



Die Mikroorganismen- Sammlungen von Agroscope

Schätze der unsichtbaren Biodiversität

Autorinnen und Autoren

Katia Gindro, Florian Freimoser, Alexandra Baumeayer,
Benjamin Dainat, Noam Shani



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Impressum

Herausgeber	Agroscope Rte de la Tioleyre 4, 1725 Posieux www.agroscope.ch
Auskünfte	Noam Shani
Download	Agroscop.ch/tranfer
Copyright	© Agroscope 2025
ISSN	2296-7206 (Print) ; 2296-7214 (Online)

Haftungsausschluss

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen, übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Einleitung	5
1.1 Biodiversität erhalten	5
1.2 Sammlungen von Mikroorganismen – Reservoir der Biodiversität	5
1.3 Mikrobielle Biodiversität erhalten und teilen	6
1.4 Wertvolle Daten	6
1.5 Im Zentrum der Forschung: die Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope	7
2 Die Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope	8
2.1 Bedeutung der Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope.....	8
2.2 Einige Beispiele von Mikroorganismen-Sammlungen	8
2.2.1 Mycoscope	8
2.2.2 Die Mikroalgen-Sammlung AlgoScope.....	9
2.2.3 Sammlung von Mikroorganismen aus fermentierten Lebensmitteln	11
2.2.4 Andere Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope	12
3 Schlussfolgerungen und Ausblick	13
4 Bibliografie	14

Zusammenfassung

Mikroorganismen spielen eine zentrale Rolle in biogeochemischen Kreisläufen und sind wichtige Akteure in allen Ökosystemen, insbesondere auch in der Landwirtschaft und im Lebensmittelsektor.

Sammlungen von Mikroorganismen nehmen bei der Erhaltung der biologischen Vielfalt eine Schlüsselposition ein. Bei Agroscope wurden im Laufe jahrzehntelanger Forschung mehrere solcher Sammlungen angelegt, die eine grosse Vielfalt an Mikroorganismen aus verschiedenen Umgebungen umfassen. Sie sind nicht nur ein wertvolles Erbe der Vielfalt der Mikroorganismen in der Schweiz, sondern auch eine unschätzbare Ressource für die aktuelle und künftige Forschung, die den Weg für die Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen ebnet.

Die taxonomisch und funktionell reichhaltigen Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope bilden ein Reservoir, das die mikrobielle Biodiversität in den landwirtschaftlichen Systemen und im Lebensmittelsektor der Schweiz bewahrt und für nationalen und internationalen Forschungsprojekte erschliesst. Diese Sammlungen sind jedoch noch wenig bekannt. Das für viele Forschungsprojekte unabdingbare biologische Material der Sammlungen ist das Ergebnis sorgfältiger Vorarbeiten mit Isolierung, Reinigung und Charakterisierung der Mikroorganismen-Stämme. Agroscope hat diesen Wert für die Forschung erkannt und Initiativen für eine bessere Pflege und Nutzung dieser Ressourcen lanciert. Zur Förderung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit werden die bisher dezentral verwalteten Sammlungen nun vernetzt.

Mit Blick auf die Zukunft der Sammlungen ist es wichtig, die Daten kontinuierlich zu aktualisieren, den digitalen Zugang zu vereinfachen und ihr Potenzial voll auszuschöpfen, damit sie einen möglichst grossen Beitrag zu Forschung und Innovation leisten können.

Einleitung

1.1 Biodiversität erhalten

«Wir sollten jedes Stückchen der biologischen Vielfalt erhalten, indem wir ihren unschätzbaren Wert anerkennen und gleichzeitig lernen, sie zu nutzen und zu verstehen, was sie für die Menschheit bedeutet.» (E. O. Wilson).

Die Biodiversität oder Vielfalt der Lebewesen ist eine grundlegende Voraussetzung für die Erhaltung und Stabilität von Ökosystemen und das Leben auf der Erde. Die Landwirtschaft kann zu tiefgreifenden Veränderungen in diesen Ökosystemen führen und die biologische Vielfalt erheblich beeinträchtigen. Eine Gefahr für die Vielfalt sind dabei homogene Kulturen auf grossen Flächen und der Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln. Umgekehrt ist die Landwirtschaft jedoch stark von der Biodiversität abhängig. Während die Vielfalt der Bestäuber den Anbau einer breiten Palette von Pflanzenarten ermöglicht, stellt die Vielfalt der Kulturpflanzen die Anpassung an Umweltveränderungen und gute Ernten sicher. Ausserdem trägt die Vielfalt der Tierarten und -rassen, die an unterschiedliche geografische Gegebenheiten angepasst sind, zur Produktion einer breiten Auswahl von Lebensmitteln bei. Die biologische Vielfalt ist für die Menschen von essentieller Bedeutung, weil sie die Grundlage für ihre Ernährung bildet.

Wenn wir über Biodiversität sprechen, haben wir meist das Bild einer Vielzahl von Tieren und Pflanzen vor Augen. Doch es gibt eine unsichtbare Biodiversität, die weit weniger bekannt, aber genauso wichtig oder sogar noch wichtiger ist: die Vielfalt der Mikroorganismen. Diese mikroskopisch kleinen Organismen spielen in allen Ökosystemen eine massgebliche Rolle. In der Landwirtschaft sind sie beispielsweise für die Bodenqualität, die Pflanzengesundheit und die Produktivität der Kulturen unerlässlich. Sie werden ausserdem im Rahmen von Prozessen wie Kompostierung oder Biogasproduktion, aber auch als Mittel zur biologischen Schädlingsbekämpfung gezielt genutzt.

In der Lebensmittelindustrie sind Mikroorganismen für viele Prozesse verantwortlich, deren Produkte wir täglich konsumieren, beispielsweise Joghurt, Käse, Wein, Bier, Kimchi oder Schokolade. Sie erschliessen durch fermentative Prozesse eine reiche Geschmacksvielfalt in unserer Ernährung. Andererseits können bestimmte Mikroorganismen auch schädliche Wirkungen haben und müssen manchmal aktiv bekämpft werden.

Mikroorganismen und ihre Vielfalt stehen im Zentrum unzähliger Anwendungen, die weit über den Bereich der Ernährung hinausgehen und für das Wohlergehen von Menschen, Tieren und Pflanzen unabdingbar sind.

1.2 Sammlungen von Mikroorganismen – Reservoir der Biodiversität

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) bezeichnet die Biodiversität als fundamental für die Landwirtschaft, die nachhaltige Produktion von Lebensmitteln und die Ernährungssicherheit (<https://www.fao.org/biodiversity/overview/fr/>). Aus den internationalen Bestrebungen zum Erhalt der Biodiversität resultierte das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD), das 1992 an der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro verabschiedet und auch von der Schweiz unterzeichnet wurde. Das CBD fordert die Vertragsparteien nachdrücklich auf, die erforderlichen Massnahmen zu ergreifen, um die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt sicherzustellen (Art. 6). Dazu gehört auch die Förderung der *ex-situ*-Erhaltung von biologischen Ressourcen (Art. 9). Die *ex-situ*-Aufbewahrung von Mikroorganismen erfolgt in der Regel in Zentren für biologische Ressourcen, die als «Sammlungen» bezeichnet werden.

Die Hauptaufgabe von Mikroorganismen-Sammlungen besteht darin, einen Teil der mikrobiellen Biodiversität zu sammeln, zu erhalten, zu charakterisieren und der wissenschaftlichen Forschung zur Verfügung zu stellen. Obwohl diese Vielfalt ausserordentlich gross ist, weil Mikroorganismen im Laufe ihrer Evolution unzählige ökologische Nischen besiedelt haben, ist sie fragiler, als es zu erwarten wäre. Denn

das Verschwinden und die tiefgreifende Veränderung von Habitaten können eine drastische Verringerung mikrobieller Populationen oder sogar ihr Aussterben zur Folge haben (Weinbauer & Rassoulzagan, 2007). Durch das Aussterben von Arten gehen auch entsprechende biologische Funktionen verloren, die als Ergebnis einer Entwicklung über Millionen oder sogar Milliarden von Jahren entstanden. Durch die vom Menschen verursachten Umweltveränderungen ist nicht nur die Vielfalt von Tieren und Pflanzen, sondern auch die mikrobielle Biodiversität bedroht. So geht eine 2018 veröffentlichte Studie davon aus, dass die Mehrheit der Bakterien, die jemals auf der Erde existierten, ausgestorben ist (Louca et al., 2018). In diesem Zusammenhang sind Sammlungen von Mikroorganismen als ein wesentliches Instrument zur Erhaltung der mikrobiellen Biodiversität und der damit zusammenhängenden biologischen Funktionen anzusehen.

1.3 Mikrobielle Biodiversität erhalten und teilen

Der Zugang zu hochwertigen mikrobiologischen Ressourcen und den damit verbundenen Informationen ist sowohl für die Grundlagenforschung und die angewandte Forschung als auch für die Biotech-Industrie von grösster Bedeutung. So wird von Sammlungen erwartet, dass sie biologisches Material bereitstellen, das für die Forschung, aber auch für unzählige Anwendungen unerlässlich ist, und dass dieses Material von bestmöglicher Qualität ist. Vor allem sollen sie die langfristige Lebensfähigkeit von Mikroorganismen sicherstellen, aber auch eine Gendrift verringern, d. h. zufällige Veränderungen der genetischen Eigenschaften des Organismus im Laufe der Zeit. Um diesen beiden Anforderungen gerecht zu werden, empfiehlt die World Federation for Culture Collections (WFCC) die gleichzeitige Anwendung von jeweils zwei verschiedenen Konservierungsmethoden. Mindestens eine davon, zum Beispiel die Kryokonservierung bei extrem niedrigen Temperaturen oder die Gefriertrocknung, sollte die Stabilität des genetischen Materials langfristig sicherstellen. Die Art der Konservierung muss jedoch auf den betreffenden Mikroorganismus abgestimmt werden, da gewisse Mikroorganismen empfindlich auf die herkömmlichen Methoden reagieren. In diesem Fall müssen alternative Konservierungsmethoden zur langfristigen Erhaltung dieser Mikroorganismen entwickelt werden, wie die Kultivierung lebender Stämme in einer dynamischen Sammlung in minimalen Nährmedien. Durch die dazu erforderliche häufige Subkultivierung ist diese Art der Aufbewahrung zeitintensiv und je nach Anzahl der aufzubewahrenden Proben mit einem grossen Aufwand verbunden. Ausserdem erzeugt diese Methode Verzerrungen, beispielsweise eine allmähliche Veränderung der Eigenschaften bestimmter Stämme im Laufe der Kultivierungen (z. B. allmähliche Abnahme der Pathogenität). Dieses Problem kann manchmal umgangen werden, indem man diese Stämme auf reichen Nährmedien oder auf einer Wirtspflanze kultiviert.

Die Verwendung von Mikroorganismen fällt unter die Bestimmungen des Nagoya-Protokolls, ein 2010 verabschiedetes internationales Übereinkommen. Dieses soll sicherstellen, dass die mit genetischen Ressourcen erzielten Gewinne gerecht aufgeteilt werden zwischen den Ursprungsländern und den Ländern, die die Ressourcen nutzen. Sammlungen von Mikroorganismen müssen diese Bestimmungen einhalten, was unter anderem bedeutet, dass die Herkunft der darin enthaltenen Mikroorganismen und ihre mögliche Verwendung sorgfältig zu dokumentieren sind. Ausserdem muss auch die Bereitstellung dieser Ressourcen geregelt werden, oft durch die Unterzeichnung einer Transfervereinbarung, in der die Nutzungsmodalitäten und die Bedingungen für den Vorteilsausgleich festgelegt werden.

1.4 Wertvolle Daten

Eine weitere Funktion der Sammlungen besteht darin, zu gewährleisten, dass die zur Verfügung gestellten Mikroorganismen bestimmte minimale Anforderungen erfüllen. Es müssen Informationen über das Herkunftshabitat der Isolate verfügbar sein, der Grad der Reinheit muss bekannt und ihre Identität verifiziert sein. Dazu müssen die Betreibenden der Sammlungen vielfältige Kompetenzen entwickeln, insbesondere für die Charakterisierung und taxonomische Zuordnung von Mikroorganismen sowie für die Datenbankverwaltung. Heute wird immer häufiger eine vollständige Sequenzierung des Genoms mikrobiologischer Ressourcen vorgenommen. Dadurch stehen nicht nur die notwendigen Informationen für die Identifizierung bereit, sondern es sind auch viele weitere Hinweise verfügbar, zum Beispiel zum metabolischen Potenzial.

Die Daten zu den mikrobiellen Ressourcen müssen bewertet, sortiert, formatiert, in Datenbanken erfasst und der Forschung zur Verfügung gestellt werden. Im Gegenzug generiert die Forschung mit diesen Mikroorganismen neues Wissen, das in die Datenbanken zurückgespielt werden kann, insbesondere wenn die Sammlungen Forschungseinrichtungen angegliedert sind. Diese gesammelten Daten sind für die Forschung wertvoll, da sie oft das Ergebnis langer Studien und zahlreicher Experimente sind. Einige Sammlungen stellen ihre Informationen über öffentlich zugängliche Datenbanken zur Verfügung, während andere den Zugang zu ihren Datenbanken auf Partnerinstitutionen beschränken.

Sammlungen von Mikroorganismen spielen auch im Bereich der Taxonomie eine Schlüsselrolle. Durch Aktivitäten zur Charakterisierung, Klassifizierung und Identifizierung der von ihnen aufbewahrten mikrobiellen Ressourcen entwickeln sie wertvolle Fachkompetenzen im Bereich der Taxonomie von Mikroorganismen. Mit diesem Fachwissen sind sie ideal positioniert, um Revisionen und Aktualisierungen in diesem Bereich vorzuschlagen und so zur Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnisse beizutragen. Ausserdem beteiligen sich diese Sammlungen aktiv an der Identifizierung und Beschreibung neuer Arten und bereichern so unser Verständnis der mikrobiellen Biodiversität.

1.5 Im Zentrum der Forschung: die Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope

Wegen ihrer unverzichtbaren Rolle in Ökosystemen nehmen Mikroorganismen in vielen Forschungsthemen von Agroscope eine zentrale Stellung ein. Im Laufe der Zeit und im Rahmen zahlreicher Projekte haben verschiedene Forschungsgruppen auf Initiative einzelner Forschender eine Vielzahl von Mikroorganismen aus unterschiedlichen Agrar- und Lebensmittelsystemen gesammelt und konserviert und so mehrere unabhängige Sammlungen aufgebaut, die sich vielfältigen Forschungsthemen widmen. Agroscope hat den Wert dieser Sammlungen für ihre Forschungstätigkeiten schon früh erkannt und diese Bemühungen unterstützt. Heute beherbergen die Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope eine grosse taxonomische und funktionelle Vielfalt und stellen ein unschätzbare Erbe der mikrobiellen Biodiversität der Schweizer Agrar- und Lebensmittelsysteme dar. Sie sind nicht immer ein sichtbarer Teil der Forschung, aber unverzichtbar für den Erfolg vieler Projekte von Agroscope.

In diesem Artikel werden wir einige der aussergewöhnlichen Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope beleuchten und ihre unglaubliche Vielfalt sowie wichtige Anwendungen aufzeigen. Wir zeigen auf, weshalb die Erhaltung und Pflege dieser Ressourcen für zukünftige Generationen von Forschenden essentiell ist und bestärken gleichzeitig das Engagement von Agroscope in dieser Mission. Im Folgenden erfahren Sie, wie diese Sammlungen den Weg für wissenschaftliche Durchbrüche und wegweisende Innovationen ebnen.

2 Die Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope

2.1 Bedeutung der Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope

Die Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope sind ein grundlegender Pfeiler für die wissenschaftliche Forschung, die Lebensmittelsicherheit, die öffentliche Gesundheit und die nachhaltige Landwirtschaft und tragen so zu einer gesunden Zukunft und zum Wohlstand bei. Wichtig sind sie aus mehreren Gründen:

Erhaltung der mikrobiellen Biodiversität: Neben den für die Forschung unerlässlichen Referenzstämmen bewahren die Sammlungen langfristig eine grosse Vielfalt an Mikroorganismen-Stämmen aus dem Schweizer Agrar- und Lebensmittelsektor. Sie bilden somit ein genetisches Reservoir von unschätzbarem Wert. Durch die Bewahrung historischer und seltener Isolate ermöglichen sie es unter anderem, die Evolution von Mikroorganismen nachzuvollziehen, ihre Rolle in Ökosystemen zu verstehen und Lösungen für künftige Herausforderungen zu finden.

Ressourcen für Forschung und Entwicklung: Die gesammelten Mikroorganismen stellen eine wertvolle Ressource für die Forschung dar und ermöglichen Studien über mikrobielle Interaktionen und die Genetik. Sie finden auch zahlreiche biotechnologische Anwendungen. Die Sammlungen sind daher fundamental für die wissenschaftliche Forschung und Innovation in verschiedenen Bereichen wie Landwirtschaft, Medizin und Lebensmittelindustrie. Die Forschenden verwenden die Stämme aus den Sammlungen auch als Referenz, um eigene Studien mit bereits veröffentlichten wissenschaftlichen Artikeln zu vergleichen.

Ernährungssicherheit, öffentliche Gesundheit und nachhaltige Landwirtschaft

Durch die Aufbewahrung von nützlichen ebenso wie von pathogenen Stämmen spielen die Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope eine wesentliche Rolle für die Lebensmittelsicherheit und die öffentliche Gesundheit. Diese Ressourcen sind unabdingbare Werkzeuge für die Entwicklung von Methoden zur Krankheitsbekämpfung, die Verbesserung landwirtschaftlicher Praktiken und die Gewährleistung einer sicheren Ernährung. Gleichzeitig leisten sie einen bedeutenden Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft, indem sie die Bodenfruchtbarkeit, die Stickstofffixierung, den Abbau organischer Stoffe und den Schutz der Pflanzen vor Krankheitserregern unterstützen. Mit den Sammlungen erleichtert Agroscope die Identifizierung und den Einsatz nützlicher Stämme und treibt damit die Entwicklung hin zu einer umweltfreundlicheren und produktiveren Landwirtschaft voran.

Die nachfolgenden Beispiele aus den verschiedenen Sammlungen von Agroscope veranschaulichen die oben genannten Punkte.

2.2 Einige Beispiele von Mikroorganismen-Sammlungen

2.2.1 Mycoscope

Über einen Zeitraum von mehr als fünfzig Jahren hat die Mykologiegruppe von Agroscope eine umfangreiche Sammlung von Pilzen – von Fadenpilzen bis hin zu Hefepilzen – aufgebaut und gepflegt. Heute umfasst diese Sammlung fast 4400 Stämme. Die Gruppe verfügt über eine umfassende Expertise in der Isolierung und Reinigung von Pilzstämmen aus einer Vielzahl von Substraten. Dazu gehören vor allem phytopathogene Pilze (insbesondere solche, die Kulturpflanzen befallen), Arten zur biologischen Schädlingsbekämpfung sowie Endophyten und Saprophyten.

Diese Umweltstämme stammen aus vielfältigen Quellen: Luft, Süss- und Regenwasser, Alltagsmaterialien, Seesedimente, extreme und verschmutzte Umgebungen, Wälder, Kompost, Lebensmittel und sogar aus der Stratosphäre.

Die Stämme werden durch DNA-Sequenzierung genau identifiziert und es werden regelmässig neue Stämme in die mykologische Sammlung aufgenommen. Diese Sammlung ist ein Schlüsselindikator für die Pilzbiodiversität in der Schweiz, insbesondere für phytopathogene Pilze, und hat sich als unverzichtbares Werkzeug für die Forschung etabliert. Ursprünglich war diese Mykothek dem Studium von

phytopathogenen Pilzen und von Wirt-Pathogen-Interaktionen gewidmet. Inzwischen bildet sie das Herzstück vieler weiterer Forschungsprojekte und ist zu einem Dreh- und Angelpunkt verschiedenster wissenschaftlicher Untersuchungen geworden.

Sie wird umfassend genutzt, um nach neuen natürlichen chemischen Verbindungen wie Fungiziden und Medikamenten (Antibiotika, Antikrebsmittel), Aromen und Farbstoffen zu suchen und um Mittel zur biologischen Bekämpfung von Pflanzenpathogenen zu entwickeln. Isolate aus der Luft und anderen Umgebungen werden in Zusammenarbeit mit Universitätskliniken auf eine mögliche Verwendung für Projekte mit Allergien und anderen Gesundheitsproblemen oder auf die Nutzung für die biologische Schädlingsbekämpfung geprüft.

Die grosse Vielfalt der verfügbaren Stämme innerhalb der einzelnen Arten ermöglicht Studien zur Evolution der Arten mit Hilfe von molekularen Phylogenie-Analysen. Mit manchmal mehr als 50 Isolaten zu einer Art, die aus verschiedenen Substraten stammen und die sich bezüglich enzymatischer Aktivitäten, Resistenzen oder morphologischer Merkmale unterscheiden, eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten für Studien, welche Metabolomik, Genomik und Transkriptomik vereinen. Im Laufe der Jahre ist Mycoscope zu einem wichtigen Pfeiler der Pilzvielfalt in der Schweiz und zu einem unverzichtbaren Werkzeug für die Forschung geworden. Die Sammlung wird unterstützt vom Schweizerischen Nationalfonds, von öffentlichen Institutionen sowie von privaten Partnern in der Schweiz und auf internationaler Ebene. Die Forschungsgruppe Mykologie von Agroscope hat die interaktive Datenbank www.mycoscope.ch ins Leben gerufen, um die Stämme zugänglich zu machen und den wissenschaftlichen Austausch auf nationaler und internationaler Ebene zu fördern. Die Benutzer können dort nach Arten, bestimmten DNA-Sequenzen und Bildern von Kulturen suchen.

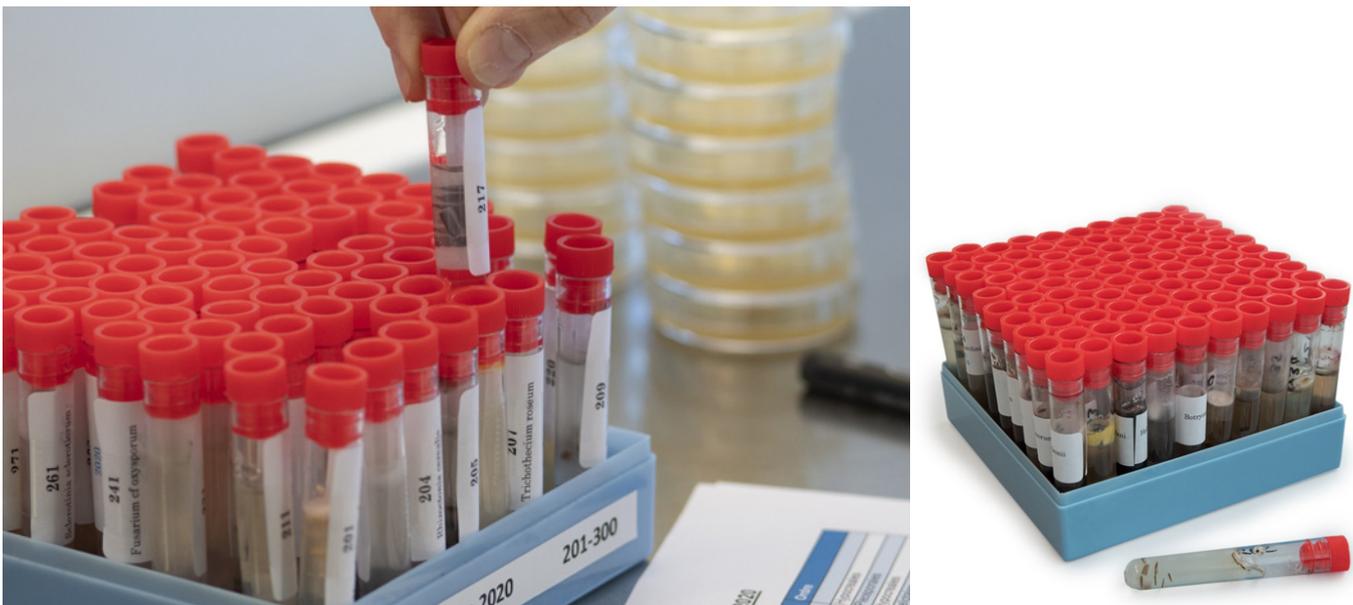


Abbildung 1: Die 4400 Pilzstämme der Mykotheek werden in Mikroröhrchen mit einer Kartoffelextrakt-Lösung bei einer Temperatur von 4 °C in Schachteln zu jeweils 100 Röhrchen aufbewahrt.

2.2.2 Die Mikroalgen-Sammlung AlgoScope

Die Mikroalgensammlung AlgoScope ist eine junge Sammlung, die 2022 im Zusammenhang mit dem Projekt Algafeed entstand. Im Rahmen dieses Projekts wird nach geeigneten einheimischen Mikroalgen als alternative Proteinquelle zu Soja für die Tierernährung gesucht.

Die Zahl der existierenden Mikroalgenarten wird auf etwa 176'000 geschätzt (Guiry & Guiry, 2024), aber nur ein Bruchteil (etwa 30'000) wird derzeit erforscht und genutzt (Lucakoca et al., 2022). Weltweit werden Mikroalgen bereits in zahlreichen Anwendungen eingesetzt, insbesondere wegen ihres hohen Nährstoffgehalts. Sie dienen als Nährstoffquelle für Nahrungs- und Futtermittel und können auch eine wichtige Rolle bei der Bioremediation (Abwasserbehandlung, Entgiftung kontaminierter Böden, Schadstoffbeseitigung in Wasser und Luft), als Biokraftstoffe oder in der Kosmetik- und Pharmaindustrie spielen.

Die in der Schweiz heimischen Mikroalgen sind noch relativ wenig erforscht, obwohl sie – meist unauffällig – fast überall in der Natur auftreten, sobald Feuchtigkeit und Licht vorhanden sind. Da Mikroalgen unter den klimatischen Bedingungen in der Schweiz gut wachsen und überdauern können, scheint ihre Nutzung als proteinreiche Futterquelle für Nutztiere aussichtsreich, und es wurde beschlossen, sie systematisch zu isolieren, zu konservieren und zu erforschen.

Es werden deshalb über das Jahr verteilt gezielte Kampagnen zur Isolierung lanciert. Die Suche konzentriert sich insbesondere auf landwirtschaftliche Umgebungen in der Nähe von Tieren oder auf Düngemittel für Kulturen, da diese das Wachstum von Mikroalgen begünstigen, die besonders reich an Nährstoffen sind und die damit für die Tierernährung interessant sind.

Dabei werden die Entnahmestellen und die dort herrschenden Bedingungen erfasst, die Mikroalgen aus den Proben isoliert und robuste und leicht kultivierbare Stämme beschrieben, sequenziert und in einer dynamischen Sammlung (mit Agarplatten) und längerfristig in gefrorener Form aufbewahrt.

Ausgewählte Stämme werden zusätzlich durch die Analyse ihrer biochemischen Zusammensetzung unter Standardkulturbedingungen charakterisiert. Wenn die Stämme bei der Kultivierung im Labor ein biotechnologisches Potenzial zeigen, wird dieses ebenfalls beschrieben. Anschliessend werden diese Stämme in Prozesse zur Entwicklung von Mikroalgenkulturen integriert.

Ziel der AlgoScope-Sammlung ist es, Stämme für die Entwicklung biotechnologischer Produkte bereitzustellen, wobei der Fokus gegenwärtig zwar auf der Nutzung für die Tierernährung liegt, dabei aber auch eine zukünftige Ausdehnung auf andere Anwendungsbereiche offenbleiben soll, wie etwa Bioremediation, Biokraftstoffe, Bekämpfung von Pilzkrankheiten und Unterstützung des Pflanzenwachstums.

Es ist geplant, jeweils das ganze Genom der konservierten Stämme zu sequenzieren. Dies sollte den Weg dafür ebnet, das Potenzial von Mikroalgenstämmen für mögliche biotechnologische Anwendungen aus dem Genom abzuleiten. Beispielsweise könnten bestimmte Stämme die Fähigkeit haben, die intraenterale Methanbildung bei Wiederkäuern zu reduzieren und so zur Verringerung der Treibhausgase beitragen. Eben der Aufbewahrung von Referenzstämmen aus verschiedenen Mikroalgensammlungen zu Vergleichszwecken bietet AlgoScope als erste Sammlung auch einen Überblick über die Biodiversität der Mikroalgen in der Schweiz. 



Abbildung 2: Die Mikroalgenstämmen der AlgoScope-Sammlung werden isoliert, gereinigt und aufbewahrt (im Bild oben auf Agarplatten), und je nach ihrem Potenzial biotechnologischen Anwendungen zugeführt (untere Bilder).

2.2.3 Sammlung von Mikroorganismen aus fermentierten Lebensmitteln

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts erlebte die Erforschung von Mikroorganismen in Milch und Milchprodukten unter der Leitung führender Mikrobiologen wie Sigurd Orla-Jensen und Eduard von Freudenreich an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM) in Liebefeld (BE) eine Glanzzeit. Ursprünglich wurde in erster Linie die Rolle der Bakterien bei der Milchsäure- und Propionsäuregärung während der Käseherstellung untersucht, doch im Laufe des 20. Jahrhunderts wurde die Forschung immer vielfältiger und etwa ausgeweitet auf die Untersuchung der mikrobiologischen Ursachen von Käsefehlern, die Bekämpfung von Krankheitserregern oder die Entwicklung und Verwendung von Starterkulturen zur Verbesserung und Standardisierung der Käsequalität.

Im Rahmen dieser Arbeiten wurden Mikroorganismen isoliert und aufbewahrt, wobei verschiedene Sammlungen entstanden, die schliesslich 2001 in eine einzige Sammlung zusammengeführt wurden. Anfang der 2020er Jahre wurde die Sammlung um Hefen aus Weinreben erweitert, die in der Weinforschung eingesetzt werden.

Aufgrund ihres historischen Hintergrunds enthält die Sammlung hauptsächlich Milchsäure- und Propionsäurebakterien aus fermentierten Milchprodukten. So wird in der Sammlung mit rund 13'000 Isolaten aus den meisten Schweizer Käsesorten oder aus verwandten Produkten (Milch, Molke, Fettsirtenkulturen) eine grosse Vielfalt an Arten abgedeckt. Hinzu kommen Isolate aus anderen fermentierten Lebensmitteln (wie Fleisch oder fermentierte pflanzliche Produkte), eine Sammlung von Bakteriophagen, die bereits erwähnte Sammlung von Weinhefen sowie Referenzstämme aus internationalen Sammlungen.

Die Stämme der Sammlung finden sehr unterschiedliche Anwendungen, von der Erforschung spezifischer Stoffwechselwege bis zur Entwicklung von Fermentationskulturen für die Käseindustrie. Sie werden auch eingesetzt in Studien zur Rolle von Mikroorganismen für die Käsequalität, zur Entwicklung fermentierter pflanzlicher Lebensmittel und zur Entwicklung von Schutzkulturen zur Hemmung des Wachstums unerwünschter Mikroorganismen. Die Käsekulturen, die den Erfolg vieler Schweizer Käsereien sicherstellen, enthalten Isolate aus der Sammlung. Sie werden von der Liebefeld Kulturen AG (<https://www.liebefeld-kulturen.ch/>) vermarktet, die sich auch an der Pflege der Sammlung sowie an der Erforschung und Entwicklung neuer Kulturen beteiligt.

Die Sammlung von Bakteriophagen (Viren, die Bakterien infizieren) wird hingegen hauptsächlich dazu verwendet, Strategien zu entwickeln, mit denen der unerwünschte Einfluss dieser Organismen in Käsereien verringert werden kann.

Die Sammlung muss kontinuierlich gepflegt werden, damit qualitativ hochwertiges biologisches Material für Forschungs- und Entwicklungsprojekte bereit gestellt werden kann: Die Reinheit der Stämme muss gewährleistet sein, ihre Identität muss mit modernen Methoden bestätigt werden und ihr langfristiges Überleben muss durch eine geeignete und sichere Aufbewahrung sichergestellt werden. Die wichtigsten Informationen über die Stämme – zum Beispiel Herkunft oder Datum der Isolierung, bestimmte Eigenschaften oder das Genom – werden in Datenbanken erfasst, die von Forschenden durchsucht werden können. Für die Verwendung in der Forschung werden ausserdem ständig neue Stämme isoliert und neue Arten beschrieben.

Neben dem sehr konkreten Nutzen der Sammlung für Forschung und Entwicklung sollte eine weitere wichtige Funktion nicht übersehen werden: die Erhaltung der Biodiversität der Mikroorganismen in der Schweizer Käsebranche. Während des 20. Jahrhunderts schlossen leider viele Schweizer Käsereien ihre Tore. Vor der Einführung der kommerziellen Starterkulturen hatte jede Käserei auf traditionelle Weise ihre eigenen Kulturen entwickelt. Diese waren das Ergebnis der sorgfältigen Auswahl von Stämmen, die sich am besten für die Herstellung der spezifischen Käsesorten eigneten, über Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte. Das Verschwinden der Käsereien hätte somit zum unwiederbringlichen Verlust ihrer Kulturen mit einzigartigen Stämmen geführt. Da während des ganzen 20. Jahrhunderts immer wieder Kampagnen zur Entnahme von Proben entsprechender Kulturen in der ganzen Schweiz und für alle Arten von Käse lanciert wurden, konnte glücklicherweise ein Teil dieser Biodiversität erhalten werden. Diese

Proben wurden in die Sammlung von Mikroorganismen aus fermentierten Lebensmitteln aufgenommen, die gemeinsames Eigentum von Agroscope und der Branche ist.

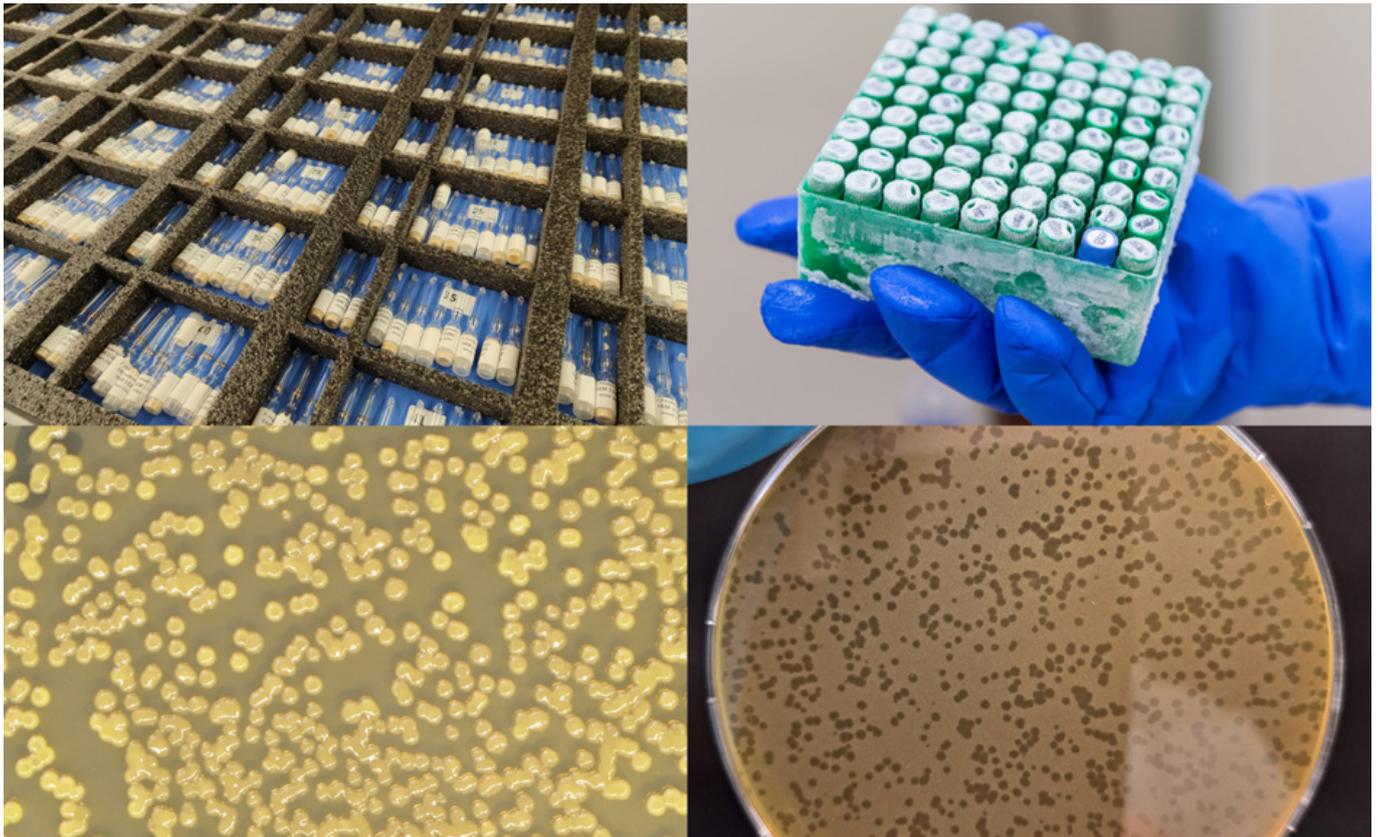


Abbildung 3: Oben: Die Mikroorganismen der Sammlung von Mikroorganismen aus fermentierten Lebensmitteln werden gefriergetrocknet (links) oder bei $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ eingefroren (rechts). Unten: Kolonien von *Brevibacterium aurantiacum*, einem auf der Käseoberfläche wachsenden Bakterium (links). Plaques (Löcher im Bakterienrasen), die durch die Infektion des Milchsäurebakteriums mit einem Bakteriophagen verursacht wurden (rechts).

2.2.4 Andere Mikroorganismen-Sammlungen von Agroscope

Diese Reise durch die Sammlungen wäre unvollständig ohne Hinweis darauf, dass Agroscope noch viele weitere mikrobiologische Schätze pflegt. Die oben aufgeführten Beispiele sind nur eine Auswahl der gesammelten Ressourcen. Genauso erwähnenswert sind etwa die Sammlung entomopathogener Pilze für die Forschung im Bereich der biologischen Schädlingsbekämpfung oder die Sammlungen von pathogenen Bakterien der Honigbiene und von humanpathogenen Bakterien einschliesslich antibiotikaresistenter Stämme. Ebenfalls von grossem Interesse sind die Sammlungen der Erreger von Pflanzenkrankheiten: phytopathogene Pilze, Viren und Bakterien. Besondere Aufmerksamkeit verdient schliesslich auch die Sammlung von Bodenmikroorganismen und von Bakterien und Pilzen, die mit Pflanzen Wurzelsymbiosen eingehen, zu der auch die wertvolle Schweizer Sammlung von arbuskulären Mykorrhizapilzen gehört.

3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Sammlungen von Mikroorganismen sind ein wesentlicher Pfeiler für die Erhaltung der Biodiversität im Sinne des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD), zu deren Förderung sich die Unterzeichnerstaaten, darunter auch die Schweiz, verpflichtet haben. Bei Agroscope sind im Laufe der Jahrzehnte mehrere Mikroorganismen-Sammlungen entstanden, die aus zahlreichen Sammlungen im Zusammenhang mit Forschungsprojekten resultierten. Sie sind von unschätzbarem Wert für die wissenschaftliche Forschung und die Entwicklung neuer Produkte. Die gesammelten Mikroorganismen decken eine grosse funktionelle Vielfalt ab und spielen eine Schlüsselrolle in vielen von Agroscope durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Obwohl sich ihr biologisches Potenzial nicht genau bemessen lässt, stellen diese Sammlungen mit ihren unzähligen Isolaten und ihrer grossen taxonomischen Vielfalt eine enorme Ressource für künftige Forschungsarbeiten dar.

Trotz ihrer zentralen Bedeutung erhalten die Mikroorganismen-Sammlungen oft nicht die ihnen eigentlich zustehende Beachtung. Bei der Publikation von Forschungsergebnissen wird das verwendete biologische Material oft nur am Rand erwähnt. Der Nutzung des biologischen Materials gehen jedoch aufwändige Arbeiten voraus. Hinter jedem vielversprechenden Mikroorganismenstamm mit den gewünschten Eigenschaften stehen Hunderte oder gar Tausende getesteter Stämme. Jeder Stamm muss isoliert, gereinigt, identifiziert, charakterisiert, aufbewahrt und unterhalten werden, bevor er verwendet werden kann.

Agroscope ist sich der zentralen Bedeutung der Sammlungen bewusst und hat ein Programm zur Gewährleistung der langfristigen Pflege und Nutzung entwickelt. Die früher dezentralisierten Sammlungen wurden zusammengeführt und ihre Sichtbarkeit wird nun sowohl innerhalb als auch ausserhalb von Agroscope gefördert, was die Zusammenarbeit und den Austausch zwischen den Forschenden begünstigt.

Für die Zukunft dieser Sammlungen entscheidend sind drei Stossrichtungen: die ständige Erweiterung der Daten über Mikroorganismen, die digitale Zugänglichkeit der Daten und die Integration in internationale Netzwerke für den Austausch. Wenn wir diesen Weg konsequent beschreiten, können diese wertvollen Ressourcen ihren Nutzen für die wissenschaftliche Forschung und biotechnologische Innovationen optimal entfalten.

4 Bibliografie

- Weinbauer, M.G. and Rassoulzadegan, F. (2007). Extinction of microbes: evidence and potential consequences. *Endangered Species Research* 3:205–215. <https://doi.org/10.3354/esr003205>
- Louca, S., Shih, P. M., Pennell, M. W., Fischer, W. W., Wegener Parfrey, L., Doebeli, M. (2018). Bacterial diversification through geological time. *Natural Ecology & Evolution* 2:1458 s–1467. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0625-0>
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2024). AlgaeBase. World-wide electronic publication, University of Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on June 20th, 2024.
- Lucakova, S., Branyikova, I., and Hayes, M. (2022). Microalgal Proteins and Bioactives for Food, Feed, and Other Applications. *Applied Sciences*, 12(9), 4402. <https://doi.org/10.3390/app12094402>