



**Strategisches Forschungsfeld (SFF)**

## **Mikrobielle Diversität**



# Mikrobiome für die Land- und Ernährungswirtschaft erforschen, verstehen und nutzbar machen

## Kurztitel: Mikrobielle Diversität

Verantwortliche/r des SFF	Corinne Jud
Research Peer	Franco Widmer

## Kurzzusammenfassung

Die mikrobielle Biodiversität hat eine fundamentale Bedeutung für die Funktion von Ökosystemen. Wichtige Parameter in der Land- und Ernährungswirtschaft können durch mikrobielle Gemeinschaften (Mikrobiome) signifikant positiv beeinflusst werden. Betroffen sind zum Beispiel Pflanzen-, Tier- und Menschengesundheit, natürliche Schädlingskontrolle, Zersetzung von organischem Material, Nährstoffkreisläufe sowie die Veredelung landwirtschaftlicher Erzeugnisse durch Fermentation.

Die Charakterisierung von Mikrobiomen, die Identifikation von Schlüsselarten und das Verständnis ihrer Funktionen und Interaktionen bilden die Grundlage für die Entwicklung von Strategien für die gezielte Nutzung und Kontrolle der mikrobiellen Biodiversität. Mittels gezielter Beeinflussung der Mikrobiome (microbiome engineering) sollen die vielfältigen positiven Effekte des Einsatzes von Mikroorganismen in der Land- und Ernährungswirtschaft nutzbar gemacht werden. Damit können Erträge erhöht und gleichzeitig Dünger- und Pestizideinsatz reduziert werden, wodurch Böden und Umwelt geschont und die Nachhaltigkeit gestärkt werden. Bei Lebensmitteln können durch die Kontrolle des Mikrobioms die Fermentationsprozesse oder Haltbarmachung von Lebensmitteln beeinflusst und damit die Qualität, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit von landwirtschaftlichen Erzeugnissen verbessert werden.

## Ausgangslage und Hintergrund

Mikrobielle Gemeinschaften zeichnen sich durch eine sehr hohe Diversität aus und setzen sich oft aus Tausenden von Arten zusammen. Die meisten davon sind noch nicht beschrieben und nur von wenigen ist die Funktion bekannt. Mikroorganismen sind zentral beim Erbringen von Ökosystemdienstleistungen, z.B. in Nährstoffzyklen, biologischer Schädlingskontrolle, beim Pflanzenwachstum, in der Fermentation, bei Krankheiten und Antagonismus. Das Potenzial für den Einsatz in der Land- und Ernährungswirtschaft ist jedoch bei Weitem nicht ausgeschöpft. Die wichtigsten Stossrichtungen sind:

- Genetische Charakterisierung von Mikrobiomen: Die Diversität und viele spezifische Funktionen von Mikroorganismen sind weitgehend unbekannt und müssen genauer charakterisiert und erforscht werden.
- Identifikation repräsentativer Indikatorarten: Mikrobielle Arten, die für bestimmte Ökosystemzustände und -funktionen charakteristisch sind, können für die langfristige Überwachung des Zustandes des Ökosystems genutzt werden.
- Effiziente Methoden zur Isolierung und Charakterisierung von Mikroorganismen sind eine Voraussetzung für Projekte, bei welchen funktionelle Aspekte und Anwendungen im Vordergrund stehen. Die Entwicklung solcher Methoden und Tests ist eine wichtige Aufgabe der Forschung.
- Nutzung der funktionellen Interaktionen in der nachhaltigen Produktion: Mikrobielle Prozesse ermöglichen oder unterstützen die Reduktion des Einsatzes chemischer Produktionsmittel. Dies sowohl im Pflanzenschutz, in der Pflanzenernährung, in der Lebensmittelherstellung (z.B. Schutzkulturen) als auch in der Tierhaltung.
- Sicherheit entlang der Wertschöpfungskette: Die Mikrobiologie hat ein grosses, bisher nicht ausgeschöpftes Potenzial, die Sicherheit und Qualität (z.B. Ernährung, Genuss, oder Nachhaltigkeit) von Produkten zu verbessern, wenn optimierte und gut charakterisierte mikrobielle Prozesse verwendet werden. Parallel dazu kann die Sicherheit von Produkten erhöht werden, wenn man z.B. Pathogene frühzeitig erkennen und eliminieren kann.

## Schwerpunkte im Forschungsfeld

Das Forschungsfeld basiert stark auf den wissenschaftlichen Grundlagen, die im Rahmen des Agroscope Forschungsprogrammes Mikrobielle Biodiversität (AFP MikBioDiv) in der Periode 2014-17 aufgebaut wurden. Wichtige Kernkompetenzen in Metagenomik, Genomik, Transkriptomik, Proteomik, Metabolomik und die integrierte Bioinformatik und Datenanalyse werden weiter auf- und ausgebaut und im Rahmen der im Forschungsfeld eingebundenen Projekte angewendet.

## Wichtigste Forschungspartner und Kooperationen

- National:  
FGCZ (Functional Genomics Center Zurich), Universität Bern, HAFL Zollikofen, SIB (Swiss Institute of Bioinformatics), ETHZ inkl. GDZ (Genetic Diversity Centre Zurich)
- International:  
INRA (F), Universität Innsbruck (AUT), USDA Beltsville (USA), Genome Québec (CAN)

## Forschungsfragen

Das Forschungsfeld fokussiert auf fünf Forschungsthemen mit den folgenden elf Forschungsfragen:

### Mikrobielle Biodiversität des Bodens

- 8.1. Welchen Einfluss haben unterschiedliche Anbausysteme und Techniken auf die Zusammensetzung der Mikrobiome im Agrarökosystem?
- 8.2. Gibt es einzelne Arten oder Artengruppen, die sich als zuverlässige Indikatoren für die Bodenfruchtbarkeit eignen?
- 8.3. Kann man die Nachhaltigkeit und Selbstregulation des Bodens mittels gezielter Beeinflussung der Mikrobiome (boden- und pflanzenassoziiert) und einer Verbesserung deren Ökosystemfunktionen fördern?

### Gezielte Förderung nützlicher Eigenschaften der Mikrobiome

- 8.4. Was sind die Voraussetzungen dafür, dass nützliche Mikroorganismen gefördert bzw. eingesetzt werden können, die z.B. Pathogene, Krankheiten oder Schädlinge unterdrücken (Conservation biocontrol, gezielte Freilassungen, etc.), oder die Gesundheit von Menschen, Pflanzen und Tieren positiv beeinflussen?
- 8.5. Lassen sich Ertragssteigerungen und Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes erreichen?

### Neue Beziehungen und Funktionen

- 8.6. Welche bisher nicht genutzten Organismeninteraktionen in den Ökosystemen der Land- und Ernährungswirtschaft können gezielt zur Steigerung der Nachhaltigkeit, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette genutzt werden (z.B. Pathogene, Destruenten, Antagonisten, (Schutz)-Kulturen)?

### Charakterisierung und Erhalt der Biodiversität der Agroscope-Stammsammlungen

- 8.7. Wie sind die Genome der mikrobiellen Stammsammlungen von Agroscope charakterisiert? Welche Biodiversität weisen sie auf und wie Schweiz-typisch sind diese?
- 8.8. Welche Potenziale eröffnen sich aus der Kenntnis ihrer Eigenschaften zur Verbesserung der Produktqualität, der Lebensmittelsicherheit und der Gesundheit?
- 8.9. Wie können die Stammsammlungen am effizientesten erhalten bleiben?

### Charakterisierung ausgewählter fermentierter Lebensmittel als gesamte Ökosysteme

- 8.10. Welche Arten bzw. Artengruppen können gezielt für die Steigerung der Qualität, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Erzeugnisse (z.B. Rohmilchkäse) eingesetzt werden?
- 8.11. Wie kann die Ernährungsqualität (Bioverfügbarkeit, Stoffwechsel) von Lebensmitteln durch Fermentation erhöht werden?

## Projekte des SFF 8

### Mikrobiome für die Land- und Ernährungswirtschaft erforschen, verstehen und nutzbar machen

<b>MicroScope</b> 22.08.13.07.01	<b>Acquisition, maintenance, characterization, long-term conservation, and supply of Agroscope microbial resources for applied and fundamental research</b>
<b>MolMikOek</b> 22.08.13.10.01	<b>Molekulare mikrobielle Ökologie in landwirtschaftlichen Systemen</b>
<b>MikrobielleGenomik</b> 22.08.13.10.02	<b>Bioinformatische Methoden zur Nutzung der funktionell relevantesten Stämme/Isolate aus Mikrobiomen in der Land- und Ernährungswirtschaft</b>
<b>Cheese microbes</b> 22.08.18.03.05	<b>Microbiomes de la morge, du fromage et des fromageries d'alpages – d'une approche systémique vers une compréhension fine des voies métaboliques</b>

Projekt	<b>MicroScope / 22.08.13.07.01</b>
Titel	<b>Acquisition, maintenance, characterization, long-term conservation, and supply of Agroscope microbial resources for applied and fundamental research</b>
Titel Englisch	<b>Acquisition, Maintenance, Characterisation, Long-Term Conservation and Supply of Agroscope Microbial Resources for Applied and Fundamental Research</b>
Projektleitung	Noam Shani
Zusammenfassung	<p>Agroscope's microbial collections comprise bacteria, yeasts, fungi, viruses, phytoplasm and algae. Since their creation, Agroscope has acquired thousands of isolates from environments as diverse as fermented foods, milk and milk products, soil, plants, insects, animals, and humans. The conservation and curation of this unique heritage of the Swiss microbial biodiversity, with some strains isolated from vanished habitats, finds many daily applications in a large variety of fundamental and applied research projects paving the way to an agriculture in line with the values of agroecology. In this sense, these microbial resources represent the foundation of many current and future projects at Agroscope. It is therefore fundamental to thoroughly curate, characterize and preserve them on the long run, as well as to make them available to the research, together with reliable, accurate, and manageable information.</p>

Projekt	<b>MolMikOek / 22.08.13.10.01</b>
Titel	<b>Molekulare mikrobielle Ökologie in landwirtschaftlichen Systemen</b>
Titel Englisch	<b>Molecular Microbial Ecology in Agricultural Systems</b>
Projektleitung	Jürg Enkerli
Zusammenfassung	<p>Mikroorganismen spielen eine fundamentale funktionelle Rolle in vielen Ökosystemen und Habitaten. Sie sind wichtig als Pathogene, Pflanzensymbionten, Primärzersetzer und Nährstofflieferanten. Neue molekulargenetische Analysen erlauben es ihre Diversität und Funktion zu studieren. Dieser Ansatz wird angewendet, um ihre Rolle in land- und ernährungswirtschaftlichen Systemen zu untersuchen und positive Eigenschaften (z.B. Biocontrol, Pflanzenernährung, Bodenstruktur, Nahrungs- und Genussmittelqualität) zu fördern sowie negative Eigenschaften (z.B. Krankheitserreger, Klimagasproduktion, Antibiotikaresistenzträger) zu unterdrücken. Identifizierte und charakterisierte Mikroorganismen können auch als Indikatoren der Habitat-Qualität entwickelt und genutzt werden, wodurch ein Mehrwert für Produzenten und Konsumenten entsteht.</p>

Projekt	<b>Mikrobielle Genomik</b> / 22.08.13.10.02
Titel	<b>Bioinformatische Methoden zur Nutzung der funktionell relevantesten Stämme/Isolate aus Mikrobiomen in der Land- und Ernährungswirtschaft</b>
Titel Englisch	<b>Development and Application of Bioinformatic Analysis Methods for the Use of Relevant Microbiome Isolates in Agriculture and Nutrition</b>
Projektleitung	Christian Ahrens
Zusammenfassung	<p>Die mikrobielle Biodiversität hat eine fundamentale Bedeutung für die Funktion von Ökosystemen. Mikrobiome, also die Gesamtheit der Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Archaeen, Viren), können z.B. Pflanzen- und Tiergesundheit unterstützen, natürliche Schädlingskontrolle verbessern, Nährstoffkreisläufe beschleunigen, oder die Veredelung landwirtschaftlicher Erzeugnisse durch Fermentation ermöglichen.</p> <p>Zur umfassenden Beschreibung, zur Aufklärung von Wirkmechanismen und zur gezielten Nutzung von Mikrobiomen oder einzelner Mikroorganismen im Sinne einer integrierten Produktion sind Kompetenzen der bioinformatischen Datenanalyse und -integration essentiell. Dies umfasst die Prozessierung, Analyse und Integration von Metagenom-, Genom-, Expressions- und weiteren Functional Genomicsdaten, die in diesem Projekt erarbeitet werden.</p>

Projekt	<b>Cheese microbes</b> / 22.08.18.03.05
Titel	<b>Microbiomes de la morge, du fromage et des fromageries d'alpages – d'une approche systémique vers une compréhension fine des voies métaboliques</b>
Titel Englisch	<b>Microbiota in cheese, cheese smear, and alpine dairies</b>
Projektleitung	Hélène Berthoud & Remo Schmidt
Zusammenfassung	<p>En collaboration étroite avec la branche fromagère, de nouvelles données seront générées par la caractérisation d'écosystèmes d'intérêt, allant de la morge, ce biofilm de microorganismes qui couvre une grande partie des fromages suisse, jusqu'à l'étude de la biodiversité dans les fromageries d'alpages. Un focus sera mis sur une sélection de bactéries influençant la qualité du fromage par la production de vitamines, d'arômes, de pigments, ou encore celles responsables de défauts. Il s'agira de quantifier leur présence dans le fromage, de reproduire leurs caractéristiques par une inoculation ciblée de fromages d'essais, et d'investiguer les voies métaboliques utilisées par ces bactéries grâce à des outils de biologie moléculaires et biochimiques de dernière génération.</p>