



**Projekte des SFF 15:  
Den Boden schützen und standortgerecht nutzen**

***Projets du CSR 15:  
Protection des sols et utilisation dans le respect du site***

- 18.15.19.03.01 Wechselwirkungen zwischen Bodenstruktur und Bodennutzung sowie standortbezogene Folgen für Bodenqualität und Bodenfunktionen
- 18.15.19.04.01 Nationale Bodenbeobachtung NABO
- 18.15.19.05.01 Ökologisches Boden-Engineering – Bodenfunktionen besser nutzen
- 18.15.19.05.02 Bodenbiologie und Rhizosphärenmikrobiome
- 18.15.19.05.03 Wie beeinflussen Pflanzenschutzmittelrückstände die Bodenfruchtbarkeit und die Bodengesundheit?



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
Agroscope

Arbeitsprogramm

Projektnummer

**AP 2018-2021**

**18.15.19.03.01**

Kurzbegriff/Projektkronym (max. 20 Zeichen)

Bodenstruktur

Nr. Bereich.

19 Agrarökologie und Umwelt

Nr. Gruppe

19.3 Bodenfruchtbarkeit / Bodenschutz

Projektleitung/Stellvertretung

**Thomas Keller / Peter Weisskopf**

Projektdauer

Projektstart

Projektende

4 Jahre

2018

2021

## Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	3607
Beitrag zu SFF	15
Beitrag zu weitem SFF	2, 11, 14, 17

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	BLW 1, 2, 3, 13 2.96, 4.26, 5.14, 5.26, 9.3, 9.8, 9.9, 9.17, 9.47, 12.7, 12.12, 18.1, 18.23, 28.2, 28.4, 28.5, 28.6, 28.12
Projekt enthält Arbeiten mit Drittmitteln	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Projekt enthält Beitrag zu Biolandbau	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Titel Originalsprache

## Wechselwirkungen zwischen Bodenstruktur und Bodennutzung sowie standortbezogene Folgen für Bodenqualität und Bodenfunktionen

### Bodenstruktur und Bodennutzung vs. standortbezogene Bodenqualität

### Interactions between soil structure and soil management plus site-dependent consequences for soil quality and soil functions

### Soil structure, soil compaction, structure forming processes; soil management, soil use; soil tillage, shrinking/swelling, root activity, biological activity, earthworms; soil quality, soil functions, site characterization, site specificity

#### Ausgangslage und Problemstellung

Die Bodenstruktur beschreibt die räumliche Anordnung der Festkörper-Teilchen und der dazwischenliegenden Poren im Boden sowie die mechanische Stabilität dieser Anordnung. Die Bodenstruktur kontrolliert wichtige Bodenfunktionen (z. B. Wasserleitfähigkeit, mechanischer Widerstand für Wurzelwachstum und Mobilität der Bodenlebewesen). Bodenstruktur ist dynamisch und wird durch das Wetter (Trocken-/Nassphasen, Frost), die Bodenbiologie (Wurzeln, Bodenlebewesen) sowie die Bodenbewirtschaftung (Bodenbearbeitung, Kulturwahl, etc.) beeinflusst. Die Bewirtschaftung kann die Bodenstruktur sowohl beeinträchtigen als auch verbessern. Verdichtungen der Bodenstruktur und damit Beeinträchtigungen von Bodenfunktionen entstehen v.a. dann, wenn Böden bei ungünstigen Bedingungen befahren oder bearbeitet werden.

Bezüglich Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften von unterschiedlichen und unterschiedlich bewirtschafteten Böden im Hinblick auf die Quantifizierung des Verdichtungsrisikos bestehen noch erhebliche Kenntnislücken: Beispielsweise interessiert es, wie sich reduzierte Bodenbearbeitung oder permanente Graslandnutzung auf die Bodenfestigkeit auswirken, oder wie sich kurze und zyklische Belastungen (z. B. bei Mehrfachbefahrungen von Böden durch landwirtschaftliche Maschinen) auf die Deformation einer Bodenstruktur auswirken. Dies ist wichtig für die Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Bodendeformation, Bodenstruktur und Bodenfunktionen sowie im Hinblick auf die flächenbezogene Beurteilung des Verdichtungsrisikos.

Während wir die Mechanismen, welche die Bodenstrukturdynamik steuern, qualitativ relativ gut kennen, bereitet deren Quantifizierung nach wie vor grössere Schwierigkeiten. Wir wissen zum Beispiel nicht, wie stark und wie schnell sich

die Struktur eines bestimmten Bodens nach einer Verdichtung erholt und können den Beitrag der einzelnen Strukturbildungsprozesse zur Regeneration nicht genauer beziffern. Dies führt einerseits dazu, dass wir die tatsächlichen Kosten von Bodenverdichtungen schlecht einschätzen können. Andererseits wissen wir nicht, welche Prozesse die Strukturentwicklung in welchem Ausmass beeinflussen können, oder, auf die landwirtschaftliche Praxis bezogen: wie wir die Bodenstrukturbildung durch landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmassnahmen effizient und effektiv gezielt fördern können.

Die landwirtschaftliche Bewirtschaftung von Böden hat einen grossen Einfluss auf die Bodenstruktur und deshalb auf die Funktionen des Bodens bzw. die Bodenqualität; sie kann die Bodenstruktur sowohl günstig wie auch ungünstig beeinflussen. Bei der Bodenbearbeitung sollen mit möglichst geringem Energieeinsatz durch standort- und situationsbezogene Massnahmenplanung und -durchführung optimale Bedingungen für Pflanzen und Bodenorganismen geschaffen und dabei gleichzeitig wichtige Bodenökosystemleistungen (z. B. Hochwasserschutz) erhalten bzw. gefördert werden. Durch die mechanische Lockerung bei der Bodenbearbeitung kann die Bodenstruktur innert Sekunden verändert werden; der Aufbau einer stabilen, funktionsfähigen Bodenstruktur erfordert aber selbst mit einer standortangepassten Bewirtschaftung Jahre. Eine funktionsfähige, stabile Bodenstruktur ist das Ergebnis eines geschickten Zusammenspiels zwischen der rein mechanisch lockernden Bodenbearbeitung im Oberboden und biophysikalischen (Aktivität von Wurzeln und Bodentieren) sowie physikochemischen Strukturbildungsprozessen (Schrumpfen/Quellen, Frostsprengen), die nicht nur bis in kleinste Skalenebenen und grössere Bodentiefen vordringen, sondern auch die Stabilität einer Bodenstruktur verbessern können.

Standortkunde befasst sich mit den bodenkundlichen, klimatischen und topografischen Voraussetzungen für die pflanzenbauliche Nutzung und Bewirtschaftung der Böden. Sowohl landwirtschaftliche Bodennutzungsentscheide wie auch die Wahl der Bewirtschaftungstechnik hängen stark von den jeweiligen standörtlichen Voraussetzungen ab. Ebenso ist nur dann eine nachhaltige, ressourceneffektive und agrarökologisch sinnvolle Bodenbewirtschaftung möglich, wenn die standörtlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden.

Der Einbezug standortkundlichen Wissens ist aus verschiedenen Gründen wichtig: Bei der Politikunterstützung zur Anpassung von agrarpolitischen Massnahmen und Anforderungen an die lokalen Gegebenheiten; beim Vollzug zur richtigen Interpretation von Bodenbelastungen und zur zweckmässigen Gestaltung von vorsorglichen, gefährdungsmindernden bzw. regenerativen Massnahmen; in der Forschung zur sinnvollen Anlage, Auswertung und Interpretation von Versuchen sowie als tragfähige Grundlage für die Gestaltung von Szenarien, Modellen und Entscheidungshilfsmitteln. Standortkundliches Wissen ist grundsätzlich wichtig für die praktische Umsetzbarkeit von Forschungs- und Vollzugsarbeiten sowie für die flächendeckende Anwendbarkeit von agrarpolitischen Entscheiden.

#### Ziele und Forschungsfragen

Dieses Projektes hat mehrere Ziele:

- (1) Bodenmechanik: Gewinnen eines besseren Verständnisses der mechanischen Eigenschaften und des mechanischen Verhaltens von Bodenstrukturen, um besser abschätzen zu können, wie eine Bodenstruktur durch die Einwirkung externer Kräfte (Befahrung) deformiert wird.  
Die Ergebnisse aus diesen Arbeiten werden verwendet für die formale und inhaltliche Weiterentwicklung von Terranimo®, einem bestehenden Entscheidungshilfsmittel für das Abschätzen des Verdichtungsrisikos bei Befahrungen von Landwirtschaftsböden.
- (2) Bodenstrukturbildung: Gewinnen eines besseren Verständnisses für die kurz- und langfristige Aktivität und Bedeutung mechanischer (Bodenbearbeitung) und natürlicher Bodenbildungsprozesse (biophysikalisch: Aktivität von Wurzeln und Bodenorganismen, speziell Regenwürmer; physikochemisch: Schrumpfen/Quellen, Frostsprengung) sowie ihr Zusammenspiel zu gewinnen, um landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmassnahmen so auszuwählen und einzusetzen, dass bei den gegebenen Standortverhältnissen ein Maximum an Strukturbildung und -stabilisierung (im Falle verdichteter Strukturen: Strukturregeneration) erreicht werden kann.
- (3) Bodenstrukturqualität: Quantifizieren der Strukturqualität durch direkte (Messungen) und indirekte (Modellierungen) Indikatoren, um günstige bzw. ungünstige Strukturzustände klar unterscheiden zu können sowie Anhaltspunkte für landwirtschaftliche Verbesserungsmassnahmen zu erkennen und entsprechende Massnahmen abzuleiten.  
Dazu gehört die Charakterisierung des Einflusses von Bewirtschaftungssystemen (z. B. Direktsaat, konventionelle Bodenbearbeitung, Ackerbau vs. Grünland) auf die Bodenstruktur und davon abhängige Bodenfunktionen (z. B. Gastransporteigenschaften). Ausserdem interessieren uns auch die Zusammenhänge zwischen Strukturzustand und Bodenfunktionen.
- (4) Standortkunde: Hier geht es weniger um das Generieren von Primärdaten als vielmehr um das pedologisch-agronomische Auswerten, Systematisieren, Einordnen und Anwenden von Forschungsergebnissen und Bewirtschaftungserfahrungen. Durch das Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen Standorteigenschaften und Bodenfunktionen sowie die standortbezogene Bewertung von Bodenfunktionen werden wichtige Grundlagen für die Nutzung von Bodeninformationen für planerische Festlegungen hinsichtlich landwirtschaftlicher Bodennutzung, Abwehr von Naturgefahren und Verringerung von Umweltrisiken geschaffen.

Die wichtigsten Forschungsfragen sind:

(1) Bodenmechanik:

- Welche Beziehungen bestehen zwischen mechanischen Bodenspannungen („Bodendruck“) und Bodendeformationen („Verdichtung“) sowie zwischen Bodenstrukturzustand und Bodenfunktionen? Wie stark kann ein Boden belastet werden, ohne dass Bodenfunktionen beeinträchtigt werden?
- Welche mechanischen Festigkeitseigenschaften haben unterschiedliche Böden in Abhängigkeit von Standort und landwirtschaftlicher Bewirtschaftung?

(2) Bodenstrukturbildung:

- Wie und wie schnell wird eine verdichtete Bodenstruktur wieder regeneriert? Was ist der (relative) Beitrag von natürlichen Prozessen (z. B. Austrocknungs-Wiederbenetzungszyklen; Wurzelwachstum) und Bewirtschaftungsmassnahmen (z. B. Bodenbearbeitung) zur Regeneration von verdichteten Böden?
- Wie kann die Bodenstrukturbildung durch die Bewirtschaftung gefördert werden?

(3) Bodenstrukturqualität:

- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Bodenstrukturzustand, biochemischem Bodenmilieu (Redox-Zustand) und bodenbiologischer Aktivität? Wie beeinflusst die Bodenstruktur biochemische Prozesse in Böden?
- Wie können wir die Bodenstrukturqualität und davon abhängige Bodenfunktionen quantifizieren und beurteilen, z.B. im Hinblick auf die Langzeit-Bodenbeobachtung (NABO, KABOs), die Verbesserung der Nachhaltigkeit von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungstechniken (Ressourcenprojekte), den Vollzug des Bodenschutzes (VBBö).
- Welchen Beitrag leisten Bodenfunktionen zur Bodenqualität? Können Belastungsgrenzen für funktionsfähige Böden festgelegt werden?
- Wie wird die Bodenstruktur durch die Bewirtschaftung beeinflusst, und welche Auswirkungen hat das auf Pflanzenwachstum und Umwelt (z. B. Gas- und Wasserhaushalt respektive -transport)?

(4) Standortkunde:

- Wie können Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit agrar- und umweltpolitischer Massnahmen von BLW und BAFU mit Hilfe von standortkundlichem Wissen verbessert werden?
- Wie sehen standortbezogene Belastungsbeurteilungen aus, und wie können Sanierungsmassnahmen bei belasteten Standorten durch standortkundliche Informationen effektiver und kostengünstiger geplant werden?
- Wie kann die Formulierung von Versuchsfragen, die Auswahl eines Versuchs- und Beprobungsdesigns, sowie die Auswertung, Interpretation und Verallgemeinerung von Versuchsdaten mit Hilfe standortkundlicher Informationen verbessert werden? Wie können standortkundliche Informationen die Auswahl von Bodendaten als Grundlage für Szenarien und Modelle verbessern?

**Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 15 (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag und die neuen Erkenntnisse zum SFF beschreiben, dies mit einem klaren inhaltlichen Bezug zu den Forschungsfragen im SFF)**

- Methoden und Indikatoren zum Ermitteln und Beurteilen des Belastungsausmasses und der Funktionserfüllung unserer Böden, insbesondere hinsichtlich bodenstrukturbezogener Parameter; Modelle und Tools für die Auswertung und Interpretation von Bodeninformationen als Entscheidungsgrundlage für nachhaltige Bodennutzung
- Erweitern des System- und Prozessverständnisses von Bodennutzungssystemen, insbesondere bezüglich der Bodenstruktur und ihrer Wechselwirkungen mit bodenbiologischen und bodenchemischen Zustandsgrössen und Prozessen; Abschätzen des Einflusses von Bodenprozessen bei landwirtschaftlicher Bodennutzung auf Ressourceneffizienz und Kohlenstoffkreislauf
- Analyse von Bewirtschaftungs- und Nutzungsmassnahmen zur Erhaltung und Verbesserung von Ertragsfähigkeit und ökologischer Funktionalität der landwirtschaftlich genutzten Böden; Entwickeln verbesserter Massnahmen zur gezielten Nutzung bodenökologischer Funktionen und Prozesse sowie zur Verbesserung der Resilienz von Agrarökosystemen und zur Steigerung der Ressourceneffizienz; Grundlagen für standort- und situationsspezifische betriebliche Entscheidungshilfen und politische Steuerungsinstrumente; standortbezogene Entscheidungshilfen und Lösungsstrategien für Politik und Praxis, um die Ressourceneffizienz der schweizerischen Landwirtschaft zu verbessern, die natürlichen Ressourcen zu erhalten, und die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft zu fördern
- Charakterisieren der Belastungssituation unserer Böden und ihrer ökologischen Funktionalität heute, sowie in der zeitlichen Entwicklung; Abschätzen der Grenzen von Belastbarkeit und Regenerierbarkeit; Kriterien und Massnahmen zur Aufwertung von Böden mit beschränktem Produktionspotential zu Fruchtfolgeflächen
- Erarbeiten von wissenschaftlichen Grundlagen und Instrumenten für die Bewertung von Schweizer Böden bezüglich ihrer verschiedenen Funktionen
- Standortkundliche Unterstützung von Fragestellungen des BLW (Entwicklung und Beurteilung von Ressourcenprojekten sowie eines Konzeptes für eine standortangepasste Landwirtschaft; standortbezogene Beiträge zur Revision des Bodenkongzeptes)
- Ausarbeiten der bewirtschaftungsbezogenen Risiken und Potenziale von Landwirtschaftsstandorten, Herleiten agrarökologisch vergleichbarer Bewirtschaftungsgebiete; Beiträge zur standortbezogenen Evaluation von Klimaeffekten und möglichen Gegenmassnahmen; Einbetten von Bodenfunktionsbewertungen in ein Standortraster

- Standortkundliche Beratung von Versuchsanstellern (Hypothesenformulierung, Auswahl des Versuchsstandortes, Dateninterpretation; standortbezogene Formulierung von Szenarien und Modell-Umgebungen; Umsetzen von Versuchsergebnissen auf unterschiedliche Standortvoraussetzungen).

**Beitrag zu maximal 3 weiteren SFF (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag zu den Forschungsfragen im SFF beschreiben)**

**zu SFF Nr. 2:** Beiträge zur Erarbeitung der wissenschaftlichen Basis für die Formulierung einer guten Agrarpraxis („best practices“) und von politischen Massnahmen („best policies“), um resiliente Anbausysteme zu fördern; Beiträge zur Entwicklung von Entscheidungshilfsmitteln für die situative Steuerung wirtschaftlicher und ressourceneffizienter Anbaumethoden; Beiträge zur Lösung der Frage, wie sich neue, innovative Anbausysteme, konservierende Bodenbearbeitung und biologische Anbausysteme auf Ressourceneffizienz und ökologische Resilienz auswirken

**zu SFF Nr. 11:** Beiträge zur Quantifizierung ökologischer Effekte moderner Technologien

**zu SFF Nr. 14:** Beiträge zur Entwicklung geeigneter Indikatoren, Wirkungsmodelle und Datenerhebungen für die Fortführung und Aktualisierung der Aktivitäten im AUM; Beteiligung an der Suche nach geeigneten Indikatoren, Wirkungsmodellen und Aggregierungsvorgehen für die Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben bezüglich ihrer Nachhaltigkeit

**Hauptnutzen für Biolandbau (falls Beitrag, in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag beschreiben)**

Die meisten Methodenentwicklungen sowie viele Erkenntnisse aus dem verbesserten System- und Prozessverständnis sind grundsätzlich auch auf Fragestellungen des biologischen Landbaues anwendbar; dasselbe gilt für Anwendungen des praktischen Bodenschutz-Vollzuges

**Material und Methoden (grob skizziert)**

Im Projekt führen wir Feldversuche (faktorierte Exaktversuche, On-farm Versuche, Beprobungskampagnen) durch und machen Laboruntersuchungen. Die Aktivität von Strukturbildungsprozessen und deren Einfluss auf die Entwicklung von Bodenzuständen und Bodenfunktionen verfolgen wir im Langzeit-Feldversuch „Soil structure observatory (SSO)“ (Keller et al., 2017). Den Strukturzustand in unterschiedlichen Standort- und Bewirtschaftungssituationen untersuchen wir im Rahmen des Strudel2-Projektes mit Beprobungen auf verschiedenen Praxisbetrieben und beurteilen dabei die Bodenstruktur auch direkt im Feld; dabei verfeinern wir bestehende visuelle Bodenbeurteilungsmethoden (Johannes et al. 2017a; Guimarães et al. 2017). Mit Hilfe von Laboruntersuchungen und –messungen charakterisieren wir mechanische Eigenschaften von Böden auf verschiedenen Skalenebenen, beschreiben die Zusammenhänge zwischen Bodenstruktur und Bodenfunktionen (Wasserretentionsvermögen, Gastransport) und untersuchen im Labor das Schrumpfverhalten (Johannes et al., 2017b). Aus den Messungen leiten wir Grundlagen für die Beurteilung der Bodenqualität und Empfehlungen für die Bewirtschaftung her.

Wir entwickeln Untersuchungs- und Beurteilungsmethoden (z.B. Spatenprobe) sowie Simulationsmodelle für den einzelbetrieblichen Einsatz: „Terranimo“ dient dem Abschätzen von Bodenverdichtungsrisiken, der „Humusbilanz-Rechner“ ermöglicht das Beurteilen der Humusbewirtschaftung. „Terranimo“ wird auch funktionell weiterentwickelt, sowohl durch die Erweiterung der Datenbasis (z.B. Angaben zur Bodenfestigkeit) als auch durch das Bereitstellen neuer Informationsmodule (z.B. zu Mehrfach-Befahrungen); dies ist allerdings nur möglich mit Zusatzfinanzierung für Programmierung und Entwicklungsarbeiten.

Vorhandenes pedologisch-agronomisches Wissen werten wir mit Blick auf standortspezifische Resultatausprägungen aus und sammeln bzw. systematisieren verfügbares Erfahrungswissen.

Wir verknüpfen standortkundliches mit agronomischem Wissen, um die Eignung eines Standortes für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung abzuschätzen, die entsprechenden Risiken und Potenziale darzustellen sowie die geeigneten Bewirtschaftungstechniken aufzuzeigen.

**Literatur (neueste Kenntnisse, wenige eigene und fremde wissenschaftliche und praxisorientierte Publikation)**

**Bodenmechanik, Bodenstrukturbildung:**

- Chamen, W.C.T., A.P. Moxey, W. Towers, B. Balana, and P.D. Hallett. 2015. Mitigating arable soil compaction: A review and analysis of available cost and benefit data. *Soil Till. Res.* 146:10-25.
- Colombi T., Braun S., Keller T. & Walter A. 2017. Artificial macropores attract crop roots and enhance plant productivity on compacted soils. *Science of the Total Environment*, 574, 1283-1293.
- Hallett, P.D., K.H. Karim, A.G. Bengough, and W. Otten. 2013. Biophysics of the vadose zone: from reality to model systems and back again. *Vadose Zone J.* 12, doi:10.2136/vzj2013.05.0090.
- Keller T., Colombi T., Ruiz S., Manalili M.P., Rek J., Stadelmann V., Wunderli H., Breitenstein D., Reiser R., Oberholzer H.-R., Schymanski S., Romero-Ruiz A., Linde N., Weisskopf P., Walter A. & Or D. 2017. Long-term soil structure observatory for monitoring post-compaction evolution of soil structure. *Vadose Zone Journal*, 16(4), doi: 10.2136/vzj2016.11.0118.

**Bodenstrukturqualität:**

- Guimarães R.M.L., Lamandé M., Munkholm L.J., Ball B.C. & Keller T. 2017. Opportunities and future directions for visual soil evaluation methods in soil structure research. *Soil & Tillage Research*, 173, 104-113 (doi: 10.1016/j.still.2017.01.016).
- Johannes A., Weisskopf P., Schulin R., Boivin P. 2017a. To what extent do physical measurements match with visual evaluation of soil structure? *Soil & Tillage Research*, In press.
- Johannes A., Baveye P., Weisskopf P., Schulin R. & Boivin P. 2017b. Effect of soil management practices on the relation between soil organic carbon and various soil physical properties: Regional-scale study in Switzerland, Submitted.
- Martínez I., Chervet A., Weisskopf P., Sturny W.G., Rek J. & Keller T. 2016. Two decades of no-till in the Oberacker long-term field experiment: Part II. Soil porosity and gas transport parameters. *Soil & Tillage Research*, 163, 130-140.
- Martínez I., Chervet A., Weisskopf P., Sturny W.G., Etana A., Stettler M., Forkman J. & Keller T. 2016. Two decades of no-till in the Oberacker long-term field experiment: Part I. Crop yield, soil organic carbon and nutrient distribution in the soil profile. *Soil & Tillage Research*, 163, 141-151.

**Standortkunde:**

- Candinas A., Neyroud J.-A., Oberholzer H.R., Weisskopf P., 2002. Grundlagen für die Beurteilung der nachhaltigen landwirtschaftlichen Bodennutzung. *Bodenschutz* 3, 90-98.
- Doppler, T., Honti, M., Zihlmann, U., Weisskopf, P., Stamm, C., 2014. Validating a spatially distributed hydrological model with soil morphology data. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18, 3481-3498.
- Jansa J., Erb A., Oberholzer H.-R., Smilauer P., Egli S., 2014. Soil and geography are more important determinants of indigenous arbuscular mycorrhizal communities than management practices in Swiss agricultural soils. *Molecular Ecology* 23, 2118–2135.
- Stettler M., Keller T., Schjønning P., Lamandé M., Lassen P., Pedersen J. & Weisskopf P., 2014. Terranimo® - a webbased tool for evaluating soil compaction. *Landtechnik* 69 (3), 132-138.
- Weisskopf P., Zihlmann U., Oberholzer H.R., Keimer C., 2014. Der Boden in Agroökosystemen. *BGS Bulletin* 35, 29-35.
- Zihlmann U., Strasser F., Mäder P., Pfiffner L., 2014. Natur und Bewirtschaftung prägen die Bodenstruktur. *Bioaktuell* 1/14, 8-9.

**Teaser und Kurzzusammenfassung des Projektes für Kommunikation/Internet**  
 (Teasertext: max. 400 Zeichen; Kurzzusammenfassung: max. 800 Zeichen inkl. Leerzeichen)
**Das Projekt Bodenstruktur befasst sich mit 4 Aspekten:**

- (1) Verbessertes Verständnis von bodenmechanischen Belastungs-/Deformationsprozessen sowie zusätzliche Daten von mechanischen Bodeneigenschaften;**
- (2) Grundlegendes Verständnis von anthropogenen und natürlichen Strukturbildungsprozessen;**
- (3) Quantifizieren der Strukturqualität von Böden durch direkte und indirekte Indikatoren;**
- (4) Bodenkundlich-agronomisches Auswerten von Bewirtschaftungserfahrungen und standortbezogene Bodenbeurteilung.**

Die Bodenstruktur beeinflusst Bodenqualität und Bodenfunktionen in erheblichem Ausmass und wird durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung massgeblich geprägt.

Wichtige Aspekte der Bodenstrukturforschung sind (1) mechanische Belastungs-/Deformationsprozesse, (2) anthropogene und natürliche Strukturbildungsprozesse, (3) die Quantifizierung von Bodenqualität und Bodenfunktionen, sowie (4) die Beurteilung von Potenzialen und Risiken der Bodennutzung abhängig von den Standorteigenschaften.

Neben der Entwicklung von Methoden und Indikatoren sowie dem Erarbeiten von Prozessverständnis steht das Umsetzen der wissenschaftlichen Erkenntnisse für den Einsatz in Politik und Praxis im Vordergrund. Dazu gehören direkte und indirekte Indikatoren für Monitoring und Nachhaltigkeitsbeurteilung, Entscheidungsgrundlagen und -hilfen, Merkblätter.

**Genehmigung des Projektes**

Datum: 30.8.2017	Visum FGL: wepe
Datum: 11.9.2017	Visum FBL / KBL: baro
Datum: 11.9.2017	Visum V SFF: baro



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

Arbeitsprogramm

Projektnummer

**AP 2018-2021**

**18.15.19.04.01**

Kurzbegriff/Projektkronym (max. 20 Zeichen)

NABO

Nr. Bereich.

19 Agrarökologie und Umwelt

Nr. Gruppe

19.4 Nationale Bodenbeobachtung NABO

Projektleitung/Stellvertretung

**Reto Meuli / Armin Keller)**

Projektdauer

Projektstart

Projektende

100 Jahre

2000

2099

## Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	2456
Beitrag zu SFF	15
Beitrag zu weitem SFF	5, 8

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	4.83., 4.85, 5.14, 5.19, 5.26, 18.1, 18.11, 18.23, 18.113, 28.2, 28.5, 28.7, 28.8, 28.11, 28.12
Projekt enthält Arbeiten mit Drittmitteln	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Projekt enthält Beitrag zu Biolandbau	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein

Titel Originalsprache

**Nationale Bodenbeobachtung NABO**

**NABO**

**Swiss Soil Monitoring Network (NABO)**

**soil monitoring, inorganic and organic pollutants, soil microbiology, soil physics, quality assessment, proficiency tests, detection and prognosis of temporal trends, modelling, trace elements and nutrient balance, agricultural management, soil information system, digital soil mapping database, soil archive, GIS, pedotransfer funct**

### Ausgangslage und Problemstellung

Der Auftrag für das NABO-Referenznetz basiert auf Art. 44 (USG, 1983) und wird in Art. 3 (VBBö, 1998) und den entsprechenden Erläuterungen (BUWAL, 2001) konkretisiert. Das Referenznetz dient der landesweiten Erfassung und Beurteilung der Bodenbelastungen. Hierzu zählen Bodengefahren im Bereich chemischer Bodenschutz wie Versauerung, anorganische und organische Schadstoffe, Nährstoffe, aber auch der Verlust von Kohlenstoff, die Abnahme der Bodenbiodiversität, sowie weitere Bodengefahren durch Erosion und Bodenverdichtung. Zur Erfassung der zeitlichen Veränderungen von Bodenbelastungen werden in einem rund 110 Referenzstandorten umfassenden Messnetz periodisch Bodenproben entnommen. An rund 50 Landwirtschaftsstandorten werden Stoffflussbilanzierungen durchgeführt. Diese erlauben eine Plausibilisierung der gemessenen Veränderungen. Das Referenznetz soll langfristig die Belastung der Böden der Schweiz bei üblicher Bewirtschaftung erfassen. Der Auftrag zielt darauf, die Bodenbelastung und ihre Entwicklung sowie den Erfolg von Umweltschutzmassnahmen zu beurteilen. Im Sinne der Nachhaltigkeit und Vorsorge gemäss Art. 1 (USG, 1983) gehört die Früherkennung und Prognose von Bodenbelastungen mit zum Auftrag der Nationalen Bodenbeobachtung. Mit der VBBö von 1998 wurde vom Gesetzgeber der Auftrag von den chemischen Bodenbelastungen auf die bodenphysikalischen und bodenbiologischen ausgedehnt. Diese Auftragerweiterung wird im Rahmen des Arbeitsprogrammes schrittweise umgesetzt. Neben der Erfassung von zeitlichen Veränderungen an definierten Standorten wird der gesetzliche Auftrag zur landesweiten Beurteilung der Bodenqualität mit der Zusammenführung und Harmonisierung von Bodeninformationen und deren räumliche Auswertung und Interpretation ergänzt.

Die Bodenbeobachtung leistet einen Beitrag zur Kontrolle der ökologischen Nachhaltigkeit (Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen), wie sie im Landwirtschaftsgesetz (LwG, 1998) und in der Verordnung zur Beurteilung der Nach-

haltigkeit in der Landwirtschaft von 1998 gefordert wird. Die Ergebnisse der Nationalen Bodenbeobachtung sind Bestandteil des Geobasisdatenkataloges (Anhang 1 GeolV) des Geoinformationsgesetz (GeolG, 2007), dass die Verwaltung, den Zugang und Nutzen von Geo-basis-daten durch Behörden regelt.

#### Ziele und Forschungsfragen

Das Hauptziel der Nationalen Bodenbeobachtung NABO ist die landesweite Erfassung und Beurteilung von chemischen, physikalischen und biologischen Bodenbelastungen. Weiter gehören auch Prognose und Früherkennung von Veränderungen zu ihren Aufgaben, um die Fruchtbarkeit der Böden dauerhaft zu sichern. Dazu betreibt die NABO ein langfristig ausgerichtetes Monitoring, welches Böden unter ihrer üblichen Bewirtschaftung beobachtet.

Die Nationale Bodenbeobachtung leistet einen wichtigen Beitrag zur Kontrolle der ökologischen Nachhaltigkeit und gibt Antworten zu den Bodengefahren und für die Bewertung von Bodenfunktionen in der Schweiz. Für das AP18-21 sind laufende Routinearbeiten in der Bodendauerbeobachtung weiterzuführen, ein Fokus wird auf die zeitlichen Veränderungen der Humusgehalte und der Pestizidrückstände in Böden gelegt.

Die Beprobungen an den rund 110 NABO-Standorten wird fortgeführt. 2019 wird die 7. Erhebung abgeschlossen und 2020 mit der 8. Erhebung gestartet. An 19 NABObio Standorten werden jährlich die mikrobielle Bio-masse und die Basalatmung gemessen. Die Bodenkohlenstoffdaten der Acker-, Grasland- und Waldstandorte werden ausgewertet und publiziert. Dies umfasst sowohl die Zeitreihen der Flächenmisch- als auch die profillumfassenden Veränderungen. Im Bereich Bodenverdichtung werden die Methodenentwicklung der Eindringwiderstandsmessungen und die Erarbeitung einer Basislinie für die NABO-Standorte im Vordergrund stehen. Dies beinhaltet die einmalige Aufnahme ausgewählter physikalischer Basisparameter an rund 40 NABO-Standorten, wobei je ca. 3 Horizonte, beprobt werden. Diese Arbeiten bedingen zusätzliche Probenahmen und zusätzliche Laborkapazitäten in der FG 19.3, Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz.

Der Fokus der NABO im AP18+ liegt im Aufbau eines PSM-Screenings an ausgewählten NABO-Standorten. Der NABO POL wird diesbezüglich Ende Mai 2017 ein Konzept für den Aufbau eines PSM-Screenings vorgelegt, um die nötige Finanzierung zu erhalten. Ein ergänzender Baustein bildet die Risikobeurteilung von PSM in Böden auf Bodenorganismen um risikobasierte Referenzwerte für Böden ableiten zu können, wie sie in dem NAP PSM gefordert werden. Diese Arbeiten bauen auf dem NABO PSM Screening auf und werden in der Projektskizze „Einfluss von PSM auf die Bodenfruchtbarkeit“ (PL M. van der Heiden) skizziert.

Nur mit zusätzlicher externer Finanzierung können auch allfällige Screenings von Antibiotika-Rückständen und Resistenzgenen in Gülle und Böden angepackt werden. Dazu gehören die Erfassung der Behandlungsjournale ausgewählter Betriebe und die Literaturlauswertung zu Antibiotikabehandlung in Betrieben sowie das Vorkommen in Gülle und Boden.

An den rund 50 NABO-Flux-Standorten wird die jährliche Erhebung und Erfassung Bewirtschaftungsdaten weitergeführt. Je nach Bedarf wird die Erhebung von zusätzlichen Bewirtschaftungsdaten (Zwischenkulturen, gebeiztes Saatgut, Bodenbewirtschaftung, Maschineneinsatz, etc.) aufgenommen. Neue Konzentrationsdaten zu landwirtschaftlichen Hilfsstoffen werden mithilfe eines Literaturscreenings erfasst. Mit den bestehenden Oberflächenbilanzen werden einfache Humusbilanzierungen durchgeführt und Indikatoren für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung abgeleitet. Ziel ist die Erstellung von Szenarien für Handlungsempfehlungen.

Die Nationale Bodenbeobachtung bietet Beratungsleistungen für verschiedene Kundengruppen und Bedürfnisse. Zu diesem Serviceangebot gehört auch, Empfehlungen für kantonale Vollzugsbehörden auszuarbeiten, bodenrelevante Spezialfragen für Bundesämter zu bearbeiten und Privaten fachliche Auskünfte zu geben. Mit dem Ziel die Qualität der Bodenanalysen nach VBBo in der Schweiz zu verbessern und damit die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Labors zu erhöhen, führt die NABO jährliche Ringanalysenauswertungen durch und publiziert die Resultate auf der NABO-Homepage. Die vertiefte Datenauswertung im BDM-NABO-Projekt ist das Kernelement der Ergänzungsuntersuchungen im kommenden Arbeitsprogramm. Dabei werden Bodenparameter mit den pflanzensoziologischen Aufnahmen in Beziehung gesetzt und Faktoren oder Faktorenkombinationen gesucht, die für die Diversität von Gefässpflanzen und Moosen von Bedeutung sind.

Nachdem im derzeitigen Arbeitsprogramm erfolgreich die Bodenprofildaten des Agroscope Bodendatenarchives aufgearbeitet und in NABODAT importiert werden konnten, werden im AP18+ die Bodenkarten (Flächeninformationen) des ehemaligen Bodenkartierungsdienstes FAL/FAP in den Fokus rücken und soweit möglich verfügbar gemacht werden. Mit der anfangs 2017 im Internet aufgeschalteten ersten Version des Bodenkartierungskataloges Schweiz liegt erstmalig eine aktuelle Übersicht über Bodenkartierungsprojekte vor. Gleichzeitig wurde eine erste Version des Bodendatensatzes Schweiz mit Bodenprofildaten aus NABODAT der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Sowohl der Bodenkartierungskatalog als auch der Bodendatensatz Schweiz sollen im AP18+ weiter vervollständigt werden.

Mit Ende des AP18+ sollen die in der Schweiz verfügbaren punktuellen und flächenhaften Bodeninformationen von Bund und Kantonen Bestandteil des nationalen Bodeninformationssystems NABODAT sein.



**Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 15 (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag und die neuen Erkenntnisse zum SFF beschreiben, dies mit einem klaren inhaltlichen Bezug zu den Forschungsfragen im SFF)**

1. Publikation der Bodenkohlenstoffdaten der Acker-, Grasland- und Waldstandorte aus dem NABO-Messnetz. Dies beinhaltet sowohl die Zeitreihen der Flächenmischproben als auch die profil-um-fas-senden Veränderungen und liefert wichtige Erkenntnisse zur kontrovers diskutierten Frage, wie sich die Kohlenstoffgehalte in den Böden der Schweiz im Verlauf der letzten 25 Jahre verändert haben.
2. Empfehlung zur Aufnahme von mikro- und molekularbiologischen Parameter in Bodendauerbeobachtungsprogramme basierend auf den mehrjährigen mikrobiellen Untersuchungen an den NABObio-Standorten.
3. Beitrag zum NAP PSM: Aufbau eines PSM-Screenings an ausgewählten NABO-Standorten und falls Drittmittel aus dem NAP PSM gesprochen werden der Aufbau eines PSM-Monitorings inkl. der Modellierung der PECs in Böden und Entwicklung eines Indikators für die Auswirkungen der PSM auf die Bodenfruchtbarkeit.
4. Vorbehältlich zusätzlicher externer Finanzierung: Screenings von Antibiotika-Rückständen und Resistenzgenen in Gülle und Böden.
5. Fortschreibung der über 30-jährigen Zeitreihe der jährlichen Bewirtschaftungsdaten an den rund 50 NABO-Flux Standorten als Basisinformation für die Plausibilisierung und Interpretation der Zeitreihen von chemischen, biologischen und physikalischen Bodenparameter.
6. Durch die vertiefte Datenauswertung im BDM-NABO-Projekt: Evaluation von Faktoren und/oder Faktorenkombinationen, die für die Diversität von Gefässpflanzen und Moosen von Bedeutung sind.
7. Vervollständigung und Pflege des Bodendatensatz Schweiz und des Bodenkartierungskataloges Schweiz auf Basis des nationalen Bodeninformationssystems NABODAT.

**Beitrag zu maximal 3 weiteren SFF (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag zu den Forschungsfragen im SFF beschreiben)**

**zu SFF Nr. 5:** Aufbau eines PSM-Screenings an ausgewählten NABO-Standorten und falls Drittmittel aus dem NAP PSM gesprochen werden der Aufbau eines PSM-Monitorings.

**zu SFF Nr. 8:** Molekulargenetische Analysen an den 19 NABObio-Standorten und Beginn der einmaligen Durchführung der molekulargenetischen Analysen an den NABO-Standorten.

**Hauptnutzen für Biolandbau (falls Beitrag, in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag beschreiben)**

--

**Material und Methoden (grob skizziert)**

Die Nationale Bodenbeobachtung NABO erfasst und dokumentiert die Bodenqualität an rund 110 Standorten. Die Dauerbeobachtung hilft, unerwünschte Entwicklungen frühzeitig erkennen zu können. Dieses Referenznetz dient seit 1985 der Wirkungskontrolle im Umweltschutz. Im Speziellen richtet sich der Fokus auf stoffliche Anreicherungen im Boden, die Bodenverdichtung und die Bodenbiologie.

Rund die Hälfte der Dauerbeobachtungsstandorte wird landwirtschaftlich für Acker-, Gemüse-, Obst- und Rebbau oder als intensives Grasland genutzt. Ein Fünftel liegt in extensiv genutzten Flächen wie Weiden und Alpweiden. Ungefähr ein Drittel befindet sich im Wald. Zusätzlich sind zwei Stadtparkstandorte eingerichtet worden. Diese Standorte werden in einem 5-jährigen Zyklus beprobt. Für mikrobiologische Untersuchungen werden 9 Acker- und 10 Graslandstandorte zudem jährlich beprobt.

Nähr- und Schadstoffe reichern sich langfristig in Böden an; diese Prozesse sind jedoch schwierig zu erfassen. Eine Stoffbilanzierung lässt unerwünschte Entwicklungen im Boden frühzeitig erkennen und ermöglicht das Erstellen von Prognosen und Szenarien. Dieses Modellierungsinstrument dient der Vorsorge im Bodenschutz.

Ziel einer Modellierung von Stoffbilanzen ist, die Ursache gemessener Veränderungen im Boden zu analysieren sowie die angepassten Massnahmen einer nachhaltigen Bodennutzung zu prognostizieren. Wie die landwirtschaftliche Bewirtschaftung die Bodenqualität, Bodenfunktionen und Bodengefahren langfristig beeinflusst, kann daher mit einfachen Oberflächenbilanzen oder mit komplexeren Bodenprozessmodellen beleuchtet werden. Letztere können für Analysen und Prognosen im regionalen respektive standörtlichen Massstab verwendet werden, um die Veränderungen im Boden hinsichtlich der Bewirtschaftung, der Bodenbearbeitung und den Standort- und Bodeneigenschaften zu überprüfen.

Das Erheben von Bodeninformationen steht am Anfang einer vielgliedrigen Wertschöpfungskette. Wissenschaftlich fundierte Bodeninformationen sind für Forschung, Verwaltung und Politik von vielseitigem Nutzen. Das Nationale Bodeninformationssystem NABODAT bezweckt, die Bodendaten aus unterschiedlichen Quellen zusammenzuführen, zu harmonisieren und für weitere Bedürfnisse verfügbar zu machen. NABODAT ist als gemeinsame Fachapplikation von Bund und Kantonen seit 2012 in Betrieb.

Im Kontext der nationalen Bodeninformationen erfassen und verwalten der Bund und die Kantone im Nationalen Bodeninformationssystem NABODAT die digitalen Bodendaten der Schweiz nach einem einheitlichen Modell. Für räumliche Auswertungen ist die Datenbank mit einem geographischen Informationssystem (GIS) verknüpft. Damit stehen die Bodeninformationen in NABODAT auf eine einfache Art und Weise für unterschiedliche Fragestellungen

und verschiedenste Fach-dis-zi-plinen zur Verfügung und die Zusammenarbeit unter den Kantonen und zwischen Bund und Kantonen bei Bodenschutzfragen wird verstärkt.

#### Literatur (neueste Kenntnisse, wenige eigene und fremde wissenschaftliche und praxisorientierte Publikation)

- - Rehbein K., Grob U., Klauser L. und Keller A. Nationales Bodeninformationssystem NABODAT – Daten-modell Version 1.4. Agroscope, Servicestelle NABODAT, Zürich. 2017, 1-52.
- - Rehbein K., Grob U., Klauser L., Franzen J. und Keller A. Bodendatensatz Schweiz – Dokumentation Version 1 (Dez 2016). Agroscope, Servicestelle NABODAT, Zürich. 2016. 1-11
- - Gubler A. Testing Monitoring Data for Serial Correlation. Agroscope Science. 43, 2017, 1-10.
- - Schwab P. A. Gubler. Methoden zur Bestimmung physikalischer Begleitparameter an Bodenproben. Agroscope Science. 40, 2016, 1-34.
- - Gubler A., Schwab P., Wächter D., Meuli R. G., Keller A. Influence of soil water status on collected soil samples. Agroscope Science. 34, 2016, 1-16.
- - Gubler A., Wächter D., Blum F., Bucheli T. Remarkably constant PAH concentrations in Swiss soils over the last 30 years. Environmental Science: Processes & Impacts. 17, (10), 2015, 1816-1828.
- - Greiner M. L., Keller A. Indexpunkte gegen den Landverbrauch. TEC21. 41, 2015, 24-26.
- - Grob U., Ruef A., Zihlmann U., Klauser L., Keller A., 2015. Agroscope-Bodendatenarchiv : Bodendaten aus Boden-kartierungen 1953-1996. Agroscope Science, Nr. 14, 2015, S. 1-52.
- - Gubler A., Schwab P., Wächter D., Meuli R. G., Keller A. Ergebnisse der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) 1985-2009 : Zustand und Veränderungen der anorganischen Schadstoffe und Bodenbegleitparameter. BAFU Umwelt-Zustand. 1507, 2015, 1-81.
- - Hug A.-S., Gubler A., Widmer F., Frey B., Oberholzer H.-R., Campos-Herrera R., Meuli R. G. Wie geht es den Böden in der Schweiz? Biologische Untersuchungen der Nationalen Bodenbeobachtung NABO. Hotspot. 32, 2015, 18-21.
- - Wulf H., Mulder T., Schaepman M. E., Keller A., Jörg P. Remote sensing of soils. Hrsg. Remote Sensing Laboratories, University of Zürich. 22. Jan., 2015, 1-71 S.
- - Hug A.-S., Gubler A., Widmer F., Frey B., Oberholzer H.-R., Meuli R. G. NABObio12\_13 : Ergebnisse der Pilotphase 2012 und 2013. Agroscope Science. 22, 2015, 1-27.
- - Greiner M. L., Keller A., Papritz A., Zimmermann S. Bodenfunktionsbewertung: die Rolle des Bodens anderen Fachdisziplinen kommunizieren. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz – Bulletin. 35, 2014, 23-28.
- - Meuli R. G. Schadstoffe machen vor dem Nationalpark nicht Halt - Kommentar von Reto Giulio Meuli. Cratschla. 2, 2014, 17
- - Karami M., Amini M., Afyuni M., Khoshgoftarmanesh A. H., Keller A., Abdi A., Schulin R. Agricultural zinc fluxes into soils and crops of central Iran at regional scale. Archives of Agronomy and Soil Science. 60, (3), 2014, 437-456.
- - Della Peruta R., Keller A., Schulin R. Sensitivity analysis, calibration and validation of EPIC for modelling soil phosphorus dynamics in Swiss agro-ecosystems. Environmental Modelling & Software. 62, 2014, 97-111.
- - Keller A. National soil information systems to support spatial planning procedures. DISP. 49, (1), 2013, 68-71.
- - Hug A.-S., Gubler A., Widmer F., Frey B., Oberholzer H.-R., Schwab P., Meuli R. G. Bodenbiologie im Referenzmessnetz der Nationalen Bodenbeobachtung NABO. In: BGS Jahrestagung. 13./14. Februar, Hrsg. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, Changins. 2014, 11-22.
- - Gärtner D. Keller A., Schulin R. A simple regional downscaling approach for spatially distributing land use types for agricultural land. Agricultural Systems. 120, 2013, 10-19.

#### Teaser und Kurzzusammenfassung des Projektes für Kommunikation/Internet (Teasertext: max. 400 Zeichen; Kurzzusammenfassung: max. 800 Zeichen inkl. Leerzeichen)

**Die Ziele der Nationalen Bodenbeobachtung NABO sind die schweizweite Erfassung und Beurteilung von Bodenbelastungen sowie die Früherkennung von unerwünschten Veränderungen zur Sicherung der Bodenfruchtbarkeit. Das langfristige Monitoring leistet einen wichtigen Beitrag zur Kontrolle der ökologischen Nachhaltigkeit und gibt Antworten zu den Bodengefahren und für die Bewertung von Bodenfunktionen.**

Das Bundesamt für Landwirtschaft betreibt zusammen mit dem Bundesamt für Umwelt die Nationale Bodenbeobachtung. An gut 100 über die Schweiz verteilten Standorte werden der Bodenzustand und die zeitliche Entwicklung durch wiederholte Beprobung erfasst. Dadurch können unerwünschte Entwicklungen frühzeitig erkannt und Gegenmassnahmen vorgeschlagen werden. An rund 50 Landwirtschaftsstandorten werden jährlich die Nutzungsdaten erhoben. Dies erlaubt mittels Stoffbilanzen die Plausibilisierung der gemessenen zeitlichen Veränderungen. Sie ermöglichen zudem die Erstellung von Prognosen und Szenarien für eine nachhaltige Nutzung. Im Bodeninformationssystem NABODAT werden räumliche Bodendaten verwaltet und mittels GIS und mit Hilfe der DSM-Technik für raumplanerische Planungen räumlich dargestellt.

**Genehmigung des Projektes**

Datum: 22.08.2017	Visum FGL: merg
Datum: 26.10.2017	Visum FBL / KBL: baro
Datum: 26.10.2017	Visum V SFF: baro



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

Arbeitsprogramm

Projektnummer

**AP 2018-2021**

**18.15.19.05.01**

Kurzbegriff/Projektkronym (max. 20 Zeichen)

**Boden-Engineering**

Nr. Bereich.

19 Agrarökologie und Umwelt

Nr. Gruppe

19.5 Pflanzen-Boden-Interaktionen

Projektleitung/Stellvertretung

**Raphaël Wittwer / Marcel van der Heijden**

Projektdauer

Projektstart

Projektende

4 Jahre

2018

2021

## Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	3244
Beitrag zu SFF	15
Beitrag zu weitem SFF	2

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	SFF15: 2.77, 12.7, 18.1, 18.11, 18.23, 18.27, 23.35, 28.4, 28.10 SFF02: 1.2, 1.14, (3.16, 4.15, 5.2, 9.18, 28.75), 18.75 SFF14: 3.76
Projekt enthält Arbeiten mit Drittmitteln	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Projekt enthält Beitrag zu Biolandbau	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Titel Originalsprache

**Ökologisches Boden-Engineering - Bodenbiodiversität und Bodenökosystemdienstleistungen in Produktionssystemen steigern.**

**Ökologisches Boden-Engineering - Bodenfunktionen besser nutzen**

**Soil ecological engineering - Improving soil biodiversity and ecosystem services in cropping systems**

**Soil biodiversity, ecosystem services, plant-soil interactions, cropping systems, tillage, cover cropping, compost, resilience**

### Ausgangslage und Problemstellung

Der Boden mit seiner grossen Vielfalt und Masse an Lebewesen bildet eine wichtige Grundlage für die landwirtschaftliche Produktion. Das Wissen darüber, wie Bodenlebewesen wichtige Bodenökosystemfunktionen wie zum Beispiel Nährstoffaufnahme, Nährstoffverluste und Kohlenstoffspeicherung beeinflussen, ist jedoch noch lückenhaft. Wir könnten jedoch bereits aufzeigen, dass die Abundanz und Diversität von Bodenorganismen für viele diese Funktionen verantwortlich sind, und dass eine Verarmung des Bodenlebens zu einer nicht nachhaltigen Bodenbewirtschaftung und zu Umweltverschmutzung führt (Wagg et al. 2014, Bender and van der Heijden 2015). Intensive Landwirtschaft ist heutzutage gekennzeichnet durch eine hohe Produktivität, ermöglicht durch hohe Inputs, aber auch durch vielfache negativen Umwelteinflüsse wie Verlust von Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit sowie Verlust von Nährstoffen und Pestiziden in der Umwelt. Idealerweise, sollten nachhaltige Systeme natürliche Prozessen besser nutzen können, um Umweltwirkungen zu minimieren bei anhaltende Produktivität (Bender et al. 2016).

Die Forschungsarbeiten in diesem Projekt konzentrieren sich auf der Nutzung aller kulturtechnischen Möglichkeiten, um die Bodenfunktionen so zu verbessern, dass die Ökosystemleistungen des Bodens optimiert werden. Dabei suchen wir nach Möglichkeiten, Produktionssysteme bezüglich Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz zu verbessern. Wir wollen einerseits Anbaumassnahmen welche sich günstig auf die Bodenbiodiversität und die Populationsdynamik von besonders nützlichen Bodenlebewesen auswirken, herauskristallisieren und andererseits versuchen, gezielt nützliche Organismen in das System zu bringen.

Unter ökologisches Boden-Engineering verstehen wir die gezielte Förderung und Nutzung des Bodenlebens und der damit verbundenen Ökosystemleistungen, um nachhaltige und produktive Anbausysteme zu gestalten. In diesem Projekt arbeiten wir an der agrotechnischen und agronomischen Umsetzbarkeit von Boden-Engineering. Das komplementäre Partnerprojekt 'Bodenbiologie und Rhizosphärenmikrobiome' (Projekt 18.15.19.5.02\_Bodenbiologie) liefert die hierzu nötigen molekularen Grundlagen zu Bodenfunktionen und -prozessen.

#### Ziele und Forschungsfragen

Ziel ist es, Anbausysteme (z.B. Ackerbau oder Gemüsebau) produktiv aber ökologischer zu gestalten, indem interne natürliche regulatorische Prozesse besser genutzt werden. Diese Prozessen und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen werden grossenteils durch Bodenorganismen reguliert und wir brauchen ein besseres Verständnis über den Einfluss von Bewirtschaftungsformen (ÖLN, BIO, Direktsaat) und spezifischen Anbaumassnahmen (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Zwischenfrüchte, organische Dünger) auf das Bodenleben und dessen Diversität und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen. Im Projekt werden folgendende Hauptforschungsfragen bearbeitet:

- 1) Wie werden nützliche Bodenlebewesen und Bodenökosystemdienstleistungen durch unterschiedliche Bewirtschaftung und Anbaumassnahmen beeinflusst?
- 2) Kann man die Nachhaltigkeit von Agrarökosystemen mittels gezielter Stärkung des Bodenlebens und einer Verbesserung von Bodenökosystemfunktionen fördern, indem die Produktivität erhöht und/oder der Einsatz von Hilfsmitteln reduziert werden?
- 3) Sind Anbausysteme, die Bodenlebewesen und Bodenfunktionen fördern, resistenter bzw. resilienter gegenüber biotischem (Krankheiten) (NFP68 zusammen mit Gruppe Monika Mauerhofer ETHZ) und abiotischem (Klima) Stress (Project RELOAD Stiftung Mercator Schweiz zusammen mit Gruppe Nina Buchmann ETHZ und Projekt 18.15.19.3.01\_Bodenstruktur)?

Dabei liegt unser Fokus nicht nur auf kulturtechnische Möglichkeiten um die Bodenfunktionen zu verbessern, sondern wir streben eine ganzheitliche Betrachtung des Agrarökosystems an, indem neben ökologischen auch die agronomischen und ökonomischen Leistungen erhoben werden. (Zusammenarbeit mit den Projekten 18.15.19.3.01\_Bodenstruktur, 18.02.15.1.01\_Systèmes\_GC und 18.15.19.5.02\_Bodenbiologie)

#### Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 15 (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag und die neuen Erkenntnisse zum SFF beschreiben, dies mit einem klaren inhaltlichen Bezug zu den Forschungsfragen im SFF)

Das Projekt wird neue Erkenntnisse zur folgenden Forschungsfrage liefern:

- Identifikation von Anbaumassnahmen und -systemen, die das Bodenleben und Bodenökosystemdienstleistungen fördern. (FF 3, 3.1)
- Wie beeinflussen Bodenorganismen und deren Diversität die Ressourceneffizienz und Resilienz von Anbausystemen? (FF 7)
- Können Bodenökosystemdienstleistungen mit gezielter Manipulation von Bodenmikroorganismen gesteigert werden? (FF 7)

#### Beitrag zu maximal 3 weiteren SFF (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag zu den Forschungsfragen im SFF beschreiben)

##### zu SFF Nr. 2:

Anbaumassnahmen, die das Bodenleben und Bodenökosystemdienstleistungen fördern, werden identifiziert und können in der Weiterentwicklung von Anbausystemen besser integriert werden (FF 5). Dabei wird eine Zusammenarbeit mit dem Projekt 18.02.15.1.01\_Systèmes\_GC in Form von regelmässigen Austausch und koordinierte Messkampagnen angestrebt.

Wirkungsabschätzung von gezielter Feldimpfung mit nützlichen Bodenorganismen (FF 6). Zusammenarbeit mit Projekt 18.15.19.5.02\_Bodenbiologie.

#### Hauptnutzen für Biolandbau (falls Beitrag, in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag beschreiben)

Der Biolandbau ist auf ein optimal funktionierendes Bodensystem angewiesen. In diesem Projekt werden Zusammenhänge zwischen Bewirtschaftung (Anbaumassnahmen) und Ökosystemdienstleistungen identifiziert, auch unter biologischer Bewirtschaftung. Diese neuen Erkenntnisse sollen im Biolandbau dazu beitragen, dass die Effizienz und die Produktivität weiter gesteigert werden.

#### Material und Methoden (grob skizziert)

##### 1. Exaktfeldversuche:

- Langzeitversuch FAST (FARming System and Tillage experiment) (Wittwer et al. 2017): Dieses Versuchsprojekt bietet eine Forschungsplattform, um grundlegende Mechanismen über den Einfluss von Bewirtschaftung (ÖLN, BIO, konservierende Bewirtschaftung (Direktsaat, Mulchsaat)) und Anbaumassnahmen (Zwischenfrüchte, Düngung) auf Bodenökosystemleistungen besser zu verstehen. Diese Plattform bringt auch Mehrwert, indem viele Forschungsprojekte (DM) mit Partnern entwickelt werden können (bisher gab es Zusammenarbeit mit über 15 Agroscope internen (FG 19.3,

19.7) und externe Gruppen (ETHZ, ZHAW, FiBL, Uni Tübingen, Helmholtz Zentrum München, Lund University)). Dies erlaubt eine breite Vernetzung und eine ganzheitliche (agronomische, ökologische und ökonomische) Betrachtung der Anbausysteme. Molekulare und mikrobielle Methoden für die Bestimmung der Mikrobiome und Abundanz von Mikroorganismen im FAST Versuch werden in Zusammenarbeit mit der Projekt 18.15.19.5.02\_Bodenbiologie durchgeführt.

Feldimpfungsversuche: Während der AP18-21 werden wir auch vermehrt versuchen, Feldimpfungen mit besonders vielversprechende nützliche Bodenorganismen (identifiziert im Projekt 18.15.19.5.02\_Bodenbiologie) unter Feldbedingungen durchzuführen. Dabei wird einerseits die Wirkung dieser Organismen unter Feldbedingungen überprüft und andererseits die praktische Umsetzung angeschaut.

## 2. Betriebsnetzwerke (on-farm Versuche):

Betriebsnetzwerke bestehen aus eine grosse Anzahl Parzellen von Praxisbetrieben, die je nach Projekt in verschiedene Bewirtschaftungsgruppen eingeteilt werden und verglichen werden. Sie erlauben uns die aus den Exaktversuchen gewonnenen Erkenntnisse zu ergänzen und auf Praxisebene zu übersetzen. Sie erlauben ebenfalls ein engen Kontakt mit Landwirten und steigern die Signifikanz und Extrapolierung der Ergebnisse.

Zur Zeit (und für die AP18-21) betreiben wir 3 solchen Netzwerke für ein total von etwa 110 Betriebe.

- Eines der Netzwerke beschäftigt sich mit verschiedene Gemüsebau-Systemen (SNF, ca. 30 Betriebe).
- Ein zweites Netzwerk schaut wie sich Bewirtschaftungsintensität auf Bodenfunktionen auwirkt (SNF-Biodiversa, ca. 40 CH-Betriebe + 80 in Ausland).
- Ein drittes Netzwerk untersucht die Wirkung von Kompost (Stiftung Mercator Schweiz, ca. 40 Betriebe) als Bodenverbesserungsmassnahme.

## Literatur (neueste Kenntnisse, wenige eigene und fremde wissenschaftliche und praxisorientierte Publikation)

- Wagg, C., Bender, S. F., Widmer, F. & van der Heijden, M. G. A. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. PNAS 111, 5266-5270 (2014).
- Bender, S. F. and M. G. A. van der Heijden. Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses." Journal of Applied Ecology 52(1): 228-239 (2015).
- Bender, S. F., Wagg, C. & van Der Heijden, M. G. A. An underground revolution: Biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. Trends in Ecology & Evolution 31, 440-452 (2016).
- Wittwer, R. A., Dorn, B., Jossi, W. and van der Heijden, M. G. A. Cover crops support ecological intensification of arable cropping systems. Scientific Reports 7, 41911 (2017).
- Prechsl, U. E., R. Wittwer, M. G. A. van der Heijden, G. Lüscher, P. Jeanneret and T. Nemecek. Assessing the environmental impacts of cropping systems and cover crops: Life cycle assessment of FAST, a long-term arable farming field experiment." Agricultural Systems 157: 39-50 (2017).

## Teaser und Kurzzusammenfassung des Projektes für Kommunikation/Internet (Teasertext: max. 400 Zeichen; Kurzzusammenfassung: max. 800 Zeichen inkl. Leerzeichen)

**Der Boden mit seiner grossen Vielfalt und Masse an Lebewesen bildet eine wichtige Grundlage für die landwirtschaftliche Produktion. In diesem Projekt untersuchen wir kulturtechnische Möglichkeiten um die Ökosystemfunktionen des Bodens zu verbessern (sogenanntes ökologisches Boden-Engineering) um damit nachhaltige und produktive Anbausysteme zu gestalten.**

Der Boden mit seiner grossen Vielfalt und Masse an Lebewesen bildet eine wichtige Grundlage für die landwirtschaftliche Produktion. Das Wissen darüber wie wichtige Bodenökosystemen wie zum Beispiel Nährstoffaufnahme, Nährstoffverluste (Auswaschung), und Kohlenstoffspeicherung beeinflussen, ist jedoch noch lückenhaft. Dieses Projekt konzentriert sich auf der Nutzung aller kulturtechnischen Möglichkeiten, um die Bodenfunktionen so zu verbessern, dass die Ökosystemleistungen des Bodens optimiert werden (sogenanntes ökologisches Boden-Engineering). Dabei suchen wir insbesondere nach Anbaumassnahmen, welche sich günstig auf die Bodenbiodiversität und die Populationsdynamik von besonders nützlichen Bodenlebewesen auswirken, um Produktionssysteme bezüglich Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz zu verbessern.

## Genehmigung des Projektes

Datum: 22.08.2017	Visum FGL: vama
Datum: 11.9.2017	Visum FBL / KBL: baro
Datum: 11.9.2017	Visum V SFF: baro



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

Arbeitsprogramm

Projektnummer

**AP 2018-2021**

**18.15.19.05.02**

Kurzbegriff/Projektkronym (max. 20 Zeichen)

Bodenbiologie

Nr. Bereich.

19 Agrarökologie und Umwelt

Nr. Gruppe

19.5 Pflanzen-Boden-Interaktionen

Projektleitung/Stellvertretung

**Klaus Schläppi / Marcel van der Heijden**

Projektdauer

Projektstart

Projektende

4 Jahre

2018

2021

## Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	1660
Beitrag zu SFF	15
Beitrag zu weitem SFF	2, 8

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	SFF15: 1.2 (28.90), 18.1, 23.35, 28.1, 28.10; SFF 8: 9.3 SFF 02: 1.2 (28.90); SFF 14: 3.76
Projekt enthält Arbeiten mit Drittmitteln	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Projekt enthält Beitrag zu Biolandbau	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Titel Originalsprache

**Bodenbiologie und Rhizospärenmikrobiome**

**Bodenbiologie und Rhizosphärenmikrobiome**

**Soil biology and rhizosphere microbiomes**

**rhizosphere / microbiome / smart farming / biofertilizer / biocontrol / microbial functions / mycorrhiza**

### Ausgangslage und Problemstellung

Der Boden beherbergt Abermillionen von Mikroorganismen. Deren Diversität, deren Anzahl (gemessen als mikrobielle Biomasse) und im Besonderen deren Aktivität (gemessen an deren Atmung) sind für die Bodenqualität und -fruchtbarkeit von entscheidender Bedeutung. Ein Teil der Bodenmikroben besiedeln die Rhizosphäre, die als den wurzelnahen Boden, der durch Exudate von der Pflanze beeinflusst wird, definiert ist. Viele der Rhizospärenmikroorganismen sind bekannt dafür, dass sie das Wachstum und die Gesundheit der Pflanze und somit die landwirtschaftliche Produktion stark zu beeinflussen. Die Gesamtheit der Bakterien und Pilze, die mit der Pflanze in der Rhizosphäre assoziieren wird Rhizospärenmikrobiom genannt.

Die hohen Erträge der modernen Landwirtschaft beruhen grösstenteils auf agrochemischen Anbaupraktiken. Viele agrochemischen Produkte hängen von endlichen Ressourcen oder energieintensiven Herstellungsverfahren ab und verursachen Umweltprobleme. Die 'next-generation Agrarwirtschaft' verlangt nach alternativen Strategien, um die Produktivität auch bei vermindertem Einsatz von agrochemischen Produkten hoch zu halten. Ein vielversprechender Ansatz besteht darin, die nützlichen Eigenschaften des Pflanzenmikrobioms auszunutzen, um Ertragsleistung der Pflanzen sicher zu stellen.

In diesem Projekt untersuchen wir die Prozesse und Funktionen der Mikrobiome im Boden und schaffen damit die Grundlagen für mögliche Anwendungen. Das komplementäre Partnerprojekt 'Boden-engineering' (Projekt 18.15.19.5.01\_Boden\_Engineering) arbeitet an der agrotechnischen und agronomischen Umsetzbarkeit dieses Ansatzes.

## Ziele und Forschungsfragen

Hauptziele dieses Forschungsprojektes bestehen darin, die Aktivitäten von Bodenmikroorganismen zu erforschen, nützliche Bakterien und Pilze im Rhizospärenmikrobiom zu erkennen, zu lernen wie die nützlichen Eigenschaften des Rhizospärenmikrobioms gefördert werden und somit die Nachhaltigkeit verbessert werden kann. Das Projekt kennt die folgenden fünf Schwerpunkte:

- 1) Funktionen von Mikroorganismen: Dieser Schwerpunkt baut auf dem vorhergehenden Arbeitsprogramm auf, wo wir untersuchten, welche Mikroorganismen das Pflanzenwurzelmikrobiom beinhaltet (Hartman et al., 2017; Bodenhausen et al., in prep.; Schlaeppli et al., in prep.). Wir treiben diese Arbeiten weiter, um herauszufinden, welche Funktionen bestimmter Mitglieder des Pflanzenwurzelmikrobioms die Ertragsleistung von Pflanzen verbessern können. Zwei DM-Projekte (COST, SNF) untersuchen, welche Bakterien die Pflanzengesundheit verbessern. Das SNF Projekt untersucht weiter, welche Bakterien die Nährstoffverfügbarkeit für die Pflanze und die Nährstoffeffizienz verbessern. In Zusammenarbeit mit Florian Freimoser (Pflanzenschutzprojekte zu Obst und Gemüse im SFF5) untersuchen wir mögliche antagonistische Wirkungen von Hefepilzen gegen bödenbürtige Pathogene. Die für die funktionelle Analyse der Mikroorganismen benötigte Bioinformatik wird enger Zusammenarbeit mit Christian Ahrens (Projekt 18.08.13.11.02\_MikBioDiv\_ANET-GB) erarbeitet.
- 2) Förderung der nützlichen Eigenschaften des Pflanzenmikrobioms: Hier untersuchen wir, wie verschiedene Anbausysteme die Pflanzen-assoziierten Mikroorganismen beeinflussen. Wir schaffen die Grundlagen, wie die nützlichen Eigenschaften des Pflanzenmikrobioms mit gezielten Anbaumethoden gefördert werden können (Bender et al. 2016; Hartman et al., in prep.). Wir suchen nach Anbausystemen mit Mikrobiomen, die die Nährstoffeffizienz erhöhen, die Nährstoffauswaschung verringern oder weniger Klimagasemissionen verursachen. Aus dieser Arbeit wollen wir Empfehlungen für eine nachhaltigere Bewirtschaftung ableiten. Im Partnerprojekt (Projekt 18.15.19.5.01\_Boden-Engineering) werden die agrotechnischen- und agronomischen Möglichkeiten und Konsequenzen untersucht.
- 3) Smart farming - Mikrobiom-basiertes Impfen von Nützlingen: Hier wird untersucht, unter welchen Bedingungen die Bodenfruchtbarkeit durch Einbringen von nützlichen Mikroorganismen verbessert werden kann. Die methodischen Entwicklungen haben wir getätigt (Schlaeppli et al., 2016), um nun zu untersuchen, ob eine dem Standort und dem dort natürlich vorkommenden Mikrobiom angepasste Feldimpfung von nützlichen Mykorrhizapilzen gezielt vorgenommen werden kann (Köhl et al. 2016; Schlaeppli et al. 2017 AFOS). Es geht darum, aus Mikrobiomprofilen von Feldböden den oder die für den Standort am besten angepasste/n Nützlich/e (Mikroben) auszuwählen und zu inokulieren. Ziel ist - ganz im Sinne von 'smart farming' - Mikrobiomanalysen diagnostisch einzusetzen, um Feldimpfungen erfolgreich durchführen zu können. Zusätzlich wurde hierzu ein DM Projekt bei der Gebert-Rüf Stiftung eingereicht, wo untersucht werden soll, welche Mikroorganismen, welche ihrer Funktionen und welche Mikrobiomstrukturen sich für eine erfolgreiche Impfung eignen. Ziel dieses Projekt ist es, eine für die Forschung und Praxis nutzbare Webplattform/App zu entwickeln, welche basierend auf chemischen oder biologischen Bodendaten, Empfehlungen für erfolgsversprechende und standort angepasste Feldimpfungen ermöglicht. Hier schaffen wir die mikrobiologische und funktionellen Grundlagen, während das Partnerprojekt die agrotechnische und agronomische Seite untersucht.
- 4) Bodenmikrobiologie: Wir unterhalten Methoden (Mikrobielle Atmung und Biomasse) für die mikrobielle Aktivität in Boden zu bestimmen, die ganzheitliche biologische Beurteilung der Bodenqualität erlauben. Es gilt in Zusammenarbeit mit der Nationalen Bodenbeachtung NABO (19.4) und Bodenbeobachtungsnetzwerken verschiedener Kantone, den Zustand und die langzeitliche Entwicklung unserer Landwirtschaftsböden zuverlässig zu bestimmen, um die Bodenqualität langfristig sicher zu stellen.
- 5) Schweizer Sammlung für arbuskuläre Mykorrhizapilze - Die Verfügbarkeit von einer Vielfalt von Mykorrhizapilzstämmen ist für die Zukunft äusserst wichtig. Am Standort Reckenholz werden seit 2008 Mykorrhizapilze in Lebkulturen an verschiedenen Wirtspflanzen im Gewächshaus vermehrt. Zum einen handelt es sich um Donationen von anderen Forschungsinstitutionen (ETH Zürich, Uni Basel), zum anderen werden gezielt Pilze aus landwirtschaftlichen Böden isoliert, vermehrt und der Sammlung hinzugefügt. Die Sammlung umfasst im Moment ca. 200 Isolate und ist unentbehrlich für die Entwicklung von Feldinokulationen.

## Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 15 (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag und die neuen Erkenntnisse zum SFF beschreiben, dies mit einem klaren inhaltlichen Bezug zu den Forschungsfragen im SFF)

Die Forschung im Schwerpunkt #1 zielt darauf ab Mikroorganismen des Rhizosphärenmikrobiomes mit nützlichen Eigenschaften (Bsp, erhöhte Ressourceneffizienz und/oder optimierte Nährstoffkreisläufe) zu identifizieren um daraus Anwendungen zu entwickeln, die die ökologische Funktionalität der landwirtschaftlich genutzten Böden verbessern. Den Anwendungsaspekt bearbeiten wir im Schwerpunkt #3 am Beispiel der Feldimpfung mit Pilzen, die die Nährstoffversorgung der Pflanzen verbessern. Es geht darum standortspezifische Feldimpfungen zu entwickeln, die die können die Ertragsfähigkeit und die ökologische Funktionalität verbessert. Beitrag von Schwerpunkt #2 sind unsere Untersuchungen, wie sich verschiedene Anbausysteme auf Bodenfunktionen (Bodenfruchtbarkeit) auswirken. Ziel ist hier auch zu lernen, mit welchen Anbaumethoden die nützlichen Eigenschaften des Rhizospärenmikrobioms gefördert



werden können. Mit Schwerpunkt #4 erarbeiten und stellen wir Indikatoren für biologische Bodenfunktionen zur Verfügung, die für eine zuverlässige (Langzeit-) Beurteilung der Fruchtbarkeit und Qualität unserer Landwirtschaftsböden auch unter Belastungssituationen ermöglichen.

**Beitrag zu maximal 3 weiteren SFF (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag zu den Forschungsfragen im SFF beschreiben)**

**zu SFF Nr. 2:** Im Schwerpunkt #3 arbeiten wir daran, dass die Mikrobiomik agrartechnisch (diagnostische Bodenmikrobiomanalysen für gezielte und standortangepasste Feldimpfungen) genutzt werden kann. Unsere Forschung zeigt den Einfluss von Mykorrhizapilzen als Bioeffektoren auf das Wachstum von Nutzpflanzen und die Ressourceneffizienz der Nährstoffversorgung. Unsere Erkenntnisse bezüglich den Einflüssen von Anbausystemen auf Boden- und Rhizosphärenmikroorganismen (Schwerpunkt #2) unterstützen die Entwicklung resilienter und ressourceneffizienter Anbausysteme.

**zu SFF Nr. 8:** Unsere Arbeit trägt dazu bei, die Einflüsse von unterschiedliche Anbausystemen und -techniken auf die Zusammensetzung der Boden- und Rhizospärenmikrobiome besser zu kennen um daraus ableiten zu können, mit welchen Anbaumethoden die nützlichen Eigenschaften der Agrarmikrobiome gefördert werden können (Schwerpunkt #2). Wir unterstützen die Suche (Schwerpunkt #1) und die Entwicklung von Anwendungen (Schwerpunkt #3) von mikrobiellen Nützlingen. Wir tragen zur Erweiterung und Charakterisierung der mikrobiellen Stammsammlung von Agroscope bei.

**Hauptnutzen für Biolandbau (falls Beitrag, in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag beschreiben)**

Ziel dieses Projektes ist die Verbesserung der landwirtschaftlichen Nachhaltigkeit durch Anwenden Mikroorganismen, die die Ertragsleistung von Pflanzen, die Pflanzengesundheit oder die Nährstoffverfügbarkeit für die Pflanze verbessern. Unsere Beiträge bezüglich Funktionen von Mikroorganismen' (Schwerpunkt #1), Förderung der nützlichen Eigenschaften des Pflanzenmikrobioms (Schwerpunkt #2) sowie der Feldimpfungen mit mikrobiellen Nützlingen (Schwerpunkt #3) bedienen somit Grundanliegen des Biolandbaus. Der Biolandbau profitiert von unserer Forschung und Entwicklung zur Nutzbarmachung von Mikroorganismen oder Eigenschaften von Mikrobiomen.

**Material und Methoden (grob skizziert)**

Dieses Projekte bedingt eine breite Palette von molekular bis mikrobiologischen Materialien und Methoden. Boden- und Rhizospärenmikrobiome werden ganzheitlich mit aktueller molekulargenetischer Methodik erfasst: die Mikrobiomanalysen werden mittels high-throughput DNA Sequenzierung von taxonomisch informativen Markergenen durchgeführt. Die Aufbereitung der Sequenzierproben geschieht ‚in-house‘ mit Unterstützung durch die FG Molekulare Ökologie (Projekt 18.08.13.10.01\_MolMikOek). Für die molekularen Arbeiten benutzen wir das Labor von Dr. Franco Widmer. Diese Zusammenarbeit beinhaltet nebst den methodischen Aspekten auch den inhaltlichen Austausch zum Thema Boden und Mikrobiome. Für Sequenzierung und Servergebrauch arbeiten wir eng mit dem Functional Genomics Centre Zurich und dem Genomic Diversity Centre der Uni und ETH Zürich zusammen. Die Datenauswertung machen wir selber mittels multivariater Statistik und modelling Methoden in der Programmierumgebung R. Komplementär zu diesen Messmethoden für mikrobielle Diversität, betreiben wir bodenmikrobiologische Methoden für die Aktivitätsbestimmung von Mikrobiomen und die mikrobielle Biomasse in Böden. Diese Messungen bilden biologische Indikatoren für eine Beurteilung der Bodenqualität und -fruchtbarkeit.

Die Mikroorganismen werden mittels mikrobiologischen Methoden kultiviert und in Form einer Stammsammlung gelagert. Bakterien und Pilze werden molekulargenetisch bestimmt (DNA basierte Taxonomie, einzelne Stämme mittels Genomsequenzierung) und in der Interaktion mit Pflanzen charakterisiert (Assays in sterilen Petriplatten, Mikrokosmen, in Topfexperiment im Gewächshaus und in Inokulationsversuchen im Feld). Für die Feldarbeiten sind wir auf die enge Zusammenarbeit mit Raphaël Wittwer (Projekt 18.15.19.5.01\_Boden-Engineering) und für on-farm Versuche auf Landwirte unserer Betriebsnetze angewiesen. Für Boden- wie auch Pflanzennährstoffanalysen arbeiten wir mit der Gruppe Umweltanalytik (13.9.) zusammen. Die Interaktion mit der Pflanze wird je nach Mikroorganismen anhand von Transkript- oder Metabolitenanalysen untersucht oder mittels Biomasse-, Schädlingsbefall-, Produktivität-, Biomassenqualitäts- (e.g. P-Gehalt) oder Ertragsmessungen bestimmt. Die für die funktionelle Analyse der Mikroorganismen benötigte Bioinformatik wird enger Zusammenarbeit mit Christian Ahrens (Projekt 18.08.13.11.02\_MikBioDiv\_ANET-GB) erarbeitet.

Wir betreiben zudem die Schweizer Sammlung für arbuskuläre Mykorrhizapilze. Die Sammlung ist eine entscheidend wichtige Ressource an diversem Pilzinokulum für die Standortabhängigen Feldversuche. Am Standort Reckenholz werden seit 2008 ca. 200 Isolate dieser Pilzabteilung in artspezifischen Lebendkulturen an verschiedenen Wirtspflanzen im Gewächshaus vermehrt und der Sammlung hinzugefügt worden. Um sie für die Feldforschung einsetzen zu können, werden in den nächsten Jahren ausgewählte Pilzisolat entsprechend der Mengenbedürfnisse im grösserem Stil (Container, „Batchvermehrung“) vermehrt und zur Verfügung gestellt.

**Literatur (neueste Kenntnisse, wenige eigene und fremde wissenschaftliche und praxisorientierte Publikation)**

- Schläppi K., Köhl L., Bender F., Held A., Mascher F., van der Heijden M. 2017. Teamwork im Untergrund: Mykorrhizapilze zur Förderung des Pflanzenwachstums. Agrarforschung Schweiz 8(3), 96-101, 2017
- Hartman, K., van der Heijden, M.G.A. Roussely-Provent, V., Walser J, Schlaeppi, K., (2017) Deciphering composition and function of the root microbiome of a legume plant. Microbiome 5:2.
- Schlaeppi, K., Bender, S., Mascher, F., Russo, G., Patrignani, A., Camenzind, T., Hempel, S., Rillig, M., van der Heijden, M.G.A. (2016) High-resolution community profiling of arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist 212(3), 780-791.
- Köhl, L., Lukasiewicz, C.E.; van der Heijden, M.G.A. (2016) Establishment and effectiveness of mycorrhizal inoculation in agricultural soils. Plant, Cell & Environment 39: 136-146.

**Teaser und Kurzzusammenfassung des Projektes für Kommunikation/Internet  
(Teasertext: max. 400 Zeichen; Kurzzusammenfassung: max. 800 Zeichen inkl. Leerzeichen)**

**Dieses Forschungsprojektes fokussiert auf die Erforschung von nützlichen Eigenschaften des Pflanzenmikrobioms. Es werden Grundlagen geschaffen, damit diese für die Landwirtschaft nutzbar gemacht werden können. Ziel ist eine nachhaltigere Landwirtschaft wo der Einsatz nützlicher Mikroorganismen bei gleichbleibender Ertragleistung eine Reduktion von agrochemischen Produkten erlaubt.**

Viele Mikroorganismen im Boden können das Pflanzenwachstum und somit die landwirtschaftliche Produktion stark beeinflussen. Es gibt Mikroorganismen, die die Nährstoffverfügbarkeit für die Pflanze verbessern oder vor Krankheiten schützen. In dieser Forschung geht es darum, biologischen Prozesse im Boden zu verstehen und die nützlichen Bakterien und Pilze des Rhizospärenmikrobiom zu erkennen. Weiter untersuchen wir, ob sich dem Boden zugegebene nützliche Mikroorganismen etablieren und damit die Bodenfruchtbarkeit verbessert werden kann. Ziel ist, dass eine dem Standort und dem dort natürlich vorkommenden Mikrobiom angepasste Feldimpfung von Nützlingen gezielt vorgenommen werden kann.

**Genehmigung des Projektes**

Datum: 23.08.2017	Visum FGL: vama
Datum: 13.9.2017	Visum FBL / KBL: baro
Datum: 13.9.2017	Visum V SFF: baro



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
Agroscope

Arbeitsprogramm

Projektnummer

**AP 2018-2021**

**18.15.19.05.03**

Kurzbegriff/Projektkronym (max. 20 Zeichen)

PSM\_Bodenbiologie

Nr. Bereich.

19 Agrarökologie und Umwelt

Nr. Gruppe

19.5 Pflanzen-Boden-Interaktionen

Projektleitung/Stellvertretung

**Marcel van der Heijden / Otto Daniel / Daniel Wächter**

Projektdauer

Projektstart

Projektende

4 Jahre

2018

2021

## Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	493
Beitrag zu SFF	15
Beitrag zu weitem SFF	5

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	SFF 2: 12.7; 18.1; 28.10; 28.23; 23.35 SFF 5: 1.36; 4.16; 5.42 (28.80); 18.114
Projekt enthält Arbeiten mit Drittmitteln	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Projekt enthält Beitrag zu Biolandbau	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein

Titel Originalsprache

**Wie beeinflussen Pflanzenschutzmittelrückstände die Bodenfruchtbarkeit und die Bodengesundheit?**

**Pflanzenschutzmittel und Bodenfruchtbarkeit**

**Plant protection products and soil fertility**

**pesticides / soil functioning / soil fertility / microbial functions / mycorrhiza**

### Ausgangslage und Problemstellung

Pflanzenschutzmittel (PSM) werden weitverbreitet eingesetzt um Krankheiten und Unkraut zu bekämpfen. In der Schweiz werden jährlich circa 2100 t Wirkstoff eingesetzt (de Baan et al. 2015; BLW 2016). Bei einigen Kulturen oder Anbausystemen ist es kaum möglich ohne PSM zu arbeiten, da man ohne PSM bestimmte Krankheiten oder Unkräuter nicht oder sehr schwierig bekämpfen kann. Es gibt aber immer mehr kritische Stimmen, da verschiedene PSM einen negativen Einfluss auf Mensch, die Umwelt und die Biodiversität haben können. Aus diesem Grund hat der Bundesrat einen Auftrag erteilt, einen Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu erstellen mit dem Ziel, die Risiken und die Emissionen von PSM zu reduzieren (NAP-PSM).

Für die Umsetzung dieses NAP-PSM ist es notwendig zu wissen, welche PSM umweltschädigend sind sowie welche Organismen oder Ökosystemfunktionen vom Einsatz von PSM besonders betroffen sind. Im aktuell vorliegenden Entwurf des NAP ist bezüglich der Bodenfruchtbarkeit das Leitziel formuliert, dass die Bodenfruchtbarkeit von PSM langfristig nicht beeinträchtigt wird. Als Massnahmen sollen dafür ein Indikator entwickelt werden anhand von risiko-basierten Referenzwerten im Boden. Bis jetzt hat man sich bei der Risikobeurteilung der PSM auf Transportprozesse, Bildung von Metaboliten im Boden und mögliche Auswirkungen auf die Regenwürmer und die C- und N-Mineralisierungsprozesse konzentriert. In letzter Zeit werden auch vermehrt die Auswirkungen auf Milben und Springschwänze beurteilt. Die Koppelung dieser Beurteilungskonzepte mit Auswirkungen auf reale Bodensysteme ist aber noch zu wenig gut erforscht. Insbesondere sind die Risiken im Kontext von Bodentyp und Bodennutzung (physikalische Bearbeitung, Humuswirtschaft, Anbau von Monokulturen, Düngung, Fruchtfolgen) und der Resilienz der Bodensysteme bezüglich der verschiedenen „Störungen“ zu wenig bekannt. Es stellt sich daher die Frage wie PSM die Bodenfruchtbarkeit in landwirtschaftlich genutzten Böden beeinflussen. Ein gut funktionierender Boden ist ein Schlüsselfaktor für eine Nachhaltige Landwirtschaft und es ist deshalb äusserst wichtig zu prüfen, ob Bodenfunktionen auch durch PSM (oder deren

Abbauprodukte) beeinflusst werden. Der Boden beinhaltet eine Vielzahl Organismen inklusiv Nützlingen (Orgiazzi et al. 2016). Forschungsergebnisse mit Modellsystemen haben gezeigt, dass diese Nützlinge und die Bodenbiodiversität im Allgemeinen einen positiven Einfluss auf die Multifunktionalität von Grasland- und Ackerbausystemen haben (Wagg et al. 2014; Bender et al. 2016). In Systemen mit viel Bodenleben und einer hohen Bodenbiodiversität wurden weniger Nährstoffe ausgewaschen sowie weniger Lachgas (ein klimaschädliches Gas) emittiert (Bender et al. 2016). Gleichzeitig wurden die Nährstoffe im Boden von den Pflanzen effizienter genutzt. Oft werden verschiedene Bodenfunktionen, inklusiv Bodenfruchtbarkeit, von unterschiedlichen Bodenorganismen unterstützt. Die bedeutendsten und bekanntesten Beispiele sind Regenwürmer (Jossi et al. 2012), stickstofffixierende Bakterien (Nyfeler et al. 2011), Mykorrhiza-Pilze (Köhl & van der Heijden 2016) sowie krankheitsunterdrückende Mikroorganismen. Auf Grund der Bedeutung dieser Organisms ist es wichtig zu prüfen, ob deren Abundanz und Aktivität von PSM oder PSM Rückstände beeinflusst wird.

Dieses Projekt hat deshalb vor: 1) zu untersuchen, ob der Einsatz von PSM und damit die im Boden entstehenden Rückstände sich negativ auf die Bodenbiodiversität und nützliche Bodenlebewesen auswirkt; 2) ob wichtige Bodenfunktionen wie zum Beispiel die Aufnahme von Nährstoffen durch nützliche Mikroorganismen (z.B. Mykorrhiza-Pilze und stickstofffixierende Bakterien) oder die krankheitsunterdrückende Wirkung von Boden (Selbstregulierung) von PSM beeinflusst werden; 3) das bestehende Screening (ggf. das darauffolgende Monitoring) von PSM-Rückstände im Boden in Bezug zu den effektiv eingesetzten PSM zu unterstützen (vgl. Projektskizze NABO 18.15.19.4.10\_NABO).

Agroscope verfügt mit Kompetenzen und laufenden Projekten im Bereich Monitoring (NABO inkl. NABObio), Risk Assessment im Rahmen der Zulassung (Oekotoxikologie und Pflanzenschutzchemie) und mikrobielle Bodenbiologie (div. Projekte in der FG Pflanzen-Boden Interaktionen) über ein breit abgestütztes Konsortium, das den im NAP-PSM erwähnten Forschungsbedarf zum Einfluss von PSM auf die Bodenfruchtbarkeit bezüglich Kompetenzen vollumfänglich und bezüglich Ressourcen nur zu einem klein Teil abdecken kann. Zusätzliche Ressourcen müssen im Rahmen der Finanzierung von Forschungsmassnahmen im NAP-PSM akquiriert werden.

#### **Ziele und Forschungsfragen**

Hauptziele dieses Forschungsprojektes bestehen darin, zu untersuchen, ob der Einsatz von PSM so wie er in der Schweizer Landwirtschaft erfolgt, sich negativ auf die Bodenfruchtbarkeit, d.h. die Bodenlebewesen und ihre Funktionen auswirkt.

Das Projekt kennt die folgenden drei Schwerpunkte, wobei Teile aus Punkt 1 zur Projektskizze der Nationalen Bodenbeobachtung NABO (18.15.19.4.10\_NABO) gehören:

- 1) Mit Hilfe bestehender Betriebsnetze und dem Messnetz der Nationalen Bodenbeobachtung NABO wird untersucht, ob PSM (Menge, Zusammensetzung und Rückstände) im Boden negativ mit der bodenmikrobiellen Biodiversität und gewissen Indikatorarten (Nützlinge wie z.B. Mykorrhiza-Pilze) korreliert sind. Diese Arbeit baut auf schon laufenden oder gerade gestarteten Aufgaben von NABO, inkl. NABObio (vgl. Projektskizze NABO, 18.15.19.4.01\_NABO) auf sowie einem kürzlich gestarteten Projekt, in welchem die Bodenbiodiversität in den wichtigsten Schweizer Anbausystemen (Bio, ÖLN, Direktsaat) bestimmt und verglichen wird. Ziel ist es im Boden dieser Betriebsnetze das Vorkommen von PSM (inkl. Glyphosat) zu messen und dies mit bodenmikrobieller Biodiversität zu korrelieren. Daten aus NABObio zu nichtlandwirtschaftlichen Böden erweitern das Set an Referenzwerten.
- 2) Das obenbeschriebene Projekt kann nur zeigen, ob es negative Korrelationen zwischen dem Vorkommen und der Abundanz von PSM (und Derivaten) und Mikroorganismen / Mykorrhiza gibt. Es ist aber nicht möglich zu untersuchen, ob die PSM tatsächlich negative Effekte auf das Bodenleben haben oder ob andere Faktoren (z.B. Landnutzung) für die wahrgenommen Effekte verantwortlich sind. Auch sind die Zusammenhänge im Boden teilweise komplex (foodwebs) und Mikroorganismen / Mykorrhiza werden auch durch die Aktivität der Bodenfauna (in der Landwirtschaft insbesondere Regenwürmer) beeinflusst. Effekte der PSM sind teilweise transient und Bodenlebewesen erholen sich (Resilienz). Im vorgeschlagenen Projekt wird mit Hilfe eines experimentellen Ansatzes untersucht, ob ausgewählte Bodenlebewesen und Bodenfunktionen (Nährstoffaufnahme) negativ durch PSM beeinflusst werden. Die für die Untersuchung in diesem Projekt erforderlichen PSM, Bodenlebewesen und Bodenfunktionen werden auf Grund der in Projekt 1 wahrgenommenen Zusammenhänge ausgewählt.
- 3) Basierend auf den Resultaten des Projektes soll ein Vorschlag erarbeitet werden, wie im Rahmen der im NAP-PSM verlangten Massnahmen ein Monitoring aussehen müsste, d.h. mit welchen Indikatoren die Bodenfruchtbarkeit und der Einfluss der PSM gemessen werden können. Im weiteren soll ein Bezug hergestellt werden zum Risk Assessment im Rahmen der Zulassung von PSM in Bezug auf die Ökotoxikologie von Bodenlebewesen. Daraus können Erkenntnisse hinsichtlich der Kriterien im Zulassungsprozess gewonnen werden.

**Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 15 (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag und die neuen Erkenntnisse zum SFF beschreiben, dies mit einem klaren inhaltlichen Bezug zu den Forschungsfragen im SFF)**

- 1) die Auswirkungen von PSM auf die Bodenfruchtbarkeit bezüglich bodenbiologischer Eigenschaften werden beurteilt und dem Einfluss von anderen Faktoren der Landbewirtschaftung und der Nutzungsintensität verglichen.
- 2) Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen von PSM im Boden und dem Bodenleben, resp. der mikrobiologischen Diversität und deren Funktionen im Boden werden untersucht.

**Beitrag zu maximal 3 weiteren SFF (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag zu den Forschungsfragen im SFF beschreiben)**

**zu SFF Nr. 5:** Verbesserung des Wissens über die Umweltrisiken des chemischen PS als Grundlage sowohl für die Zulassung als auch für einen risikoarmen Einsatz in der Praxis. Insbesondere der Schutz der terrestrischen Nichtzielorganismen bedingt eine bessere Risikobewertung

**Hauptnutzen für Biolandbau (falls Beitrag, in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag beschreiben)**

**Material und Methoden (grob skizziert)**

**Modul 1** (siehe auch Projektskizze Nationale Bodenbeobachtung NABO 18.15.19.4.10\_NABO):

Im Rahmen des PSM-Screening im NABO Messnetz werden für typische Fruchtfolgen die für den Boden relevanten PSM-Wirkstoffe hinsichtlich Einsatz und Rückständen untersucht. Es wird fokussiert auf PSM-Wirkstoffe, die mit der derzeitigen Bodenextraktionsmethode gemessen werden können (siehe Chiaia-Hernandez et al. 2017), die häufig appliziert werden und aufgrund ihrer Eigenschaften vermutlich relativ persistent im Boden sind. Im Ergebnis liefert das Screening im NABO Messnetz für dieses Projekt eine Priority List, die aufzeigt welche PSM Wirkstoffe in erster Linie für eine Risikobeurteilung betrachtet werden müssen, und die gemessenen sowie erwarteten Bodenkonzentrationen (PEC) für die untersuchten NABO Standorte. Die Ergebnisse aus dem NABO-Messnetz sollen mit Daten aus anderen Betriebsnetzen so ergänzt werden, dass die Situation zu PSM-Rückständen in Schweizer Fruchtfolgeflächen beurteilt werden kann. Der Umfang dieser ergänzenden Messungen ist vom Umfang an Drittmitteln abhängig.

**Modul 2:**

Es wird ein experimentelles Design für die Risikobeurteilung von PSM-Rückständen in Böden bestimmt. Dazu werden Bodenorganismen ausgewählt (z.B. Mykorrhiza-Pilze, stickstofffixierende Bakterien oder Regenwürmer), welche negative Zusammenhänge mit bestimmten PSM und PSM Rückstände zeigen. Die ausgewählten Bodenorganismen werden in Töpfe mit wichtigen Acker- oder Gemüsekulturen (z.B. Weizen, Mais, Salat oder Gras-Klee Mischung) ausgebracht und die Töpfe werden mit unterschiedlicher Menge PSM bespritzt (keine PSM, die normale Konzentration (1x), 5x, 10x und 25x der normalen Konzentration). Die Auswahl der relevanten Wirkstoffe wird durch die Ergebnisse des PSM-Screening in Böden in der FG NABO unterstützt. Anschliessend wird untersucht, ob die Abundanz und die Aktivität der Bodenorganismen durch die Menge und die Zusammensetzung der PSM beeinflusst wird. Es gibt Verfahren mit einzelnen PSM und mit Kombinationen (die Auswahl der PSM hängt von der ausgewählten Kultur ab, und diese Kultur wird bestimmt auf Grund einer Literaturanalyse und der Korrelationsanalyse im Modul 1, welche bestimmte PSM als potenziell gefährdend einstufen könnte). Mit Hilfe von Isotopen und sogenannte hyphal bags (Wagg et al. 2014) wird untersucht, ob die Aufnahme von Nährstoffen (Phosphate und Stickstoff) durch PSM beeinflusst wird. Auch wird untersucht, ob die Auswaschung von Nährstoffen (Nitrate) und die Produktion von Lachgas (ein Klimagas) erhöht wird, wenn die Abundanz und die Aktivität von bestimmten Bodenorganismen durch PSM reduziert wird. Experimentelle Ansätze (Manipulation von spezifischen Bodenorganismen) werden benutzt um zu untersuchen ob es kausale Zusammenhänge gibt zwischen dem Verschwinden von bestimmten Bodenorganismen (sogenannte Indikator-Arten) und deren Funktionen. Der oben erwähnte Ansatz (das Zugeben von einzelnen PSM und Kombinationen von mehreren PSM) ermöglicht es auch zu untersuchen, ob PSM alleine oder in Kombination mit anderen PSM wichtige Bodenfunktionen negativ beeinflussen. Die Versuche mit experimentellen Systemen in Töpfen sollen mit Versuchen in Freilandböden, einerseits auf Agroscope-Versuchsfeldern und andererseits auf Parzellen der Betriebsnetze ergänzt werden. Der Umfang dieser ergänzenden Messungen ist vom Umfang an Drittmitteln abhängig.

**Modul 3:**

In einem nächsten Schritt wird dann untersucht ob der Einfluss (Effektgrösse) von PSM auf die Abundanz und Aktivität von Bodenorganismen grösser ist als die natürliche Variabilität ("normal operating range") dieser Organismen (sensu Verbruggen et al. 2012). Ein erster Eindruck der natürlichen Variabilität (verursacht durch Düngung, Bodenbearbeitung, Landnutzung, Bodentyp, usw.) ergibt sich aus Modul 1. Weitere Studien zu den relevanten Interaktionen im Boden, Indikatoren für ein Monitoring und verbesserten Konzepten für die PSM-Prüfung im Zulassungsverfahren der PSM sollen über Drittmittelfinanzierte Projekte durchgeführt werden.

**Literatur (neueste Kenntnisse, wenige eigene und fremde wissenschaftliche und praxisorientierte Publikation)**

- Bender SF, Wagg C, van der Heijden MGA (2016) An underground revolution: Biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. Trends in Ecology and Evolution 31: 440-452.
- BLW 2016: Agrarbericht, 146-150.
- Chiaia-Hernandez AC, Keller A, Wächter D, Steinlin C, Camenzuli L, Hollender J, Krauss M (2017) Long-term Persistence of Pesticides and TPs in Archived Agricultural Soil Samples and Comparison with Pesticide Application. Environmental Science & Technology (in press).
- de Baan et al., 2015: Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz von 2009 bis 2012. Agrarforschung Schweiz 6 (2), 48-45.
- Jossi W, et al. 2012. Regenwürmer: Gratisarbeiter im Untergrund. Agridea Merkblatt (www.agridea.ch), in Zusammenarbeit mit UFA-Revue.
- Köhl, L., & van der Heijden, M., (2016). Bauer sucht Pilz – Eine fruchtbare Beziehung. Agridea Merkblatt (www.agridea.ch).
- Nyfeler D, et al. (2011). Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. Agriculture, ecosystems & environment, 140(1), 155-163.
- Orgiazzi A, et al. (2016). Global soil biodiversity atlas.
- Wagg C., Bender S.F., Widmer F., van der Heijden, M.G.A. (2014) Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 111 (14): 5266–5270.
- Verbruggen, E., Kuramae, E., Hillekens, R., De Hollander, M., Kiers, E.T., Rölting, W.F.M., Kowalchuk, G.A., and van der Heijden, M.G.A. (2012) Testing potential effects of maize expressing the Bacillus thuringiensis Cry1AB Endotoxin (Bt Maize) on mycorrhizal fungal communities via DNA- and RNA- based pyrosequencing and molecular fingerprinting. Applied and Environmental Microbiology 78: 7384-7392.

**Teaser und Kurzzusammenfassung des Projektes für Kommunikation/Internet  
(Teasertext: max. 400 Zeichen; Kurzzusammenfassung: max. 800 Zeichen inkl. Leerzeichen)**

**Pflanzenschutzmittel (PSM) werden weitverbreitet eingesetzt. Es ist noch kaum bekannt ob PSM im Boden die Bodenleben und die Bodenfruchtbarkeit negativ beeinflussen, dies obwohl nach neuesten Ergebnissen eine breite Palette an PSM-Rückständen in Böden nachgewiesen wurden. In diesem Projekt wird untersucht, ob PSM sich negativ auf wichtige Bodenfunktionen und das Bodenleben auswirken und wie diese beurteilt werden können.**

Pflanzenschutzmittel (PSM) werden weitverbreitet eingesetzt um Krankheiten und Unkraut zu bekämpfen. Neben den beabsichtigten Folgen auf die Zielorganismen können jedoch auch unerwünschte negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt auftreten. Es ist noch kaum bekannt ob PSM im Boden das Bodenleben und wichtige Bodenfunktionen wie Bodenfruchtbarkeit negativ beeinflussen, dies obwohl PSM im Boden nachgewiesen werden. Diesem Projekt hat deshalb vor:

- 1) das bestehende Screening / Monitoring über PSM-Rückstände im Boden in Bezug zu den effektiv eingesetzten PSM zu unterstützen.
- 2) zu untersuchen, ob der Einsatz von PSM sich negativ auf wichtige Bodenfunktionen und die Bodenbiodiversität (inkl. Boden-Nützlingle und zu identifizieren Boden-Indikatoren) auswirken.

**Genehmigung des Projektes**

Datum: 29.08.2017	Visum FGL: vama
Datum: 10.9.2017	Visum FBL / KBL: baro
Datum: 10.9.2017	Visum V SFF: baro