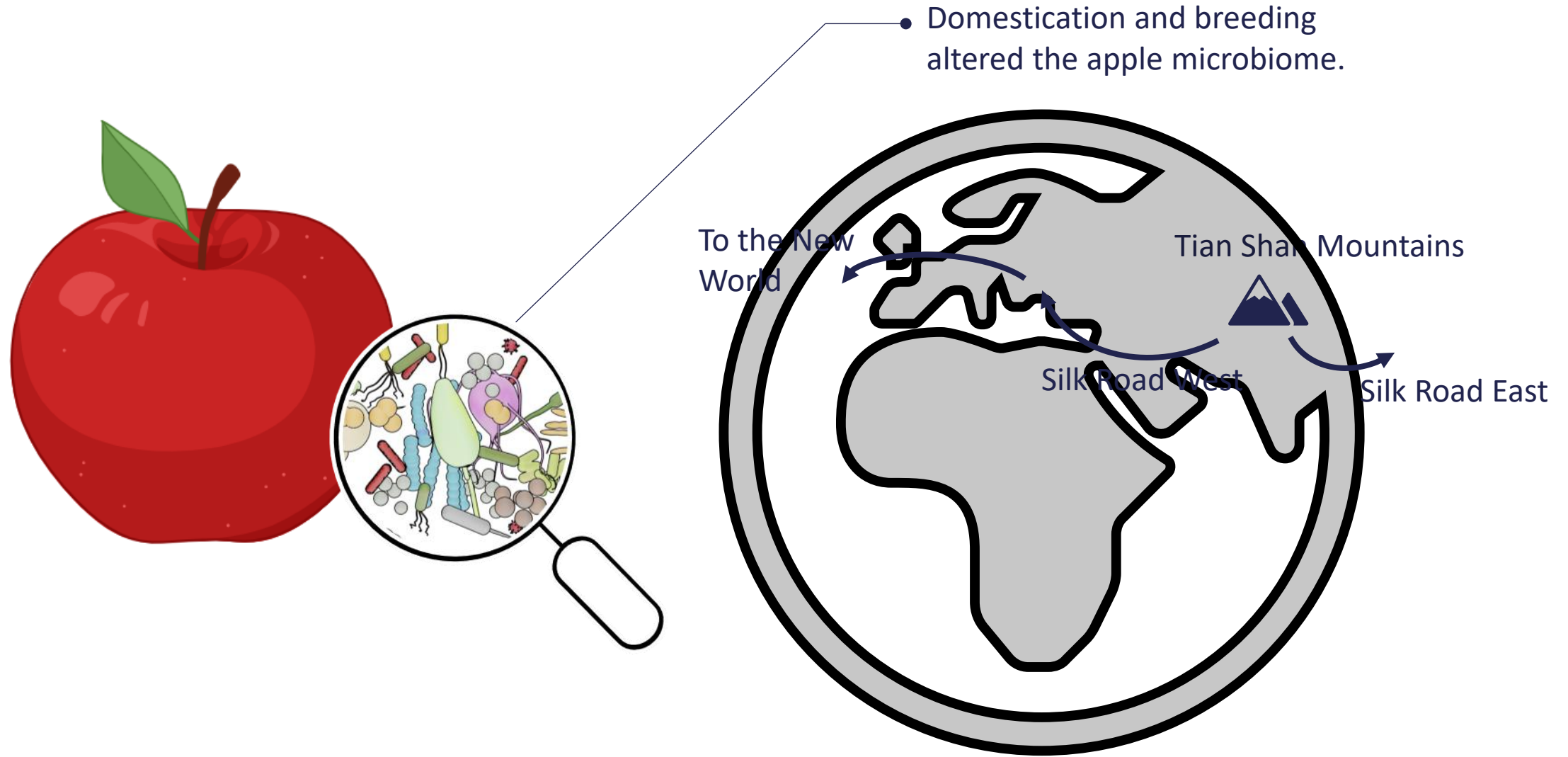
Ausschlaggebend für die Haltbarkeit und Lagerfähigkeit

Verleiht Geschmack

Von der Bewirtschaftungsform, und der Nacherntebehandlung beeinflusst

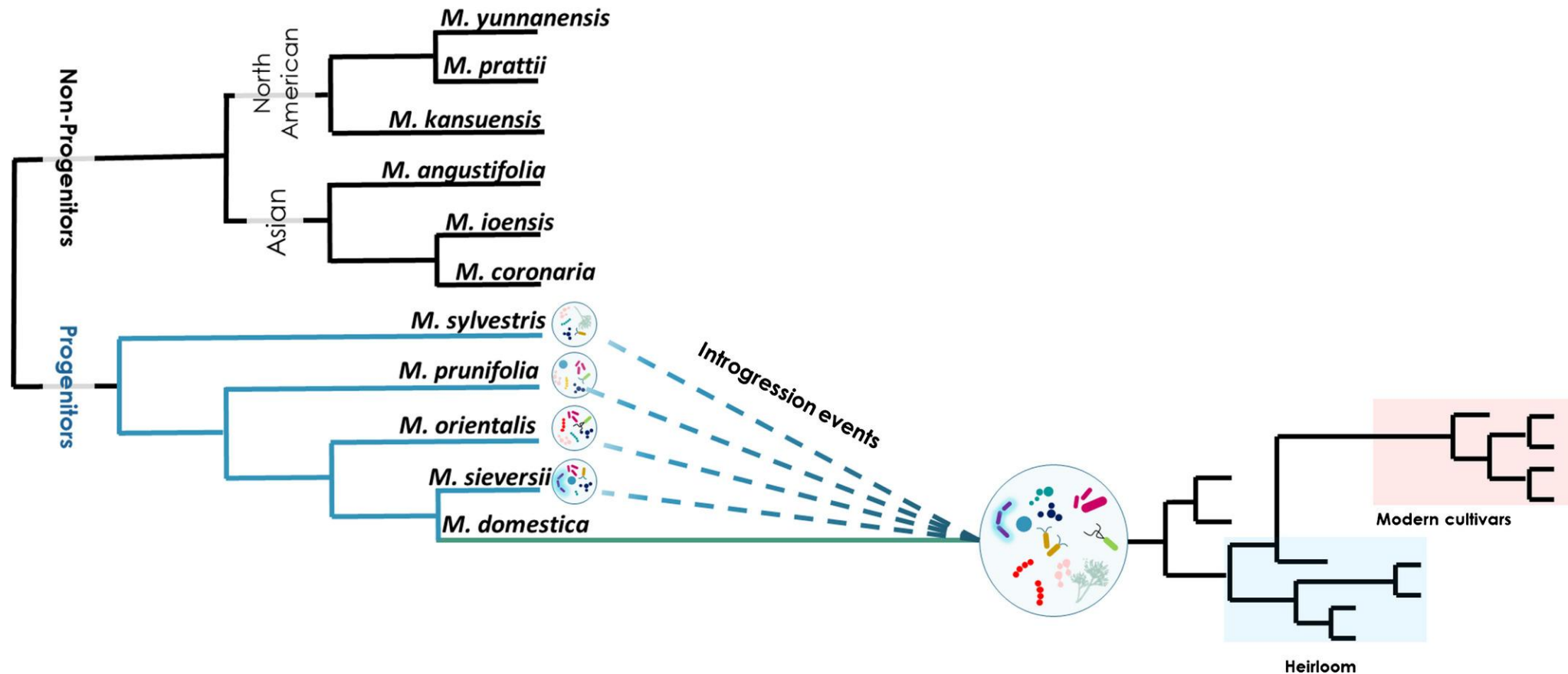


Das Apfelmikrobiom



How was the apple microbiome affected by domestication?

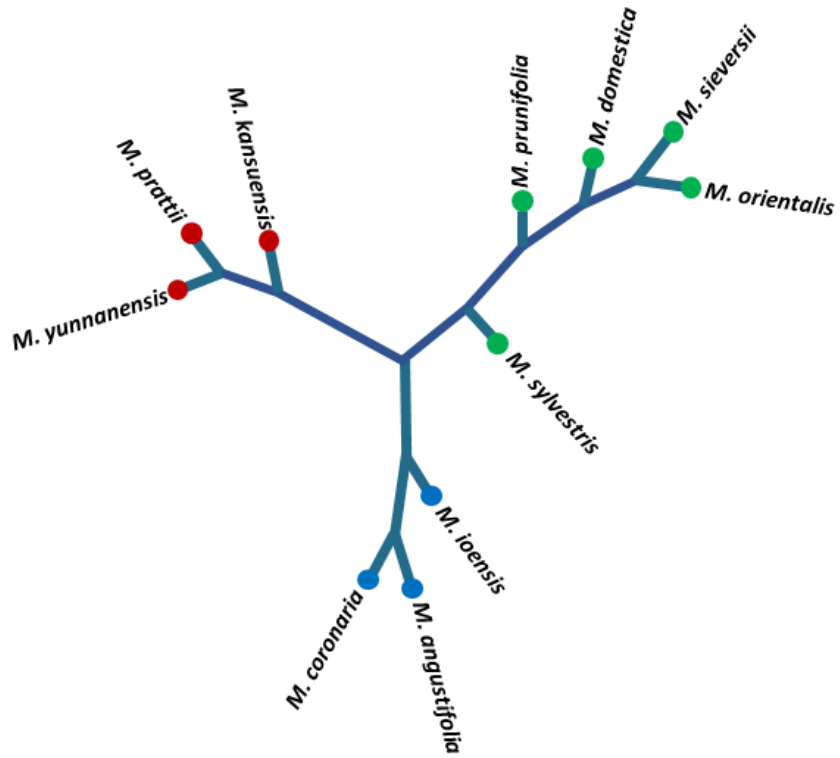
(a)



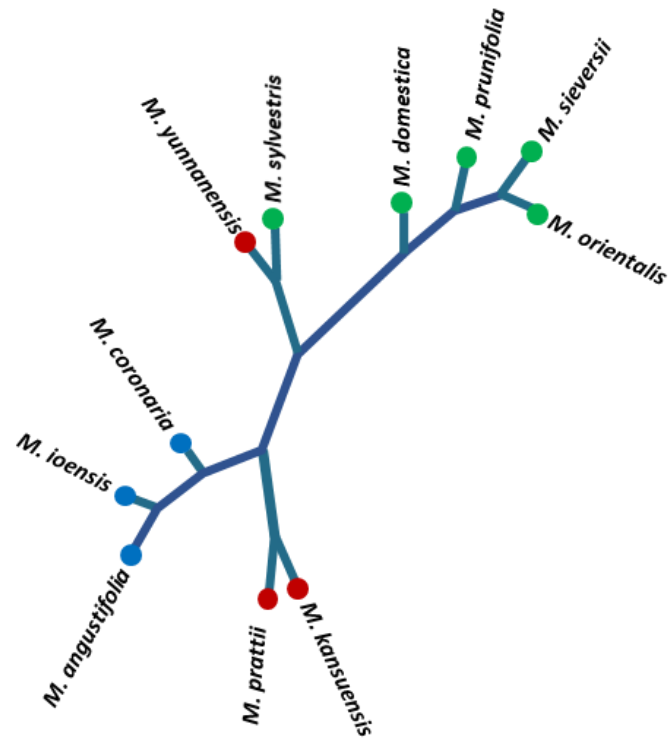
Evidence of phyllosymbiosis

= closer related plants are associated with similar microbial communities

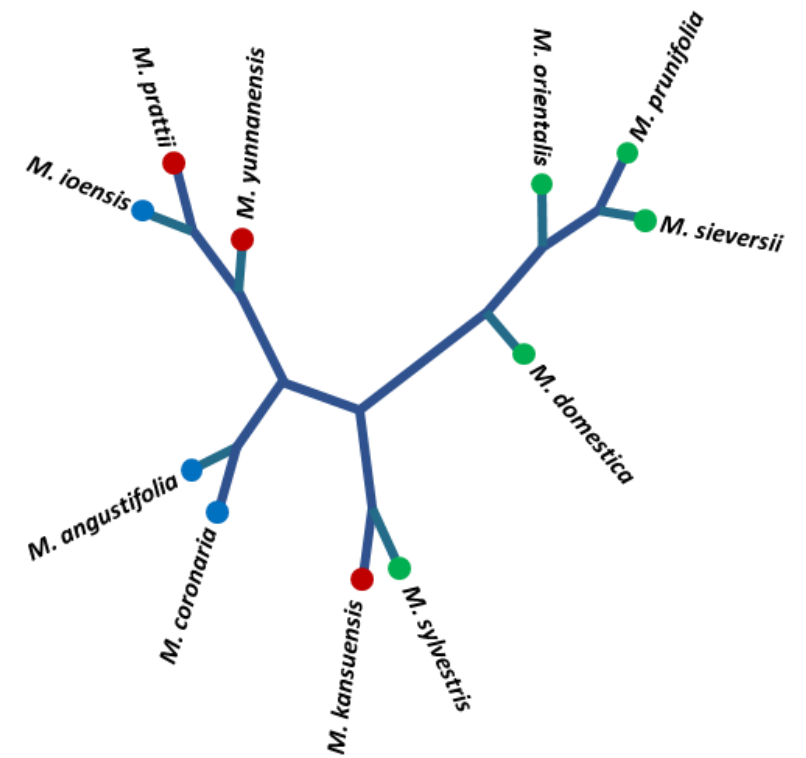
Apple phylogeny



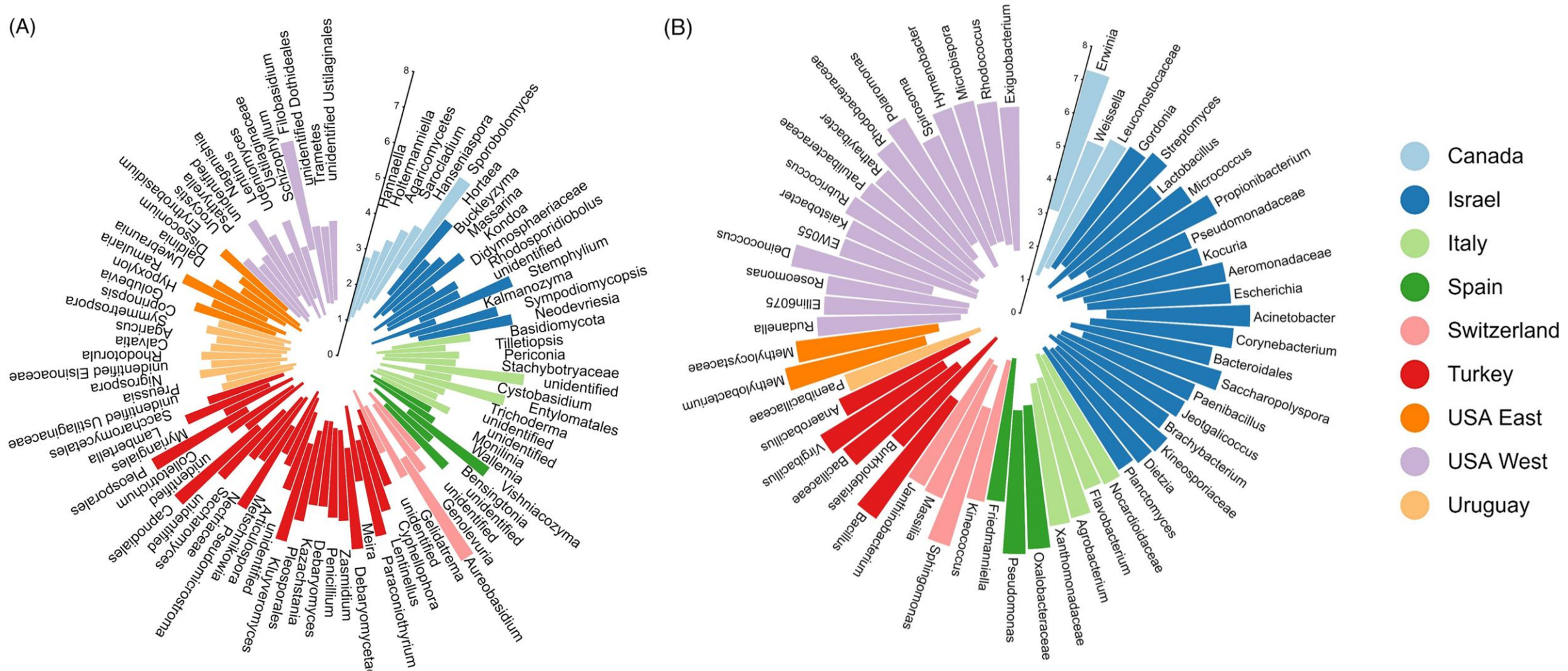
Fungal microbiota



Bacterial microbiota



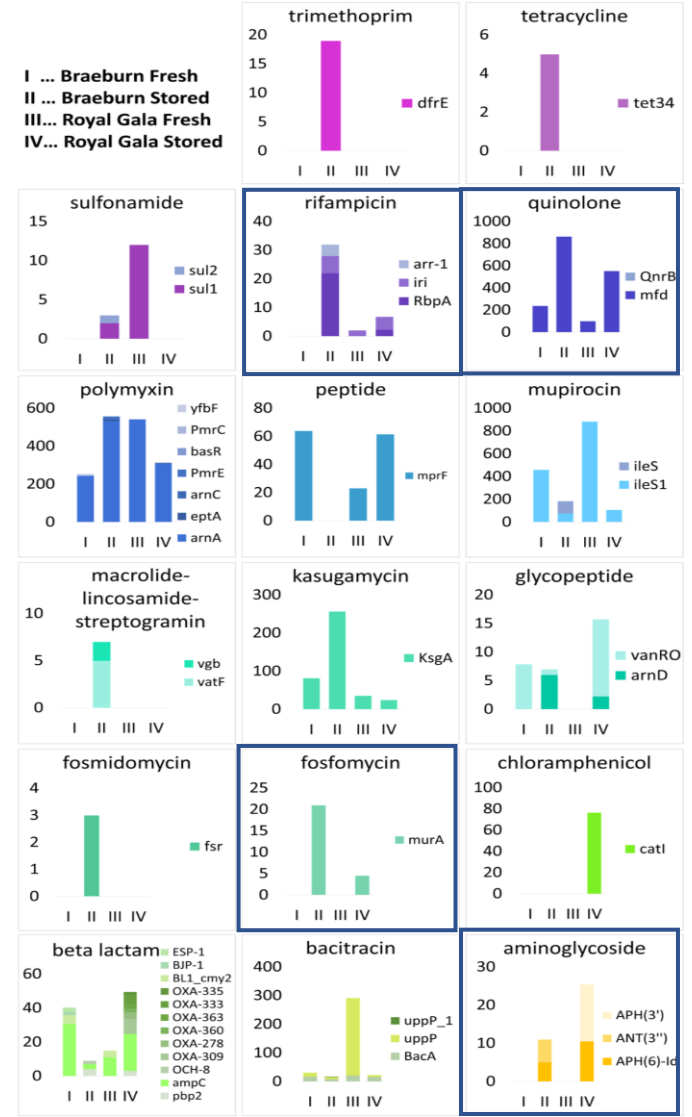
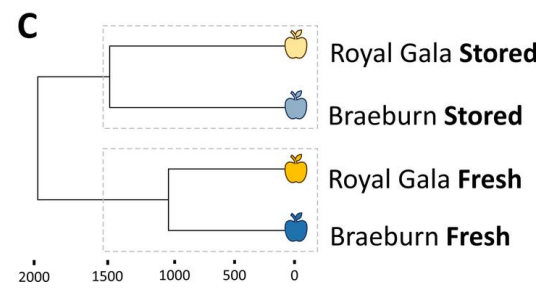
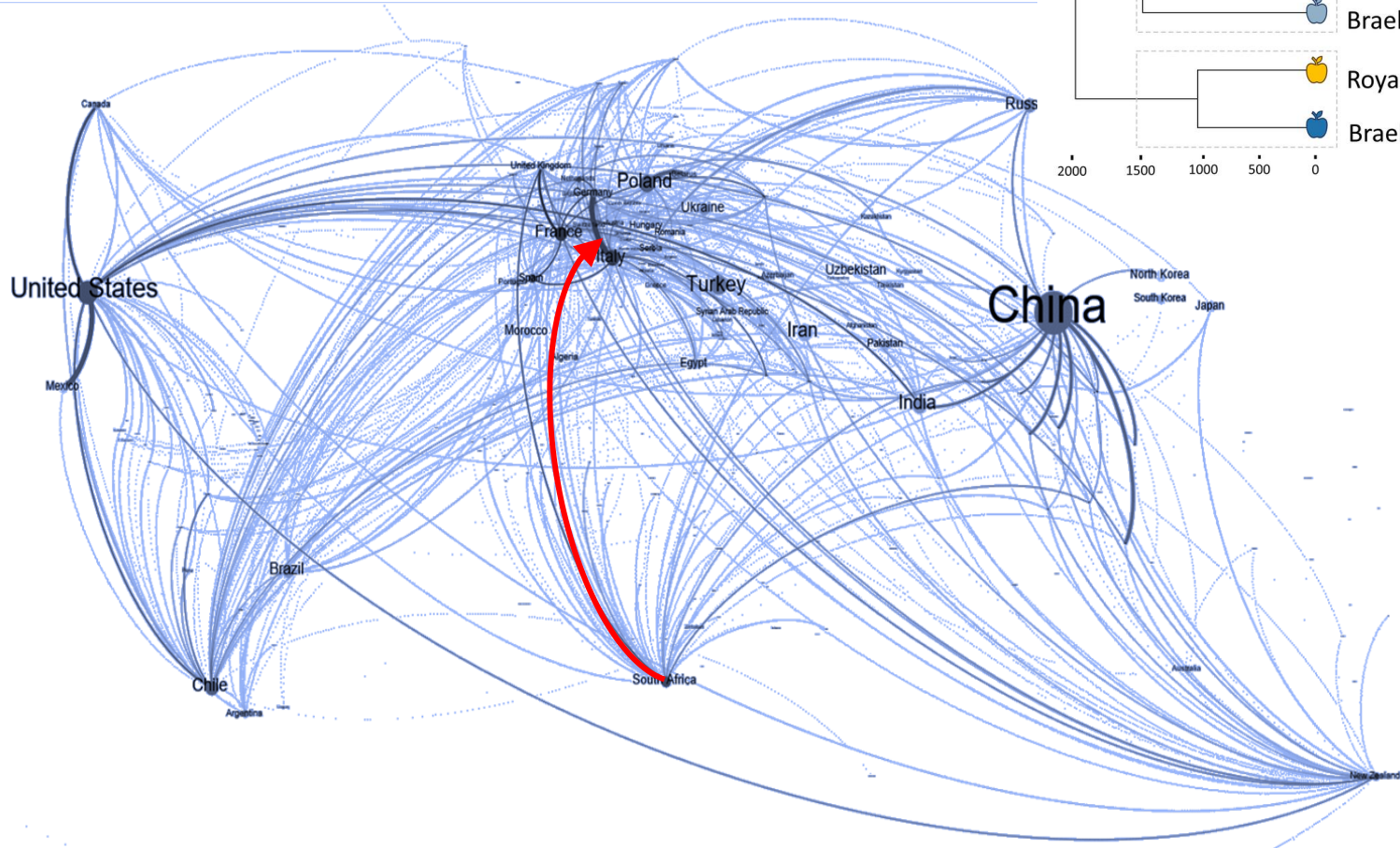
Das Apfelmikrobiom unterscheidet sich je nach Herkunft



Abdelfattah, A., Freilich, S., Bartuv, R., Zhimo, V.Y., Kumar, A., Biasi, A., Salim, S., Feygenberg, O., Burchard, E., Dardick, C., Liu, J., Khan, A., Ellouze, W., Ali, S., Spadaro, D., Torres, R., Teixido, N., Ozkaya, O., Buehlmann, A., Vero, S., Mondino, P., Berg, G., Wisniewski, M. and Droby, S. (2021), Global analysis of the apple fruit microbiome: are all apples the same?. *Environ Microbiol*, 23: 6038-6055. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15469>

Weltweiter Transport beeinflusst das Mikrobiom

Globaler Apfeltransport (FAO Stat 2018)

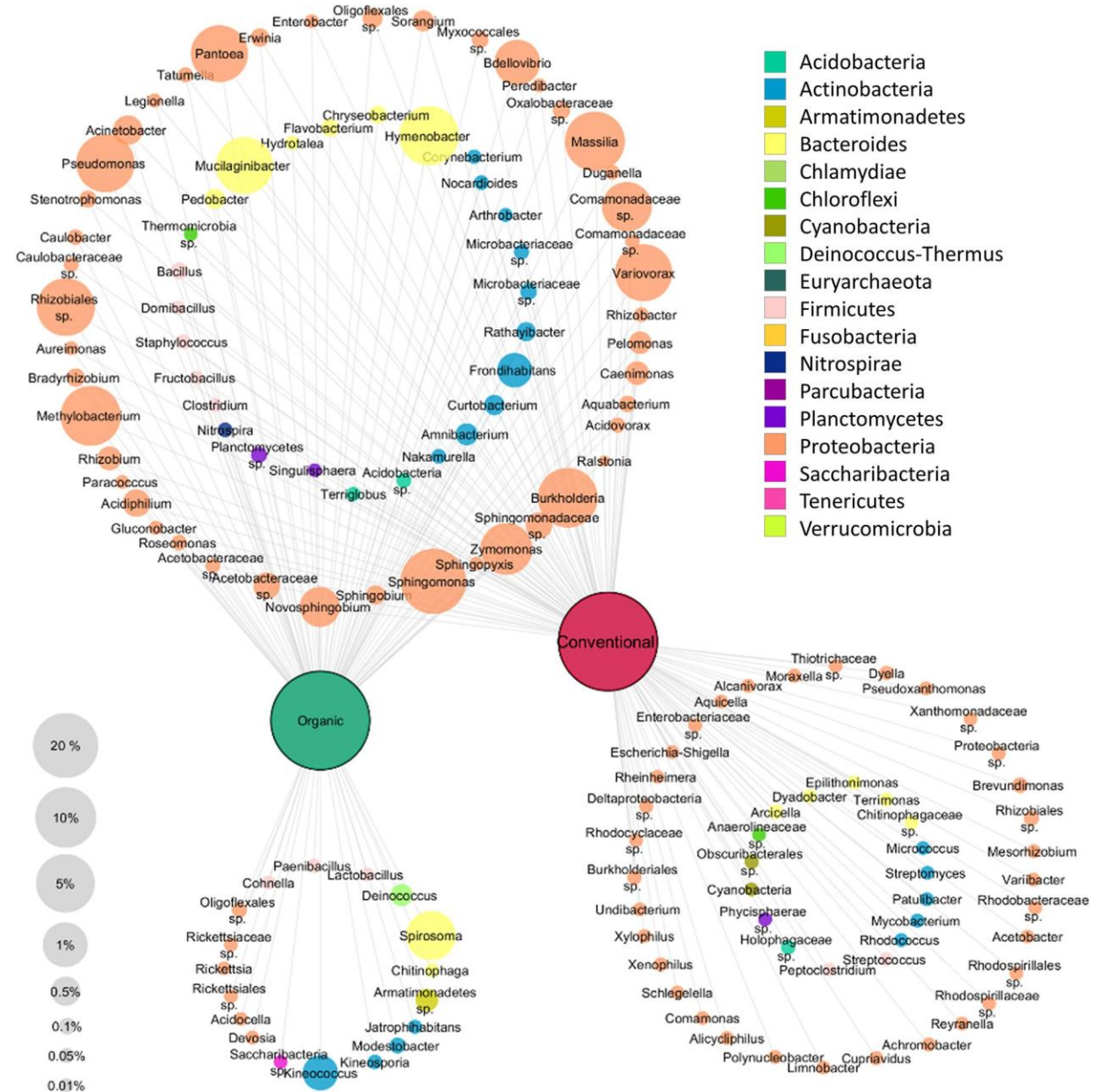
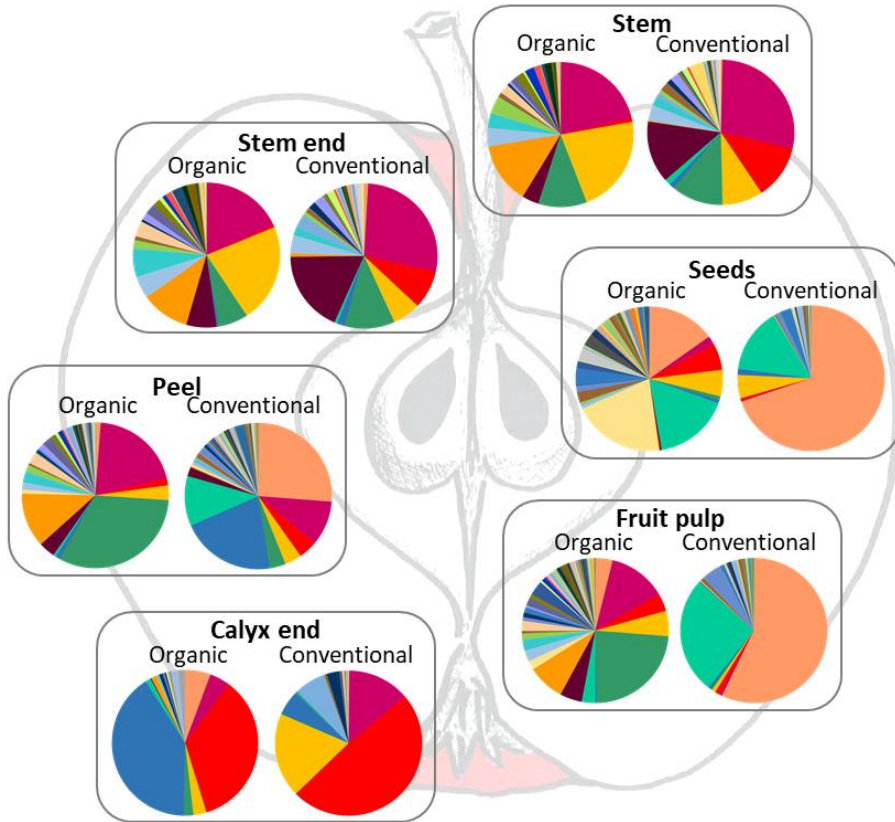


Der weltweite Transport führt zu mehr Antibiotika-resistenten Bakterien im Apfel.

+ multi-resistente Keime

Die Bewirtschaftungsform bestimmt das Mikrobiom

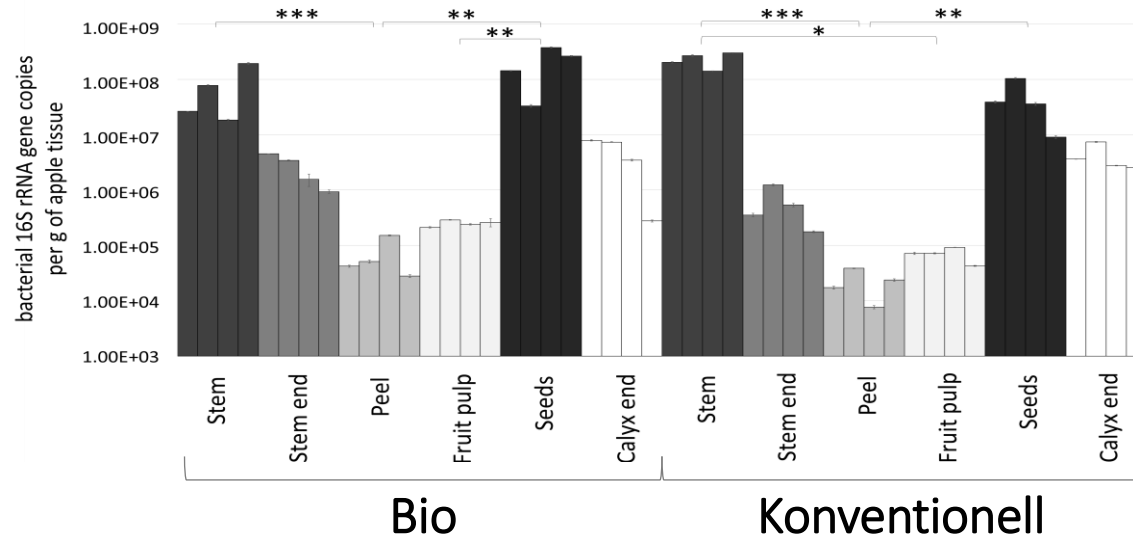
Steirischer Apfel



Die Bewirtschaftungsform bestimmt das Mikrobiom



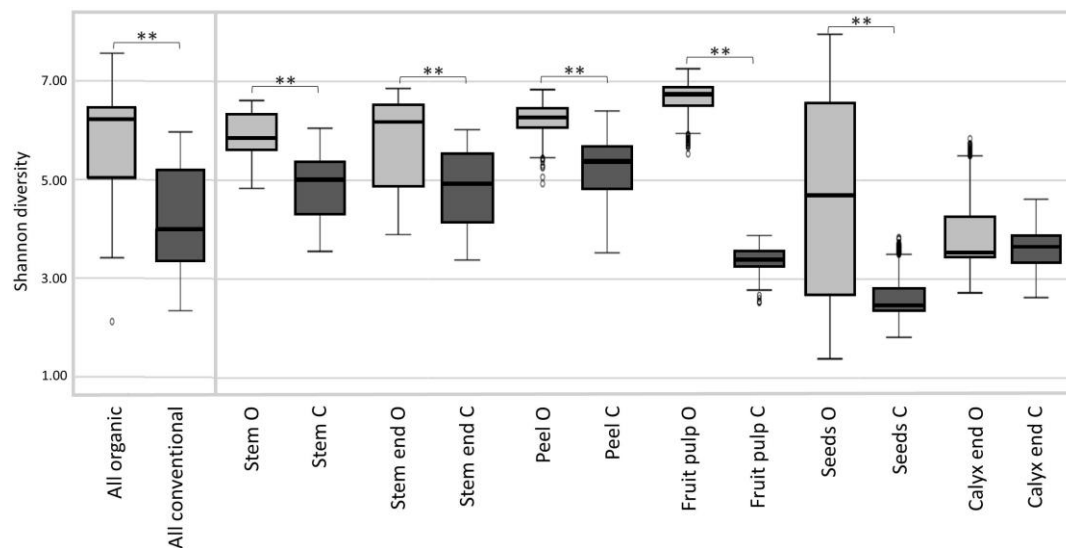
Demeterhof Birnstingl-Gottinger



Die Anzahl an Mikroorganismen in BIO und konventionell **ist gleich!**

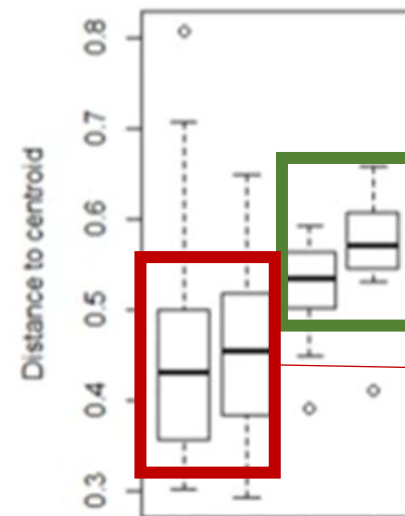
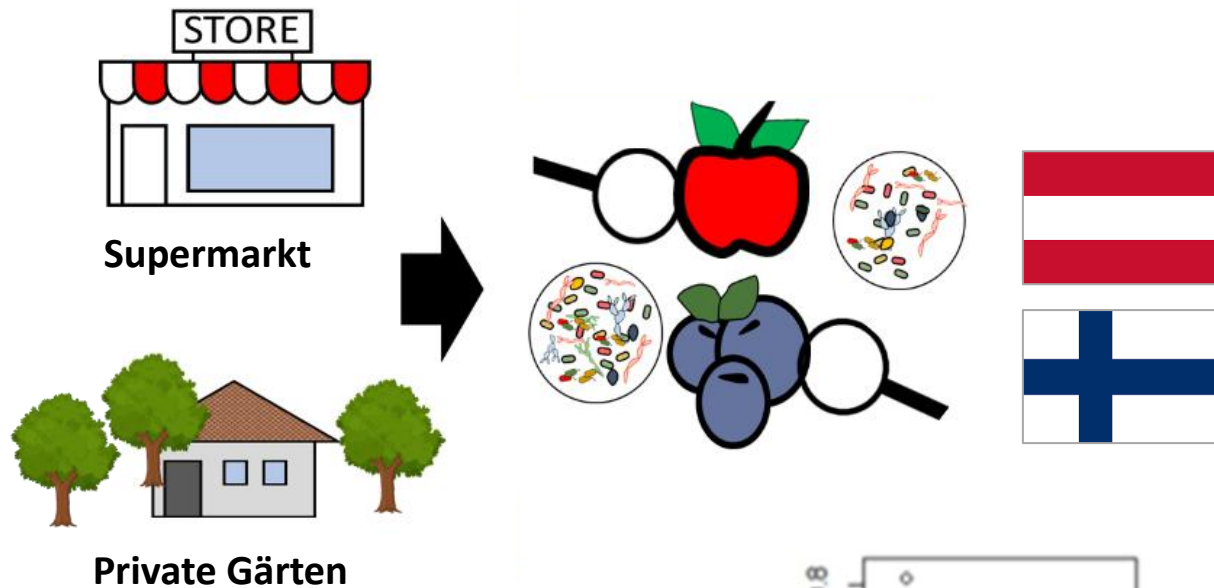
→ 100 Millionen Bakterien pro Apfel

Aber BIO Äpfel sind diverser!



Die Bewirtschaftungsform bestimmt die **Diversität** und **welche Mikroorganismen** wir zu uns nehmen.

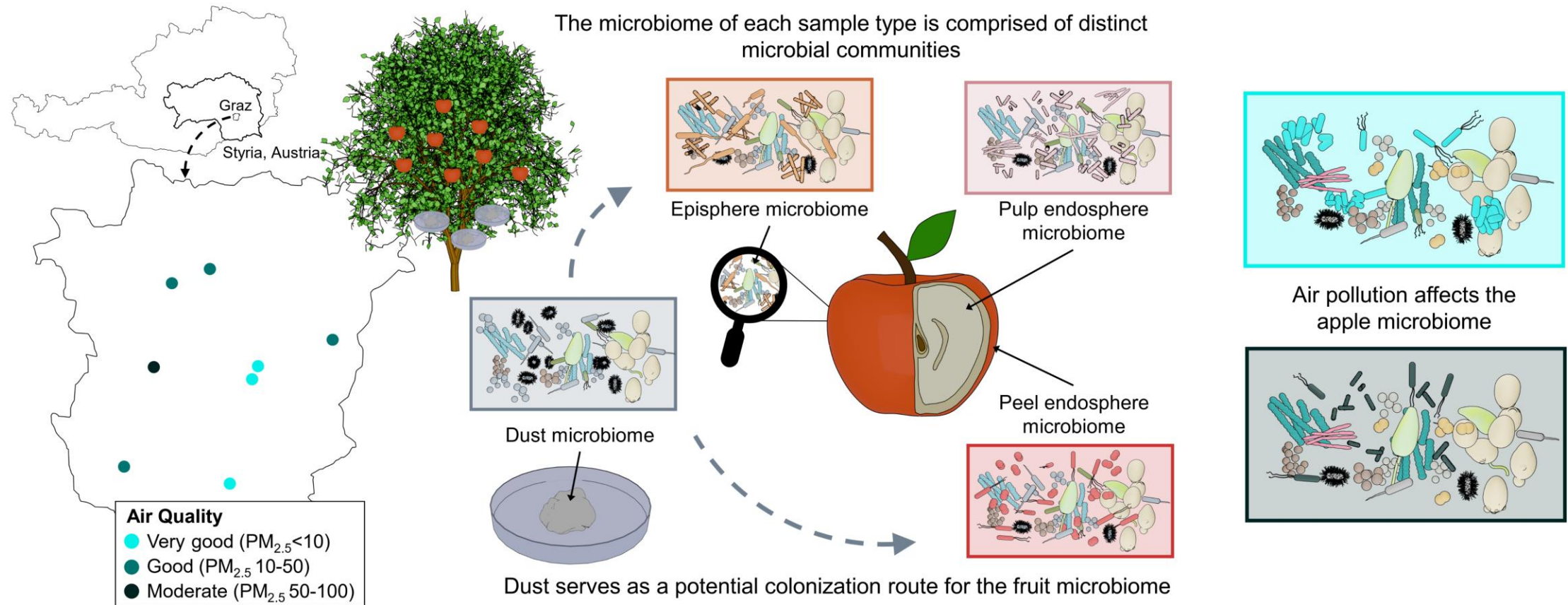
Die Bewirtschaftungsform bestimmt das Mikrobiom



Private Gärten: alle Früchte haben verschiedene Mikrobiome

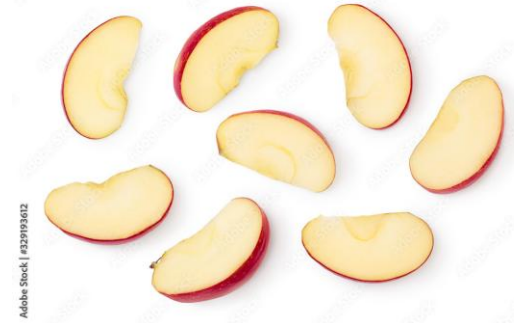
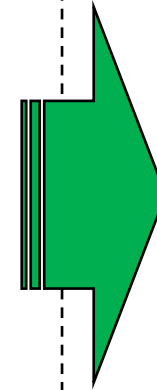
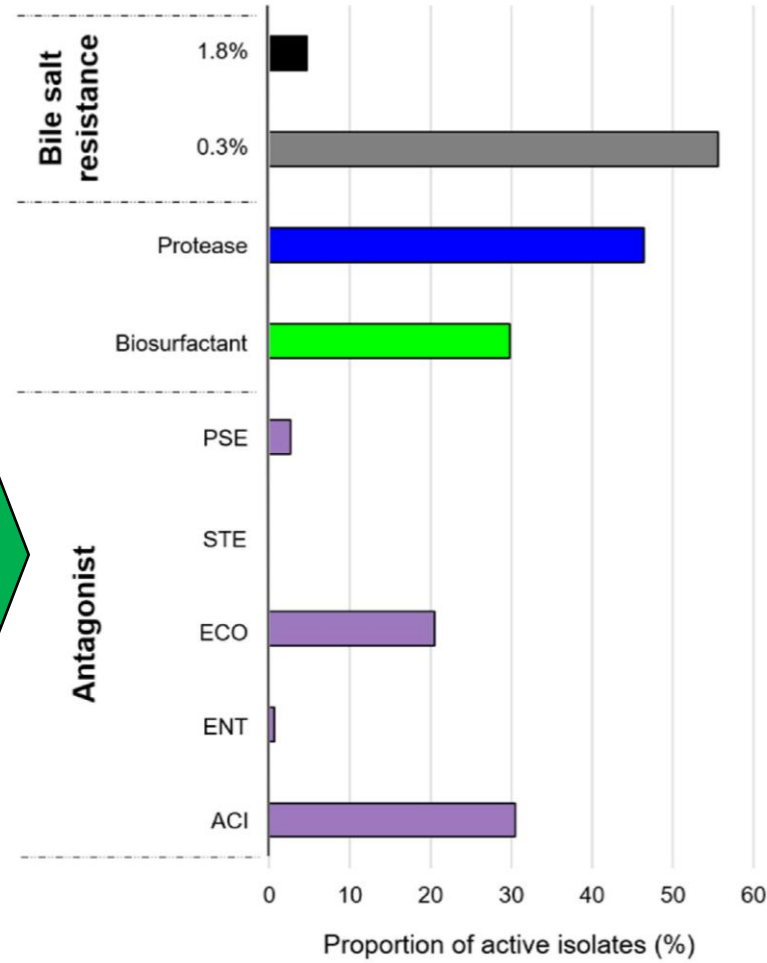
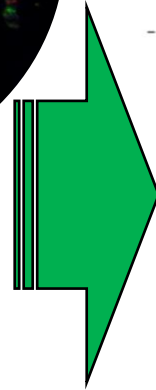
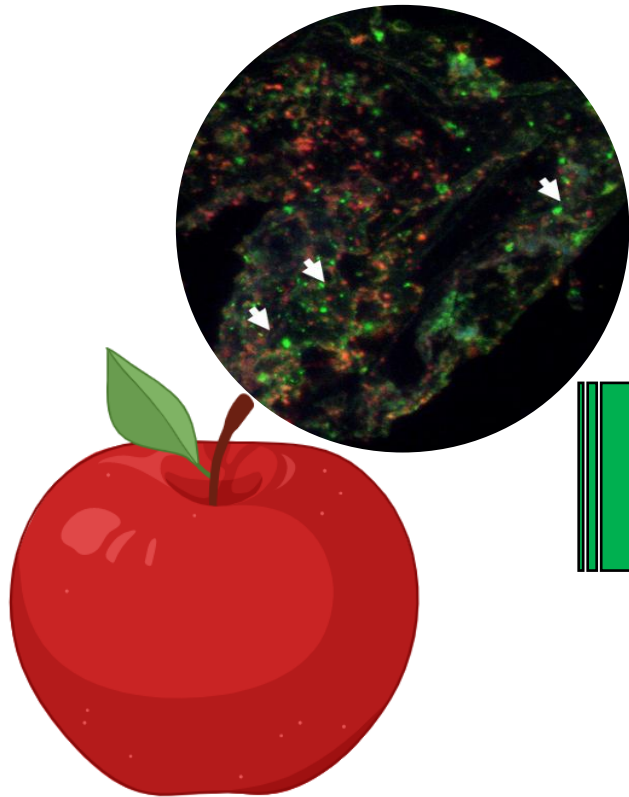
Supermarkt: Alle Früchte haben das gleiche Mikrobiom.
„Supermarkt-Mikrobiom“

Die Luftqualität beeinflusst das Mikrobiom

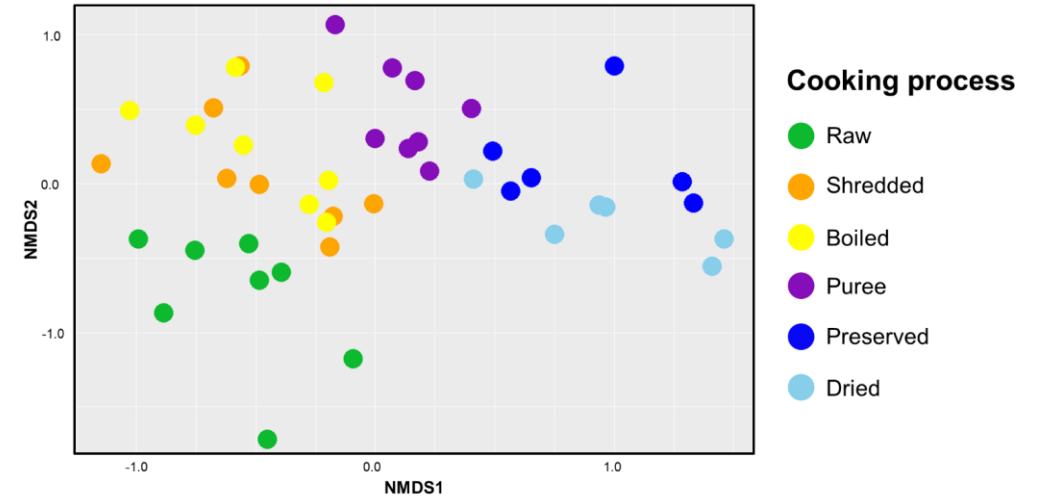
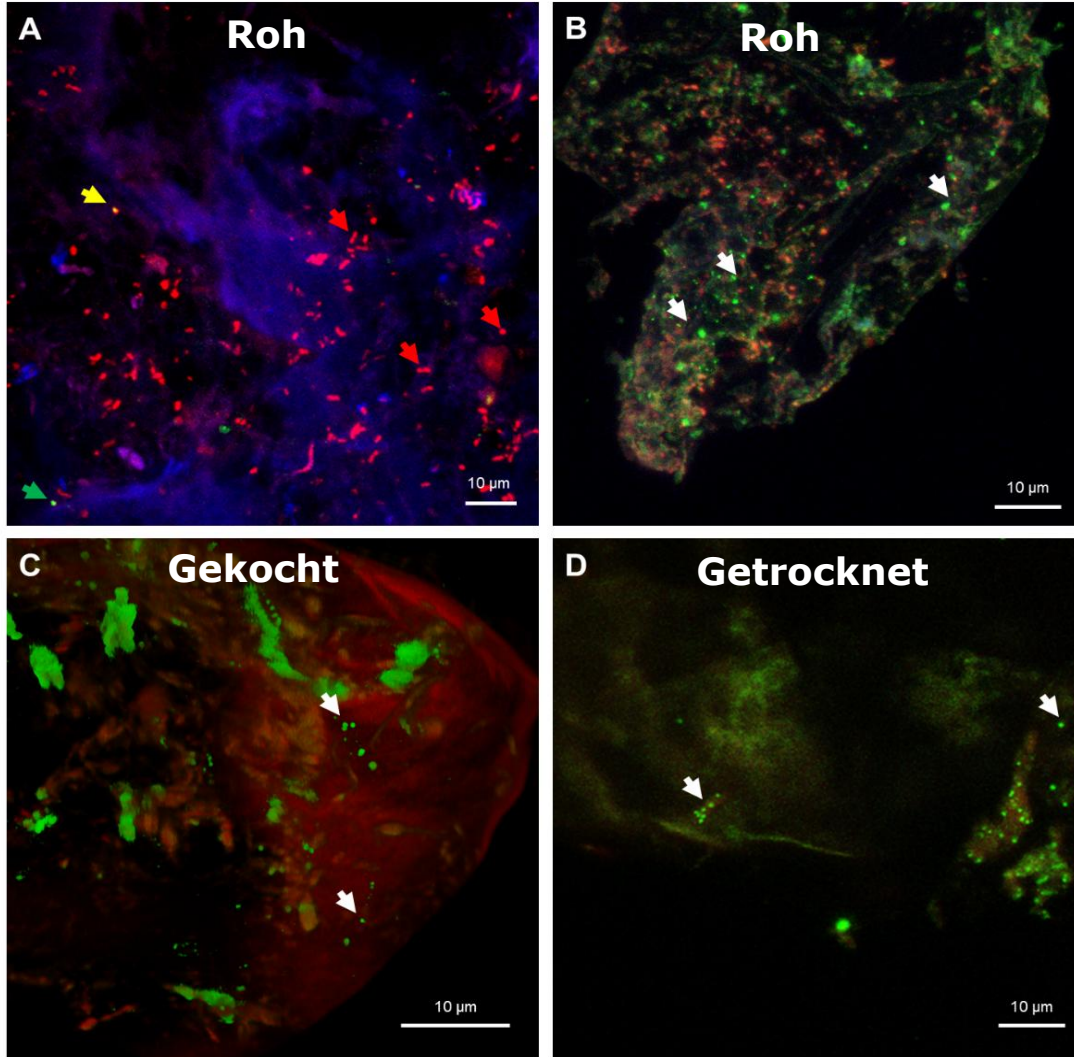


- Pilze reagierten stärker auf die Luftqualität
- Mehr als 55% der Bakterien an der Schalenendosphäre kommen vom Staub.

Äpfel enthalten natürliche Probiotika

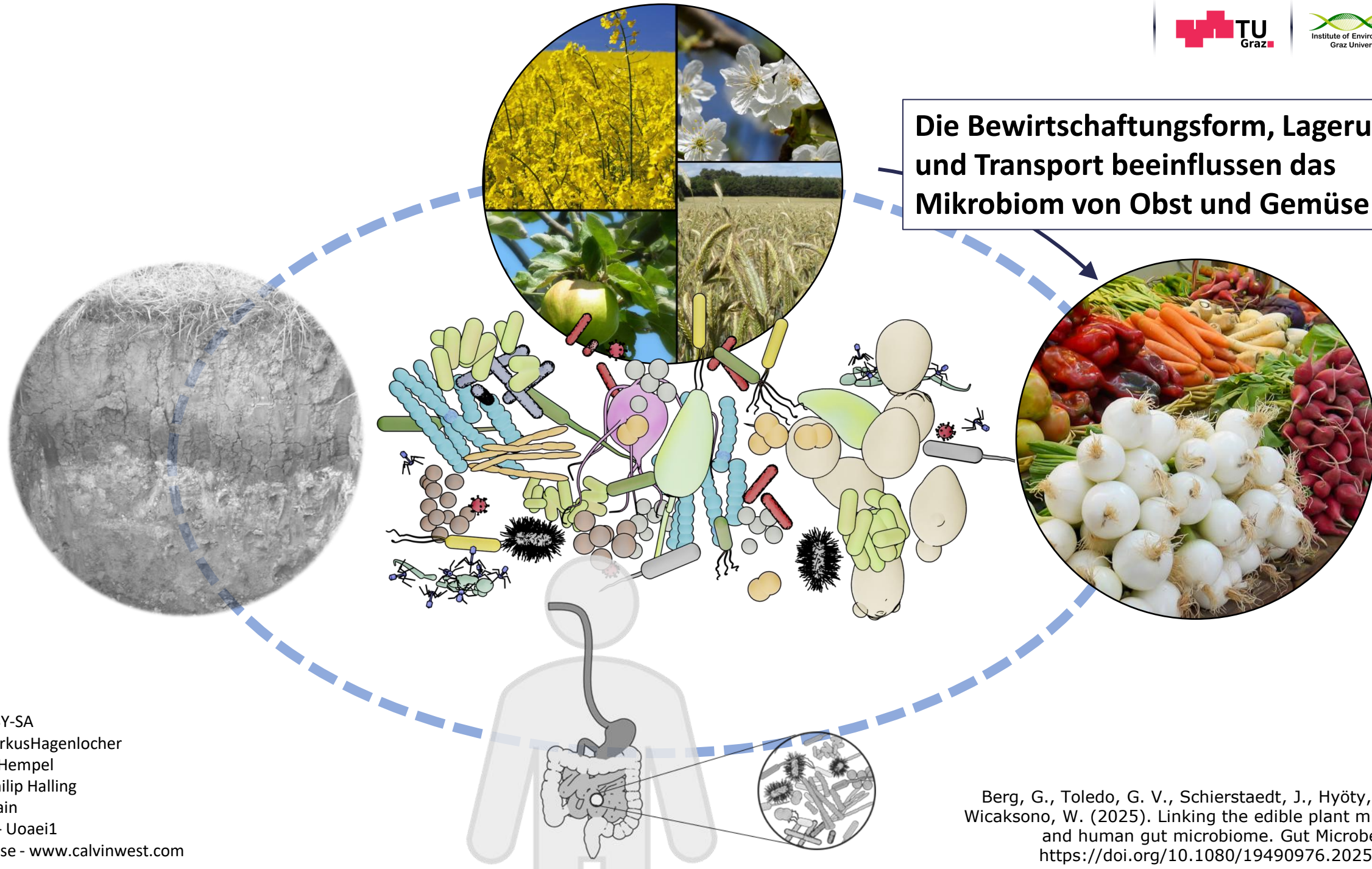


Die Verarbeitungsmethode beeinflusst das Apfel-Mikrobiom



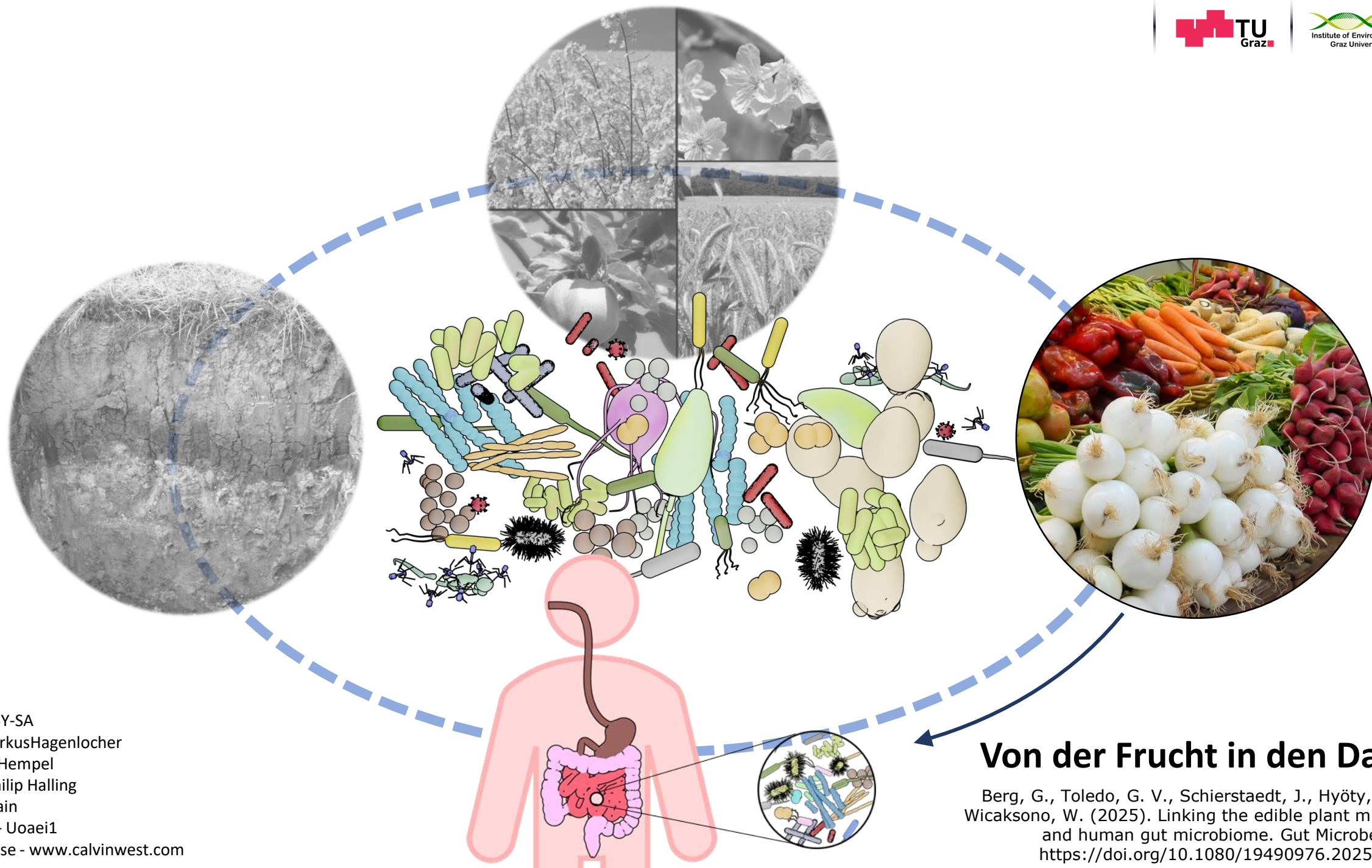
- Das Apfelmikrobiom überlebt kochen
- Mikrobielle Diversität und Abundanz verändert sich
- Langzeit Hitze hat den größten Effekt (hitzeresistente Bakterien überleben)

Die Bewirtschaftungsform, Lagerung und Transport beeinflussen das Mikrobiom von Obst und Gemüse



Bilder: CC-BY-SA
 Boden - MarkusHagenlocher
 Raps - Jörg Hempel
 Weizen - Philip Halling
 Apfel - Jamain
 Kirschblüte- Uoaei1
 Obst/Gemüse - www.calvinwest.com

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

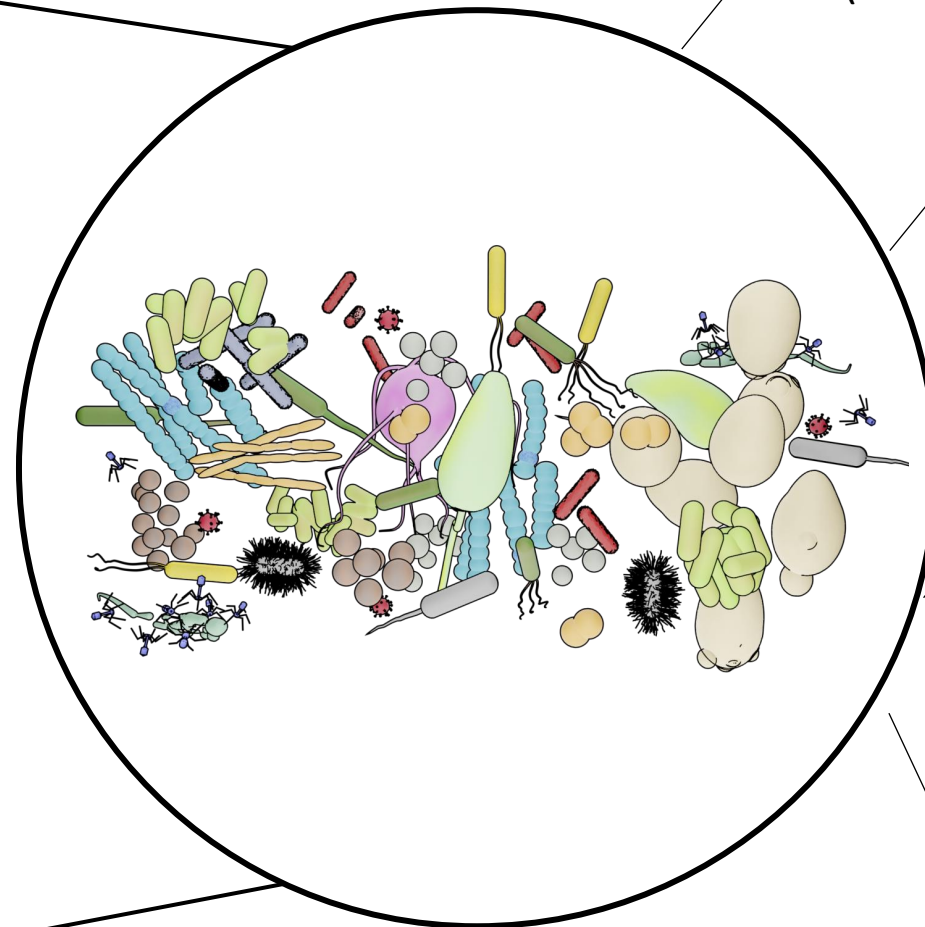
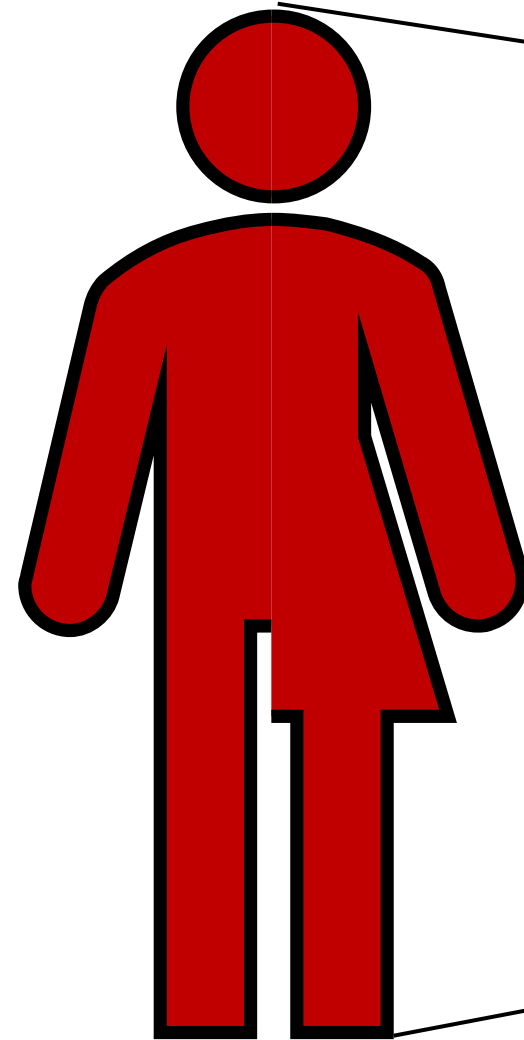


Von der Frucht in den Darm

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

Bilder: CC-BY-SA
 Boden - MarkusHagenlocher
 Raps - Jörg Hempel
 Weizen - Philip Halling
 Apfel - Jamain
 Kirschblüte- Uoaei1
 Obst/Gemüse - www.calvinwest.com

Das menschliche Mikrobiom



• 10 bis 100 Billionen Mikroben
(30 bis 40 Billionen menschliche Zellen)

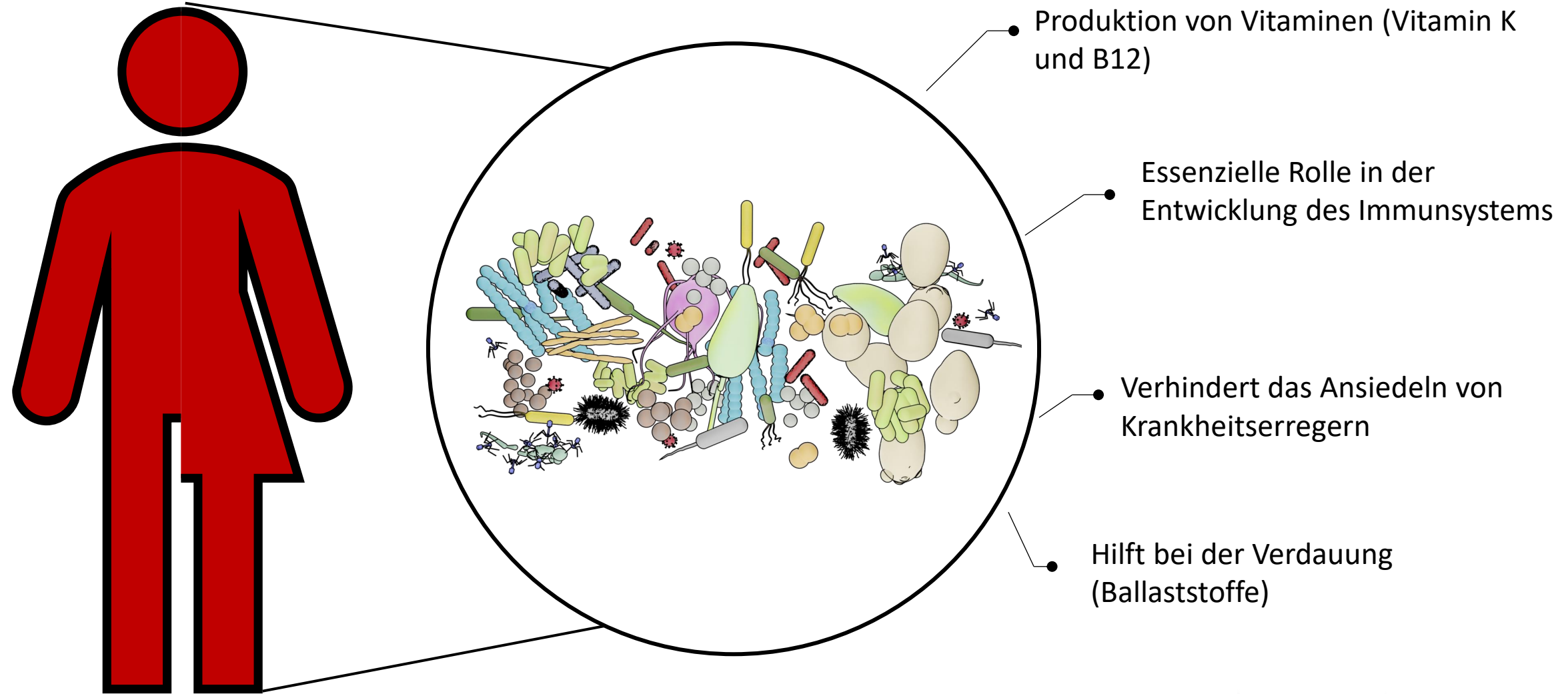
• Mehr als 10 000 verschiedene
Arten von Mikroorganismen

• Unsere Darmmikrobiom
wiegt bis zu 2 kg

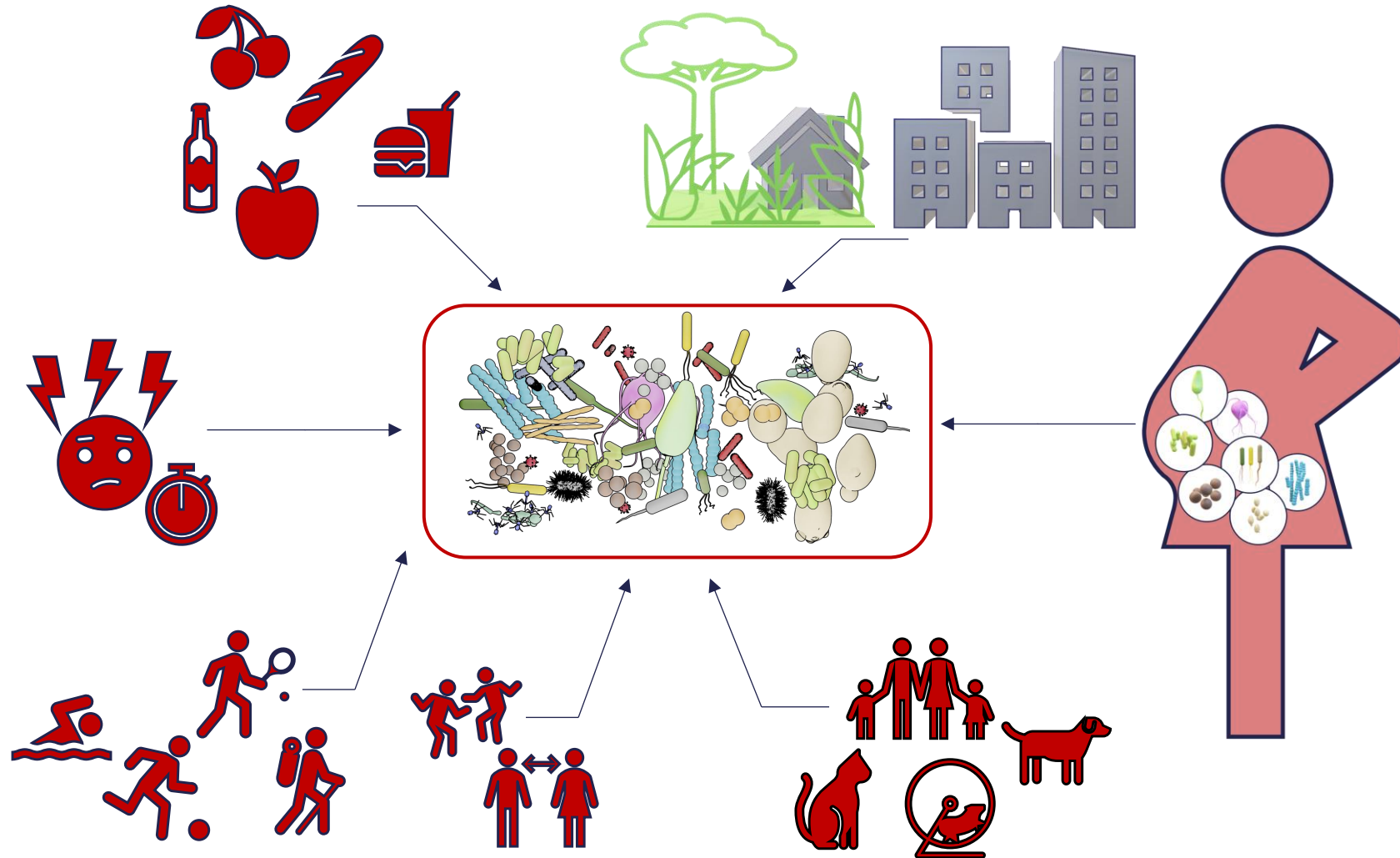
• 90 % aller Krankheiten hängen
irgendwie mit der Gesundheit
unseres Mikrobioms zusammen

• Unser Mikrobiom hat 100-mal
mehr Gene als das unser Genom

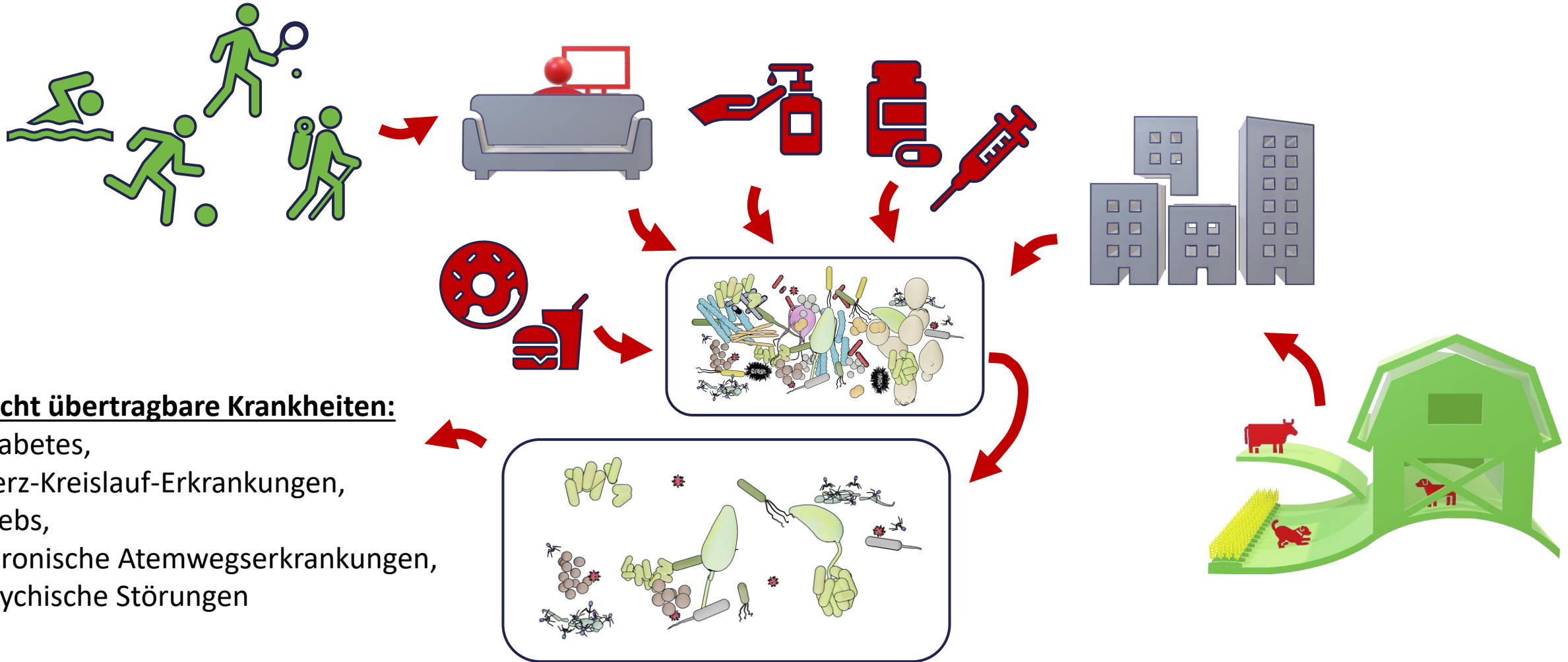
Das menschliche Mikrobiom



Gewohnheiten und der Lebensstil prägen das menschliche Mikrobiom



Gewohnheiten und der Lebensstil prägen das menschliche Mikrobiom



Nicht übertragbare Krankheiten:

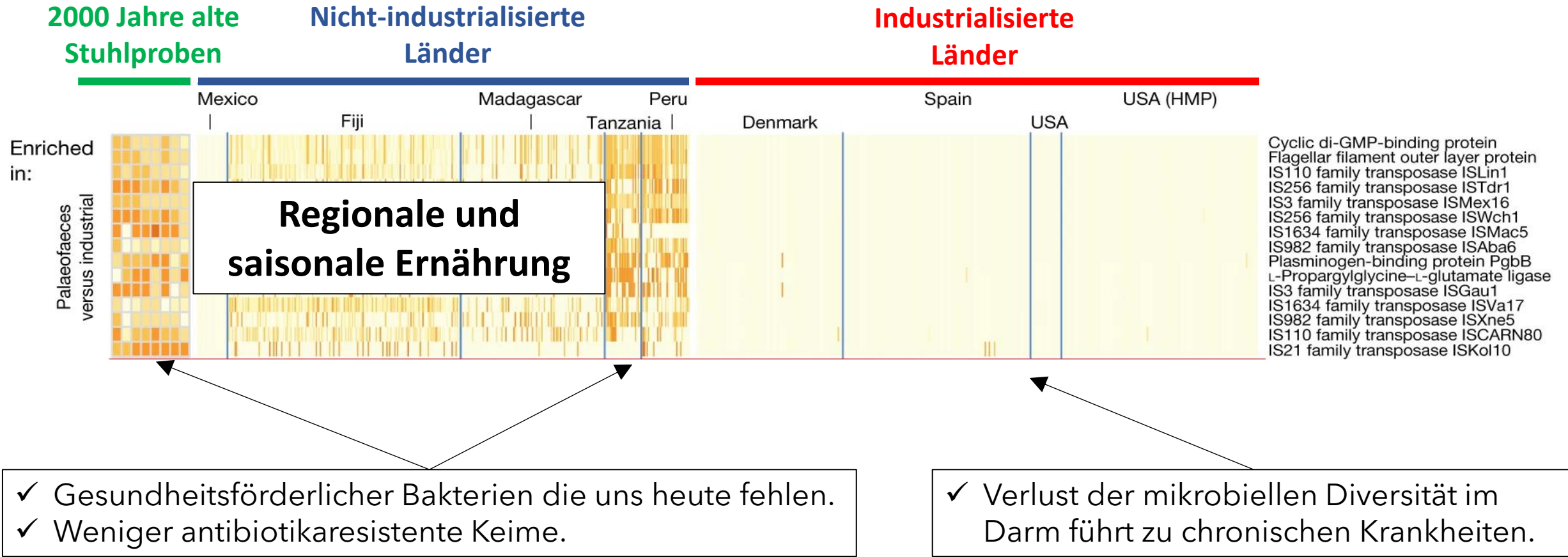
Diabetes,
Herz-Kreislauf-Erkrankungen,
Krebs,
chronische Atemwegserkrankungen,
psychische Störungen

....

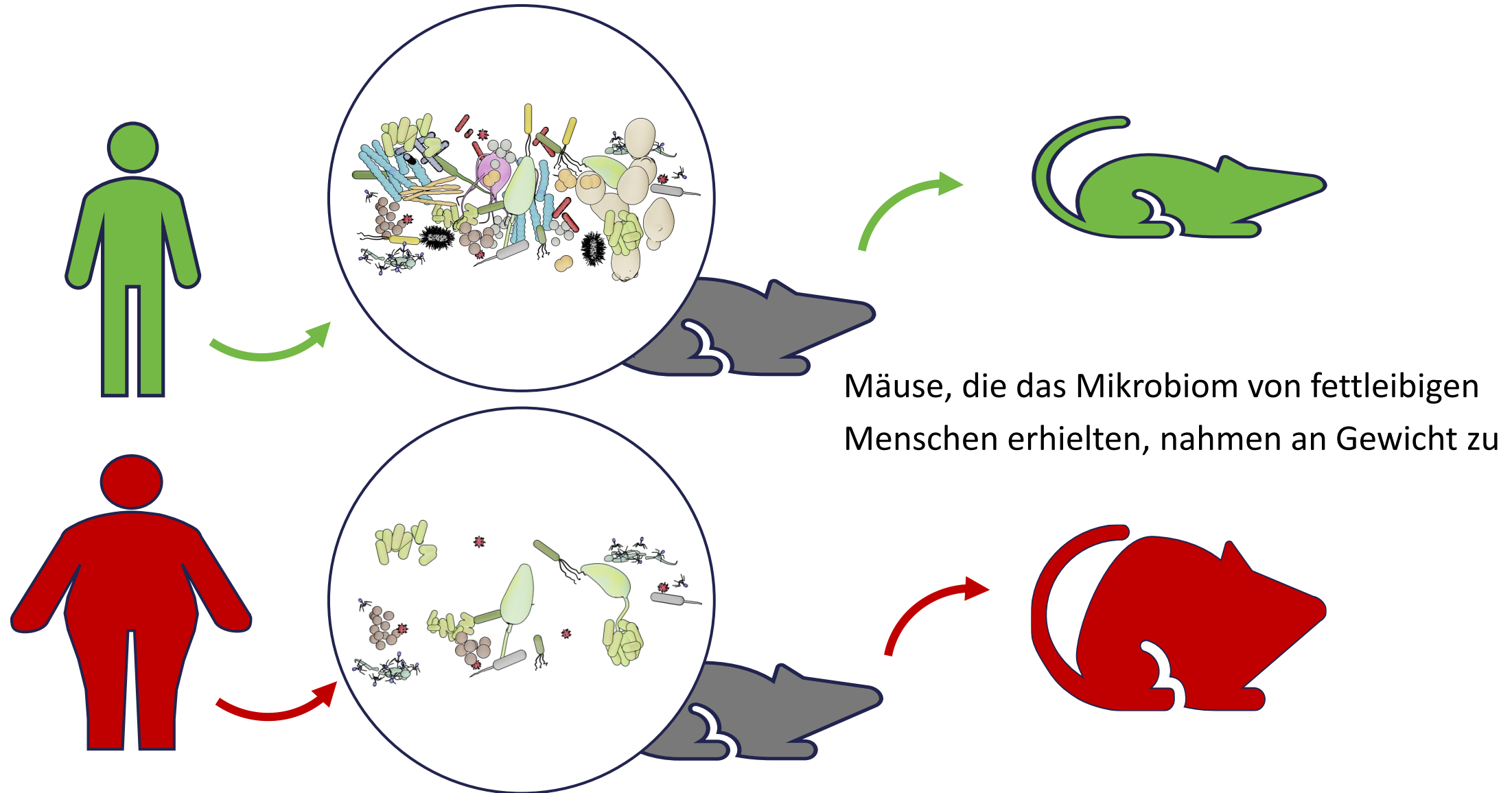
Huang, Z., *Gut Microbes*, 15(1), 2023

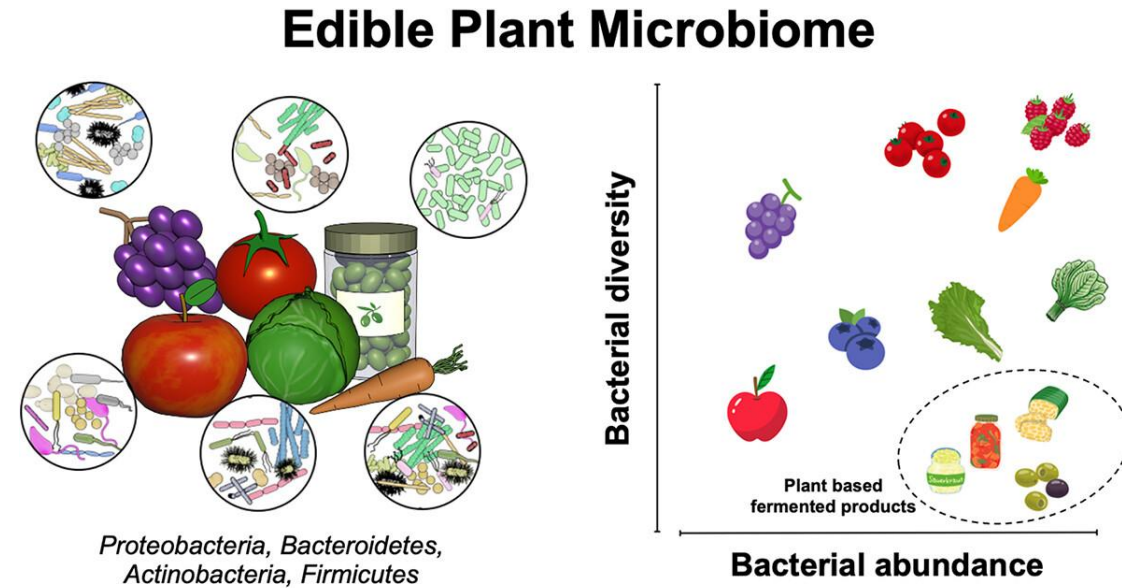
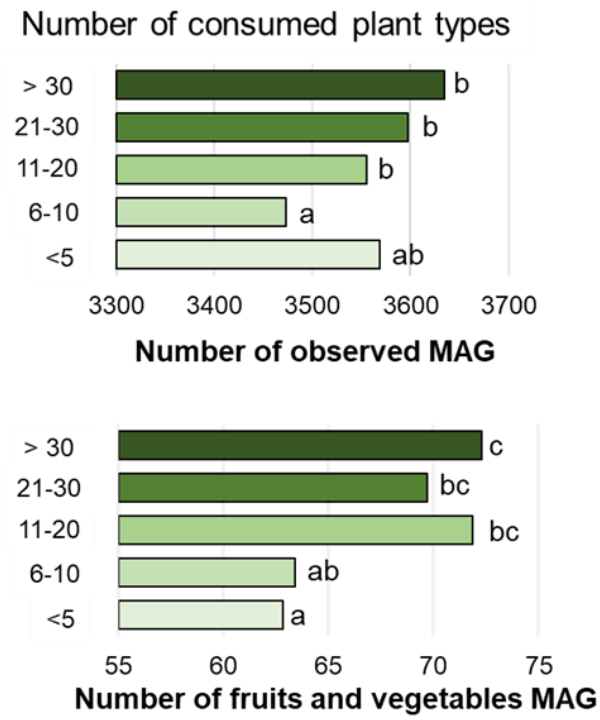
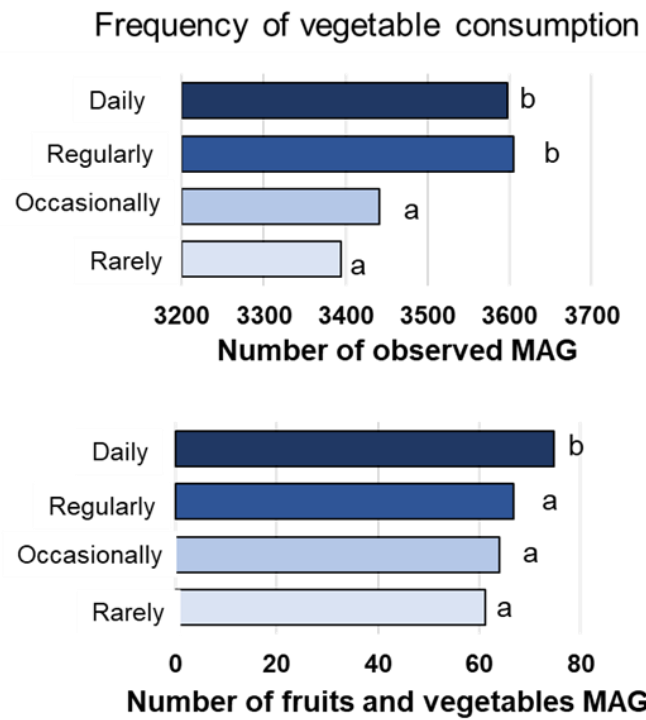
<https://imoox.at/course/microbiome>

Der Einfluss der Ernährung auf unser Darmmikrobiom



Das Mikrobiom als Auslöser von Fettleibigkeit?



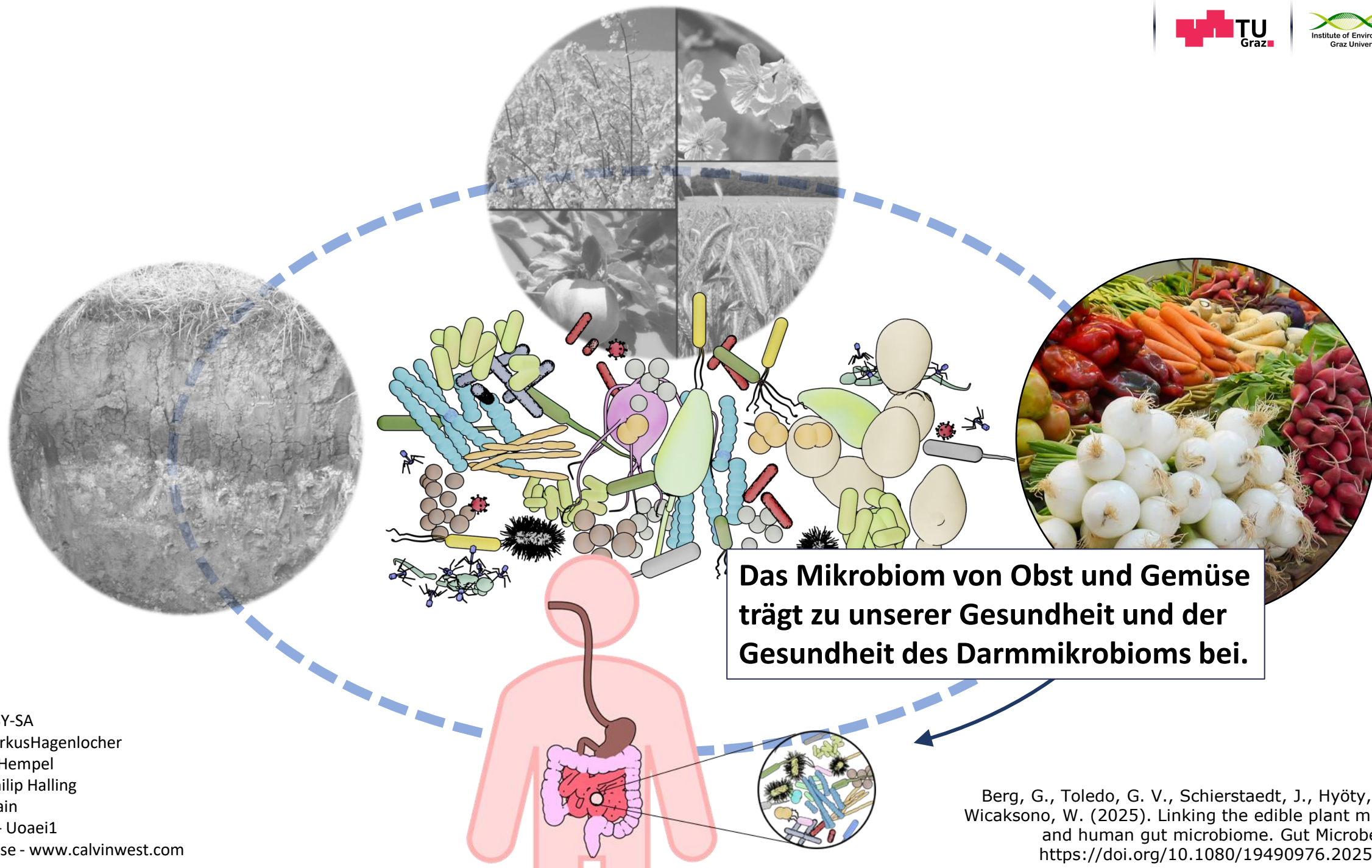


- ✓ Essen von Obst und Gemüse erhöht die mikrobielle Diversität im Darm.
- ✓ Täglicher Konsum von verschiedenem Obst und Gemüse ist Voraussetzung!
- ✓ Am wichtigsten während der Pubertät und dem Älterwerden.



Wicaksono, W. A., Cernava, T., Wassermann, B., Abdelfattah, A., Soto-Giron, M. J., Toledo, G. V., ... Berg, G. (2023). The edible plant microbiome: evidence for the occurrence of fruit and vegetable bacteria in the human gut. *Gut Microbes*, 15(2). <https://doi.org/10.1080/19490976.2023.2258565>

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

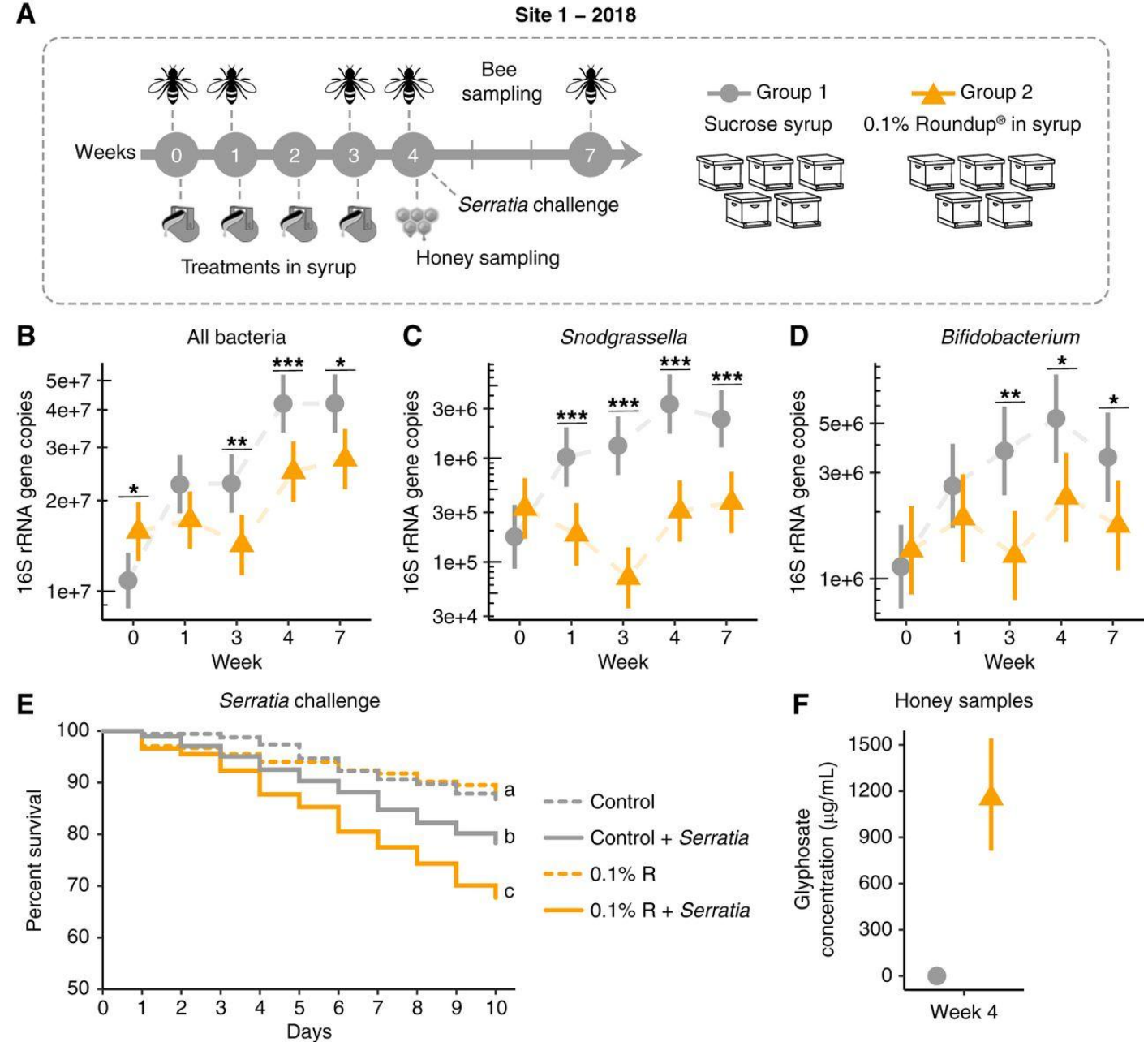


Das Mikrobiom von Obst und Gemüse trägt zu unserer Gesundheit und der Gesundheit des Darmmikrobioms bei.

Bilder: CC-BY-SA
 Boden - MarkusHagenlocher
 Raps - Jörg Hempel
 Weizen - Philip Halling
 Apfel - Jamain
 Kirschblüte- Uoaei1
 Obst/Gemüse - www.calvinwest.com

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1).
<https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

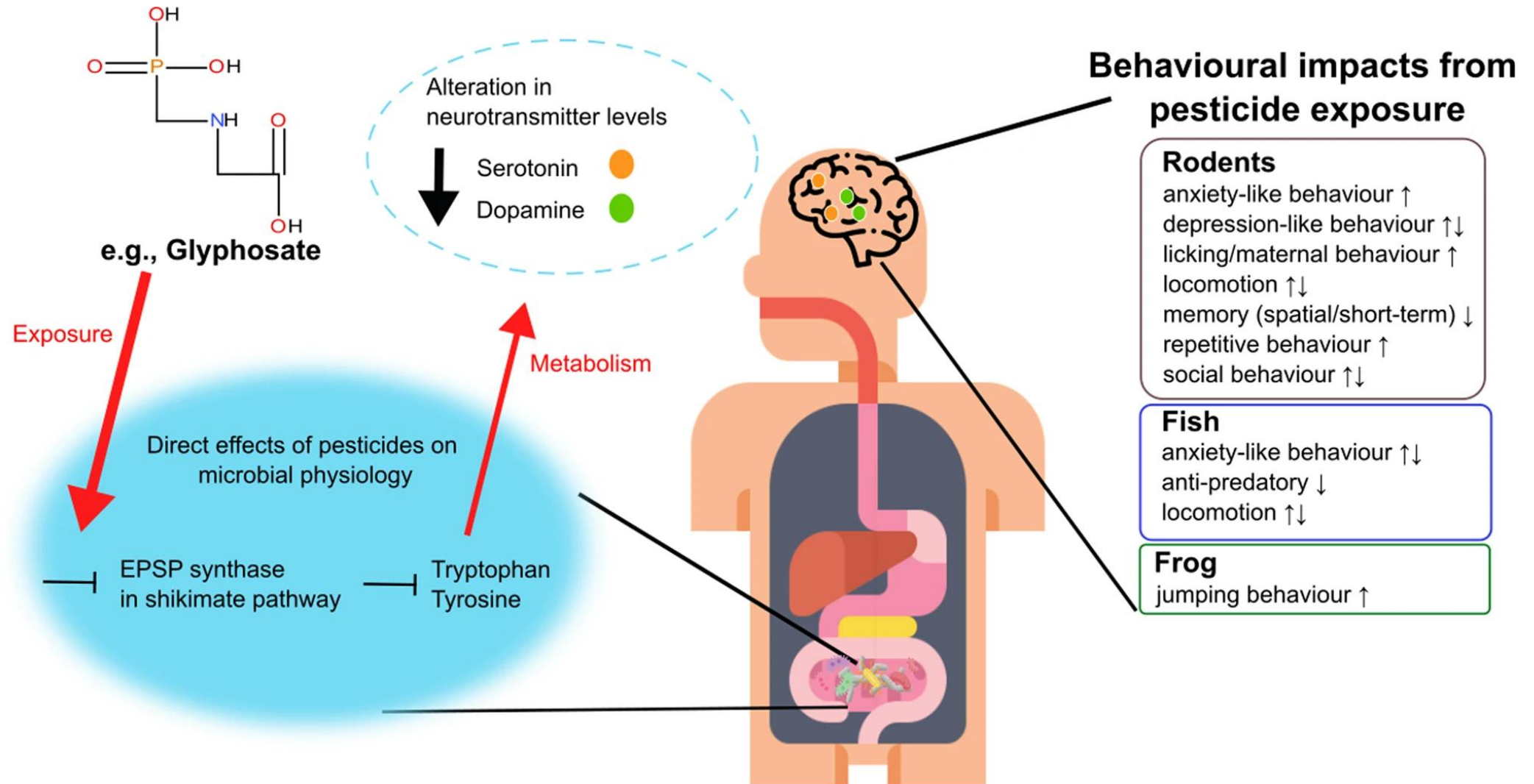
Aufnahme von Glyphosat beeinträchtigt die Darmmikrobiota und die Überlebensraten von Honigbienen.



Motta EVS, Mak M, De Jong TK, Powell JE, O'Donnell A, Suhr KJ, Riddington IM, Moran NA. 2020. Oral or Topical Exposure to Glyphosate in Herbicide Formulation Impacts the Gut Microbiota and Survival Rates of Honey Bees. *Appl Environ Microbiol* 86:e01150-20.

<https://doi.org/10.1128/AEM.01150-20>

Auswirkungen von Pestiziden auf das Tierverhalten über die Mikrobiom-Darm-Hirn-Achse



Vom Boden zur Pflanze

Von der Pflanze zur Frucht

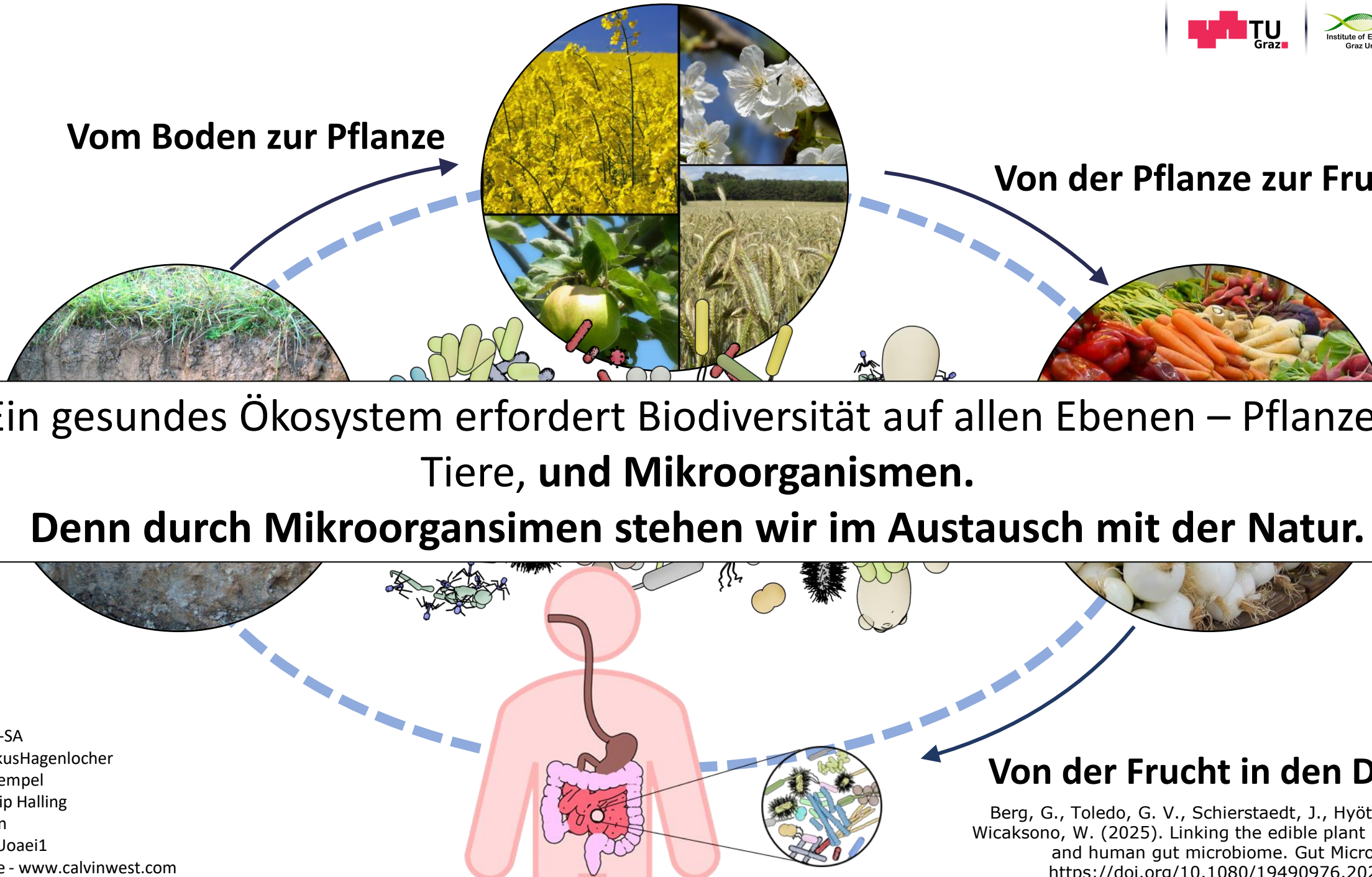
Ein gesundes Ökosystem erfordert Biodiversität auf allen Ebenen – Pflanzen, Tiere, und Mikroorganismen.

Denn durch Mikroorganismen stehen wir im Austausch mit der Natur.

Von der Frucht in den Darm

Berg, G., Toledo, G. V., Schierstaedt, J., Hyöty, H., & Adi Wicaksono, W. (2025). Linking the edible plant microbiome and human gut microbiome. *Gut Microbes*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2551113>

Bilder: CC-BY-SA
 Boden - MarkusHagenlocher
 Raps - Jörg Hempel
 Weizen - Philip Halling
 Apfel - Jamain
 Kirschblüte- Uoaei1
 Obst/Gemüse - www.calvinwest.com



Vielen Dank!

MICROBIOME & HEALTH

<https://imoox.at/course/microbiome>



Tiny Biome Tales

<https://microbiome.gamelabgraz.at/>



Gabriele Berg
Birgit Wassermann
Ahmed Abdelfattah
Tomislav Cernava

GAME LAB GRAZ



Johanna Pirker
Florian Marcher
Max Wlasak
Christian Poglitsch