



Strategisches Forschungsfeld (SFF)

Boden



Bodenfunktionen erhalten und den Boden nachhaltig und standortgerecht nutzen

Kurztitel: Boden

Verantwortliche/r des SFF	Lutz Merbold
Research Peer	Marcel van der Heijden

Kurzzusammenfassung

Der Boden spielt eine Schlüsselrolle auf der Erde. Über sieben Milliarden Menschen ernähren sich von Produkten, die aus dem Boden hervorgehen. Der Boden spielt nicht nur eine Rolle für die landwirtschaftliche Produktion, sondern hat vielfältige weitere Funktionen. Er speichert Wasser, CO₂ und Nährstoffe, filtert Trinkwasser, schützt vor Erosion und beherbergt eine enorme Vielfalt und Vielzahl von Organismen und ist dadurch eines der vielfältigsten Habitate auf der Erde. Die politische Bedeutung des Bodens und der mit dem Boden verbundenen Themen hat in der letzten Zeit nochmals zugenommen (Pflanzenschutzmittel im Boden, Boden als CO₂ Senke, Versiegelung des Schweizer Bodens, Verlust der Bodenbiodiversität, nachhaltige und standortgerechte Bodennutzung), was die Wichtigkeit der Forschungsaktivitäten zum Thema Boden unterstreicht. Inhaltliche Schwerpunkte dieses Forschungsfeldes sind Massnahmen

- 1) zur Stärkung der Bodenökosystemfunktionen durch eine nachhaltige, standortgerechte Bodennutzung,
- 2) zur Verbesserung der Bodenstruktur und
- 3) zum Aufbau von organischer Substanz.

Damit verbunden ist Forschung zur Bedeutung der Bodenbiodiversität und zum Einfluss von Rückständen von Pflanzenschutzmitteln und anderer Schadstoffe auf Bodenlebewesen und Bodenfunktionen. Für Bund und Kantone sind Informationen zur Belastungssituation und den Funktionserfüllungsgrad der Schweizer Böden unerlässlich, damit Risiken und Empfindlichkeit der Böden vorausschauend beurteilt und bei Bedarf Massnahmen veranlasst werden können. Das nationale Bodenmonitoring liefert dazu Informationen in Form von langjährigen Datenreihen und Datenanalysen im Hinblick auf aktuelle Fragestellungen des Bodenschutzes.

Ausgangslage und Hintergrund

Der Boden ist eine unabdingbare Ressource für die landwirtschaftliche Produktion wie auch für die Erbringung der an den Boden gekoppelten Ökosystemleistungen. Entsprechend sind Themen wie die nachhaltige Nutzung der Ressource Boden und die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit hochrelevant und haben in der Gesellschaft einen hohen Stellenwert. Die landwirtschaftlichen Böden in der Schweiz sind gegenwärtig Gefahren und Belastungen ausgesetzt, die zu einer Abnahme ihrer Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit wie auch zu quantitativen Flächenverlusten führen. Die Forschung muss sich deshalb fokussieren auf ein besseres Verständnis der Prozesse im Boden, die Erfassung der aktuellen Belastungssituation und der Biodiversität der Schweizer Böden, sowie die Erarbeitung von Empfehlungen für eine nachhaltige, standortgerechte Bodenbewirtschaftung und für den Schutz der Bodenfunktionen. Zu berücksichtigen sind auch die Auswirkungen der Bodennutzung auf die Treibhausgasbilanz der Schweizer Landwirtschaft und die Zusammenhänge zwischen Bodenprozessen und der Effizienz der Nährstoffnutzung durch Kulturpflanzen.

Schwerpunkte im Forschungsfeld

Inhaltliche Schwerpunkte in diesem Forschungsfeld sind:

- Die Wechselwirkungen zwischen Bodenstruktur und Bodennutzung sowie die damit verknüpften, von den Standortbedingungen abhängigen Folgen für Bodenqualität und Bodenfunktionen.
- Die Bodenmikrobiome und deren Rolle für die bodenmikrobiologische Aktivität und den damit verbundenen Bodenprozessen und Interaktionen.

- Die mikrobiologischen Prozesse als Grundlage für die Sicherung der für die landwirtschaftliche Produktion unabdingbaren Bodenfruchtbarkeit.
- Die kulturtechnischen Möglichkeiten, um die Ökosystemfunktionen des Bodens zu verbessern.
- Der Einfluss der Rückstände von Schadstoffen, insbesondere von Pflanzenschutzmitteln, im Boden auf das Bodenleben, auf die Bodenfruchtbarkeit und die Bodenfunktionen.
- Diverse Langzeitversuche liefern zudem wichtige Informationen über die Regeneration von verdichteten und degradierten Böden, die Bedeutung von organischen Düngern für den Boden, sowie die bodenbezogenen ökologischen Leistungen von unterschiedlichen Anbausystemen.

Die Nationale Bodenbeobachtung erhebt in einem Netz von Referenzflächen Daten zum Zustand und zur Belastung der Böden sowie zu Faktoren, welche auf die Böden einwirken, wie zum Beispiel die landwirtschaftliche Nutzung und Bewirtschaftung. Sie modelliert die Zusammenhänge und schafft damit eine Grundlage für die Früherkennung von Risiken und Gefahren für den Schweizer Boden.

Wichtigste Forschungspartner

- National:
ETH Zürich, Universität Zürich, HAFL Zollikofen, HEPIA Lullier
- International:
Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala (SWE), INRA (F), Helmholtz Zentrum München (D)

Forschungsfragen

- 15.1. Wie beeinflusst die Biodiversität im Boden das terrestrische Ökosystem und die Bodenfunktionen?
 - 15.1.1. Welches sind die massgebenden Interaktionen zwischen Bodenbiologie, -physik und -chemie?
- 15.2. Wie wirken sich verschiedene landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmethoden (Bio, ÖLN, Direktsaat, usw.) auf die essentiellen Bodenfunktionen wie Ertragsbildung, Nährstoffrecycling, Kohlenstoffspeicherung und Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen und Stress aus?
- 15.3. Wie verhalten sich Schadstoffe und bodenfremde Substanzen (Pestizide, Antibiotika, Steroidhormone, Nanopartikel, Mikroplastik usw.) in Böden und welchen Einfluss haben diese auf wichtige Bodenfunktionen?
- 15.4. Welchen Einfluss hat die Anwendung von (schweren) landwirtschaftlichen Maschinen, Bodenbearbeitungsgeräten, Nützlingen (z.B. Mycorrhizas) und Hilfsstoffen (wie Pflanzenschutzmittel, Kupfer, Antibiotika, Biochar, Gülle, Mikroplastics) auf die Böden sowie ihre Funktionen, insbesondere auf die Bodenfruchtbarkeit sowie die Regulations- und Speicherfunktionen?
- 15.5. Wie kann man die Ressourceneffizienz (Stickstoff- und Phosphornutzung, Wasserverfügbarkeit) erhöhen, und welche Massnahmen (Düngung, Bodenbearbeitung, Anbausystem) stehen zur Verfügung, um die Ressourceneffizienz zu verbessern?
 - 15.5.1. Mit welchen Bewirtschaftungs- und Nutzungsmassnahmen können die Ertragsfähigkeit und die ökologische Funktionalität der landwirtschaftlich genutzten Böden erhalten oder verbessert werden?
 - 15.5.2. Welche standort- und situationsspezifischen Entscheidungshilfen und politischen Steuerinstrumente können angeboten werden?
- 15.6. Wie ist die Belastungssituation unserer Böden (inkl. PSM)?
 - 15.6.1. Welches sind die Erkenntnisse aus Monitoring und Früherkennung in der Nationalen Bodenbeobachtung NABO und dem Agrarumweltmonitoring AUM?

Vollzugstätigkeiten

Folgende Vollzugshilfen sind Teil dieses Forschungsfeldes:

- Referenzmethoden für Bodenuntersuchungen, zur Beurteilung von Schadstoffen und zur Bewertung von Labors
- Unterstützung der kantonalen Bodenbeobachtungsnetze in methodischer Hinsicht
- Nationale Bodenbeobachtung (NABO): Erfassung und Beurteilung der Bodenbelastungen
- Entscheidungshilfen für bodenschonende Bewirtschaftung

Projekte des SFF 15

Bodenfunktionen erhalten und den Boden nachhaltig und standortgerecht nutzen

PLANDWIRTSCHAFT 22.15.13.09.01	Chancen und Risiken von PLAstik in der LaNDWIRTSCHAFT
Pflanzenkohle 22.15.13.09.02	Kaskadennutzung der Pflanzenkohle: Chancen und Risiken der multiplen Nutzung
ADAPT 22.15.19.02.03	Agroscope dynamische Agrarökosystem-Forschungsplattform ADAPT
Soil structure 22.15.19.03.01	Bodenstruktur und Bodenfunktionen
Soil Management 22.15.19.03.02	Wirkung standortangepasster Bodenbewirtschaftung auf Bodenfunktionen
NABO 22.15.19.04.01	Bodendauerbeobachtung der Nationalen Bodenbeobachtung NABO
Agrarökologisches Boden-Engineering 22.15.19.05.01	Nachhaltige Agrarökosysteme durch Nutzung des Bodenlebens
PSM-Bodenbiologie 22.15.19.05.02	Wie beeinflussen Pflanzenschutzmittel das Bodenleben und wichtige Boden-funktionen?

Projekt	PLANDWIRTSCHAFT / 22.15.13.09.01
Titel	Chancen und Risiken von PLAstik in der LaNDWIRTSCHAFT
Titel Englisch	Opportunities and Risks of Plastics in Agriculture
Projektleitung	Thomas Bucheli
Zusammenfassung	In fünf Teilprojekten werden Anwendungen und Auswirkungen von (Mikro-)Plastik auf Landwirtschaftsböden beforscht. Bioabbaubare Mulchfolien werden im Treibhaus und im Feld über mehrere Jahre inkubiert, die Rückstände quantifiziert und mittels molekulargenetischer Methoden im Boden nach Abbau-Spezialisten gesucht. Damit wird sichergestellt, dass zur Produkte-Deklaration verwendete laborbasierte Abbaubersuche auch die Realität widerspiegeln. Zur Bestimmung von (Mikro-)Plastik in Böden werden sodann analytische Methoden entwickelt, validiert und in einem ersten systematischen Screening von Landwirtschaftsböden zur Anwendung gebracht. Die Bestimmung der Auswirkungen von Mikroplastik sowohl auf die physikalische Bodenstruktur, als auch auf relevante Bodenorganismen erlauben schliesslich eine erste Risikobetrachtung dieser Fremdstoffe in der landwirtschaftlichen Umwelt. Damit werden wichtige Grundlagen für Wissenschaft, Behörden und die Praxis bereitgestellt.

Projekt	Pflanzenkohle / 22.15.13.09.02
Titel	Kaskadennutzung der Pflanzenkohle: Chancen und Risiken der multiplen Nutzung
Titel Englisch	Cascade Use of Biochar: Opportunities and Risks of Multiple Use
Projektleitung	Nikolas Hagemann
Zusammenfassung	Der Einsatz von Pflanzenkohle ist eine uralte Kulturtechnik, die hier in der Kaskadennutzung von der Tierfütterung bis zur Anwendung im Boden auf ihre Chancen für die Tiergesundheit und Nährstoffnutzung, ihre Risiken hinsichtlich Schadstoffakkumulation und ihre Klimawirkung untersucht wird. Pflanzenkohle kann vielfältig in der Landwirtschaft angewendet werden. Sie unterstützt die Tiergesundheit, den Aufbau organischer Bodensubstanz, kann Nährstoffverluste sowie Emissionen im Stall und bei der Düngung reduzieren. Die sogenannte Kaskadennutzung zielt auf eine ökologisch wie ökonomisch optimierte Nutzung von Pflanzenkohle, in dem sie innerhalb eines Lebenszyklus mehrere Funktionen erfüllt. Im vorliegenden Projekt werden die Herstellung und Klimabilanz von Pflanzenkohle und ihr Einsatz in der Schweinemast von der Fütterung bis zur Anwendung der Gülle im Feld eingehender untersucht und mittels eines Lebenszyklus-Analyse ausgewertet. Auch wird untersucht, wie Agroscope selbst durch den Einsatz von Pflanzenkohle Klimaneutralität erreichen kann.

Projekt	ADAPT / 22.15.19.02.03
Titel	Agroscope dynamische Agrarökosystem-Forschungsplattform ADAPT
Titel Englisch	Agroscope Dynamic Agroecosystem Research Platform ADAPT
Projektleitung	Jochen Mayer
Zusammenfassung	Eine hinreichende und nachhaltige landwirtschaftliche Produktion ist eine der größten Herausforderungen der Zukunft. Dies erfordert Strategien jenseits bestehender landwirtschaftlicher Managementpraktiken, die Ernährungssicherheit bei geringem Ressourceneinsatz ermöglichen, Ökosystemdienstleistungen erbringen und gleichzeitig sowohl eine geringe Umweltwirkung als auch eine hohe Resilienz gegenüber negativen Umwelteffekten aufweisen. Agroscope entwickelt hierzu, orientiert an den FAO Prinzipien der Agrarökologie, einen systemorientierten Forschungsansatz, der neue Forschungsergebnisse in einer interdisziplinären dynamischen Agrarökosystem-Forschungsplattform zusammenführt. Der systemorientierte Forschungsansatz orientiert sich am Konzept der «Co-Creation of Knowledge» und untersucht explizit Synergien (Co-Benefits) und Zielkonflikte (Trade Offs) von verschiedenen Lösungsansätzen.

Projekt	Soil structure / 22.15.19.03.01
Titel	Bodenstruktur und Bodenfunktionen
Titel Englisch	Soil Structure and Soil Functions
Projektleitung	John Koestel
Zusammenfassung	Bodenstruktur bezeichnet die räumliche Anordnung von Bodenfestsubstanz und Porensystem. Der Aufbau des Porensystems bestimmt viele Bodenfunktionen, z.B. Wasser- und Nährstoffversorgung, landwirtschaftliche Produktivität. Der Mensch beeinflusst den Bodenstrukturzustand durch Bodenbewirtschaftung massiv. Dies hat neben günstigen auch einige problematische Folgen. Die FG BQBN widmet sich seit Jahren der Erforschung der Bodenstruktur und ihrem Stellenwert im System Boden. Trotz zahlreicher Studien sind die Auswirkungen aktueller Bodennutzungssysteme auf den Bodenstrukturzustand meist nur qualitativ verstanden. Moderne Messmethoden (z.B. Röntgentomographie) bieten hier Chancen, die funktionell-physiologischen Verknüpfungen zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen besser zu verstehen und deren Bedeutung für das Angebot an Bodenfunktionen richtig einzuschätzen.

Projekt	Soil Management / 22.15.19.03.02
Titel	Wirkung standortangepasster Bodenbewirtschaftung auf Bodenfunktionen
Titel Englisch	The Effects of Site-Adapted Soil Management on Soil Functions
Projektleitung	Olivier Heller
Zusammenfassung	Das Projekt ‚Soil Management‘ zielt darauf ab, den Einfluss der Bewirtschaftung und des Standorts (Boden, Gelände und Klima) auf die physikalischen aber weitere Bodeneigenschaften zu quantifizieren. Hierfür werden bestehende Daten genutzt sowie neue Untersuchungen auf Versuchsflächen und Betrieben angestellt. Die Ergebnisse erlauben eine standörtlich differenzierte Quantifizierung des Bodenzustands sowie ausgewählter Bodenfunktionen wie die Wasserspeicherung und -nachlieferung des Bodens. Zudem wird das bestehende Entscheidungshilfsmittel ‚Humusbilanz-Rechner‘ weiterentwickelt sowie Beratungs- und Expertentätigkeiten fortgeführt und weiterentwickelt. Ausserdem prüfen wir im Rahmen des AFP Indicate Bodenzustands- und Bodenbewirtschaftungsindikatoren auf ihre Praxistauglichkeit.

Projekt	NABO / 22.15.19.04.01
Titel	Bodendauerbeobachtung der Nationalen Bodenbeobachtung NABO
Titel Englisch	Swiss Soil Monitoring Network
Projektleitung	Reto Meuli
Zusammenfassung	Basierend auf der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo, SR 814.12) beauftragen das Bundesamt für Landwirtschaft und das Bundesamt für Umwelt die FG NABO mit der nationalen Bodenbeobachtung. Je nach Fragestellung werden unterschiedliche Instrumente eingesetzt: Das direkte Monitoring erfasst den Bodenzustand und dessen zeitliche Entwicklung durch periodisch wiederholte Probennahmen an Monitoring-Standorten. Dadurch können unerwünschte Entwicklungen frühzeitig erkannt und Gegenmassnahmen vorgeschlagen werden. Zudem kann die Wirksamkeit bereits umgesetzter Umweltschutzmassnahmen beurteilt werden. An rund 50 Landwirtschaftsstandorten werden jährlich die Nutzungsdaten erfasst. Dies erlaubt mittels Stoffbilanzen die Plausibilisierung der gemessenen zeitlichen Veränderungen. Stoffbilanzen und Prozessmodellierung ermöglichen zudem das Erstellen von Prognosen und Szenarien im Hinblick auf eine nachhaltige Bodennutzung. Für die landesweite Erfassung und Beurteilung der Bodenqualität gilt es geeignete räumliche Auswertungswerkzeuge bereitzustellen. Im schweizerischen Bodeninformationssystem NABO-DAT werden räumliche Bodendaten verwaltet. Die Daten können durch Geographische Informationssysteme (GIS) räumlich dargestellt werden. Flächenhafte Darstellungen von Bodeninformationen sind eine wichtige Voraussetzung für den Vollzug des Bodenschutzes und transparente und nachvollziehbare landschafts- und raumplanerische Aktivitäten.

Projekt	Agrarökologisches Boden-Engineering / 22.15.19.05.01
Titel	Nachhaltige Agrarökosysteme durch Nutzung des Bodenlebens
Titel Englisch	Using Soil Life for Sustainable Agro-Ecosystems
Projektleitung	Marcel van der Heijden
Zusammenfassung	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 (Auswaschung), und Kohlenstoffspeicherung beeinflussen, ist jedoch noch lückenhaft. Dieses Projekt konzentriert sich auf der Nutzung aller kulturtechnischen Möglichkeiten (inkl. Feldimpfungen), 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 Bodenqualität, die Bodenbiodiversität und die Populationsdynamik von besonders nützlichen Bodenlebewesen auswirken, um Produktionssysteme bezüglich Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz zu verbessern.

Projekt	PSM-Bodenbiologie / 22.15.19.05.02
Titel	Wie beeinflussen Pflanzenschutzmittel das Bodenleben und wichtige Bodenfunktionen?
Titel Englisch	Plant Protection Products and Their Effect on Soil Life and Soil Functioning
Thomas Nemecek	Florian Walder
Zusammenfassung	Der weit verbreitete Einsatz von PSM gibt zunehmend Anlass zu ökologischen Bedenken. Landwirtschaftliche Böden beispielsweise sind auch lange nach der Anwendung noch einer Vielzahl von PSM ausgesetzt. Es ist noch zu wenig gut untersucht, ob diese PSM-Belastung langfristig negative Auswirkungen auf das Bodenleben und wichtige Bodenfunktionen haben. Im ersten Teilprojekt nutzen wir nationale und internationale Betriebsnetzwerke für eine ökologische Risikobewertung, indem wir die Auswirkungen von PSM-Rückständen auf Bodenleben und Bodenfunktionen untersuchen. Im zweiten Teilprojekt simulieren wir verschiedene PSM-Belastungen unter kontrollierten Bedingungen. Diese Experimente helfen uns, die Auswirkungen auf das Bodenleben und die Bodenfunktionen (z. B. den Nährstoffkreislauf) zu validieren und zu verstehen, inwieweit PSM-Rückstände im Boden aktiv und bioverfügbar sind.