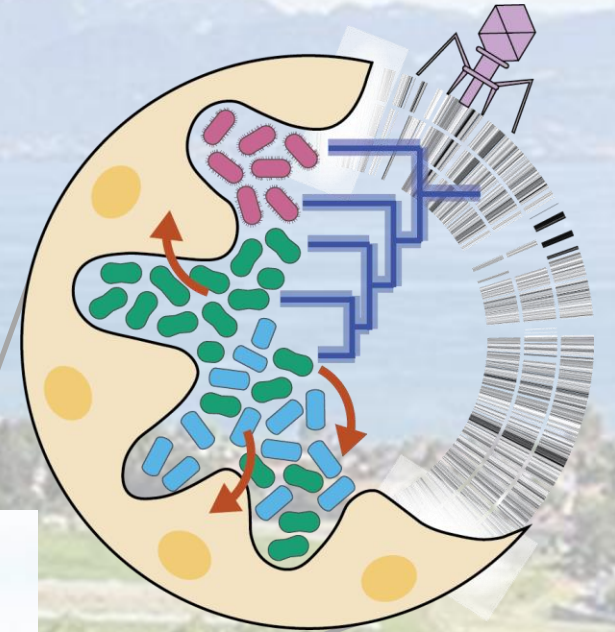


Die Darmflora der Honigbiene – Kleine Helfer, große Wirkung!

Lukas W. Eberhardt
Universität Lausanne

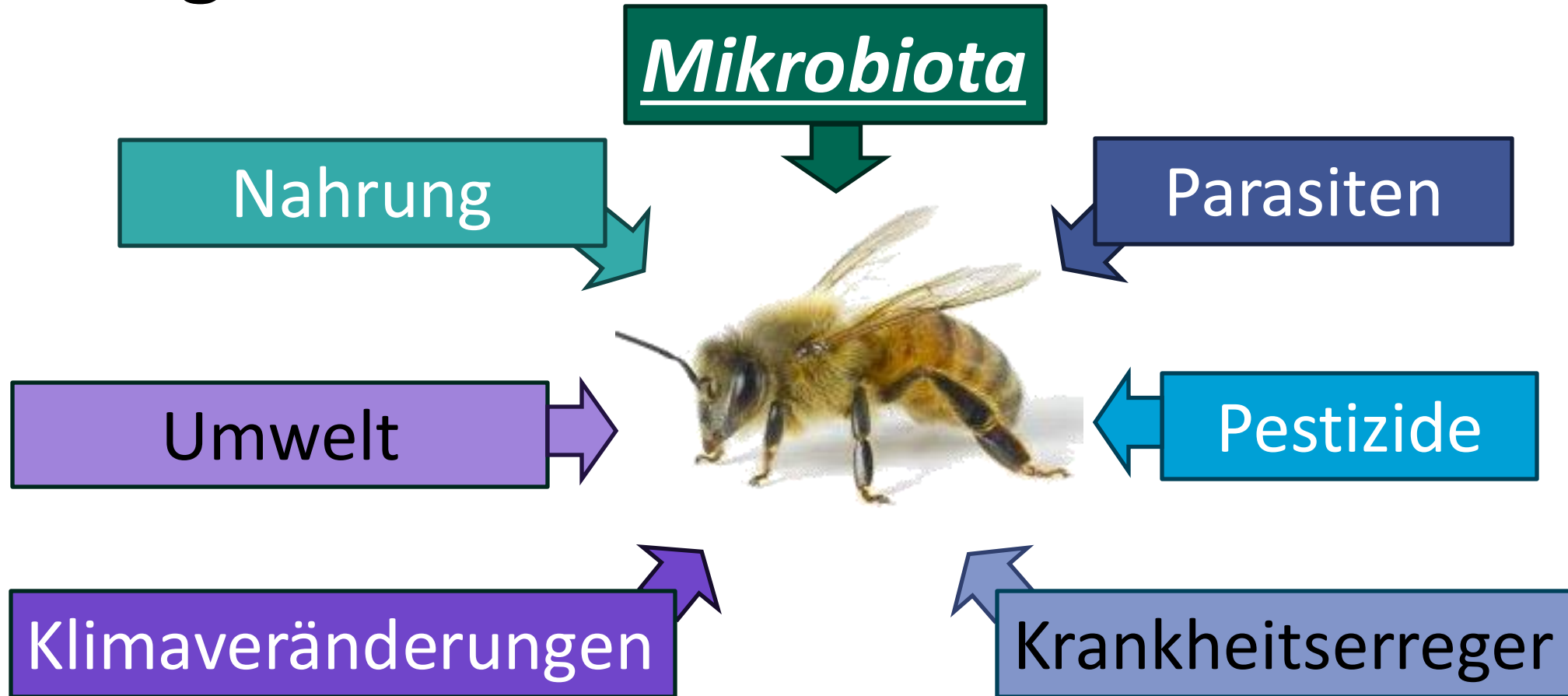
Abteilung für Grundlagen der Mikrobiologie

Lukas.eberhardt@unil.ch



© Bart Zijlstra (www.bartzijlstra.com)

Verschiedene Faktoren beeinflussen die Bienengesundheit



Was ist die Mikrobiota?



Was ist die Mikrobiota?



- **Mikrobiota = Gesamtheit der Mikroben**
- **Bakterien, Archaeen, Pilze**
- **Keine Krankheitserreger**
- **Überall zu finden**
- **Essentielle und vielfältige Funktionen:**
 - Biogeochemische Prozesse (Stickstoff- und Kohlenstoffkreislauf)
 - Tier- & Pflanzengesundheit
 - Menschliche Gesundheit

Was ist die Mikrobiota?

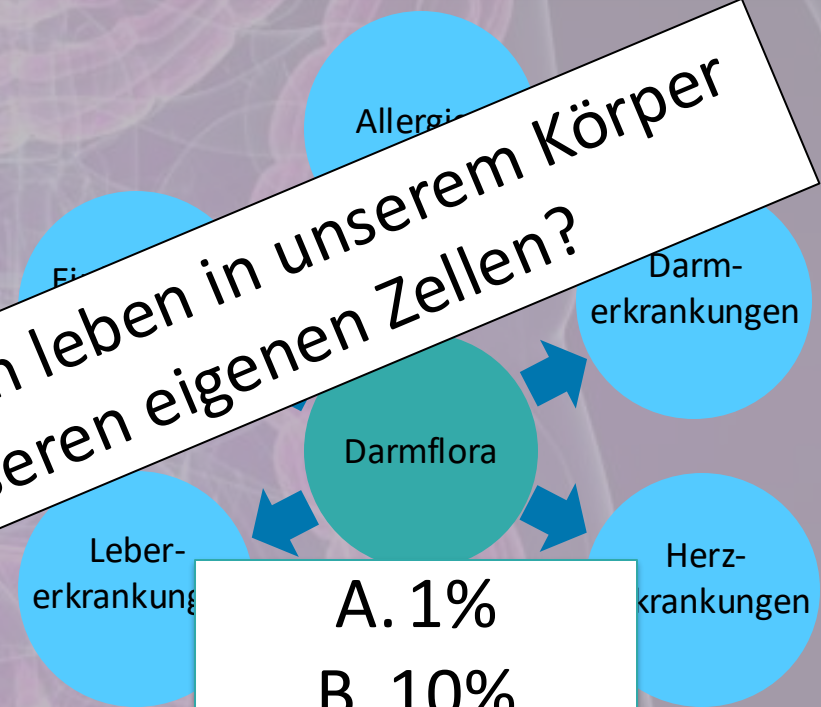


- Mikrobiota = Gesamtheit der Mikroben
- Bakterien, Archaeen, Pilze
- Keine Krankheitserreger
- Überall zu finden
- Essentielle und vielfältige Funktionen:
 - Biogeochemische Prozesse (Stickstoff- und Kohlenstoffkreislauf)
 - Tier- & Pflanzengesundheit
 - Menschliche Gesundheit

Darmflora – Unser mikrobielles Organ



Wie viele mikrobielle Zellen leben in unserem Körper im Vergleich zu unseren eigenen Zellen?



- A. 1%
- B. 10%
- C. 50%
- D. 99%

Gesundheit $\leftrightarrow$ Krankheit

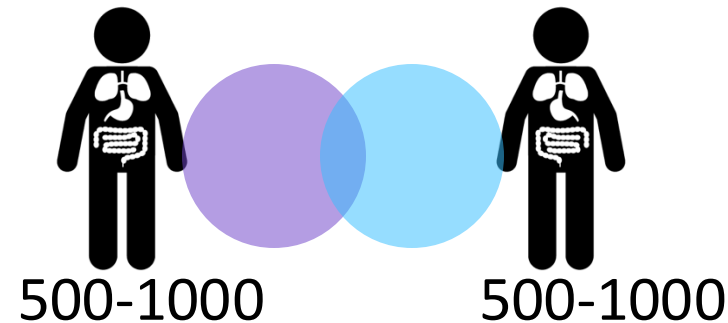
Wir sind nur zu 50% Menschen!



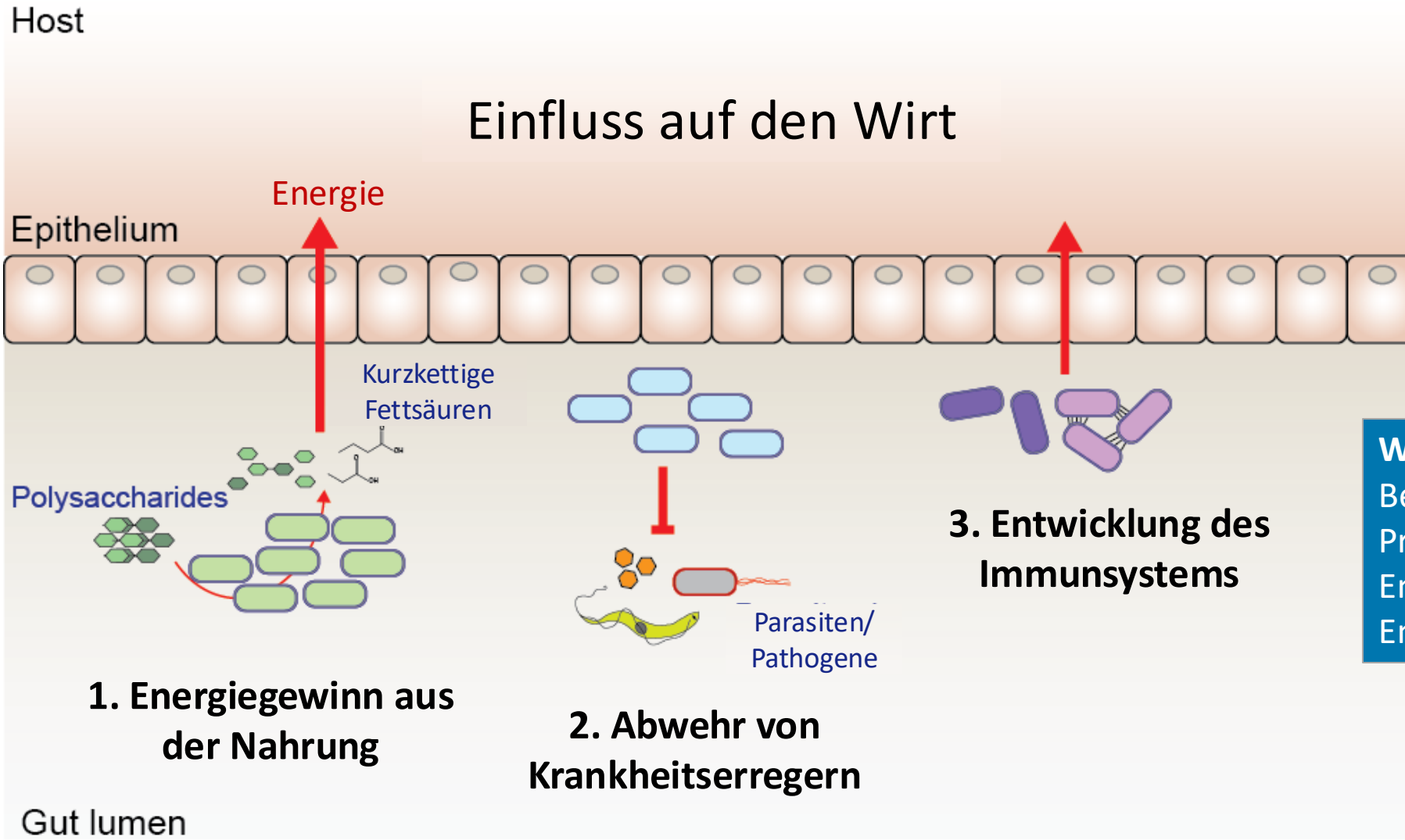
Große Vielfalt bei den Mikroben:

→ 500-1000 verschiedene Arten

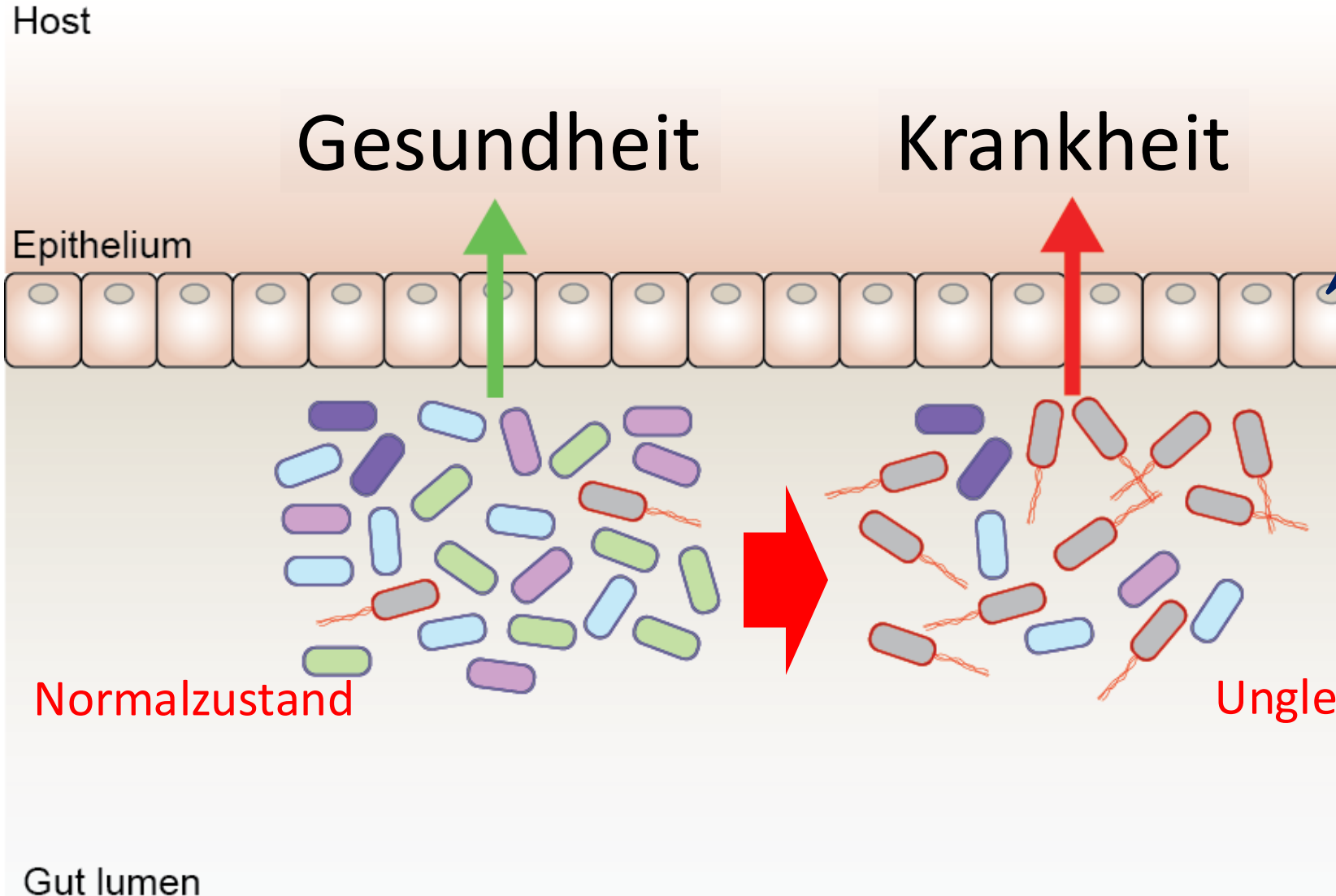
Große Unterschiede zwischen einzelnen Personen



Funktionen der Darmflora



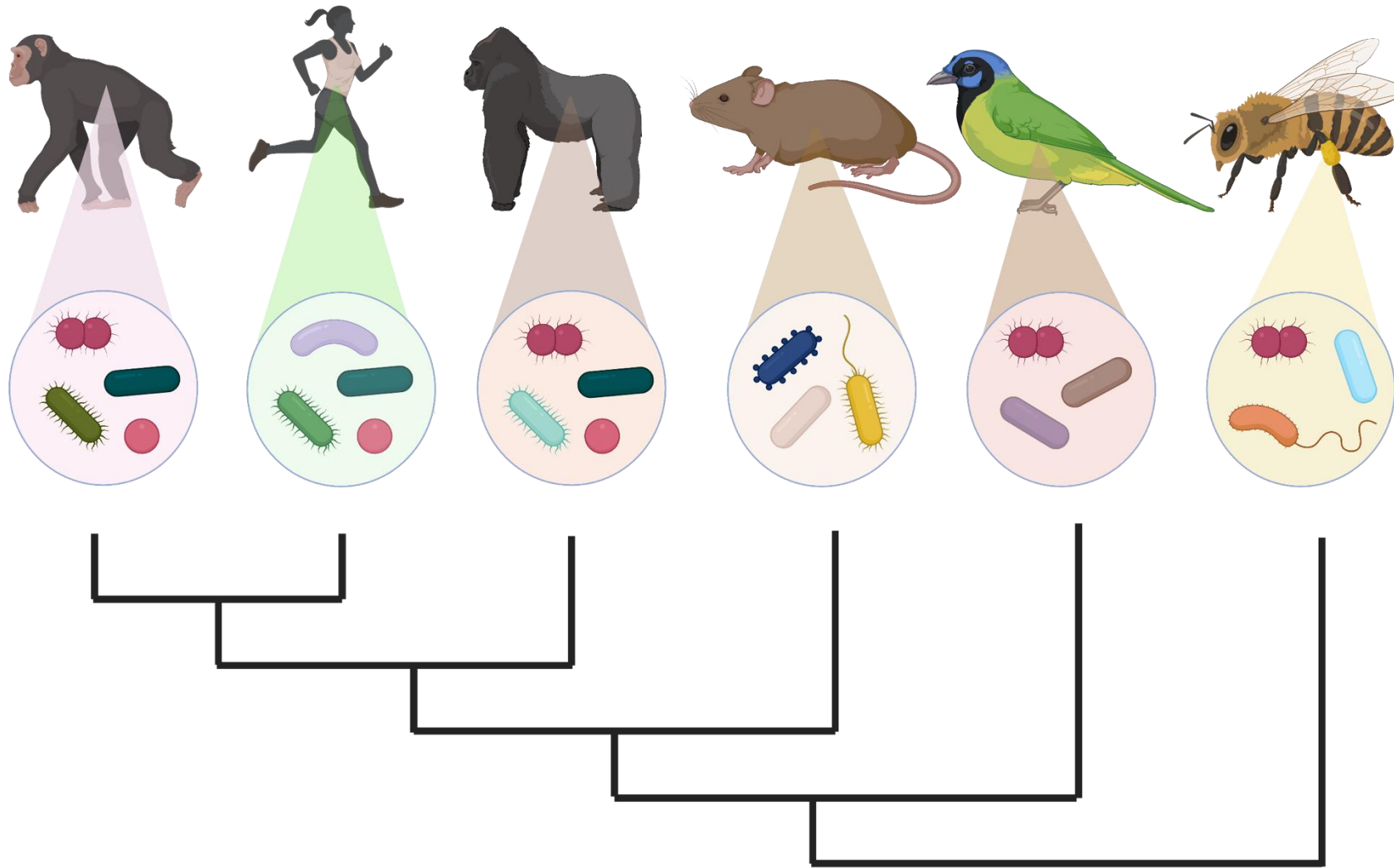
Zusammenhang zwischen der Darmflora und Gesundheit



Antibiotika

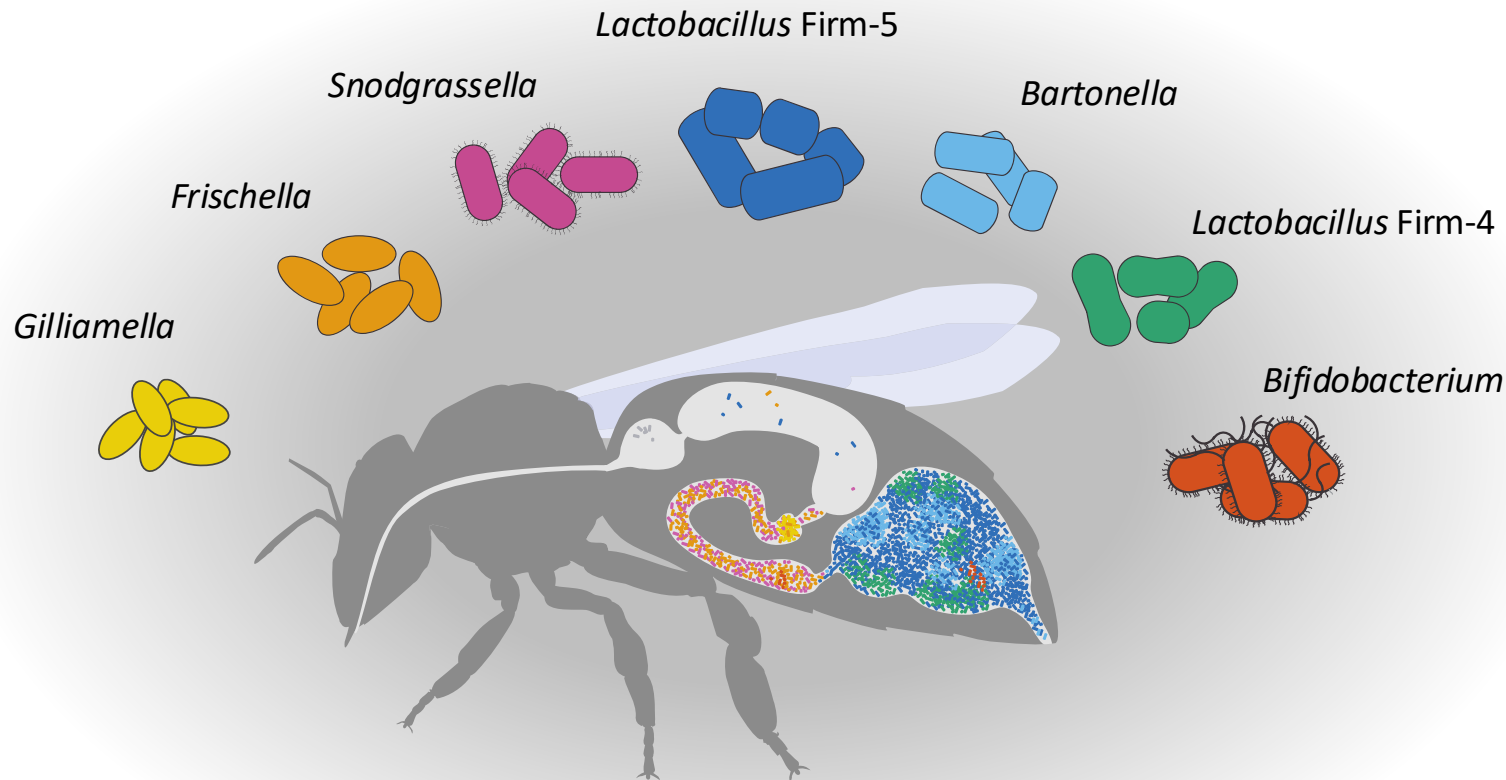
Veränderung in der Zusammensetzung führen zu Veränderung in der Interaktion

Die meisten Tiere haben eine Darmflora



Auch Bienen besitzen eine Mikrobiota!

Westliche Honigbiene = *Apis mellifera*

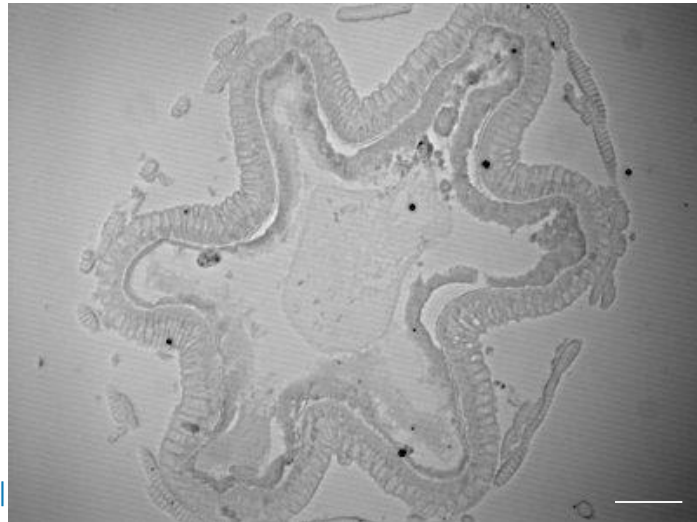
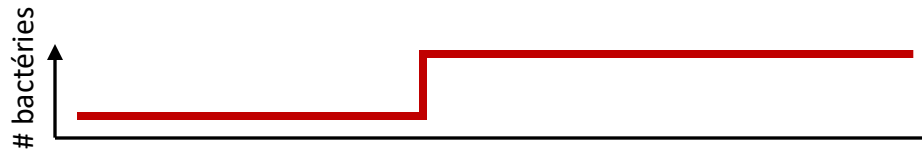
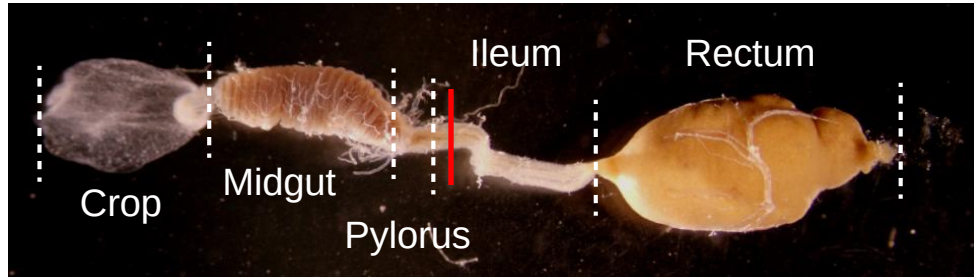


Eine einfache Darmflora im Vergleich zum Menschen!

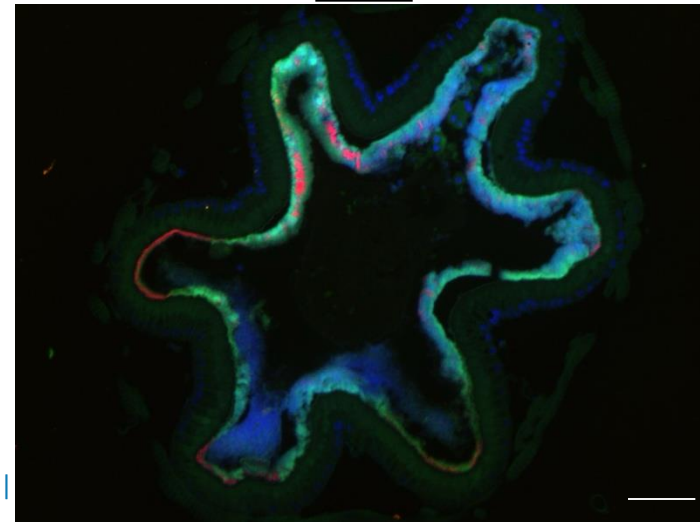
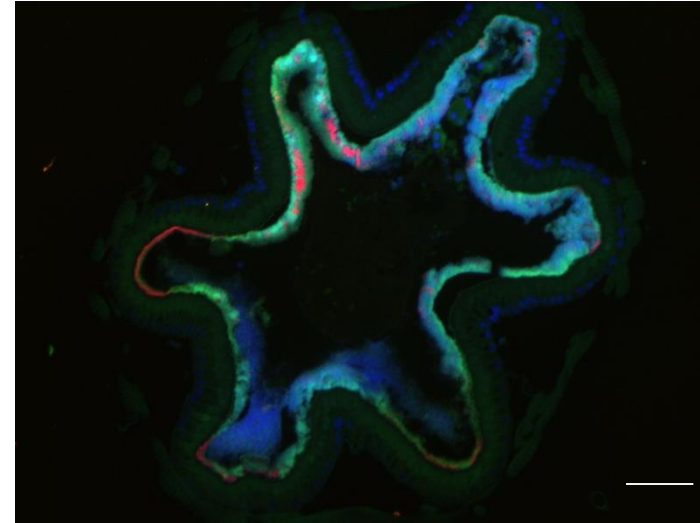
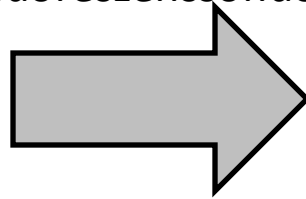
15-20 verschiedene Arten und immer die Gleichen Bakterien

Wo befinden sich die Bakterien im Darm der Biene?

Verdauungstrakt der Biene

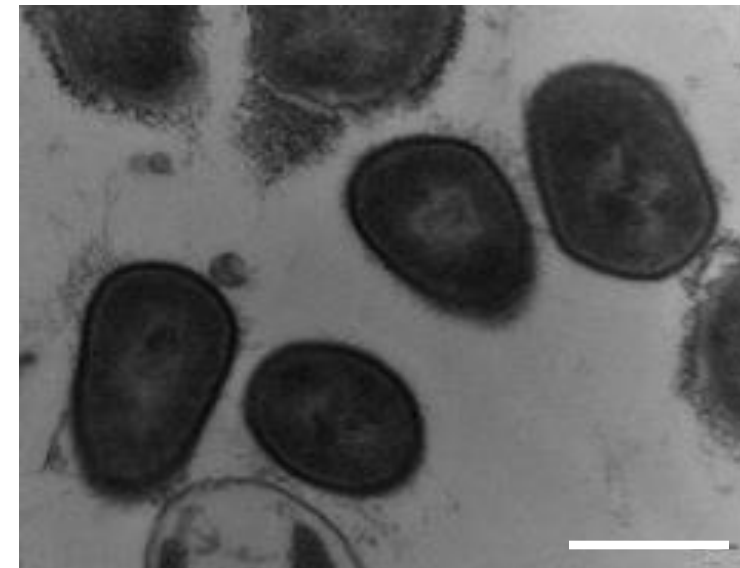
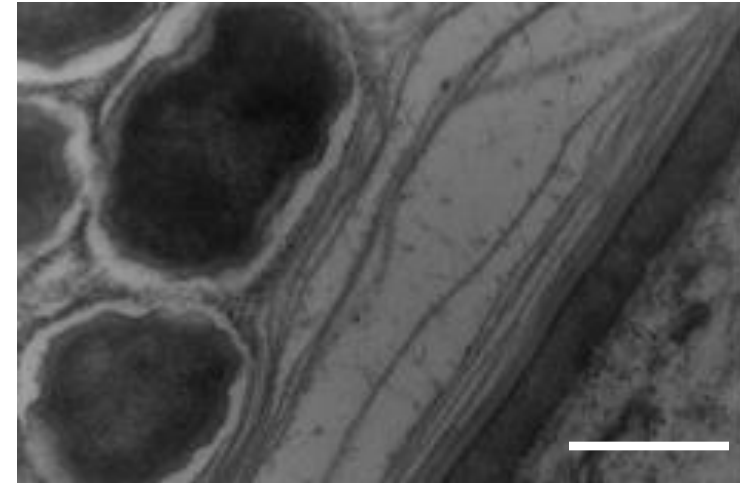
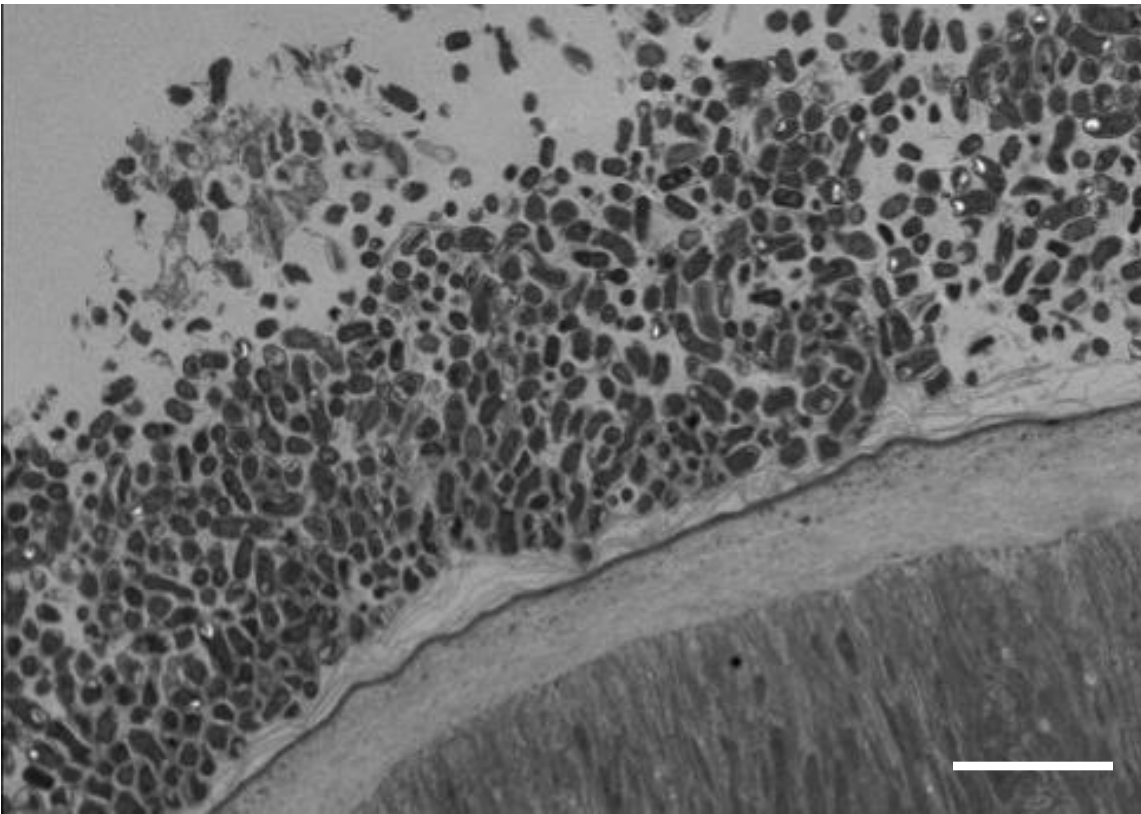


Erkennung von
Bakterien mit Hilfe
von
Fluoreszenzsonden

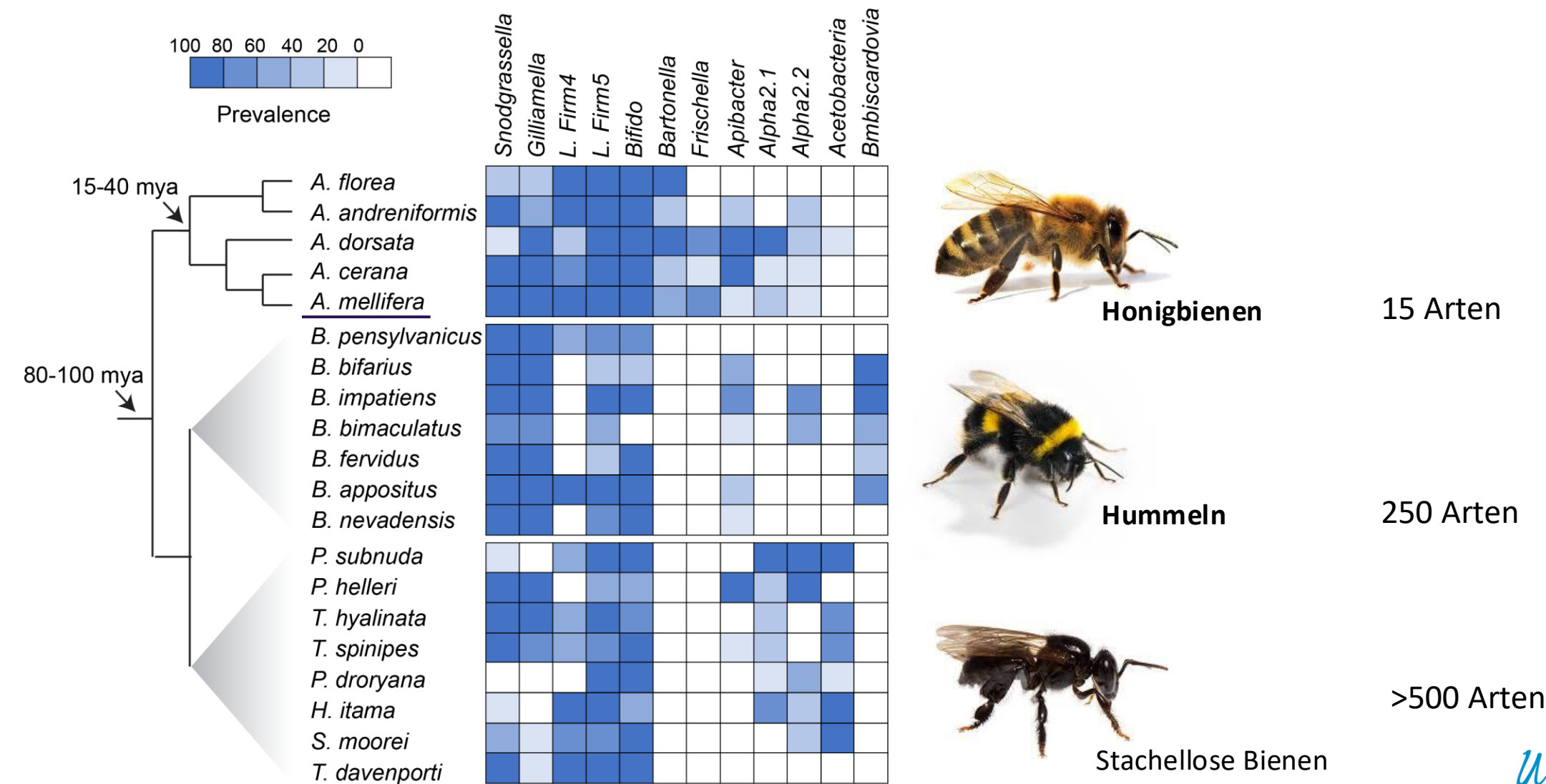


Wo befinden sich die Bakterien im Darm der Biene?

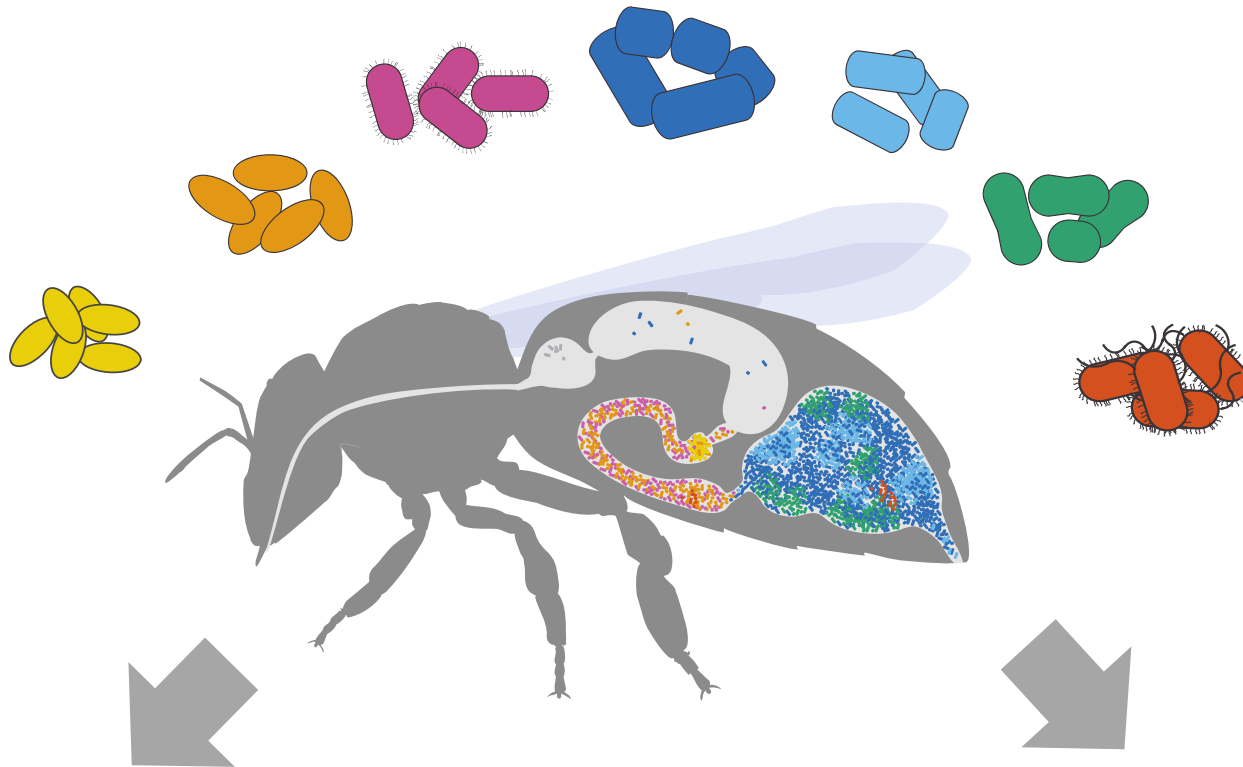
Elektronenmikroskopie



Die Darmflora bleibt bei den sozialen Biene erhalten



Die Darmflora der Biene: Einfach und spezifisch



**Wichtig für die
Gesundheit der Bienen**

**Modell zur Erforschung von
Mikrobiota-Wirt-Interaktionen**

Wie untersucht man die Darmflora von Bienen?



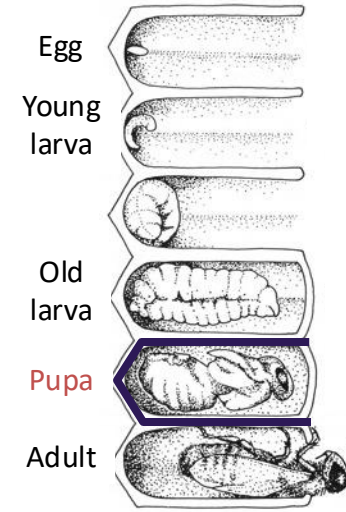
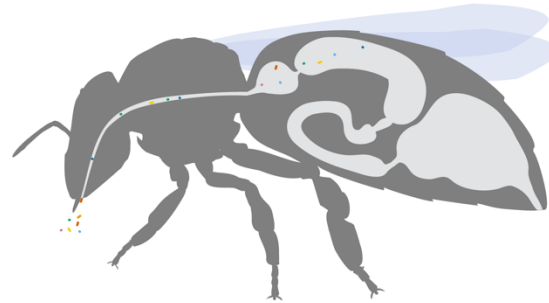
Bienen eignen sich für Experimente

Bakterienkulturen



Mikrobiota

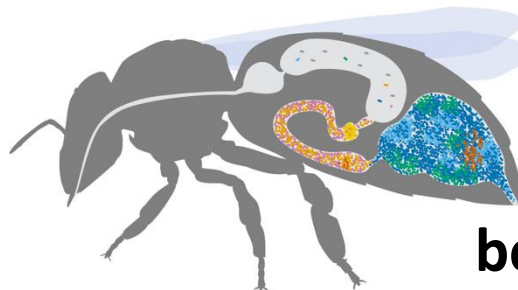
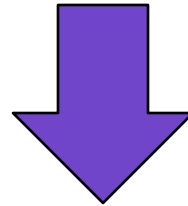
Biene ohne Mikrobiota



Bakterien gehen
während der
Metamorphose
verloren

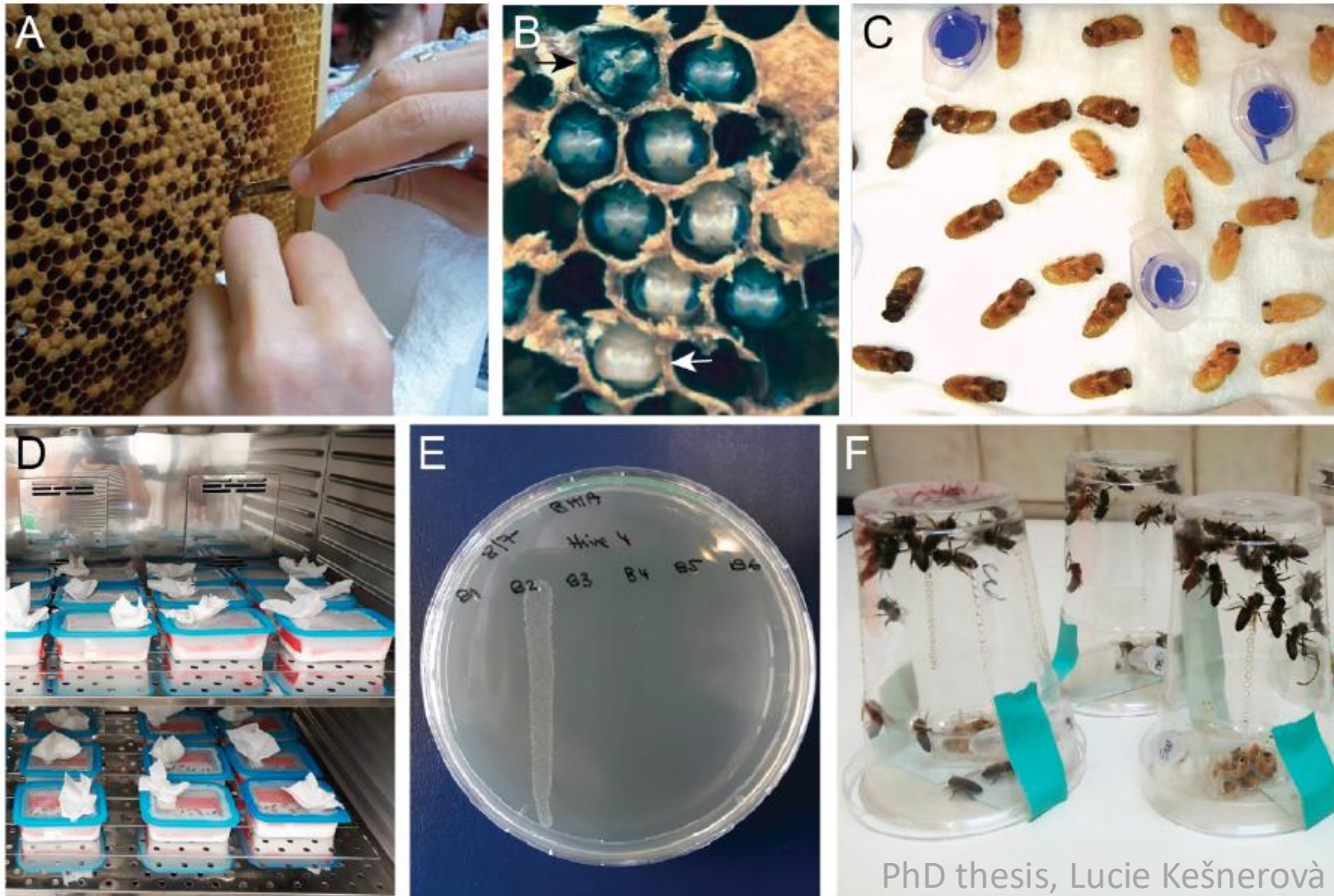


Bakteriensammlung



**Bienen mit einer
bestimmten Darmflora**

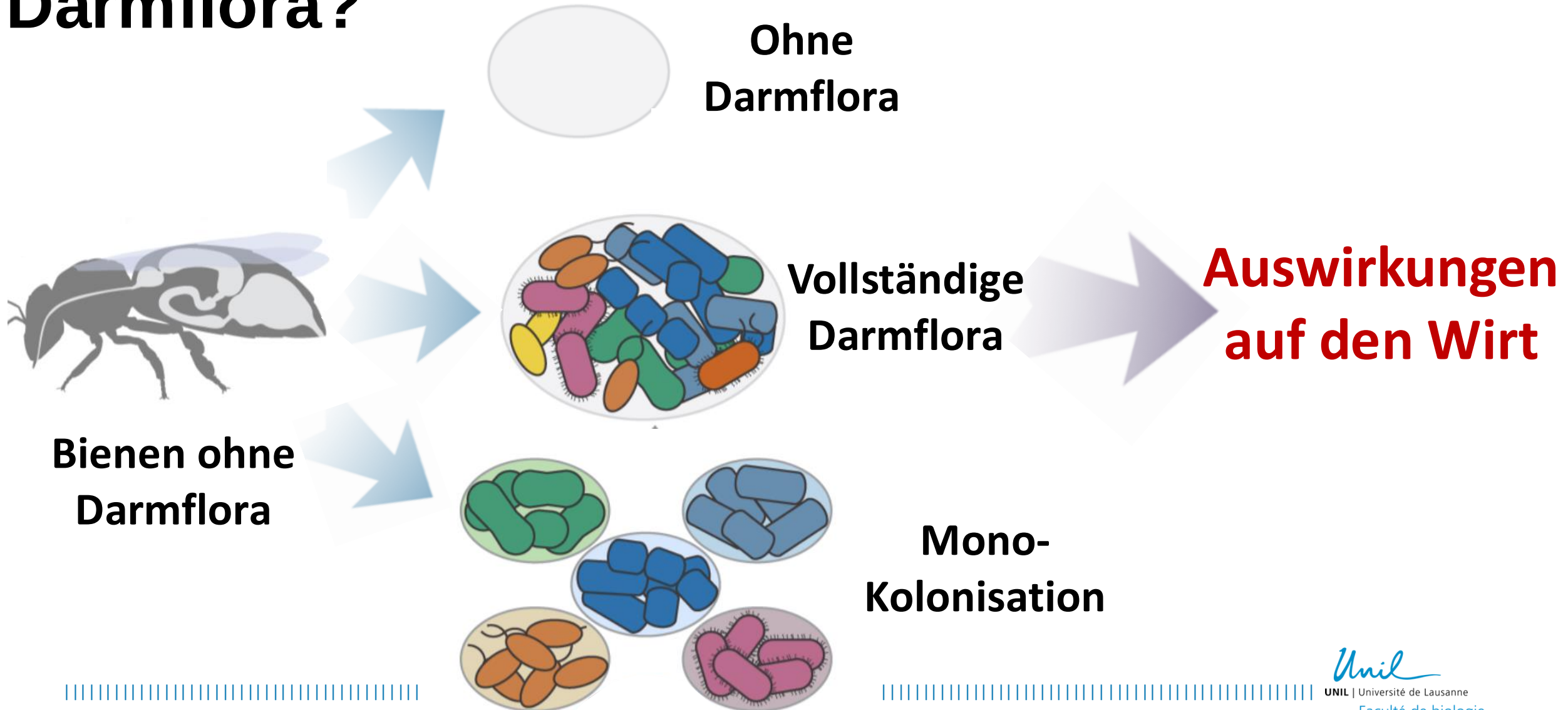
Bienen eignen sich für Experimente



Wie man Bienen mit Mikroben kolonisiert



Wie entschlüsselt man die Funktionen der Darmflora?

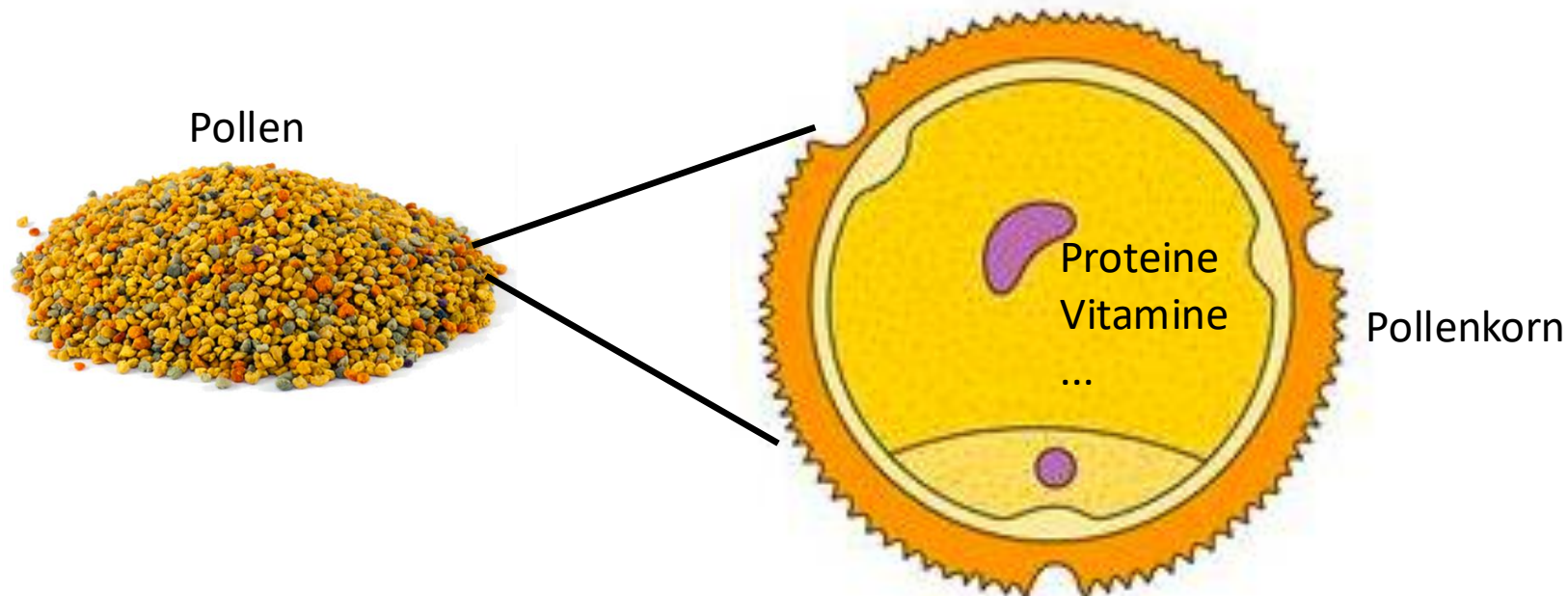


« Grundlegende Ergebnisse aus der Bienen-Darmflora Forschung »

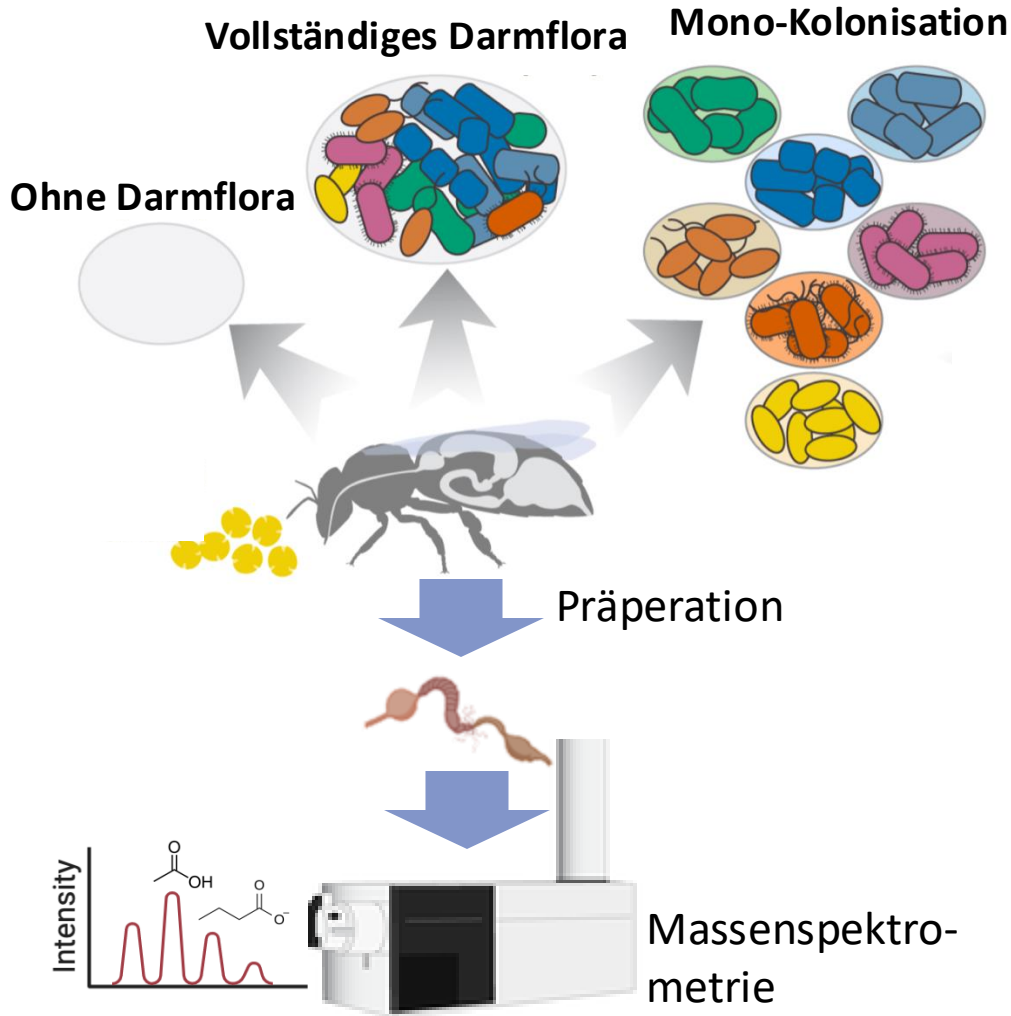
1. Die Rolle bei der Verdauung von Nahrung
2. Einfluss auf das Verhalten der Bienen
 - a. Lernen und Gedächtnis
 - b. Sozialverhalten
3. Schutz vor Krankheitserregern
4. Zusammenhang zwischen Pestiziden, Darmflora, und Bienengesundheit



1. Die Rolle der Darmflora bei der Verdauung

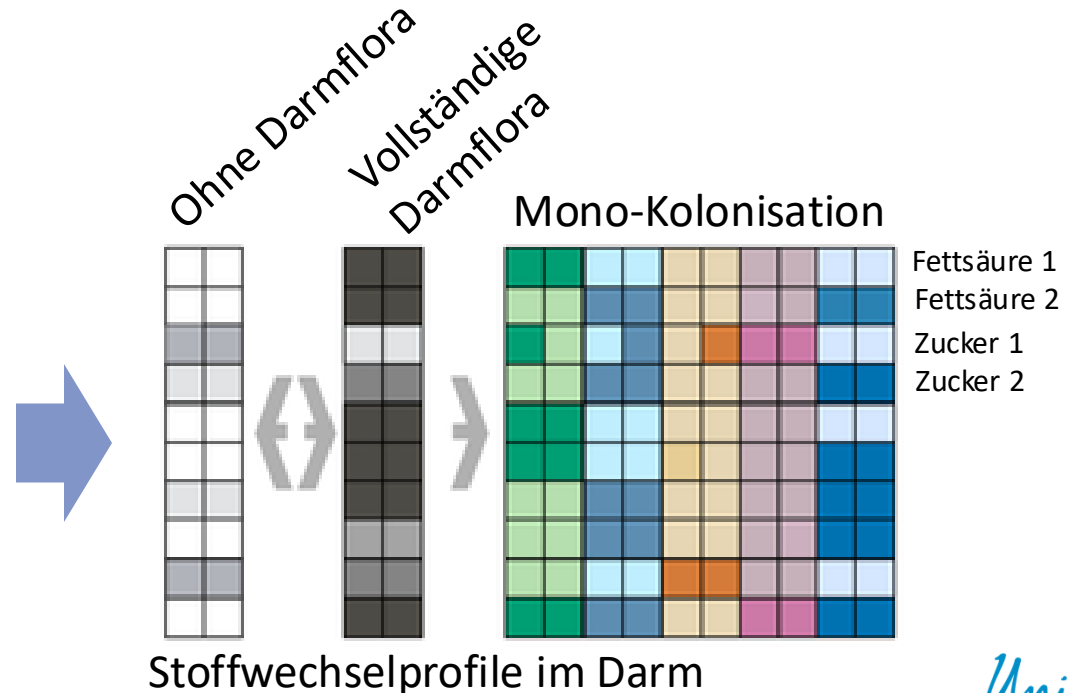


Wie man die Nährstoffmenge im Darm misst

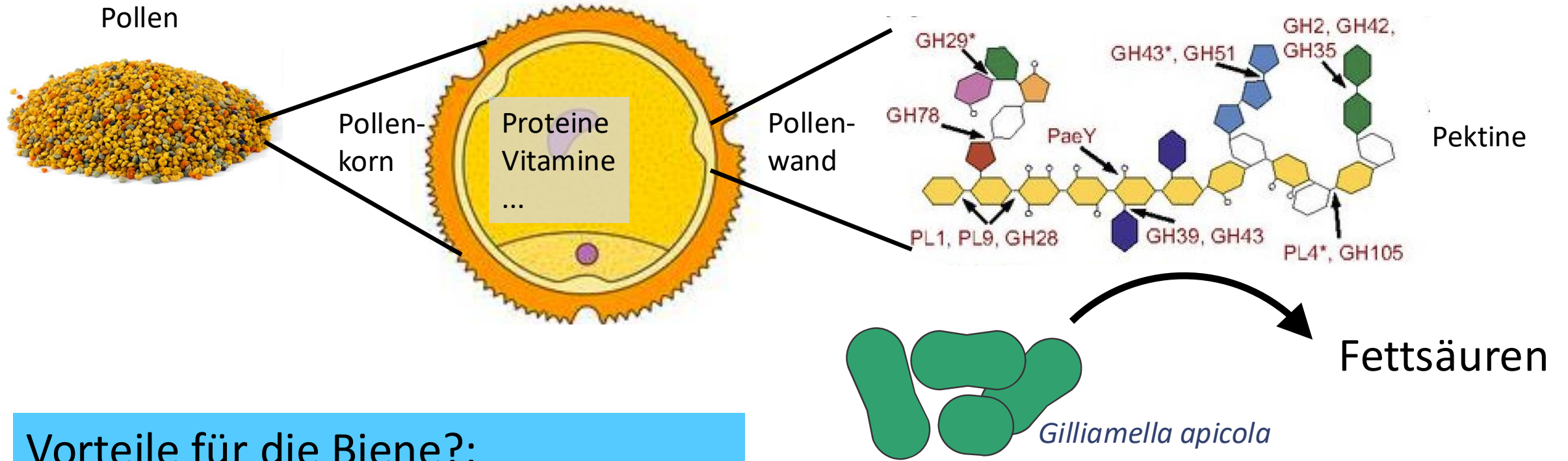


Forschungsfragen:

1. Welche Hauptnährstoffe aus der Nahrung werden durch die Bakterien abgebaut?
2. Welche Bakterien übernehmen dabei welche Rolle?



Die Verdauung von Pollennährstoffen



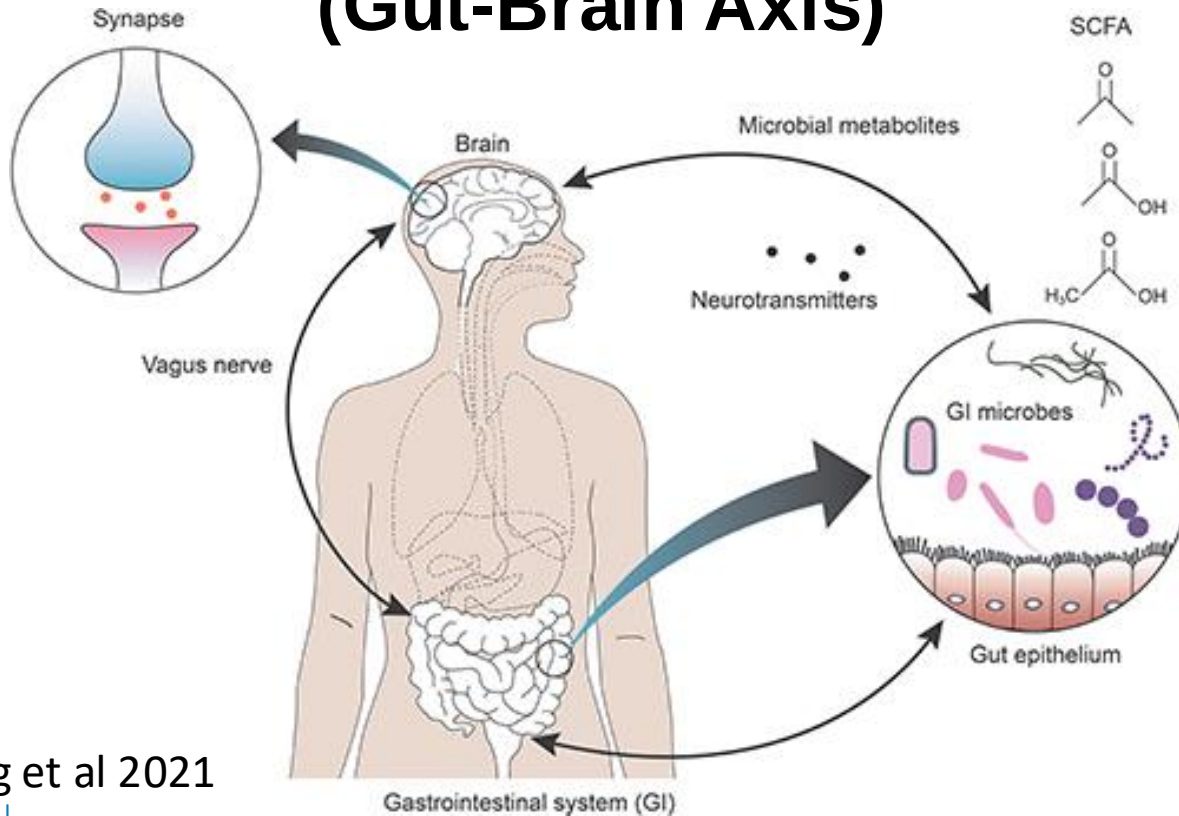
Vorteile für die Biene?:

- Zugang zu Nährstoffen im Inneren des Pollens
- Umwandlung von Polysacchariden in kurzkettige Fettsäuren

Abbau von Pektin und Fermentation von Zuckern zu Fettsäuren

2. Der Einfluss auf das Verhalten der Bienen

Darm-Hirn-Achse (Gut-Brain Axis)



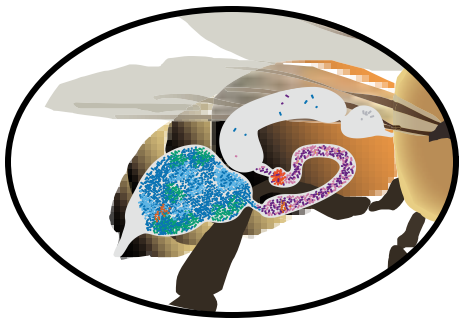
Veränderungen in der
Darmflora <-> Veränderungen
im Gehirn

- Störungen in der Entwicklung
- Neurodegeneration
- Emotionale Dysregulation

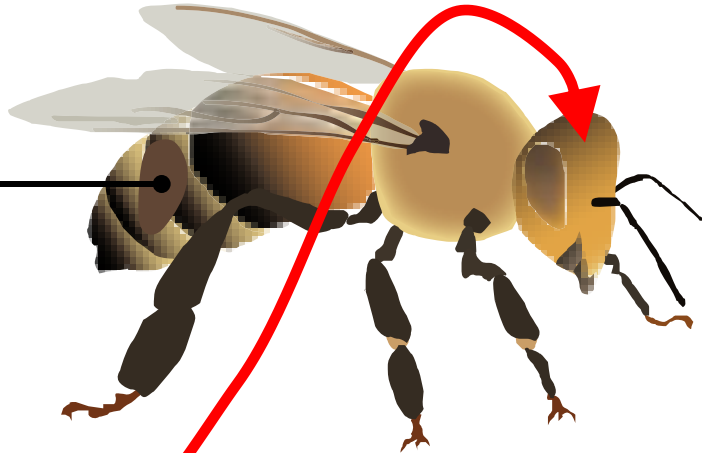
Wong et al 2021

Darm-Hirn Achse bei den Bienen

Einfache Darmflora



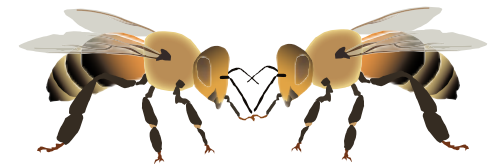
Kognitive Fähigkeiten von Bienen



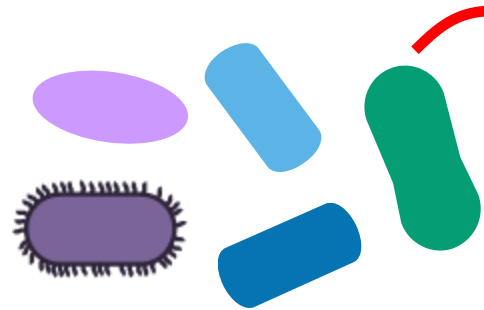
Lernen und Gedächtnis



Kommunikation



Soziales Tier



Unil

UNIL | Université de Lausanne
Faculté de biologie
et de médecine

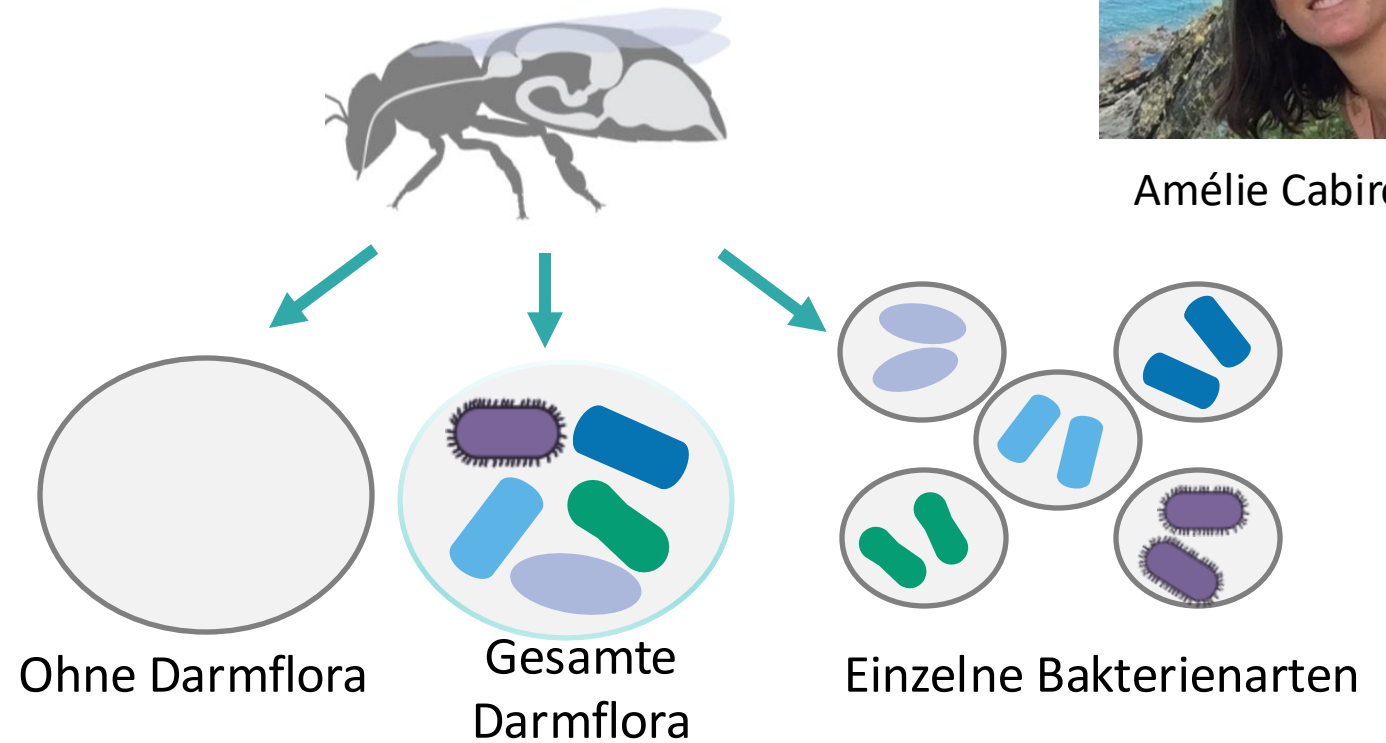
Auswirkungen auf das Lernen und Gedächtnis



Amélie Cabirol

Die Hypothesen:

1. Die Darmflora beeinflusst die Lernfähigkeit und das Gedächtnis der Biene
2. Bestimmte Bakterien sind für diese Effekte verantwortlich

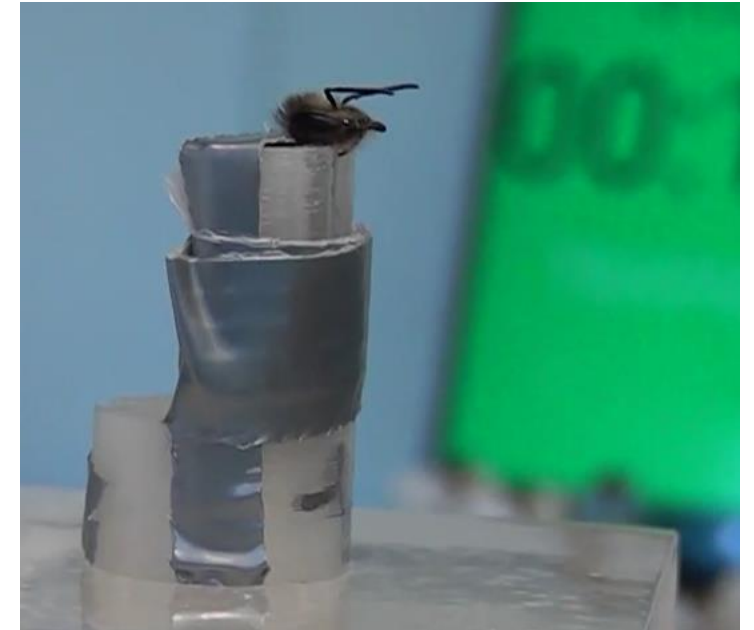
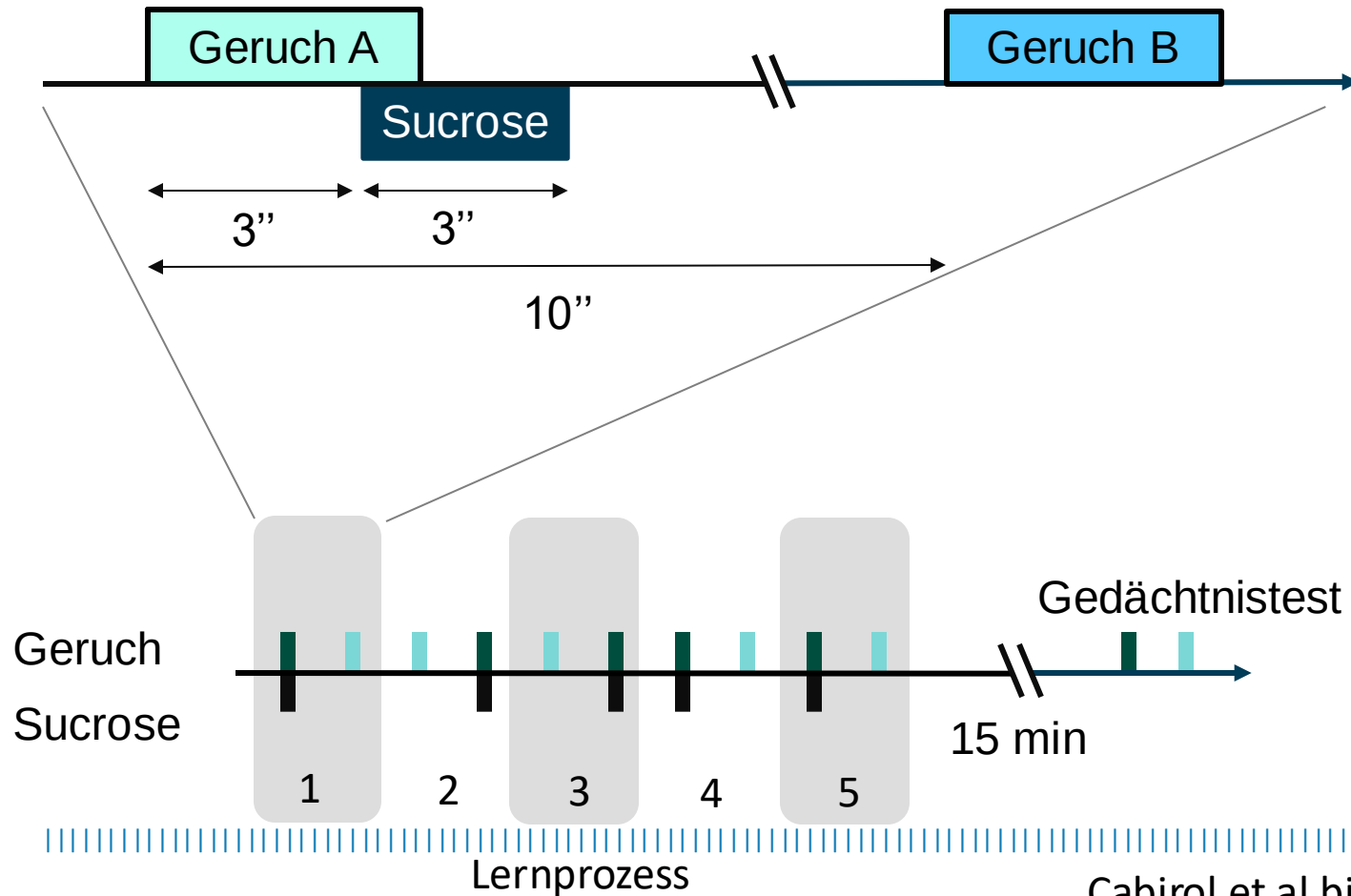


Kognitiver Test:

Das Lernen und Einprägen einer bestimmten Assoziation

Wie Bienen (bei uns) in die Schule gehen

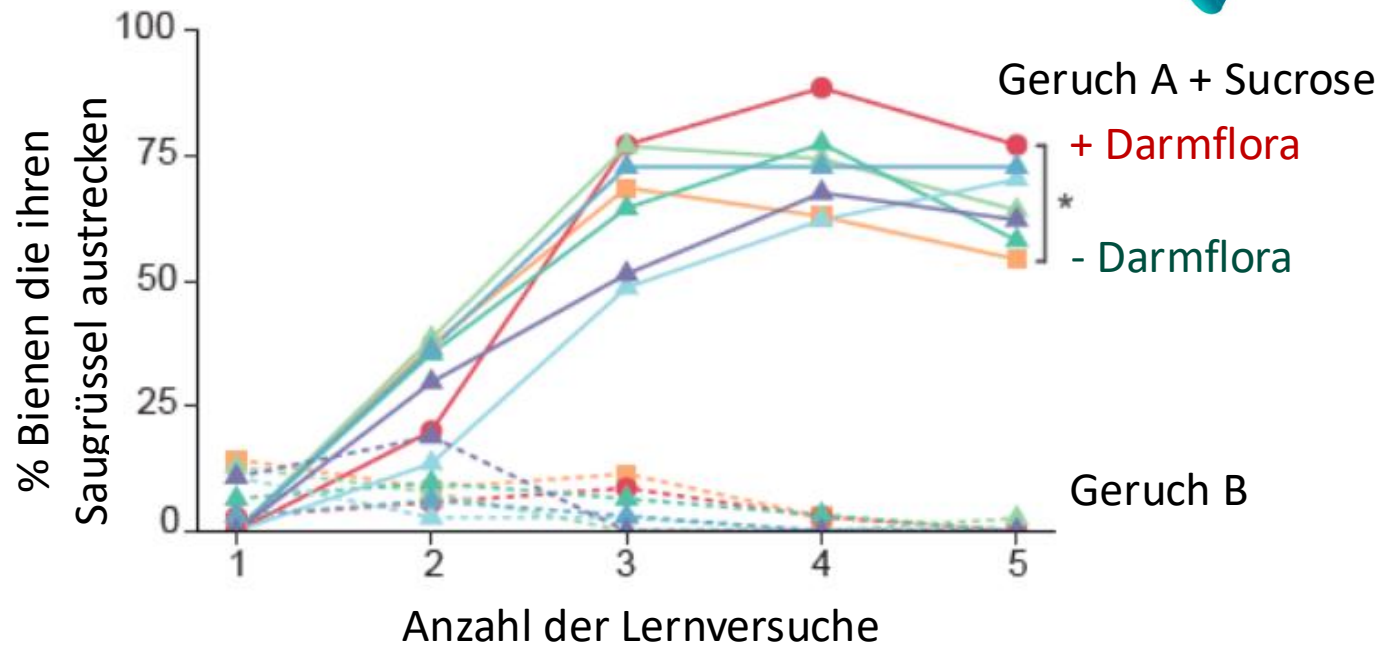
Ziel: Einen Geruch mit einer Belohnung verknüpfen.



Austrecken des
Saugrüssels (Proboscis) als
Indikator

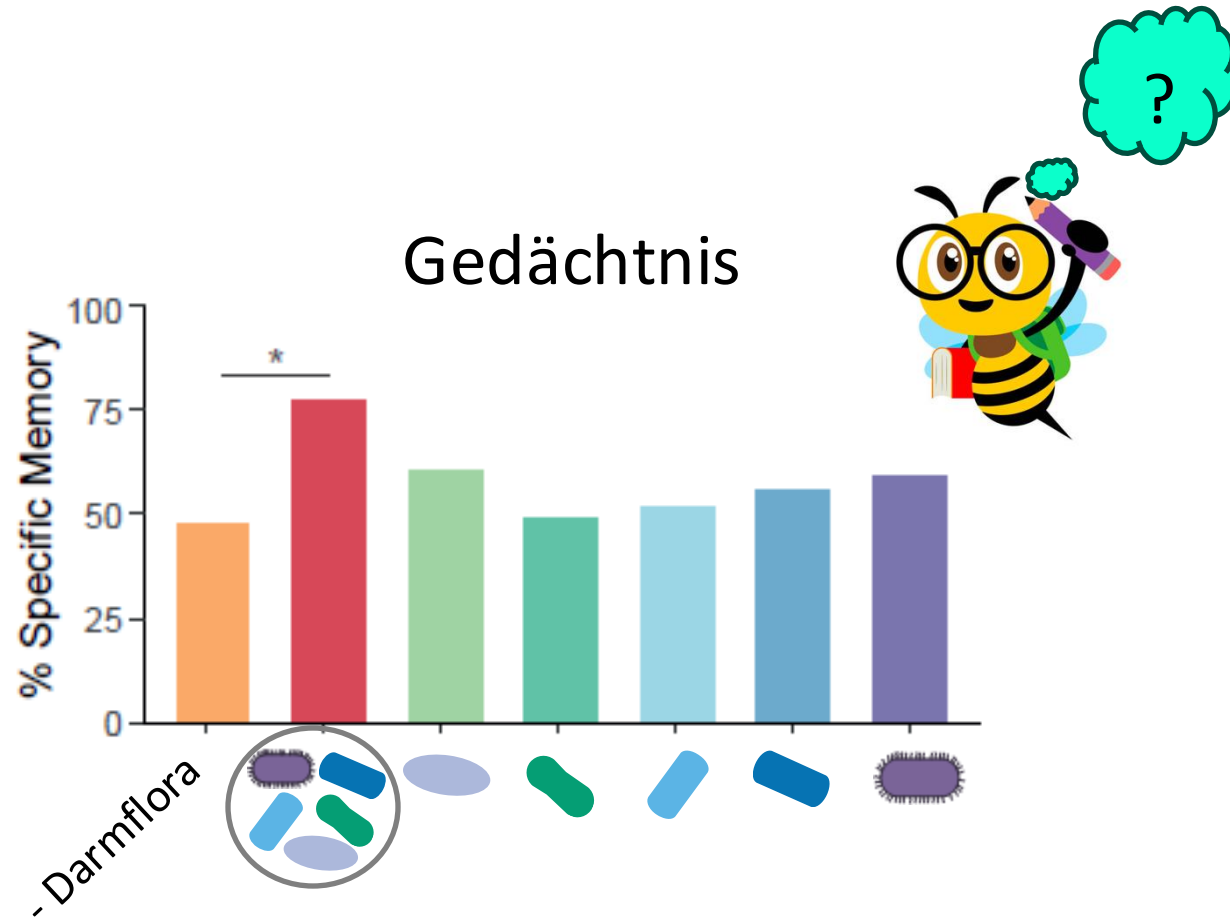
Erlernen und Erinnern

Lernprozess



Biene können eine **Assoziation erlernen**, und es gibt **Unterschiede** zwischen Bienen mit und ohne Darmflora.

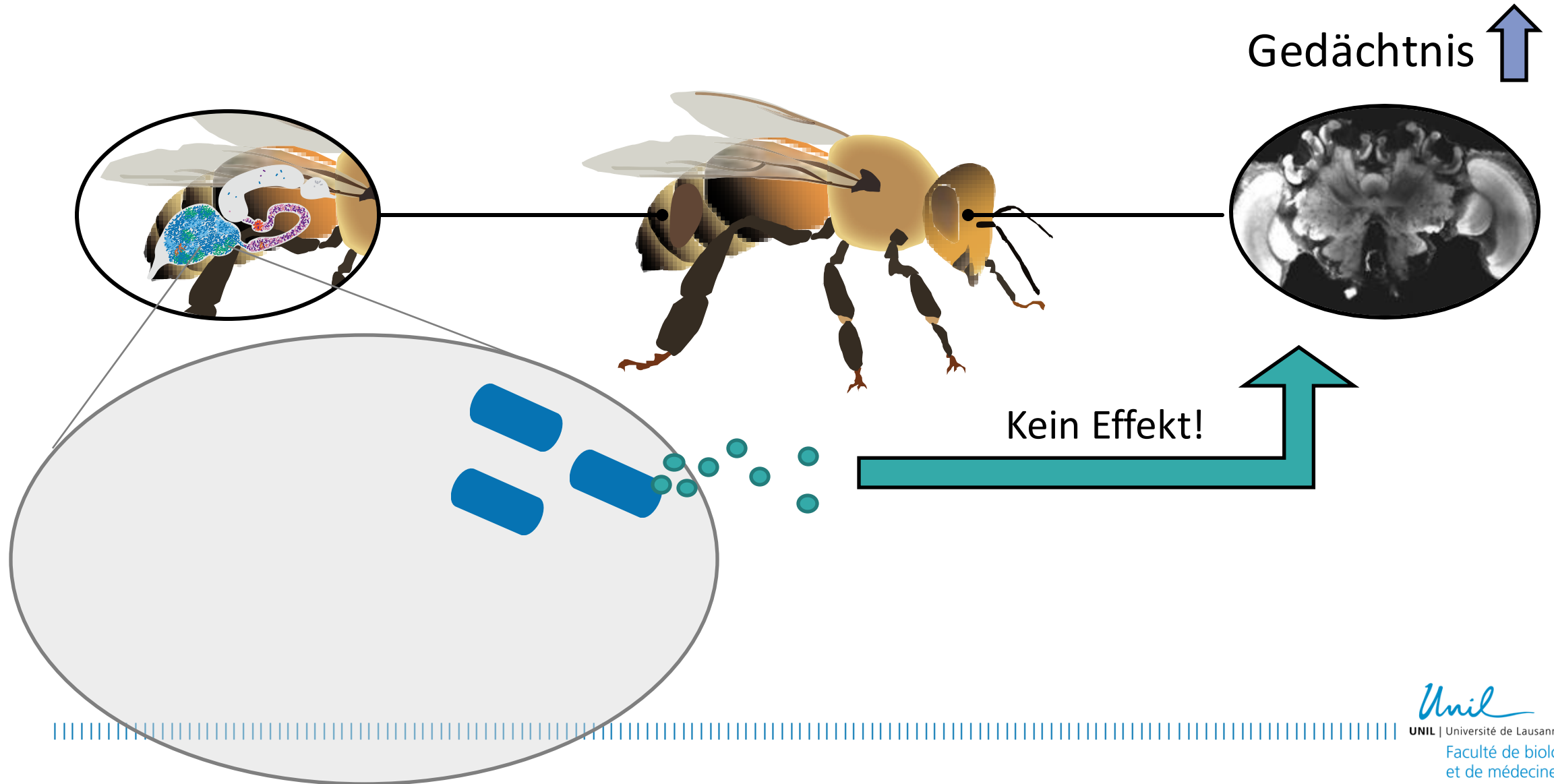
Die Darmflora verbessert das Gedächtnis



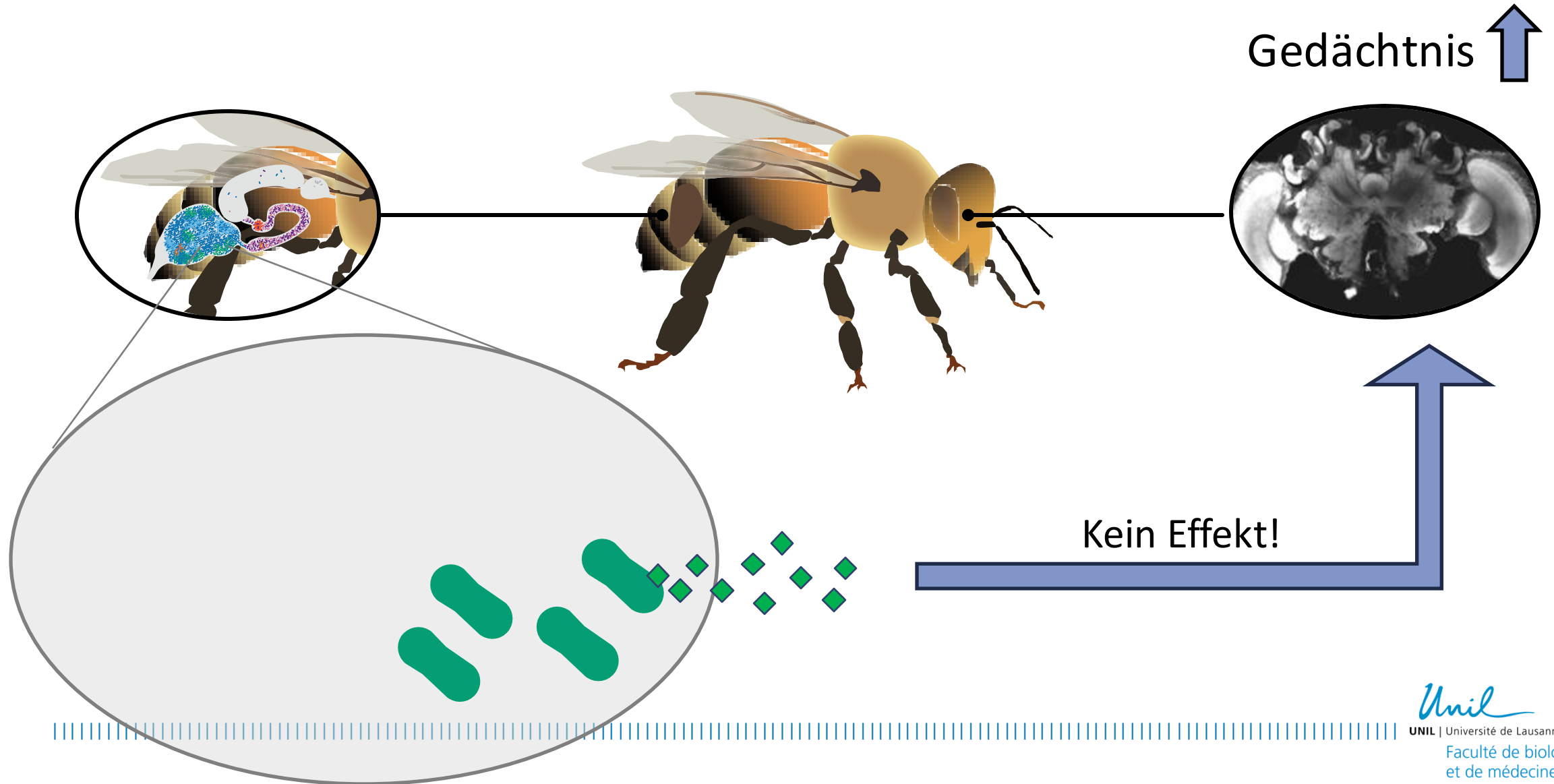
Bienen mit einer vollständigen Darmflora erinnern sich **besser!**

Kein einzelnes Mitglied der Gemeinschaft ist ausreichend für ein verbessertes Gedächtnis

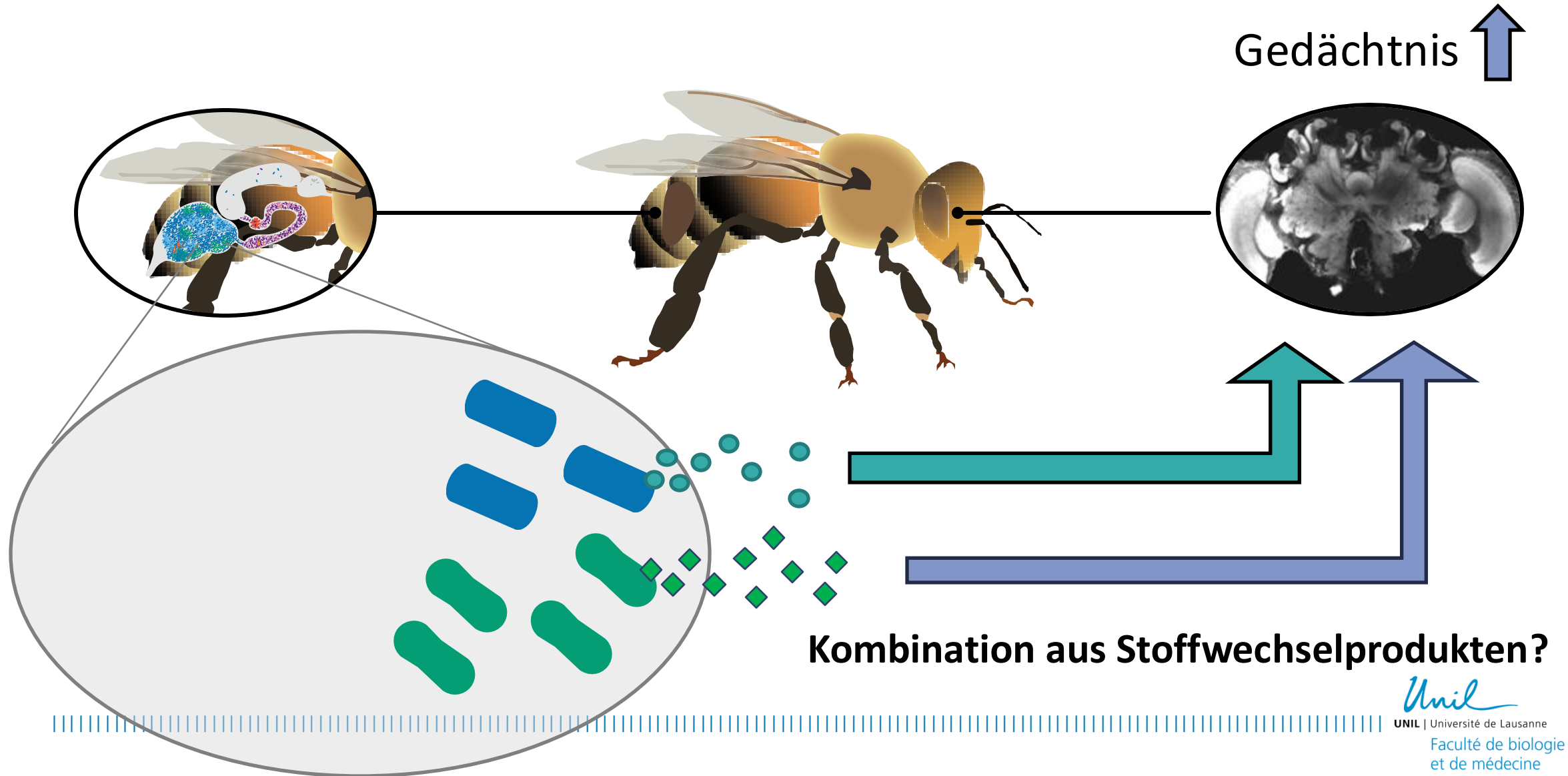
Einfluss auf den Wirt: Eine Funktion der Gemeinschaft



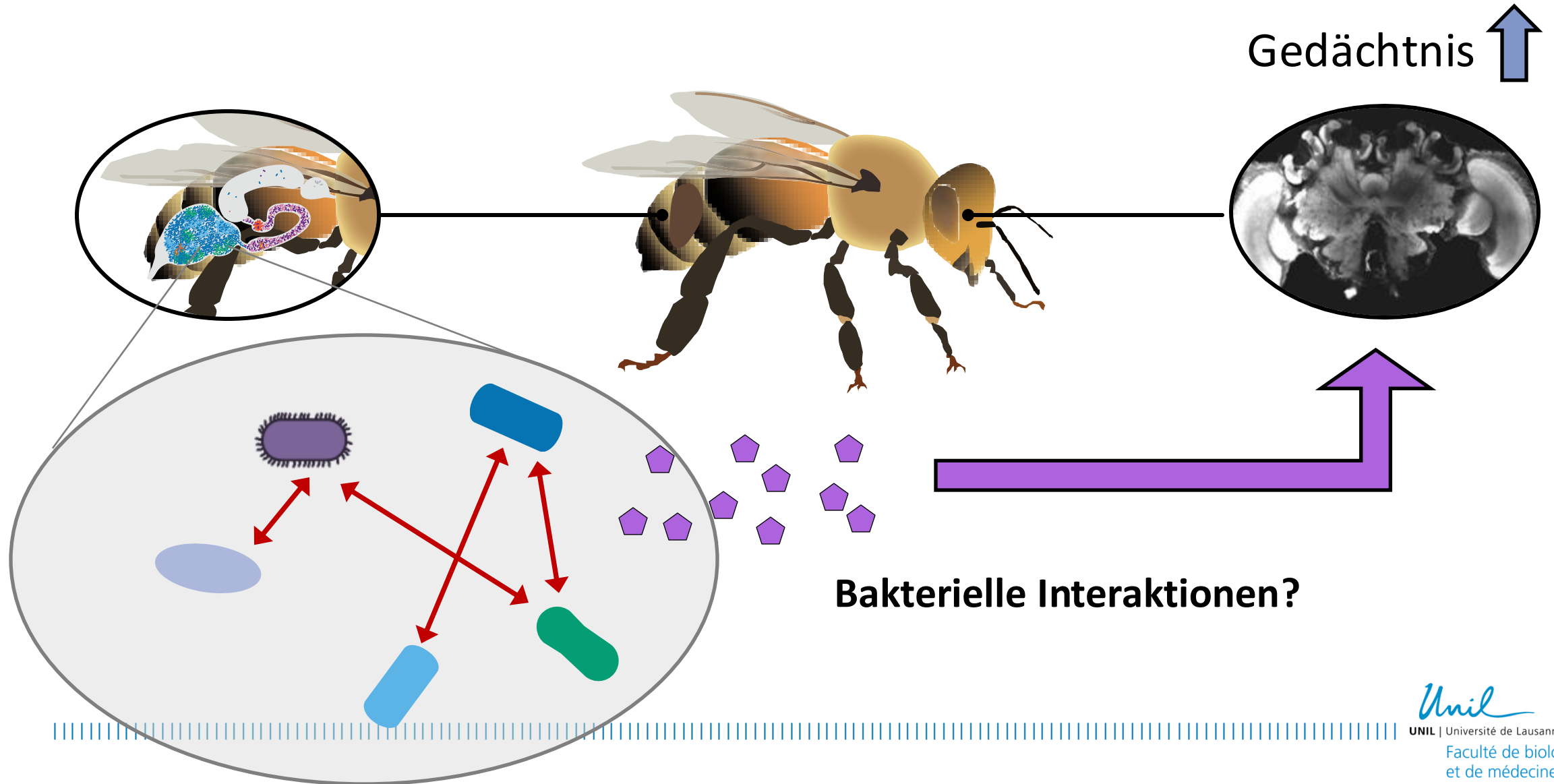
Einfluss auf den Wirt: Eine Funktion der Gemeinschaft



Einfluss auf den Wirt: Eine Funktion der Gemeinschaft

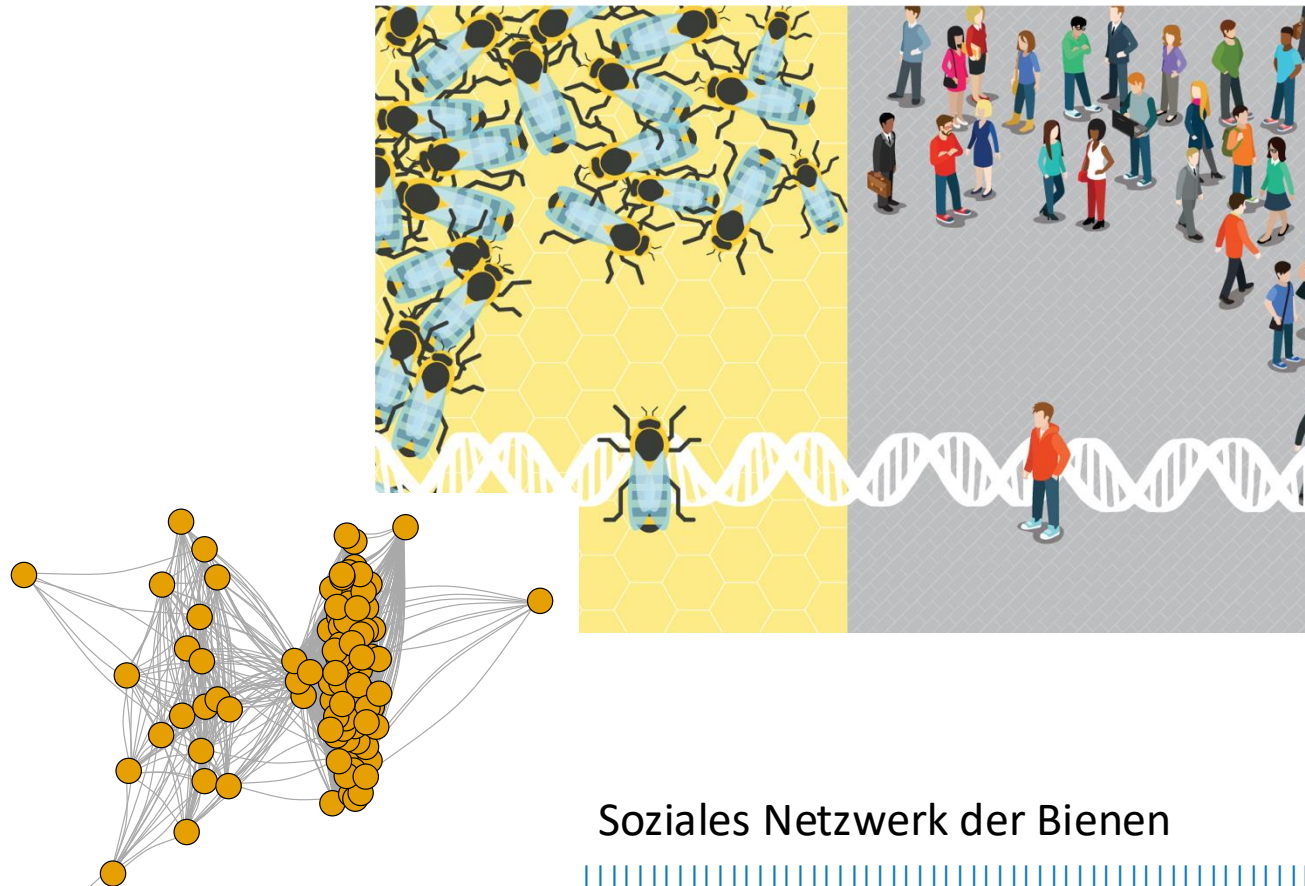


Einfluss auf den Wirt: Eine Funktion der Gemeinschaft



Auswirkungen auf das Sozialverhalten von Bienen

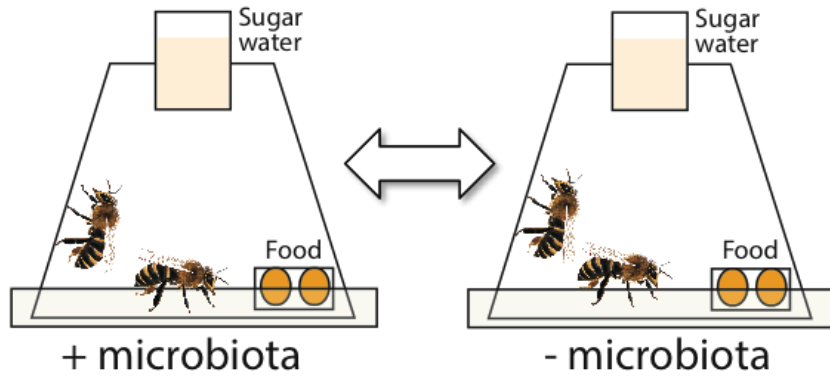
Keine Studien über die Auswirkungen auf das Sozialverhalten/Gruppenleben...



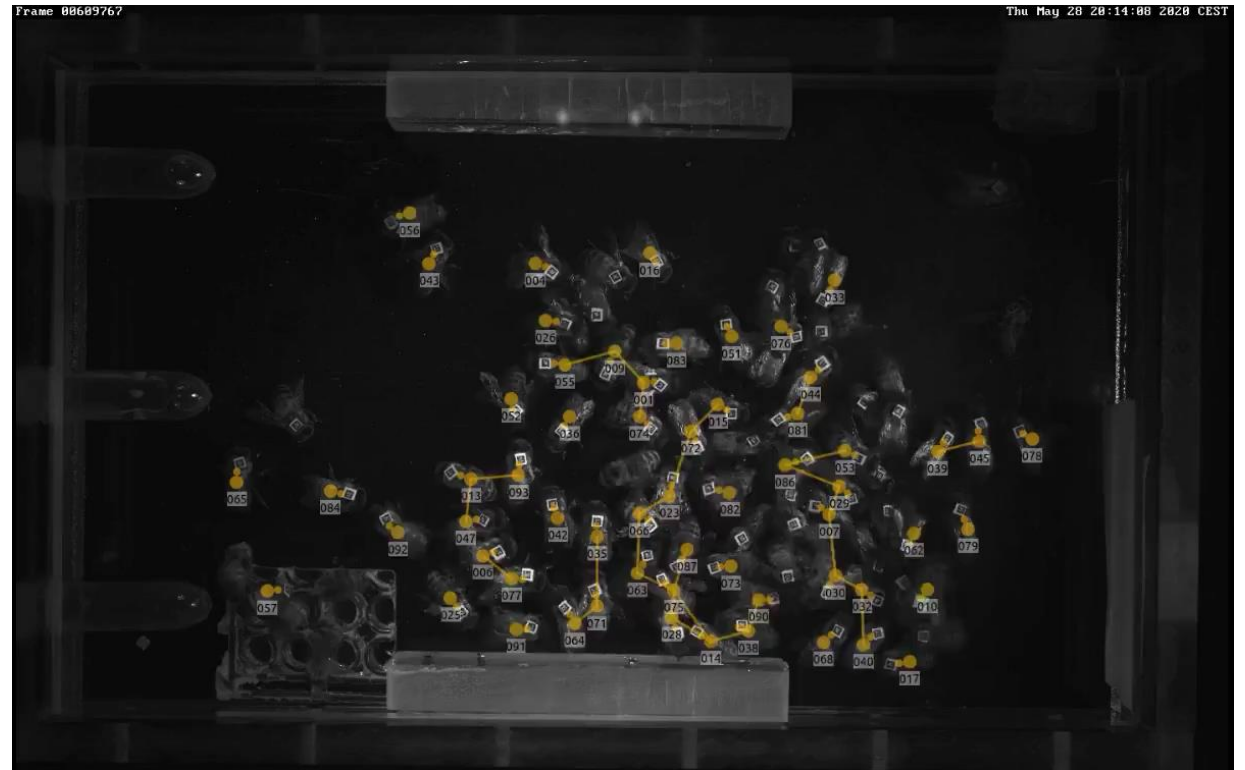
Soziales Netzwerk der Bienen

Automatisierte Verfolgung von Bienen

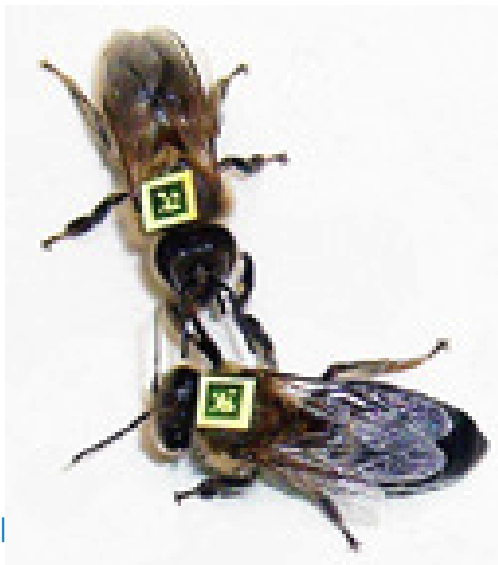
Automated tracking



2x 9 Kolonien, die wir automatisch verfolgt haben

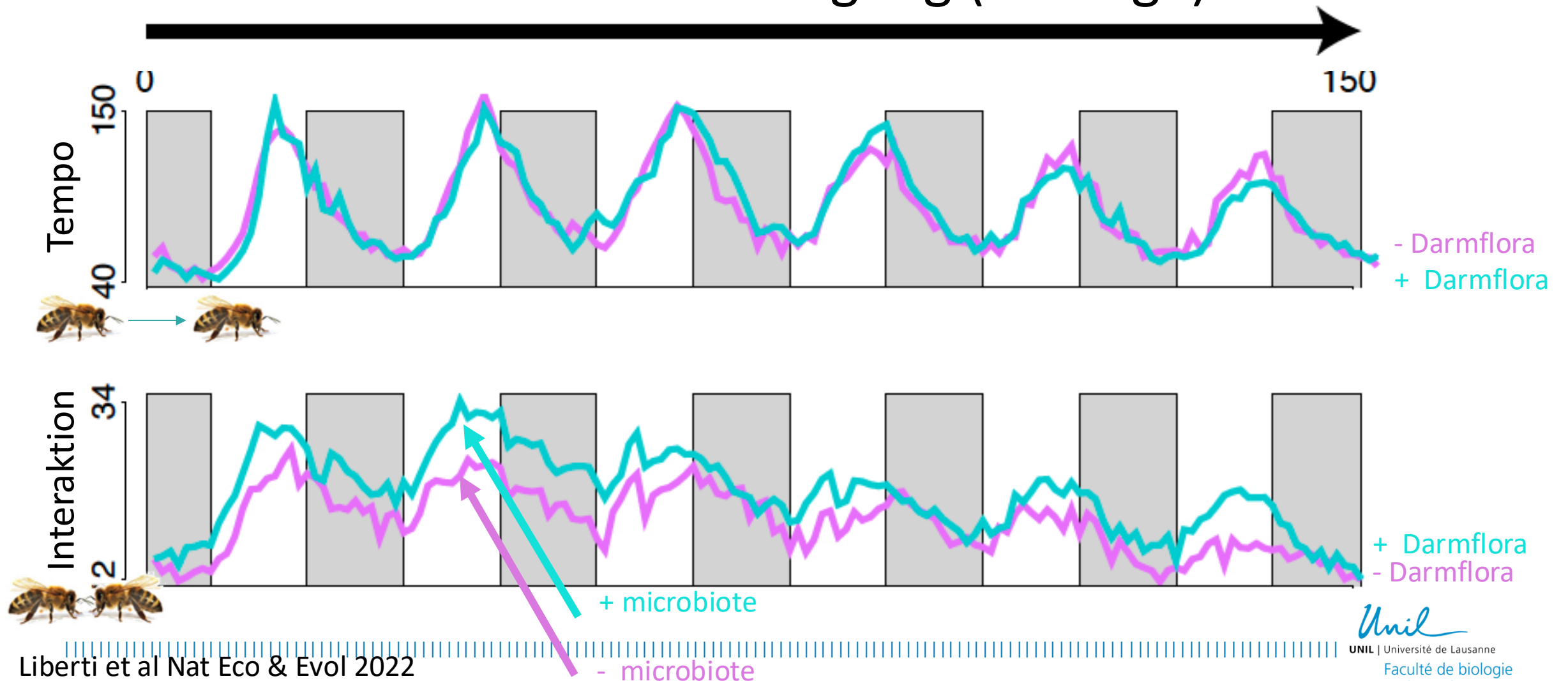


(Liberti & Kay, Keller lab)

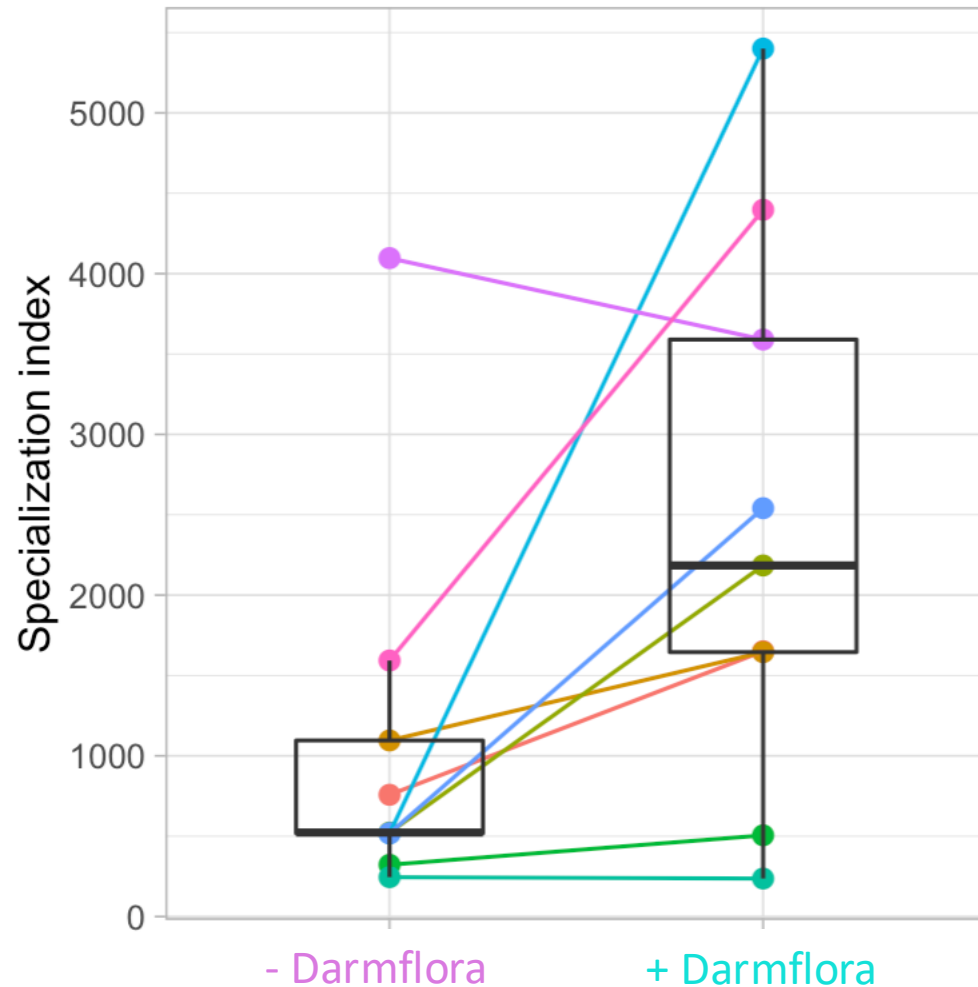


Bienen mit Mikrobiota interagieren mehr

Automatisierte Verfolgung (6.4 Tage)



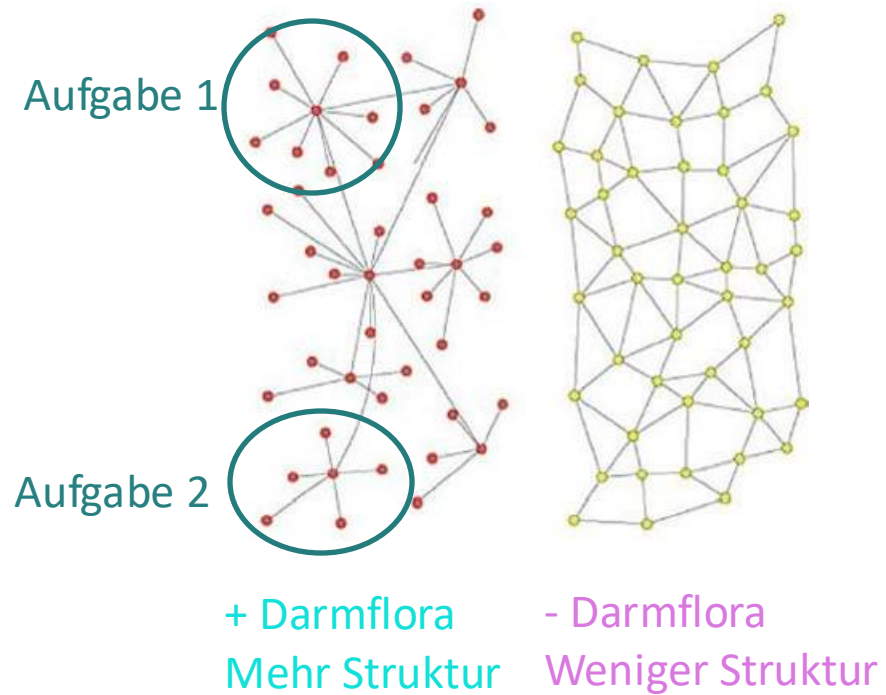
Interaktionen sind strukturierter



replicate



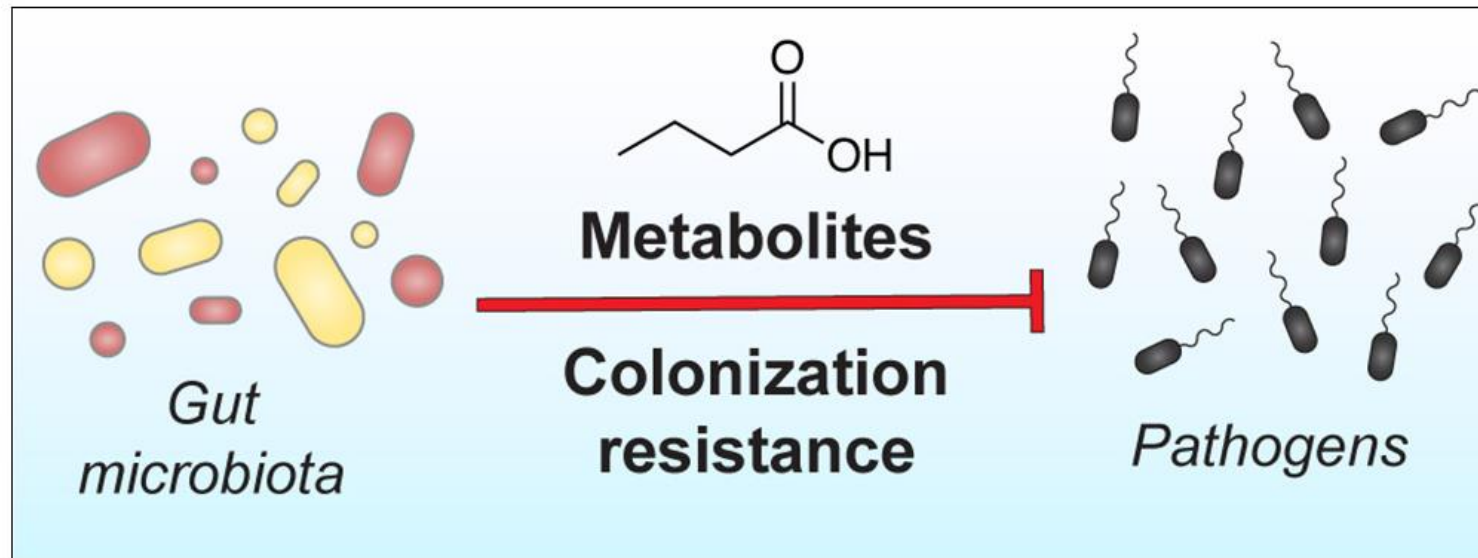
Das soziale Netzwerk der Bienen



Auswirkungen auf die Leistung einer Kolonie?

3. Der Schutz vor Krankheitserregern

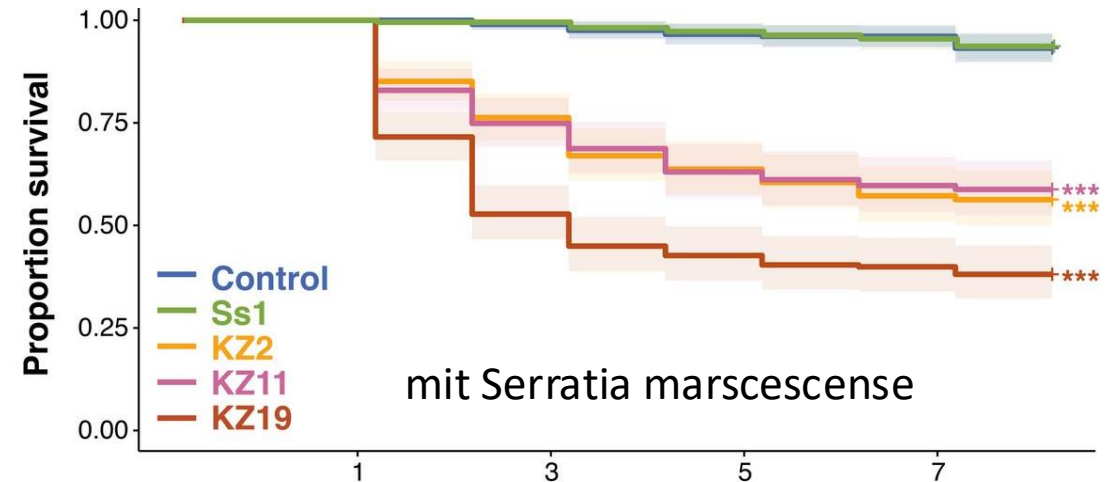
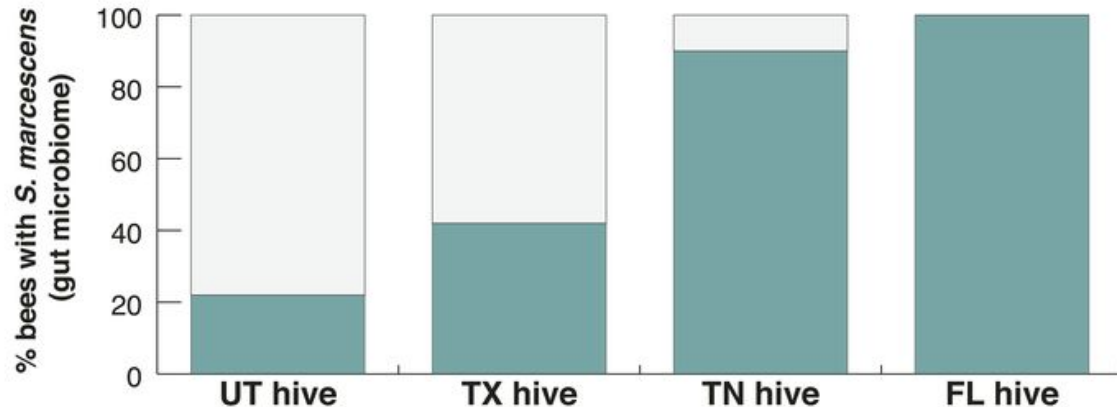
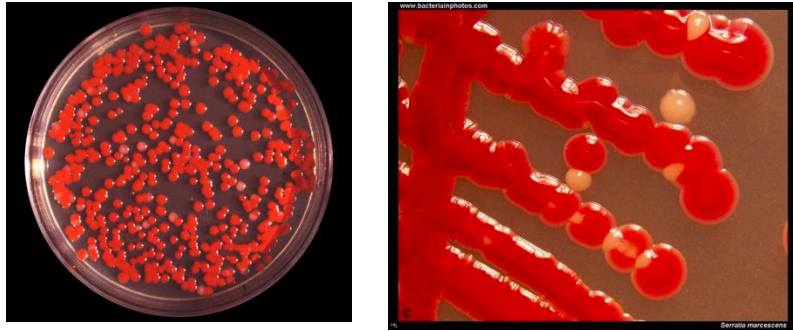
Widerstand bei der Kolonisierung



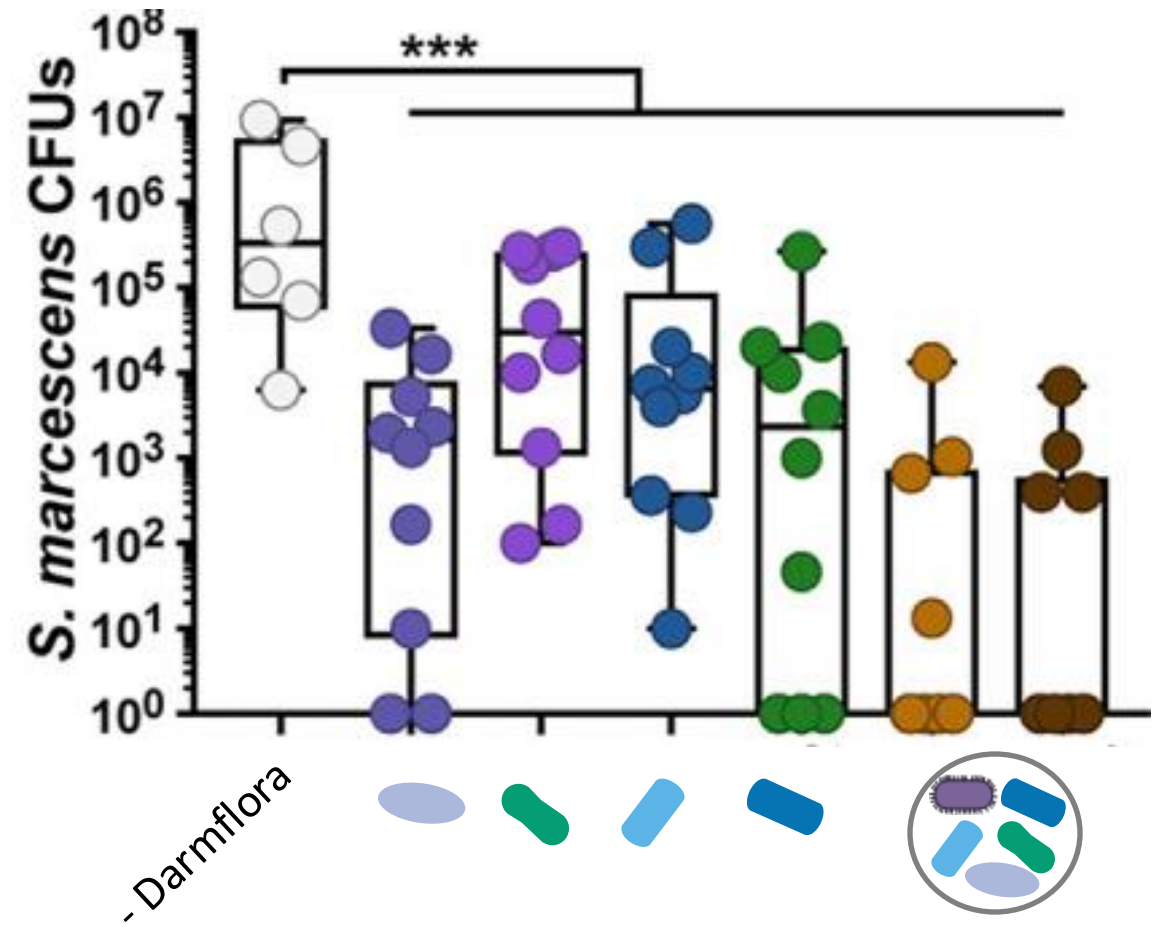
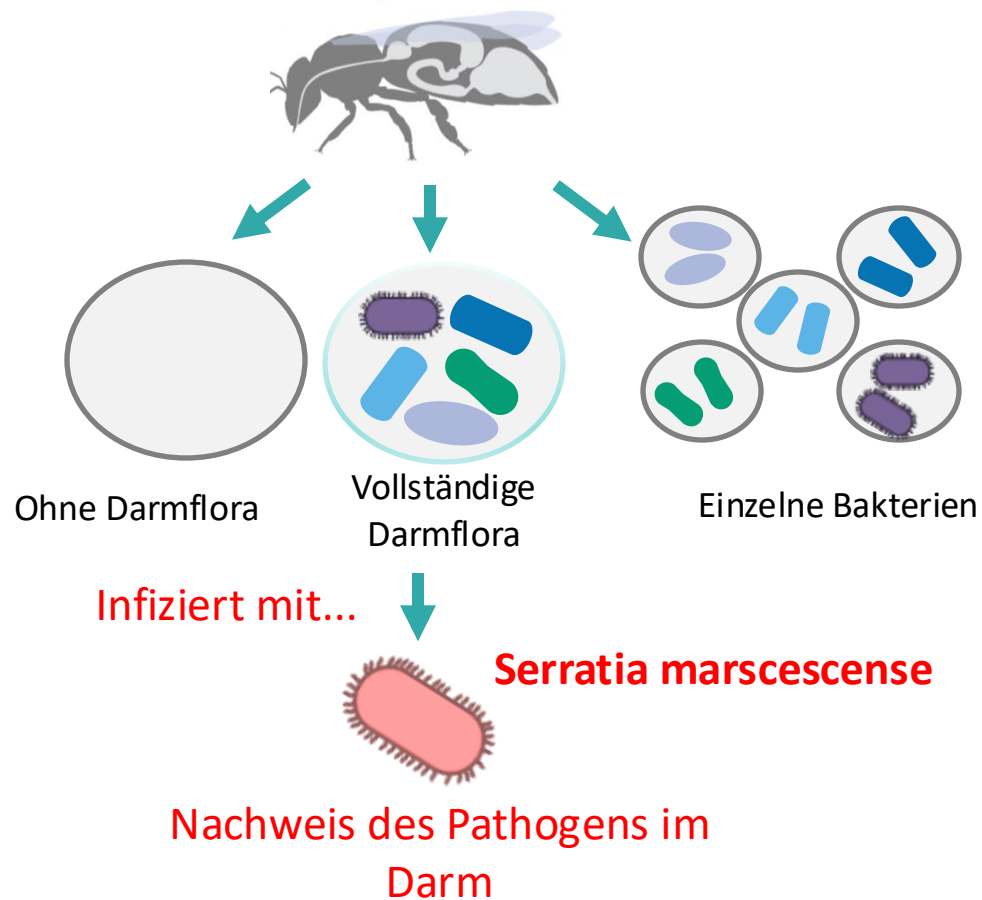
Der Krankheitserreger *Serratia marscescense*

Nicht alle Bakterien sind nützlich, es gibt auch Schlechte!

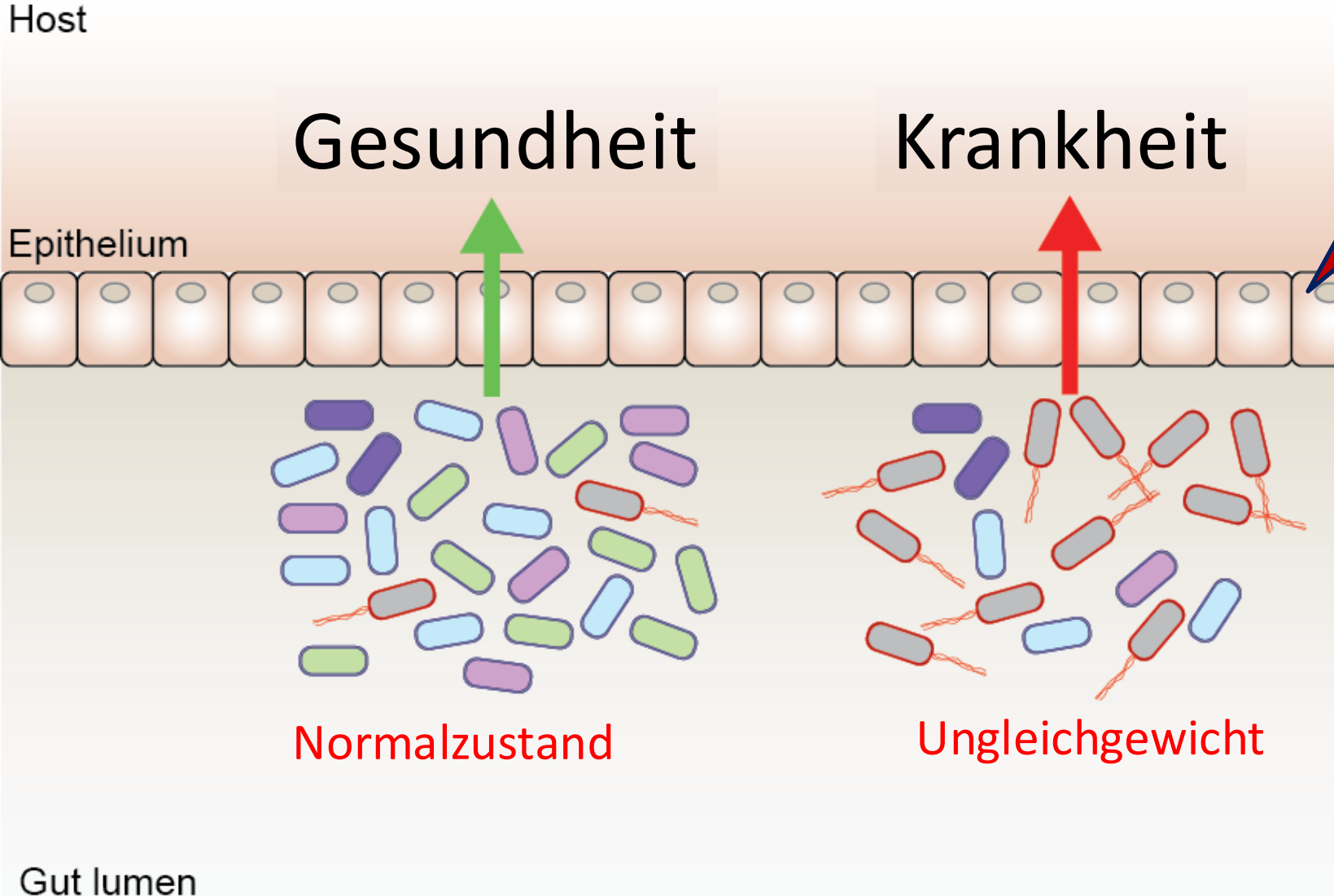
→ *Serratia marscescense*



Die Darmflora schützt die Biene vor Krankheitserregern



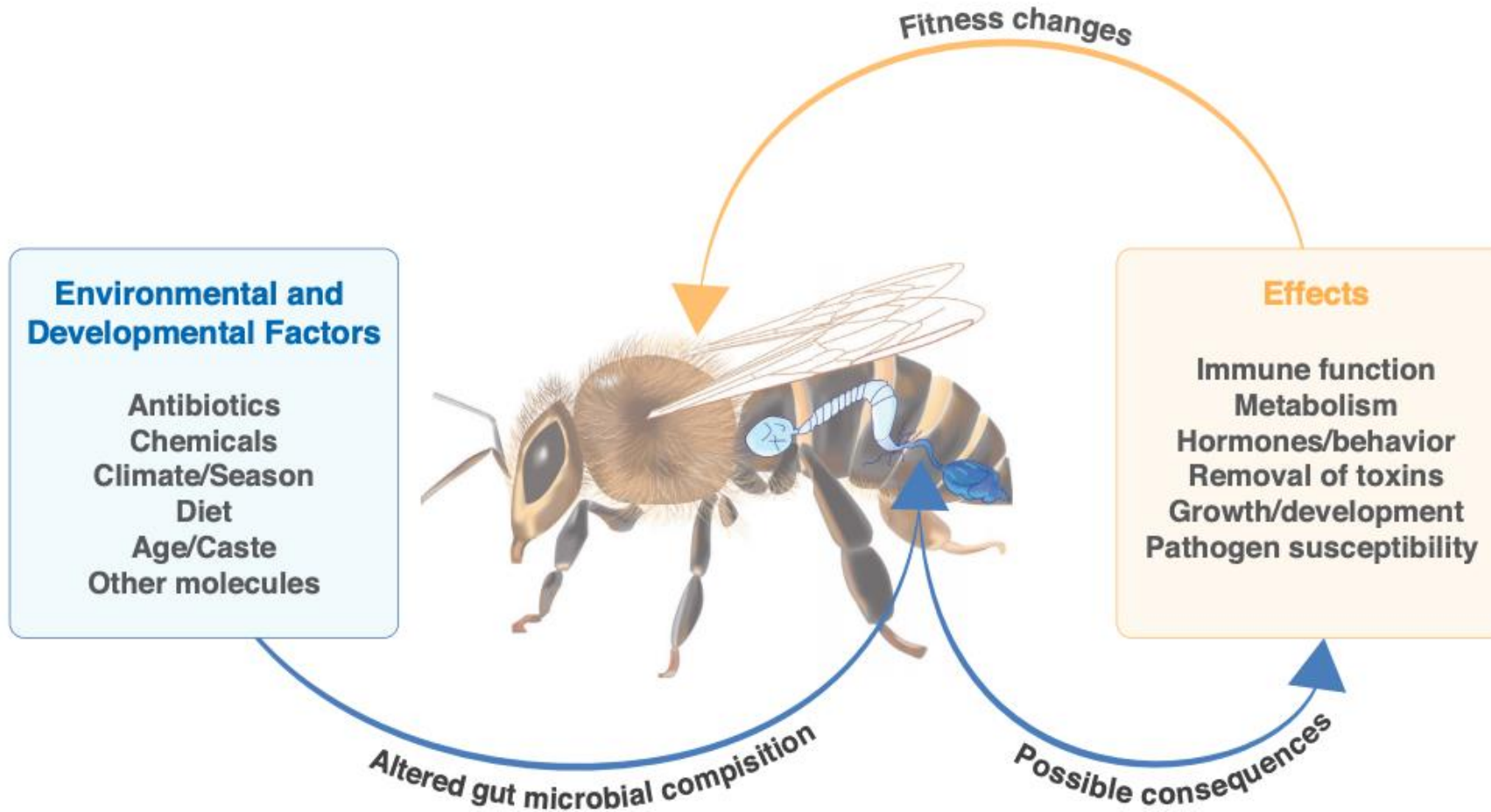
Zusammenhang zwischen der Darmflora und der Gesundheit des Wirts



Störung

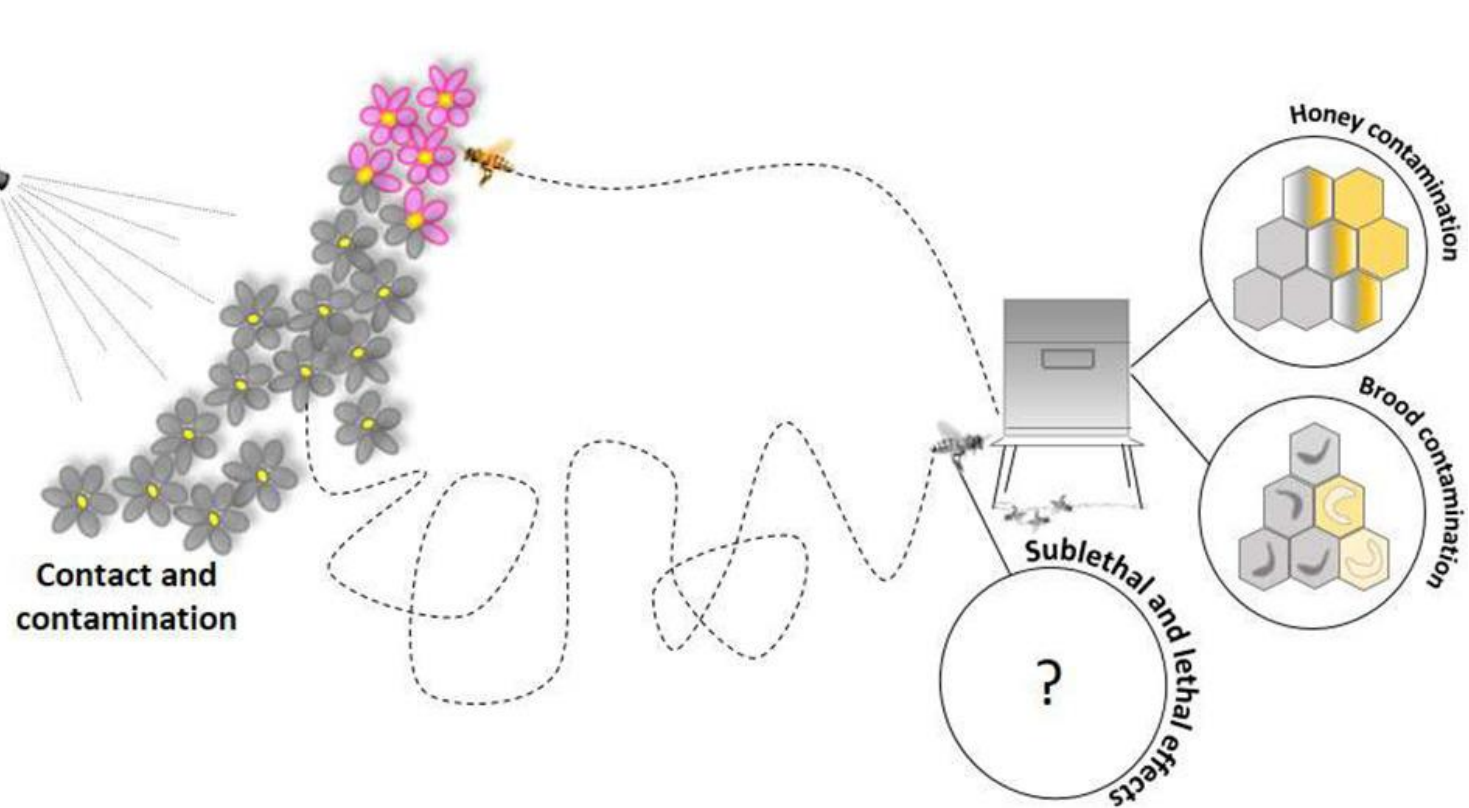
Veränderungen in der Zusammensetzung der Darmflora führen zu Veränderung in der Interaktion mit dem Wirt

Wann ist die Darmflora gestört?

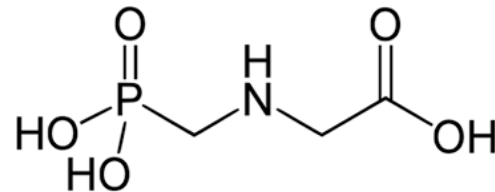


4. Zusammenhang zwischen Pestiziden, Darmflora und Bienenengesundheit

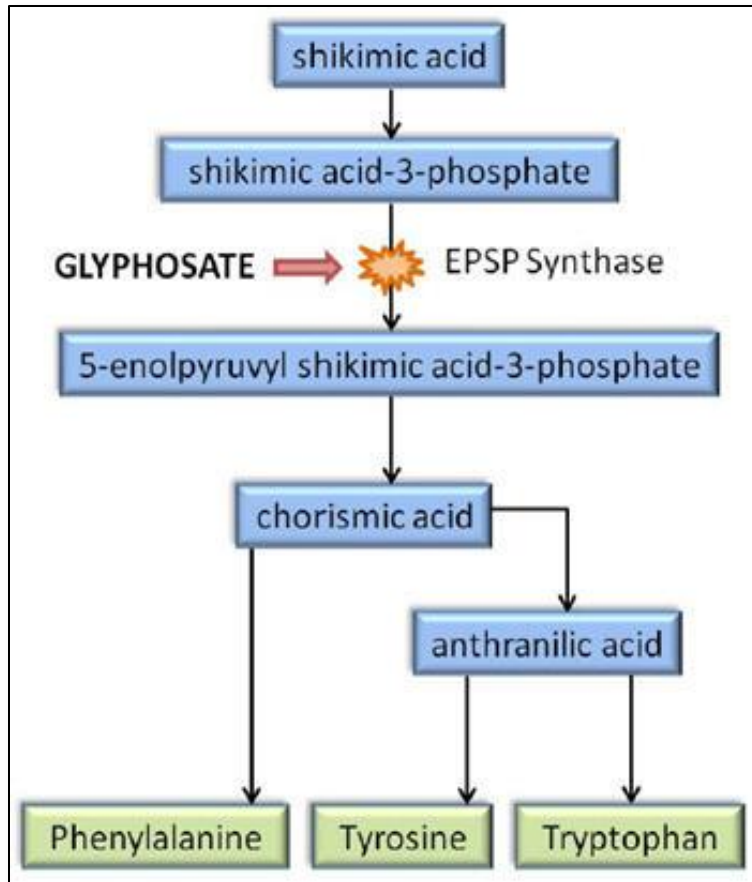
Verbreitung von
Herbiziden/Pestiziden



Glyphosate



Auswirkungen von Glyphosat auf die Darmflora von Bienen?



- Glyphosat **blockiert die Aktivität des Enzyms** 5-Enolpyruvylshikimate-3-Phosphat-Synthase (EPSPS).
- Mangel an Aminosäuren → Pflanzen sterben
- Wirkt im breiten Spektrum gegen Pflanzen
- Wirkt nicht gegen Tiere (besitzen das Enzym nicht)
- Aber, **wirkt gegen bestimmte Bakterien**

Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees

Erick V. S. Motta, Kasie Raymann, and Nancy A. Moran

PNAS October 9, 2018 115 (41) 10305-10310; first published September 24, 2018

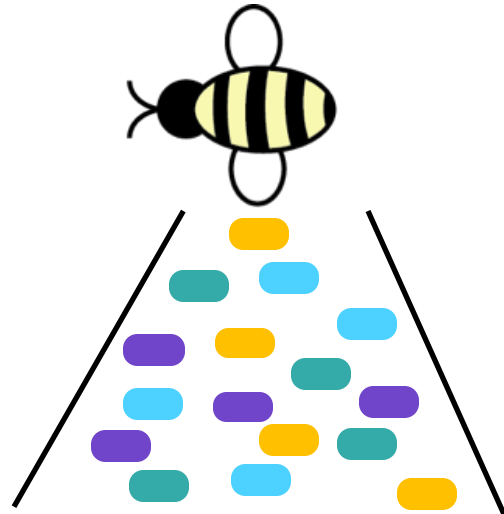
<https://doi.org/10.1073/pnas.1803880115>

Edited by Margaret J. McFall-Ngai, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, and approved August 21, 2018 (received for review March 6, 2018)

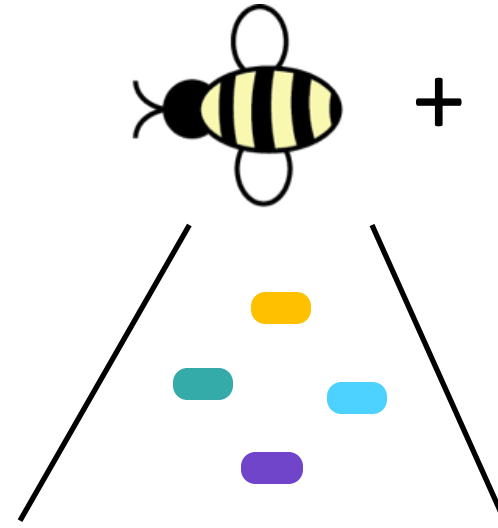


Glyphosat stört die Darmflora von Bienen

Kontrolgruppe (C)



Behandlung (G)

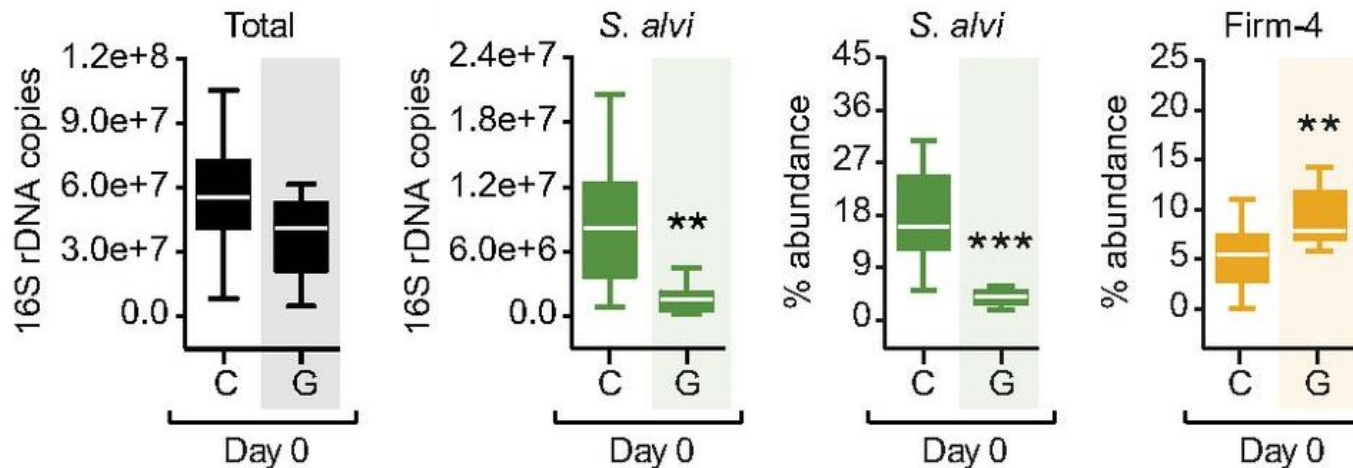


Glyphosate



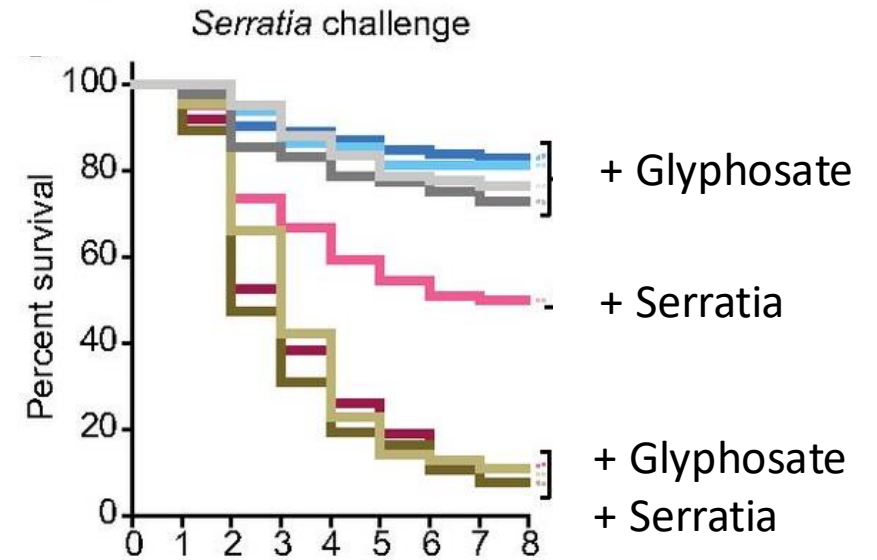
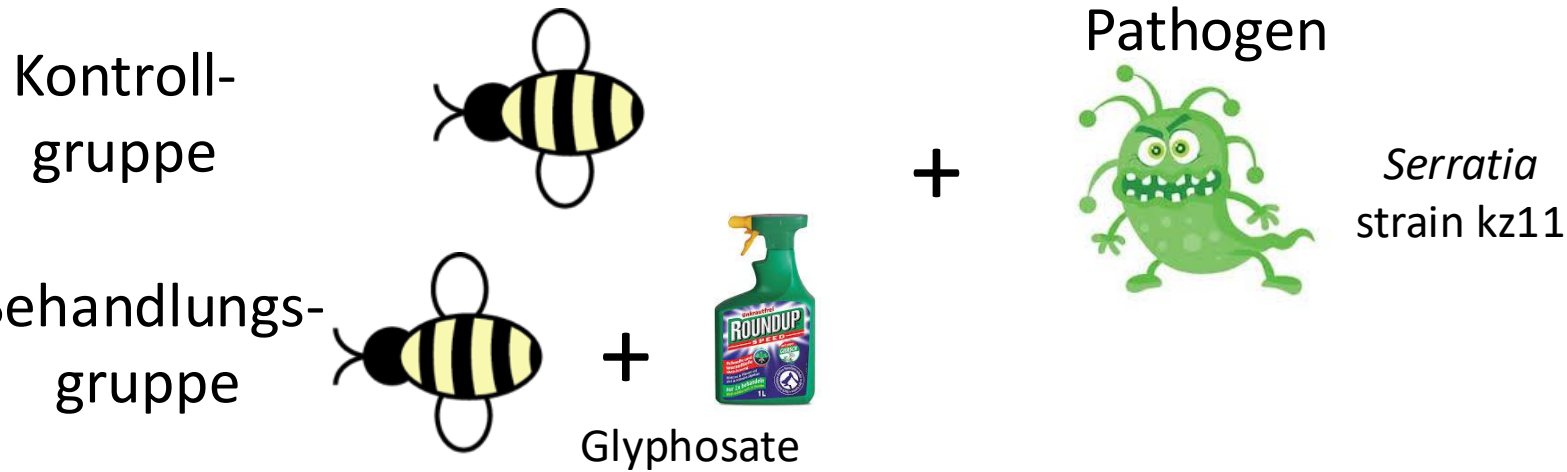
Weniger
Bakterine im
Darm

Konsequenzen?



Motta et al 2018 PNAS

Keine Resistenz gegen die Kolonisierung durch Krankheitserreger



- Glyphosat wirkt sich nicht direkt auf die Bienengesundheit aus
- Verringert die Bakterienlast im Darm
- ...Erleichtert das Eindringen von Pathogenen
- ...Erhöht die Bienensterblichkeit

Wechselwirkung mit anderen Pestiziden

Internationale Zusammenarbeit



Unil
UNIL | Université de Lausanne

Faculty of Biology and Medicine

Department of Fundamental Microbiology

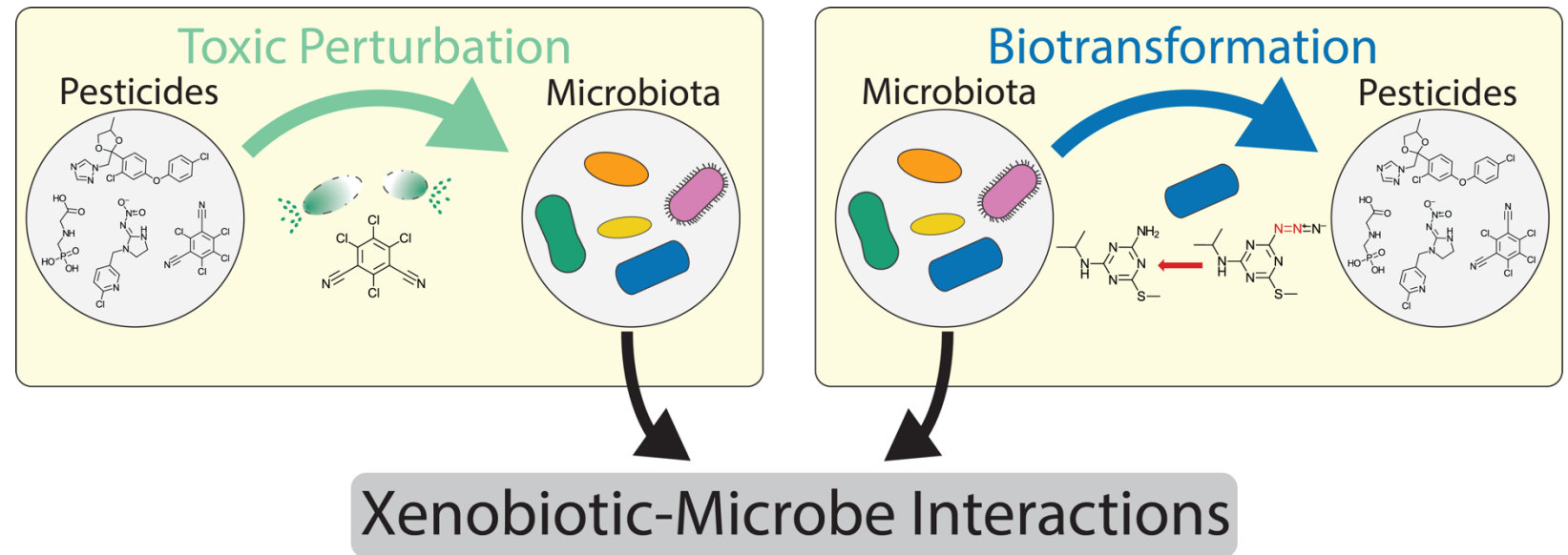


EMBL  European Molecular
Biology Laboratory

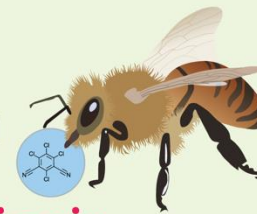
Michael Zimmermann

Eine umfangreiche Analyse

>900 Pestizide vs 20 Bakterien



Bee
health



Dysbiosis
Toxicity

Unil

UNIL | Université de Lausanne
Faculté de biologie
et de médecine

Zusammenfassung

- Die Honigbiene hat eine einfache und spezifische Darmflora
- Andere Bienen haben ähnliche Bakterien im Darm
- Die Darmflora ist für die Biene von Vorteil:
 - Unterstützung in der Verdauung
 - Schutz vor Pathogenen
 - Einfluss auf das Verhalten: Gedächtnis, soziale Interaktionen
- Die Forschung an der Darmflora von Bienen ist wichtig, weil...
 - ...sie ein wichtiger Faktor für die Bienengesundheit ist
 - ...sie als Modell für die Erforschung von Mikrobiota-Wirt-Interaktionen dient



Unser Forschungsteam an der UNIL



Collaborators:

Laurent Keller, UNIL
Anders Meibom, EPFL
Michael Zimmermann, EMBL
Vassily Hatzimanikatis, EPFL
Yolanda Schaerli, UNIL
Emma Slack, ETHZ
Sze Huei Yek, Monash, Malaysia
Ryo Miyazaki, AIST, Japan
Carlos G Nunes, Brazil
Karen Haag, Brazil

Former members:

Kirsten Ellegaard
Silvia Brochet
Konstantin Schmidt
Olivier Emery
Amélie Cabirol
Joanito Liberti



UNIL | Université de Lausanne



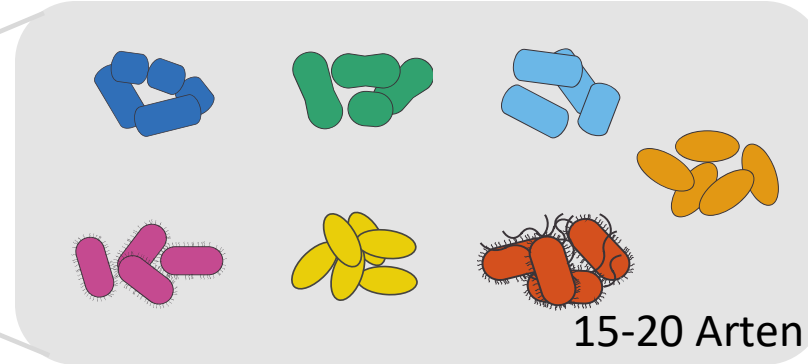
UNIL | Université de Lausanne
Faculté de biologie
et de médecine

Haben Sie Fragen?

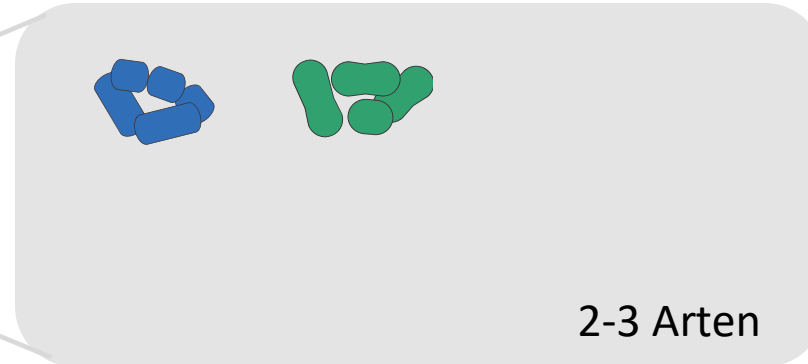


Die Darmflora von Arbeitern, Dronen und der Königin

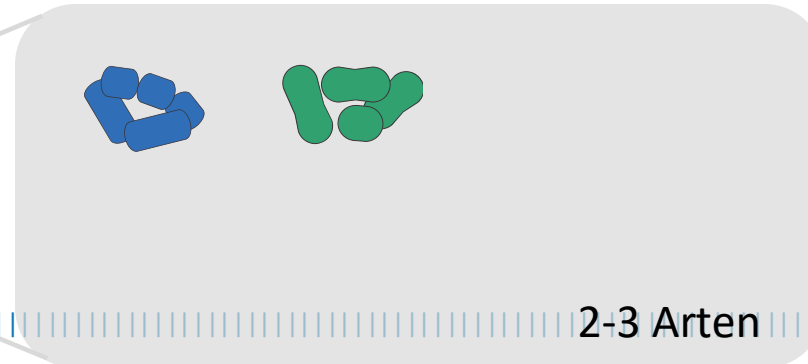
worker ♀



drone ♂



queen ♀



Pollen



Honig

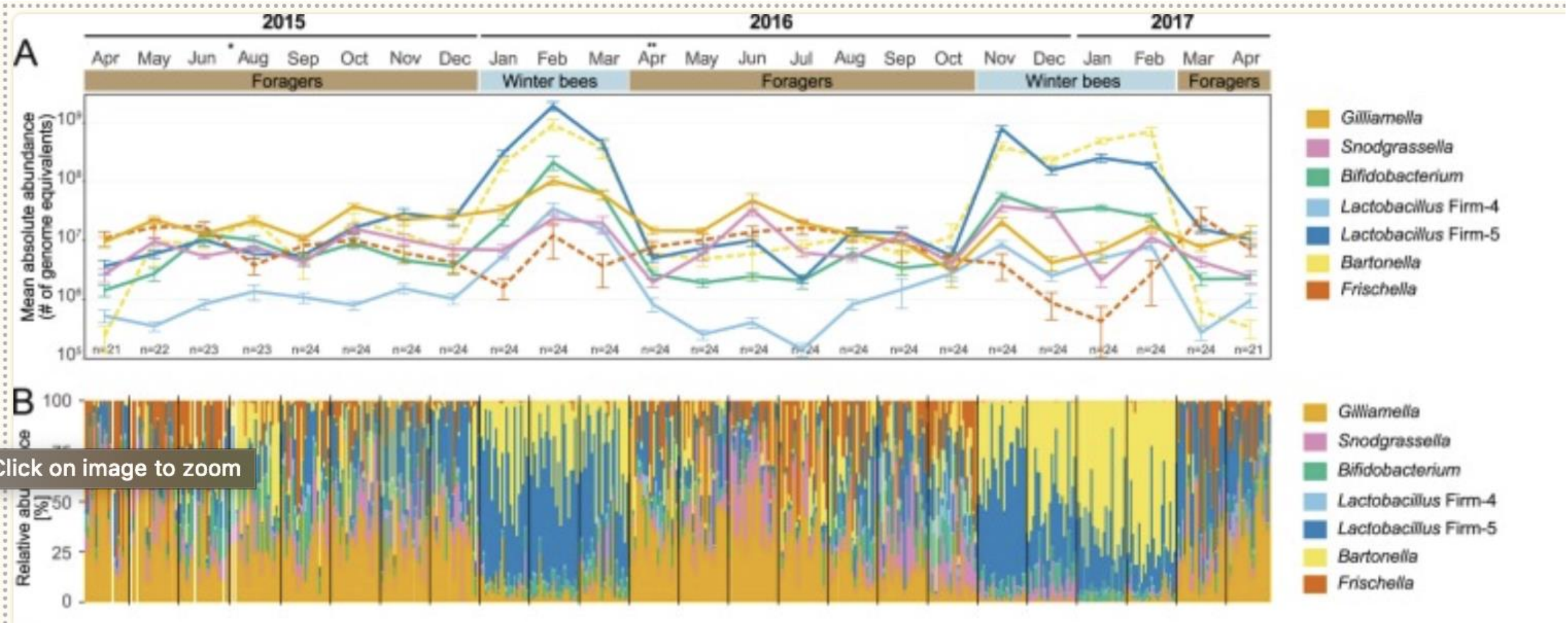


Honig



Gelée royal

Die Darmflora in den verschiedenen Jahreszeiten



Kesnerova et al, ISME J 2020

Die Darmflora während des Winters

