



Projekte des SFF 17:
Die Landwirtschaft für den Klimawandel fit machen und ihren Beitrag zum Klimawandel vermindern

Projets du CSR 17:
Adaptation de l'agriculture au changement climatique et réduction de son impact sur celui-ci

- 18.17.19.01.01 Klimarisiken für die Landwirtschaft und Möglichkeiten der Anpassung
- 18.17.19.01.02 Landwirtschaftliche Treibhausgas-Emissionen und Minderungsmöglichkeiten
- 18.17.19.01.03 CO₂-Quellen und Senken in landwirtschaftlichen Böden
- 18.17.19.07.04 Betrieblicher Klimaschutz und Ressourceneffizienz



Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	1416
Beitrag zu SFF	17
Beitrag zu weitem SFF	1, 2, 5

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	2.32, 2.36, 2.99, 3.21, 4.23, 13.36, 13.47, 15.1, 27.2, 28.69, 28.70, 28.93
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

Klimarisiken für die Landwirtschaft und Möglichkeiten der Anpassung

Klimarisiken und Anpassung

Understanding and managing climate risks in agriculture

climate change and variability; direct and indirect risks; adaptation; decision support

Ausgangslage und Problemstellung

Die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion ist in hohem Masse von klimatischen Bedingungen abhängig. Infolge des Klimawandels steigen Temperaturen, Niederschlagsmuster ändern sich und es ist in Zukunft mit einer Zunahme der Häufigkeit von Extremereignissen (z.B. Trockenperioden und Hitzewellen) zu rechnen. Diese Änderungen bringen für die Landwirtschaft in der Schweiz neue Herausforderungen mit sich (z.B. Ertragseinbussen durch Trockenheit oder Hitzestress, höherer Schädlingsdruck); zugleich können aber auch Potentiale für den Anbau von neuen Kulturen oder Sorten entstehen. Um den Spielraum an Nutzungsmöglichkeiten für die Pflanzenproduktion in der Schweiz heute und in Zukunft optimal ausschöpfen zu können, ist es wichtig, direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion abzuschätzen. Ausgehend von Erkenntnissen über zu erwartende Risiken, können geeignete Massnahmen zur Klimaanpassung ergriffen werden (i.e. Änderungen in der Kultur-/Sortenwahl, Bewässerung, Pflanzenschutz, Bestimmung von Zuchtzielen). In dem Zusammenhang ist die Erbringung von sogenannten Klimadienstleistungen ein zentrales Anliegen. Klimadienstleistungen sind wissenschaftlich basierte Informationen über das vergangene, heutige und zukünftige Klima und seine Folgen, die als Grundlage für politische, ökonomische und gesellschaftliche Entscheide eingesetzt werden können. Als Gründungsmitglied des "National Centre for Climate Services (NCCS)" hat das BLW die Wichtigkeit der Klimadienstleistungen erkannt und Agroscope beauftragt, einen wissenschaftlichen Beitrag zur ersten Phase des NCCS zu leisten.

Insbesondere bei der langfristigen Planung und Steuerung von Anpassungsmassnahmen kommt der Beurteilung der Ressourceneffizienz von Anpassungsmöglichkeiten eine hohe Bedeutung zu, um mögliche Risiken einer Fehlanpassung frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Solche Risiken können zum Beispiel entstehen, wenn Anpassungsmassnahmen negative Umweltwirkungen verstärken (z.B. Beeinträchtigung der Wasserqualität und Wasserressourcen durch übermässige Bewässerung).

Neben der naturwissenschaftlichen Abschätzung der Klimarisiken für unterschiedliche Klima- und Anpassungsszenarien ist auch die Beurteilung der Verhältnismässigkeit des Kosten- und/oder Energieaufwands für möglichen Anpassungsmassnahmen von zentraler Bedeutung, um Risiken von Fehlanpassung frühzeitig erkennen zu können.

Ziele und Forschungsfragen

Das **Gesamtziel** des Projektes ist es, die Wissensbasis über aktuelle und zu erwartende Klimarisiken in der Schweizer Landwirtschaft auszubauen und somit eine solide naturwissenschaftliche Grundlage für die Planung und Umsetzung von nachhaltigen Anpassungsmassnahmen zu schaffen.

Spezifische Forschungsfragen, die in zur Erreichung des Gesamtziels untersucht werden, sind:

- 1) Welche durch den Klimawandel verursachte direkte (Extremereignisse) und indirekte (Schädlinge) Risiken sind für ausgewählte Kulturen, bzw. Produktionssysteme in der Schweiz mittel- bzw. langfristig zu erwarten? Wie beeinflusst der Klimawandel die regionale Verteilung von Produktionspotentialen?
- 2) Welche Massnahmen sind geeignet, um Produktionsrisiken unter Klimawandel zu reduzieren und die Agrarproduktivität auch in Zukunft zu gewährleisten oder sogar zu steigern?
- 3) Welche negativen Auswirkungen könnten Anpassungsmassnahmen mit sich bringen (z.B. Erhöhung von Umweltwirkungen durch Bewässerung)? Wie können solche Risiken der Fehlanpassung reduziert werden (Synergien zwischen Klimaanpassung und Ressourceneffizienz, Kosteneffizienz der Massnahmen)?

Produktionsbereiche, die im Fokus der Projektforschung stehen, sind der Futterbau, der Ackerbau (insbesondere Brotgetreide) und die Spezialkulturen. Grünland wird betrachtet, weil es flächenmässig für die Schweiz von grosser Bedeutung ist und eine wesentliche Grundlage für die Schweizer Tierproduktion darstellt. Als wichtigster Brotgetreideart mit einem Selbstversorgungsgrad von ca. 50% kommt Weizen eine besondere Bedeutung bei den Untersuchungen im Bereich Ackerbau zu. Einflüsse von Klimarisiken im Bereich Spezialkulturen werden exemplarisch für Apfel/Reben untersucht. In diesem Produktionsbereich sind Informationen über zukünftige Klimarisiken von besonderer Bedeutung, weil die Bewirtschaftung langfristig geplant wird und weil solche Kulturen eine hohe Wertschöpfung aufweisen.

Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 17 (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 leistet einen Beitrag zu folgenden Fragen des SFF 17:

- 1) Ist mittelfristig (2050ff) regional differenziert eine Zu- oder Abnahme der durch den Klimawandel verursachten direkten (speziell durch Extremereignisse) und indirekten (u.a. Schädlinge, Pflanzenkrankheiten, invasive Arten, Verlust der Bodenfruchtbarkeit, etc.) Risiken in der Pflanzen- und Tierproduktion zu erwarten?
 - Im Rahmen des Beitrags zum NCCS wird erarbeitet, wie sich Klimaänderungen auf die Phänologie von Schädlingen (Apfelwickler) und deren Wirte auswirken.
 - Die Abschätzung von geänderten Einflüssen klimatischer Extremereignisse wird auf Basis von Klimaindikatoren für Frost, Hitze und Trockenheit vorgenommen.
 - Für den Rebbau wird die thermische Anbaueignung unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen quantifiziert.
 - Für Winterweizen wird die Klimateignung ausgehend von der bestehenden Methode unter zukünftigen Klimabedingungen quantifiziert.
- 2) Wie verändert der Klimawandel das räumliche Muster der Anbaueignung für die heute angebaute Nutzpflanzenarten und -sorten, und welche neuen Potentiale entstehen?
 - Ausgehend von den oben erwähnten Abschätzungen werden Karten unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen erstellt. In der Auswertung dieser Karten zeigt sich, in welchen Teilregionen neue Potentiale entstehen können (welche Klimalimitierungen abnehmen) und wo mit einer Zunahme der klimatisch bedingten Anbauersrisiken zu rechnen ist.
- 3) Welche robusten und wirtschaftlich tragbaren Massnahmen auf Stufe Parzelle, Betrieb und Raumordnung erhöhen die Klimaresilienz von Produktionssystemen, erhalten die Multifunktionalität der Landwirtschaft und schonen die Produktionsgrundlagen (u.a. Boden, Wasser) bei steigendem Bedarf an inländisch produzierten Nahrungsmitteln?
 - Für das Berner Seeland wird untersucht, wie sich Klimaänderungen auf die Bewässerungsbedürfnisse unterschiedlicher Kulturen auswirken und unter welchen Bedingungen diese Bedürfnisse durch Wasserentnahmen aus Grund- und Oberflächengewässern in Zukunft gedeckt werden können. Gibt es eine Grenze der Belastbarkeit des Systems, bei der eine Intensivierung landwirtschaftlicher Nutzung in der Region zu einer Übernutzung der lokalen Wasserressourcen und Verschärfung von Wassernutzungskonflikten mit der Trinkwasserversorgung führen kann (→ Risiko von Fehlanpassung, wenn in Ausbau der Bewässerungsinfrastruktur investiert wird)?
 - Für das Einzugsgebiet der Broye in der Westschweiz wird untersucht, wie sich unterschiedlichen Strategien von „land sharing“ und „land sparing“ auf verschiedene Ökosystemdienstleistungen im Gebiet auswirken und ob die Wahl einer bevorzugten Strategie sensitiv gegenüber projizierten Klimaänderungen ist.
 - In Zusammenarbeit mit der FG 44.1 wird die Kosteneffizienz verschiedener Anpassungsoptionen bewertet.

- 4) Wie verändert sich der Bedarf an Anpassungsmassnahmen in der Praxis in Beziehung zum Mass der Klimaänderung (u.a. Temperatur- oder Niederschlagsänderung, Häufigkeit von Extremen) und gibt es kritische Schwellen der Veränderungen für bestimmte Massnahmen?
- Mit den verschiedenen oben erwähnten Methoden werden Auswirkungen von Klimaänderungen für unterschiedliche Zeithorizonte abgeschätzt. Es lässt sich so feststellen, wie sich die Bedeutung einzelner Klimalimitierungen im Verlauf der Zeit ändert.

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

zu SFF Nr. 1: Das Projekt nimmt folgende Frage des SFF 1 auf: Wie können Resistenz und Resilienz von Grasland-Viehhaltungssystemen gegenüber unerwünschten Einflüssen des Klimawandels, unter besonderer Berücksichtigung der stark unterschiedlichen Standortbedingungen weiter gesteigert werden?

- Im Zusammenarbeit mit den FG 17.3 und 17.6 wird die Weiterentwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems vorangetrieben, das dazu beiträgt, das Potenzial von Graslandproduktionssystemen differenziert nach Standort, Regionen und Höhenlage zu beurteilen. Die geplanten Aktivitäten nehmen Bezug auf die Forschungsfragen 1 (Graslandbewirtschaftung unter geänderten Rahmenbedingungen zum Erhalt der Produktion sowie anderer Ökosystemleistungen) und 2 (standortangepasste Strategien für eine nachhaltige Flächennutzung und Fütterung im Berggebiet).

zu SFF Nr. 2: Durch die Betrachtung der Ressourceneffizienz von Anpassungsoptionen zur Beurteilung der Fehlanpassungsrisiken leistet das Projekt einen Beitrag zum SFF 2 (Ressourceneffiziente Anbaumethoden und -systeme für den Ackerbau und die Spezialkulturen entwickeln).

- Im Rahmen der Projekte AgriAdapt und TALE werden mögliche negative Auswirkung von Klimaanpassungsmassnahmen auf Agrarproduktivität und weitere Ökosystemdienstleistungen untersucht. Es wird dabei nach ressourcenschonenden Anpassungslösungen gesucht, die die Agrarproduktivität langfristig erhalten oder sogar erhöhen und minimale Zielkonflikte mit anderen Ökosystemdienstleistungen mit sich bringen.

zu SFF Nr. 5: Die Forschungsarbeiten im Rahmen des Auftrags NCCS leisten einen Beitrag zu den Forschungsfragen „Kenntnisse der Grundlagen“ und „Diagnose und Prävention“ des SFF 5 (Nachhaltigen, risikoarmen Pflanzenschutz entwickeln).

- Die Forschungsarbeiten im Rahmen des Auftrags NCCS leisten einen Beitrag zu den Forschungsfragen „Kenntnisse der Grundlagen“ und „Diagnose und Prävention“ des SFF 5. Durch die Kombination von Modellen und Klimaszenarien werden einerseits das Risikopotential bereits angesiedelten Schädlingen, andererseits das Ausbreitungspotential neu auftretender Schadorganismen unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen ermittelt. (Bemerkung. Das SFF5 wird zurzeit neu ausgerichtet. Der Beitrags von KlimAdapt an das SFF5 wird später, je nach Bedarf angepasst).

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

Keine

Material und Methoden (grob skizziert)

Prozess-basierte generische Pflanzenwachstumsmodelle, die relevante Interaktionen zwischen Klima, Boden und Pflanzenwachstum in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung auf der Feldskala dynamisch abbilden, stellen die methodische Grundlage für die Beantwortung der Kernfragen dieses Projektes dar (z.B. Calanca et al. 2016, Felber et al. 2017). Sie bieten die Möglichkeit, standortbezogene Aussagen darüber zu treffen, für welche Kulturen unter geänderten klimatischen Bedingungen bessere oder schlechtere Produktionspotentiale bestehen, welche Wachstumslimitierungen zu- oder abnehmen und welche Änderungen in der Bewirtschaftung zu einer Reduktion der Wachstumslimitierungen beitragen können.

Um Aussagen über räumliche Verschiebungen von Anbaupotentialen unter Klimawandel machen zu können, bieten empirische oder hybride Klimaeignungsbewertungsansätze wie in Holzkämper et al. 2013 beschrieben gegenüber prozess-basierten Pflanzenwachstumsmodellen grosse Vorteile. Ihre Anwendung ist weniger rechen- und datenintensiv und deshalb gut für eine räumliche Anwendung zur Erstellung von kulturspezifischen Klimaeignungskarten geeignet (Holzkämper et al. 2015a). Gesamtschweizerisch erhobene Daten (z.B. Ertragsdaten der Hauptkulturen der Schweiz aus der Zentralen Auswertung der Buchhaltungsdaten, Klimastationsdaten und gegitterte Daten der MeteoSchweiz) können dazu verwendet werden, solche Modelle zu kalibrieren, zu validieren und bei Nachführung der Daten, fortlaufend zu verbessern. Zur Abschätzung von Klimafolgen für die Landwirtschaft in der Schweiz werden die im Rahmen des NCCS entwickelten Szenarien verwendet (<http://www.ch2018.ch/>).

Um Gebiete innerhalb Europas (oder auf der ganzen Welt) ausfindig zu machen, deren Klima heute dem zukünftige Klima der Schweiz ähnlich ist, können Klimaanaloge entwickelt werden (z.B. Arnbjerg-Nielsen et al., 2015). Mithilfe solcher Zuweisungen ist es möglich, potentielle Risiken (z.B. geänderter Schädlingsdruck), aber auch potentiell geeignete Anpassungsoptionen für die Schweiz abzuschätzen (z.B. geeignete Kultur- und Sortenwahl).

Je nach spezifischer Fragestellung im Kontext Klimaanpassung können unterschiedliche Modellerweiterungen oder -integrationen nötig sein. Zur Abschätzung der Auswirkungen von Klimawandeleinflüssen auf Bewässerungsbedürfnisse und deren Erfüllbarkeit aus Grund- und Oberflächengewässern sind Koppelungen zwischen prozess-basierten Pflanzenwachstumsmodellen mit hydrologischen Modellen und Grundwassermodellen nötig (siehe BAFU-Projekt Agri-Adapt). Einflüsse von Klima- und Bewirtschaftungsänderungen auf unterschiedliche Ökosystemdienstleistungen (z.B. Nahrungsmittelproduktion, Wasserversorgung, Wasserreinigung, Bodenschutz/Bodenbildung, Klimaregulation) zur Identifikation von Zielkonflikten können für heutige und zukünftige klimatische Bedingungen mit einem integrierten Einzugsgebietsmodell abgeschätzt werden (siehe FACCE-JPI-Projekt TALE).

Zur Abschätzung möglicher Fehlanpassungsrisiken durch unverhältnismässigen Kosten- und Energieaufwand bei der Umsetzung der Massnahmen bedarf es einer Ergänzung der in diesem Projekt vorhandenen Ressourcen im Bereich naturwissenschaftlichen Modellierung durch interdisziplinäre Kollaborationen mit Kollegen aus der FB20 (Wettbewerbsfähigkeit und Systembewertung).

Im Rahmen der Projektaktivitäten ist es Ziel, die methodische Basis schrittweise zu verbessern und zu erweitern. Zur Modellverbesserung sind neben gesamtschweizerisch erhobenen Ertrags- und Klimadaten auch standortspezifische Daten über Klima-, Boden- und Pflanzenwachstumsparameter von entscheidender Bedeutung (z.B. aus Langzeit-, Sorten- und Lysimeterversuchen).

Vergleiche unterschiedlicher Modelle und unterschiedlicher Modellansätze sind sinnvoll und erstrebenswert, um Modellunsicherheiten genauer zu quantifizieren und Schlüsselbedürfnisse für Modellverbesserungen zu identifizieren (Holzkämper et al. 2015b).

Eine reibungslos funktionierende IT-Infrastruktur ist für die Projektumsetzung essentiell!

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

Eigene Publikationen

- Calanca P., Deléglise C., Martin R., Carrère P., Mosimann E., 2016: Testing the ability of a simple grassland model to simulate the seasonal effects of drought on herbage growth. *Field Crops Research*, 187, 12-23
- Felber R., Stöckli S. & Calanca P., 2017. Generic calibration of a simple model of diurnal temperature variations for spatial analysis of accumulated degree-days. Submitted to *International Journal of Biometeorology*
- Holzkämper, A., P. Calanca and J. Fuhrer (2013). "Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach." *Agricultural and Forest Meteorology* 168: 149– 159.
- Holzkämper, A., D. Fossati, J. Hiltbrunner and J. Fuhrer (2015a). "Spatial and temporal trends in agro-climatic limitations to production potentials for grain maize and winter wheat in Switzerland." *Regional Environmental Change* 15(1): 109-122.
- Holzkämper, A., P. Calanca, M. Honti and J. Fuhrer (2015b). "Projecting climate change impacts on grain maize based on three different crop model approaches." *Agricultural and Forest Meteorology* 214–215: 219-230.

Fremde Publikationen

- Arnbjerg-Nielsen K., Funder S.G., and H. Madsen, 2015: Identifying climate analogues for precipitation extremes for Denmark based on RCM simulations from the ENSEMBLES database. *Water Science & Technology* 71.3, 418–425.
- Teixeira, E. I., G. Fischer, H. van Velthuisen, C. Walter and F. Ewert, 2013: Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 170: 206-215.
- Olesen, J. E., M. Trnka, K. C. Kersebaum, A. O. Skjelvag, B. Seguin, P. Peltonen-Sainio, F. Rossi, J. Kozyra and F. Micale, 2011: Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34(2): 96-112.
- Trnka, M., J. E. Olesen, K. C. Kersebaum, A. O. Skjelvag, J. Eitzinger, B. Seguin, P. Peltonen-Sainio, R. Rotter, A. Iglesias, S. Orlandini, M. Dubrovsky, P. Hlavinka, J. Balek, H. Eckersten, E. Cloppet, P. Calanca, A. Gobin, V. Vucetic, P. Nejedlik, S. Kumar, B. Lalic, A. Mestre, F. Rossi, J. Kozyra, V. Alexandrov, D. Semerádova and Z. Zalud, 2011: Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology* 17(7): 2298-2318.
- Howden, S. M., J.-F. Soussana, F. N. Tubiello, N. Chhetri, M. Dunlop and H. Meinke, 2007: Adapting agriculture to climate change. *PNAS* 104(50): 19691–19696.

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

Mit dem Projekt KlimAdapt unterstützt Agroscope den Ausbau der Wissensbasis über aktuelle und zu erwartende Klimarisiken in der Schweizer Landwirtschaft. Die Planung und Steuerung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel wird so auf eine solide naturwissenschaftliche Grundlage gestellt.

Die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion ist in hohem Masse von klimatischen Bedingungen abhängig. Infolge des Klimawandels steigen Temperaturen, Niederschlagsmuster ändern sich und es ist in Zukunft mit einer Zunahme der

Häufigkeit von Extremereignissen (z.B. Trockenperioden und Hitzewellen) zu rechnen. Um den Spielraum an Nutzungsmöglichkeiten für die Pflanzenproduktion in der Schweiz heute und in Zukunft optimal ausschöpfen zu können, ist es wichtig, direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion abzuschätzen. Ausgehend von Erkenntnissen über zu erwartende Risiken, können geeignete Massnahmen zur Klimaanpassung ergriffen und geplant werden (i.e. Änderungen in der Kultur-/Sortenwahl, Bewässerung, Bestimmung von Zuchtzielen).

Genehmigung des Projektes

Datum: 30.8.2017	Visum FGL: leje
Datum: 15.9.2017	Visum FBL / KBL: baro
Datum: 15.9.2017	Visum V SFF: baro



Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	1610
Beitrag zu SFF	17
Beitrag zu weitem SFF	14

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	4.54, 9.10, 9.11, 9.12, 9.27, 17.5, 23.14, 23.24, 23.79, 23.178, 28.62, 28.66, 28.67, 28.72, 28.73
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

Landwirtschaftliche Treibhausgas-Emissionen und Minderungsmöglichkeiten

Treibhausgas-Emissionen

Agricultural greenhouse gas emissions and mitigation options

methane, CH₄, nitrous oxide, N₂O, greenhouse gas, inventory, emission process, mitigation, reduction

Ausgangslage und Problemstellung

Die Emission von Treibhausgasen (THG) in die Atmosphäre gehört zu den wichtigsten Umweltbelastungen der Landwirtschaft. Sie ist die grösste Quelle der Treibhausgase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) in der Schweiz. Während Methan zum grössten Teil aus der Pansenfermentation von Wiederkäuern und aus der Lagerung von Hofdünger stammt, wird Lachgas vor allem aus gedüngten Böden emittiert (die Speicherung des dritten Treibhausgases CO₂ in Böden wird im Projekt 18.17.19.1.03 behandelt). Die Emissionen werden seit über zehn Jahren gemäss den Vorgaben des IPCC (Sektor 3: Landwirtschaft) von der FG KLU für das nationale Treibhausgasinventar der Schweiz quantifiziert und sind ein wichtiger Beitrag zum Klimareporting unter der UNFCCC. Während beim den fütterungs- und leistungsbezogenen Emissionen von CH₄ in den vergangenen Jahren schon einige Anpassungen an die spezifischen Bedingungen in der Schweiz in die Inventarberechnung implementiert werden konnten, werden bei N₂O noch grösstenteils internationale Standardemissionsfaktoren verwendet. Deshalb sind im Bereich der Feldemissionen die Unsicherheiten immer noch sehr hoch. Um zukünftig die Reduktionsziele (vgl. Ziele der Klimastrategie Landwirtschaft des BLW) erreichen zu können, sind weitergehende Forschungsaktivitäten und eine Verfeinerung der Inventarisierung notwendig. Dazu gehört insbesondere auch die Untersuchung, Bewertung und Modellierung von einzelnen Minderungsmaßnahmen. Dabei ist es wichtig, auch die anderen Umweltwirkungen (insbesondere die Ammoniakemission) der Massnahmen zu berücksichtigen um Zielkonflikte ('pollution swapping') zu erkennen und optimierte Lösungen für beide Probleme zu finden.

Insbesondere bei der Bewirtschaftung von Grasland, welches den grössten Anteil der Schweizer Landwirtschaftsfläche ausmacht, muss mit Abweichungen von globalen Standardwerten gerechnet werden. Mit der steigenden Nachfrage nach lokaler grasbasierter Milch- und Fleischproduktion nimmt auch das Interesse an der Weidehaltung zu. Sie wird als emissionsarm in Bezug auf Ammoniak eingestuft, kann aber zu erhöhten N₂O-Emissionen führen. Allerdings sind Emissionen von Weidesystemen unter Schweizer Verhältnissen und ihr Beitrag in kombinierten Viehhaltungs-

systemen (Stall/Weide) noch wenig experimentell untersucht worden. Da die Inventarisierungsmethode (wie auch LCA und Monitoring-Ansätze) auf einer getrennten Betrachtung/Zuordnung von verschiedenen Stickstoff-einträgen (u.a. Weideexkrementen und Düngerausbringung) beruht, müssen die Emissionsfaktoren für die unterschiedlichen Einträge bestimmt werden. Für die Verlinkung ('Up-Scaling') von individuellen experimentellen Studien und dem nationalen Emissionsinventar ist auch der Einsatz von mechanistischen biogeochemischen Modellen notwendig.

Ziele und Forschungsfragen

Allgemeine Forschungsfragen:

- Wie können die Treibhausgasemissionen der gesamten Schweizer Landwirtschaft quantifiziert werden, und wie gross sind die Emissionen unter den aktuellen sowie möglichen alternativen Produktionsbedingungen?
- Welche umsetzbaren Potenziale bestehen zur Verminderung der Treibhausgasemissionen, insbesondere bei der Bewirtschaftung von Grassland (unter Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte)?

Projektziele:

- 1) Quantifizierung der jährlichen CH₄- und N₂O-Emissionen (Inventar) der Schweizer Landwirtschaft zuhanden von BAFU, BLW und UNFCCC. Bereitstellung fundierter Informationen für Politik und Gesellschaft über die Treibhausgas-emissionen der Schweizer Landwirtschaft (und Ernährungswirtschaft) und deren zeitliche Entwicklung zwecks Früherkennung von Ziel-lücken (Erfolgskontrolle).
- 2) Erarbeitung von verbesserten Methoden zur Schweiz-spezifischen Emissionsinventarisierung (in Übereinstimmung mit den UNFCCC-Vorgaben), welche einerseits die bestehenden Unsicherheiten reduzieren und andererseits quantitative Projektionen von Minderungsmassnahmen ermöglichen.
- 3) Wissensbasierte Beurteilung des Potenzials, der Umsetzbarkeit sowie möglichen Zielkonflikten von konkreten Massnahmen zur Verminderung der Treibhausgasemissionen.
- 4) Experimentelle Quantifizierung der THG-Emissionen von Graslandflächen (Voll- oder Teilbeweidung) unter praxis-nahen Bedingungen in der Schweiz. Einbezug der relevanten direkten (N₂O, CH₄, CO₂) und indirekten (NH₃) THG-Wirkungen.
- 5) Untersuchung der Wirkung von Minderungsmassnahmen für die N₂O-Feldemissionen (u.a. optimiertes Düngungs- und Weidemanagement, Verwendung von Nitrifikations-/Urease-hemmer, Kalkung) unter Berücksichtigung von 'Pollution-Swapping'-Effekten

(Die Umsetzung der Ziele hängt teilweise von einer erfolgreichen zukünftigen Akquisition von Fremdmitteln für die Jahre 2019-2021 ab).

Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 17 (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag und die neuen Erkenntnisse zum SFF beschreiben, dies mit einem klaren inhaltlichen Bezug zu den Forschungsfragen im SFF)

Beitrag zu Forschungsfrage 6:

Das Projekt untersucht die Wirkung von Massnahmen bei der Weide- und Graslandnutzung zur Minderung von THG-Emissionen unter praxisnahen Bedingungen in der Schweiz. Es werden geeignete Methoden zur Abschätzung des Potenzials und der tatsächlichen Umsetzungswirkung der Minderungsmassnahmen auf nationaler Ebene erarbeitet, damit diese im Inventar besser erfasst und auch prognostiziert werden können.

Beitrag zu Forschungsfrage 7 und Herausforderung 5:

Im Zusammenhang mit Klima-Anpassungsstrategien ist sicherzustellen, dass diese eine positive Synergie (Co-Benefits) mit dem Klimaschutz (Emissionsreduktionen) aufweisen. Im Rahmen der experimentellen und Modellierungs-Aktivitäten des Projektes wird auch der Einfluss der Klimaparameter Temperatur und Niederschlag/Trockenheit auf die direkten und indirekten N₂O-Emissionen bei der Bewirtschaftung von Graslandsystemen untersucht. Dadurch können positive bzw. negative Interaktionen zwischen Klimaänderung bzw. -anpassung und Emissionsminderung identifiziert werden.

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

zu SFF Nr. 14:

Forschungsfrage 2: Das Projekt liefert durch die Pflege und Verbesserung des landwirtschaftlichen THG-Inventars einen Beitrag zur Qualitätssteigerung in der Umweltberichterstattung inkl. Erfolgskontrolle und Identifikation von Ziel-lücken.

Forschungsfrage 3: Die experimentelle Aktivitäten (Schwerpunkt Weidesysteme) im Projekt liefern Informationen zu den Ursachen der THG-Emissionen, zur Quantifizierung der einzelnen Emissionsquellen sowie zu Hebeln für Emissionsminderungen.

Forschungsfrage 4: Das Projekt leistet einen Beitrag zur Identifikation von praktikablen Massnahmen sowie von Synergien bzw. Nebenwirkungen (u.a. mit Ammoniak-Emissionen) bei der Minderung von THG-Emissionen in Graslandsystemen.

Hauptnutzen für Biolandbau (falls Beitrag, in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag beschreiben)**Material und Methoden (grob skizziert)**

Die Erstellung des Inventars der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen benötigt jährlich aktualisierte statistische Daten, die vor allem aus den 'Statistischen Erhebungen und Schätzungen über landwirtschaftliche Produktion und Ernährung' (publiziert vom SBV) sowie aus der Betriebsstrukturerhebung des BFS (online verfügbar) entnommen werden. Die Berechnungsmethode richtet sich nach den 'IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories'. Zudem ist eine enge Koordination mit der Berichterstattung unter der UNECE CLRTAP (d.h. NH₃-Inventar AGRAM-MON) notwendig. Gemäss den internationalen Vorgaben müssen Empfehlungen aus dem jährlichen Begutachtungsprozess der UNFCCC zeitnah umgesetzt werden. Zur Weiterentwicklung des nationalen THG-Inventars, insbesondere auch hinsichtlich der zuverlässigen Abbildung von Minderungsmaßnahmen, soll die Möglichkeit der Verwendung von komplexeren empirischen und/oder mechanistischen Modellen untersucht werden. Als Grundlagen dazu dienen vor allem Ergebnisse von Forschungsprojekten in der Schweiz (Agroscope, ETH, HAFL, Uni-Basel – aktive Beteiligung) aber auch im Ausland (vor allem Literaturstudien). Die methodische Weiterentwicklung bei der Inventarisierung soll, soweit möglich, in Absprache mit anderen Forschungsprojekten (z.B. 18.17.19.1.03 Boden-C, 18.17.19.7.04 CLIMREFF, 18.14.19.7.03 SALCAfuture, 18.14.19.2.03 ZA-AUI) erfolgen.

Bei den experimentellen Untersuchungen bei Weidesystemen wird der Austausch bzw. die Emission der Treibhausgase CO₂, CH₄, und N₂O sowie von Ammoniak und anderen Luftschadstoffen hauptsächlich durch räumlich integrierende (0.1-1 ha) mikrometeorologische Methoden (v.a. Eddy-Kovarianz), da die Emissionen der Weideexkremente eine starke kleinräumliche Variabilität aufweisen. Dazu werden genaue und schnelle Online-Gasmessungen durchgeführt. Für spezifische Untersuchungen an einzelnen Harnstellen sowie vergleichende Messungen bei verschiedenen Minderungsmaßnahmen (u.a. Nitrifikations- und Urease-Hemmer) werden manuelle oder automatische Kammern auf Kleinparzellen eingesetzt. Es ist geplant, die Feldversuche zu den Emissionen von Halbtagesweiden in Tänikon in Kombination mit dem Emissionsversuchsstall durchzuführen (in Zusammenarbeit mit dem Projekt 'Ammoniak-Minderung'). Dazu wird in einer ersten Phase die Eignung der verfügbaren Flächen untersucht.

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

- Akiyama, H., Yan, X., Yagi, K. 2010: Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biology*, 16, 1837–1846.
- Ammann, C., and Felber R., 2015: Treibhausgasbilanz von weidenden Kühen. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung*, Band 38: Gesunde und leistungsfähige Nutztiere (Ed. by M. Kreuzer et al.), ETH Zürich, 61-63.
- Bell, M., Flechard, C., Fauvel, Y., Häni, C., Sintermann, J., Jocher, M., Menzi, H., Hensen, A., and Neftel, A., 2017: Ammonia emissions from a grazed field estimated by miniDOAS measurements and inverse dispersion modelling, *Atmos. Meas. Tech.*, 10, 1875-1892.
- Bretscher, D., Ammann, C., 2017: Treibhausgasemissionen aus der schweizerischen Nutztierhaltung; wie stark belasten unsere Kühe das Klima? *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung*, Band 40: Klimawandel und Nutztiere: eine wechselseitige Beeinflussung (Ed. by M. Kreuzer et al.), ETH Zürich, 11-22.
- Bretscher, D., Leuthold-Stärfl, S., Felder, D. und Fuhrer, J., 2014: Treibhausgasemissionen aus der schweizerischen Land- und Ernährungswirtschaft. *Agrarforschung Schweiz* 5 (11+12): 458-465.
- Felber, R., Bretscher, D., Mürger, A., Neftel, A., and Ammann, C., 2016: Determination of the carbon budget of a pasture: effect of system boundaries and flux uncertainties, *Biogeosciences*, 13, 2959-2969.
- Felber, R., Mürger, A., Neftel, A., and Ammann, C., 2015: Eddy covariance methane flux measurements over a grazed pasture: effect of cows as moving point sources, *Biogeosciences*, 12, 3925-3940.
- FOEN 2017: Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2015: National Inventory Report, CRF-tables. Submission of 11 April 2017 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, Switzerland.
- IPCC 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara T. and Tanabe, K. (eds.). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- Lam, S. K., Suter, H., Mosier, A. R., Chen, D., 2017: Using nitrification inhibitors to mitigate agricultural N₂O emission: a double-edged sword? *Global Change Biology* 23(2): 485-489.
- Ruser, R. and Schulz, R., 2015: The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils—a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 178(2): 171-188.

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

Die Emission von Treibhausgasen wie Methan und Lachgas in die Atmosphäre und damit der Beitrag zur Klimaerwärmung gehört zu den wichtigsten Umweltbelastungen der Landwirtschaft. Um zukünftig diese Emissionen in der Schweiz effizient reduzieren zu können, sind weitergehende Untersuchungen zu den möglichen Minderungsmaßnahmen sowie eine Weiterentwicklung der nationalen Inventarisierung notwendig.

Das Projekt untersucht die Wirkung von Massnahmen bei der Graslandnutzung zur Minderung von Treibhausgas-Emissionen unter praxisnahen Bedingungen in der Schweiz. Es werden geeignete Methoden zur Abschätzung des Potenzials und der tatsächlichen Umsetzungswirkung der Minderungsmaßnahmen auf nationaler Ebene erarbeitet, damit diese im Inventar besser erfasst und auch prognostiziert werden können. Dabei werden direkte und indirekte Treibhausgas-Wirkungen quantifiziert und Zielkonflikte mit anderen Umweltwirkungen untersucht. Durch die jährliche Berichterstattung zum landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventar werden fundierte Informationen für Politik und Gesellschaft bereitgestellt.

Genehmigung des Projektes

Datum: 30.8.2017	Visum FGL: leje
Datum: 26.10.2017	Visum FBL / KBL: baro
Datum: 26.10.2017	Visum V SFF: baro



Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	2596
Beitrag zu SFF	17
Beitrag zu weiteren SFF	14, 15

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	4.12, 5.26, 9.4, 9.11, 17.48, 18.23, 18.29 23.81, 28.5, 28.19, 28.63, 28.64, 28.65
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

CO₂-Quellen und Senken in landwirtschaftlichen Böden

Boden-C

CO₂ sources and sinks in agricultural soils

THG-Inventar, Grasland, Moorboden, Humusbilanz

Ausgangslage und Problemstellung

Durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung sowie Landnutzungswandel einschliesslich Entwässerung nehmen die Kohlenstoffgehalte von Böden tendenziell ab und Böden werden zu relevanten CO₂-Quellen. Gleichzeitig können bestimmte Nutzungs- und Bewirtschaftungsmassnahmen Teile des als CO₂ verlorenen Kohlenstoffs zurückgewinnen und möglicherweise zusätzlichen Kohlenstoff speichern. Dies fördert in den meisten Fällen auch andere Ökosystemfunktionen wie Bodenfruchtbarkeit und Wasserspeicherfähigkeit und erhöht die Klimaresilienz. Die Grössenordnung dieser Quelle und Senke ist auf nationaler Ebene bisher nur grob geschätzt und quantitative Auswirkungen bestimmter Bewirtschaftungs- und Bodenverbesserungsmassnahmen auf die Veränderung des Boden-C sind unzureichend bekannt. Senken bzw. vermiedene Quellen können substantiell zum Erreichen der BLW Klimastrategie beitragen. Im laufenden AP wurden insbesondere a) Daten von Langzeitexperimenten ausgewertet und darauf aufbauend auch C-Umsatzmodelle für das THG-Inventar validiert, b) C-Verluste aus entwässerten Moorböden gemessen, c) die Fläche der organischen Böden der Schweiz kartographiert, d) eine vorläufige Abschätzung des Einflusses von N Deposition, Bewässerung und Klimawandel auf den C-Haushalt von Sömmerungsflächen erreicht und e) die Auswirkung von Pflanzenkohle auf die N₂O-Emissionen von Böden untersucht.

Darauf aufbauend werden im neuen AP folgende Prioritäten gesetzt:

Modellgestützte Inventarisierung

Die Hauptaufgabe besteht in der Etablierung eines modellgestützten Systems zur jährlichen Modellierung des Boden-C landwirtschaftlich genutzter Mineralböden auf nationaler Ebene für den Zeitraum von 1990 bis heute. Diese Aufgabe findet im Kontext der UN-Klimakonvention und des Kyoto-Protokolls statt und ist Agroscope 2011 formal erteilt worden. Da der Boden-C-Vorrat sehr sensitiv auf den Eintrag von Streu (ober- und unterirdisch) reagiert, wird hierzu, neben Tests der Modelle mit unabhängigen Daten, insbesondere die Abschätzung der unter- und oberirdischen Eintragsraten experimentell weiter verbessert.

Vermeidung und Senke

- Entwässerte organische Böden (i.e., ehemalige Moore) verlieren durch Torfoxidation Kohlenstoff und sind damit starke CO₂-Quellen. Zudem sacken sie, wodurch ihre Nutzbarkeit eingeschränkt wird. Überschüttung mit mineralischem Aushubmaterial kann die Bearbeitbarkeit und Nutzbarkeit wieder verbessern. In der Schweiz wird die Überschüttung als Option für die zukünftige Nutzung vernässender organischer Böden angesehen. Ob die Überschüttung auch eine Veränderung der Treibhausgasbilanz, insbesondere beim CO₂, bewirkt, ist nicht bekannt.
- Die Wiedervernässung genutzter organischer Böden, bei gleichzeitiger Nutzungsänderung, gilt als Option, den Kohlenstoffverlust aus dem Boden zu verringern oder vollständig zu stoppen. Der Nachweis, ob sich ein neuer Kohlenstoffpool aufbaut, ist jedoch schwierig.
- Pflanzenkohle („biochar“) ist pyrolysiertes organisches Material, welches in der Schweiz als Bodenverbesserungsmittel zugelassen ist. Neben einer möglichen Verringerung der Lachgasproduktion liefert Pflanzenkohle auch langlebigen Kohlenstoff, die als C-Senke angesehen werden kann. Dieser Effekt ist z.T. in kontrollierten Experimenten gezeigt worden. Die Auswirkung der Kohle auf den Bodenkohlenstoff ist in der Praxis bislang allerdings nicht näher untersucht worden. Insbesondere ist nicht bekannt, ob kleine, praxistaugliche Mengen im Boden überhaupt nachweisbar sind.

Anpassung

Zunehmender Trockenstress und Wärme können die Produktivität von Grasland und die C-Vorräte der Böden beeinflussen. Eine mögliche Handlungsoption ist die Bewässerung; ihre Auswirkung auf den Boden-C ist bislang unzureichend untersucht.

Humusbilanzierung

Für das AUM des BLW ist der Indikator „Humusbilanz“ implementiert worden; für die AUM-Betriebe werden jährlich die Humusbilanzen ihrer Parzellen berechnet. Auf diese Weise konnten erste Praxiserfahrungen zu Bewirtschaftungseffekten von Landwirtschaftsbetrieben auf die Entwicklung der Humusbilanz von Böden gesammelt werden. Momentan wird – zusammen mit der landwirtschaftlichen Beratung des Kantons SO – ein Webtool „Humusbilanz-Rechner“ (en français: „logiciel bilan humique“) für den einzelbetrieblichen Einsatz entwickelt. Diese Internetanwendung soll es BetriebsleiterInnen ermöglichen, abzuschätzen, wie ihre Bewirtschaftungsweise bezüglich Erhalt der organischen Bodensubstanz zu beurteilen ist und, im Falle einer ungünstigen Humusbilanz, Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen.

Ziele und Forschungsfragen

- Die Schweiz ist verpflichtet, im Rahmen der Klimakonvention der Vereinten Nationen ihr Bodenkohlenstoffinventar für die Landwirtschaft zu verfeinern. Aus diesem Grund wird ein modellgestütztes Inventarisierungssystem zur Erfassung der C-Vorräte landwirtschaftlich genutzter Mineralböden in der Schweiz erarbeitet, welches Teil des nationalen THG-Inventars ist. Das Inventar wird aufzeigen, unter welchen Bedingungen landwirtschaftlich genutzte Böden seit 1990 Kohlenstoffquellen oder –senken sind und welche sich neutral verhalten. Zudem wird das System so aufgebaut, dass es in Zukunft erlaubt, den Einfluss der Klimaveränderung und von Anpassungsmassnahmen (z.B. Bewässerung) auf die Kohlenstoffvorräte von Mineralböden abzuschätzen. Damit verbunden ist auch die Bereitstellung von experimentell erhobenen Grundlegendaten für C-Einträge in Grasland-Systemen.
- Experimentelle Untersuchung der Nutzungsänderung (Überschüttung und Wiedervernässung) auf den C-Haushalt organischer Böden – von der Quelle zur Senke?
- Untersuchung der Auswirkung von Pflanzenkohle auf den Kohlenstoffgehalt von Ackerböden – ist die Massnahme verifizierbar?
- Auswirkung mehrjähriger Bewässerung als Massnahme zur Anpassung an den Klimawandel auf den C-Gehalt von Graslandböden im Berggebiet und die Vegetation– Bewässerung mit Co-Benefit für den Klimaschutz?
- Humusbilanzierung von Ackerflächen mit unterschiedlicher Bewirtschaftung auf Praxisbetrieben, bei Bedarf Ausarbeiten von Verbesserungsmöglichkeiten der Bewirtschaftungsweise – ein Entscheidungshilfsmittel für den Praktiker?

Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 17 (in wenigen Sätzen den konkreten Beitrag und die neuen Erkenntnisse zum SFF beschreiben, dies mit einem klaren inhaltlichen Bezug zu den Forschungsfragen im SFF)

Beitrag zu Frage 2: Die Veränderung der C-Vorräte in landwirtschaftlichen Böden, welche im Rahmen des C-Inventars berechnet sowie in den Aktivitäten im Bereich Nutzung organischer Böden und Pflanzenkohle untersucht werden, erlauben Rückschlüsse auf die Emissionsintensität verschiedener Produktionssystemen und zeigen auf, welche Systeme netto C aufnehmen (d.h. CO₂ Senken sind).

Beitrag zu Forschungsfragen 3 und 7: Die Wiesenbewässerung in trockenen Gebieten als Anpassungsmassnahme an den Klimawandel könnte Erträge stabilisieren, eine Erhöhung des C-Speichers im Boden verursachen und würde damit gleichzeitig zum Klimaschutz beitragen.

Beitrag zu Herausforderung 5: Böden speichern grosse Kohlenstoffmengen. Die Inventarisierung dieser C Speicher

wird aufzeigen, welche dieser Böden oder welche Anbausysteme einen besonders grossen Beitrag zum Klimaschutz leisten können (Mitigation der Emissionen von CO₂). Das Boden-C Inventar ist ein Teil des nationalen Treibhausgasinventars, und somit notwendiges Modul innerhalb eines nationalen Massnahmenprogrammes zum Klimaschutz. Zudem liefert das Projekt einen Beitrag zum Co-Benefit Bodenschutz (Massnahmen Bewässerung, Überschüttung).

Beitrag zu Forschungsfrage 3: Massnahmen welche die Produktionsgrundlage Boden schonen, können erarbeitet werden: Hier leistet das Projekt v.a. mit den geplanten Untersuchungen der Nutzung organischer Böden einen wichtigen Beitrag.

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

zu SFF Nr. 14, 1: Das Projekt leistet im Kontext des Inventars einen wichtigen Beitrag zur Frage 1 der Höhe der Emissionen der Schweizer Landwirtschaft unter aktuellen Produktionsbedingungen und zur Hochrechnung auf die nationale Skala sowie, über die Untersuchung von Standorten und Massnahmen, einen Beitrag zum wissenschaftlichen Ziel: "Wie gross sind einzelne Emissionen bzw. die Ressourceneffizienz der CH-Landwirtschaft"?

zu SFF Nr. 15, 4: Einfluss der landwirtschaftlichen Bodennutzung auf den C-Kreislauf: Im Projekt wird auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen der Einfluss der landwirtschaftlichen Bodennutzung auf den C-Kreislauf (der Böden) untersucht.

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

Das Projekt weist keinen expliziten Bezug zum Biolandbau auf.

Material und Methoden (grob skizziert)

Für die modellgestützte Bodenkohlenstoffinventarisierung wird eine Datenbank mit landwirtschaftlichen, georeferenzierten Informationen angelegt (z.B. jährliche Erträge einzelner Kulturen, Ausbringung von organischem Dünger, Klimadaten). Diese werden als Eingangsdaten für die Simulation der Boden-C Vorräte benötigt. Die Erträge müssen in Boden-C-Einträge (Ernterückstände) umgerechnet werden. Diese Umrechnung ist v.a. für Grasland-Systeme mit einer grossen Unsicherheit behaftet, weshalb dazu experimentelle Daten in Dauergrünland- und Kunstwiesensystemen erhoben werden. Die Simulationen werden mit einem dynamischen Boden-C Modell erfolgen und für Regionen mit ähnlichen Eigenschaften (z.B. Klima, Bodentyp) und Bewirtschaftungsformen durchgeführt.

Bezüglich der Auswirkung der Überschüttung sackender, entwässerter organischer Böden mit schluffigem Sediment auf die Emissionen soll in einem BAFU-finanzierten Projekt im Rheintal auf einem Wiesenstandort die CO₂-Bilanz einer überschütteten und einer Referenzfläche mit mikroklimatischen Methoden untersucht werden.

Bei der Fragestellung der Wiedervernässung organischer Böden soll in einem SNF-finanzierten Projekt die neue thermische Analytik der Gruppe 19.1 verwendet werden, um spezifische Komponenten zu identifizieren, die eine Akkumulation neuen organischen Materials im Boden anzeigen.

Der Einfluss der Wiesenbewässerung als Reaktion auf zunehmenden Trockenstress wird an mehreren Standorten im Unterengadin untersucht. Dazu werden in mehrjährigem Abstand Bodenproben bewässerter (Behandlung) und nicht bewässerter (Kontrolle) Standorte sowie Vegetationsproben genommen und die C-Vorräte bestimmt.

Die Auswirkung der Anwendung von Pflanzenkohle wird im Projekt AgroCO₂cept Flaachthal (BLW Ressourcenprojekt) erforscht. Dabei werden in fünf landwirtschaftlichen Betrieben jeweils eine Kontroll- und eine Behandlungsfläche über fünf Jahre hinweg untersucht. Die Anwendung der Pflanzenkohle erfolgt jährlich, die Bodenbeprobung und Bestimmung des C-Gehaltes des Bodens in zwei – bis dreijährigem Abstand.

Der neu entwickelte Humusbilanz-Rechner soll mit Bewirtschaftungsdaten von Betrieben getestet werden, um seine Praktikabilität weiter zu verbessern.

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

- Bader, C., Müller, M., Schulin, R., Leifeld, J., 2017. Amount and stability of recent and aged plant residues in degrading peatland soils. *Soil Biology & Biochemistry* 109: 167-175.
- Kammann, C., Ippolito, J., Hagemann, N., Borchard, N., Luz Cayuela, M., Estavillo, J.M., Fuertes-Mendizabal, T., Jeffery, S., Kern, J., Novak, J., Rasse, D., Saarnio, S., Schmidt, H.-P., Spokas, K. & Wrage-Mönnig, N., 2017. Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden – knowns, unknowns and future research needs, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25: 114-139, doi: 10.3846/16486897.2017.1319375
- Keel, S.G., Hirte, J., Abiven, S., Wüst-Galley, C., Leifeld, J., 2017. Proper estimate of residue input as condition for understanding drivers of soil carbon dynamics. *Global Change Biology*, doi:10.1111/gcb.13822.
- Keel, S.G., Leifeld, J., Mayer, J., Taghizadeh-Toosi, A., Olesen, J.E., 2017. Large uncertainty in soil carbon modelling related to method of calculation of plant carbon input in agricultural systems. *European Journal of Soil Science*, doi: 10.1111/ejss.12454.
- Leifeld, J., Schulin, R., 2017. Humusverlust in landwirtschaftlichen Mineralböden In: Krebs, R., Egli, M., Schulin, R., Tobias, S. (Eds.): *Bodenschutz für die Praxis*. Paul Haupt Verlag Bern, pp. 225-230.

- Menichetti, L., Kätter, T., Leifeld, J., 2016 Parametrization consequences of constraining soil organic matter models by total carbon and radiocarbon using long-term field data. Biogeosciences 13: 3003-3019.
- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P., Smith, P. 2016. Climate-smart soils. Nature, 532, 49-57.
- Schulin, R., Leifeld, J., 2017. Sackung organischer Böden. In: Krebs, R., Egli, M., Schulin, R., Tobias, S. (Eds.): Bodenschutz für die Praxis. Paul Haupt Verlag Bern, pp. 231-241.
- Volk, M., Enderle, J., Bassin, S., 2016. Subalpine grassland carbon balance during 7 years of increased atmospheric N deposition. Biogeosciences 13: 3807-3817.
- Wüst-Galley, C., Grünig, A., Leifeld, J. 2015. Locating organic soils for the Swiss Greenhouse Gas Inventory. Agroscope Science 26, 1-99.

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

Die landwirtschaftliche Nutzung unserer Böden verringert in vielen Fällen ihre Kohlenstoffgehalte und macht sie zu Quellen für CO₂. Andererseits nehmen Böden auch neuen Kohlenstoff auf. Diese Quellen und Senken haben somit Auswirkungen auf unser Klima, die Ressource Boden, und die Umweltleistungen der Landwirtschaft.

Bodennutzung führt über Änderungen der Eintrags- und Umsatzraten zu einer Änderung der Kohlenstoffvorräte; Böden sind damit Quellen oder Senken für CO₂. Ziel dieses Projektes ist die Senkenfunktion landwirtschaftlicher Böden zu stärken, Quellen zu verringern, die Änderungen zu quantifizieren und geeignete Massnahmen zur Verbesserung der CO₂-Bilanz der Bodennutzung aufzuzeigen. Dabei sollen gleichzeitig andere Ökosystemfunktionen verbessert werden. Hier wird erstmalig die Kohlenstoffbilanz der landwirtschaftlichen Böden der Schweiz für das Treibhausgasinventar umfassend dargestellt. Spezielle Nutzungsmassnahmen wie der Einsatz von Pflanzenkohle zur Minderung der Emissionen oder zur Anpassung an den Klimawandel werden auf ihre Wirkung auf die C-Bilanz der Böden hin untersucht.

Genehmigung des Projektes

Datum: 14.08.2017	Visum FGL: leje
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

18.17.19.07.04

Kurzbegriff/Projektkronym (max. 20 Zeichen)

CLIMREFF

Nr. Bereich.

19

Agrarökologie und Umwelt

Nr. Gruppe

19.7

Ökobilanzen

Projektleitung/Stellvertretung

Thomas Nemecek / Andreas Roesch

Projektdauer

Projektstart

Projektende

4 Jahre

2018

2021

Projekt

Total Arbeitstage ohne Drittmittel	660
Beitrag zu SFF	17
Beitrag zu weitem SFF	14

Bedürfniserhebung: Beitrag zu Anliegen Nr.	3.76, 9.4, 9.11, 9.12, 9.14, 18.2, 20.81, 23.14, 28.72
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

Betrieblicher Klimaschutz und Ressourceneffizienz

Betrieblicher Klimaschutz und Ressourceneffizienz

Climate protection and resource efficiency measures on farm level

Climate protection measures, resource efficiency, farm LCA, life cycle assessment

Ausgangslage und Problemstellung

Extreme Wetterereignisse, wie sehr nasse Sommer oder schneearme Winter, haben in der Bevölkerung das Bewusstsein für den Klimawandel geschärft. Die Landwirte sind dem sich ändernden Klima besonders stark ausgesetzt und gleichzeitig aufgefordert, ihren Ausstoss an Treibhausgasen (THG) zu reduzieren. Bei den begrenzten Ressourcen finden der Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie, der Verlust der Biodiversität, die Erosion, die Wasserknappheit oder die landwirtschaftliche Nutzfläche ebenfalls hohe Aufmerksamkeit. Andere Ressourcen wie Boden, Phosphor und Kalium werden in der Öffentlichkeit hingegen noch wenig wahrgenommen.

Die schweizerischen Behörden haben seit mehreren Jahren entsprechende Initiativen ergriffen, auch aufgrund internationaler Verpflichtungen. In den von BAFU und BLW gemeinsam herausgegebenen "Umweltzielen Landwirtschaft (UZL)" (2008) wurden Reduktionsziele für die landwirtschaftlichen Emissionen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas definiert. In der "Klimastrategie Landwirtschaft" (BLW, 2011) wurden die Reduktionsziele aus den UZL quantitativ festgehalten: Die Schweizer Landwirtschaft hat im Zeitraum bis 2050 die Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu 1990 um mindestens 33% zu reduzieren. Im "Statusbericht 2016 Umweltziele Landwirtschaft" (BAFU & BLW, 2016) wird festgehalten, dass die Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft zwar im Zeitraum 1990 bis 2014 zurückgegangen sind, aber nicht im angestrebten Ausmass. Weiter wird prognostiziert, dass die getroffenen Massnahmen vermutlich nicht ausreichen werden. Folglich sind weitere Anstrengungen nötig, um die Umweltziele im Bereich der Treibhausgase zu erreichen.

In Bezug auf den effizienten Einsatz von natürlichen Ressourcen hat das BLW auf der Grundlage der Art. 76, 77a und 77b des Landwirtschaftsgesetzes zwei Instrumente geschaffen, welche die effizientere Nutzung von natürlichen Ressourcen und Produktionsmittel vorantreiben sollen, nämlich die Ressourceneffizienzbeiträge (REB) und die Ressourcenprogramme. Das vorliegende Projekt soll wissenschaftlich fundierte Grundlagen liefern, um die Umsetzung dieser politischen Instrumente sowie weiterer agrarpolitischer Massnahmen unterstützend zu begleiten. Diese brauchen für die Umsetzung auf Landwirtschaftsbetrieben entsprechende Entscheidungsgrundlagen unter Berücksichtigung der möglichen Zielkonflikte, entlang der drei Nachhaltigkeitsdimensionen. In diesem Kontext steht das 2016 begonnene

Ressourcenprojekt des BLW "Punktesystem Klimaschutz auf IP-SUISSE Labelbetrieben - Massnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen von Landwirtschaftsbetrieben".

Die Massnahmen zum Schutz des Klimas und der natürlichen Ressourcen sollen auf ihre Wirksamkeit und ihre Praxistauglichkeit untersucht und beurteilt werden. Verbesserungspotenziale hinsichtlich der Umweltwirkungen sollen für die untersuchten Massnahmen resp. Betriebe aufgezeigt werden. Die Fragestellungen werden im Laufe des Arbeitsprogramms im Zusammenhang mit den Anstrengungen zur Akquisition zusätzlicher Mittel (Forschungsfonds, Behörden, Privatwirtschaft) konkretisiert.

Ziele und Forschungsfragen

Evaluation der Potenziale zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen und Treibhausgas-Intensität und zu einem effizienteren Einsatz der begrenzten Ressourcen auf dem Landwirtschaftsbetrieb unter Berücksichtigung der Zielkonflikte mit anderen Umweltaspekten oder Dimensionen der Nachhaltigkeit.

- 1) **Evaluation von Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen** auf landwirtschaftlichen Betrieben sowie Berechnung und Analyse der Minderungsleistung hinsichtlich des Treibhauspotenzials.
- 2) **Test von Massnahmen** zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen auf realen Betrieben
- 3) **Erarbeitung und Evaluation von Massnahmen zur effizienten Nutzung** von begrenzten Ressourcen (Energie, Wasser, Boden, Phosphor, Kalium, etc.)
- 4) Ermittlung der **Voraussetzungen für ein zukünftiges Produktionssystem** mit Schwerpunkt auf klimafreundlicher und ressourcenschonender Landwirtschaft
- 5) **Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse** in die landwirtschaftliche Praxis

Die Teilziele 1), 2) und 5) können mittels akquirierter Drittmittel und den eingesetzten OB-Mitteln erreicht werden. Die vollständige Erreichung der Teilziele 3) und 4) ist von einer erfolgreichen Akquisition von Drittmitteln abhängig.

Konkreter Beitrag zum SFF Nr. 17 (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 Projektskizze CLIMREFF leistet Beiträge zu folgenden Ziele des SFF 17:

Ziel 3: Betriebliche Massnahmen zur Schonung der natürlichen Produktionsgrundlagen (wie Boden, Wasser, etc.) und zur Senkung der Treibhausgasemissionen werden erarbeitet und evaluiert. Die Umweltwirkungen werden jeweils pro Einheit produzierte Nahrungsmittel betrachtet. Damit wird der Deckung des Nahrungsmittelbedarfs Rechnung getragen. Ziel 6: Klimaschutzmassnahmen im Bereich der Tierhaltung (Stall, Laufhof und Weide) werden erarbeitet und analysiert.

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

zu SFF Nr. 14:

Ziel 3: Die Wirkung der Massnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen sowie zur Erhöhung der Ressourceneffizienz auf dem Landwirtschaftsbetrieb werden quantifiziert und evaluiert. Die Voraussetzungen für besonders klima- und ressourcenschonende Produktionssysteme werden ermittelt.

Ziel 4: Praxisrelevante Massnahmen für landwirtschaftliche Betriebe zur Minderung der Treibhausgasemissionen und zur Effizienzsteigerung bei der Ressourcennutzung werden erarbeitet und unter Berücksichtigung der Trade-offs und Synergien für die Umwelt evaluiert. Entscheidungsgrundlagen für Behörden und Praxis werden erarbeitet.

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

Viele der Massnahmen zur Emissionsminderung und Effizienzsteigerung sind sowohl für konventionelle Systeme, integrierte Produktion als auch den Biolandbau gültig. Deshalb lassen sich diese Erkenntnisse auch auf den Biolandbau übertragen. Spezifische Merkmale des Biolandbaus werden – wenn möglich – berücksichtigt, soweit sie für die untersuchten Systeme und Forschungsfragen relevant sind.

Material und Methoden (grob skizziert)

Im Projekt "Punktesystem Klimaschutz auf IP-SUISSE Labelbetrieben - Massnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen von Landwirtschaftsbetrieben" wird eine Reihe von Klimaschutzmassnahmen auf 30 Pilotbetrieben geprüft. Dabei wird die Emission von Treibhausgasen vor und nach der Umsetzung der Massnahmen mittels der im Projekt SALCA (18.14.19.7.01) entwickelten Methodik verglichen.

Ressourceneffizienz wird als Output pro Ressourceneinheit definiert, Ressourcenintensität als Ressourcenbedarf pro Outputeneinheit. Die Ressourceneffizienz lässt sich verbessern, indem der Ressourcenbedarf gesenkt, der Output erhöht oder beides kombiniert wird. Massnahmen zur effizienten Nutzung begrenzter Ressourcen werden mit der SALCA-Methode (Projekt 18.14.19.7.01) bewertet. Mittels eines vorgängigen Screenings werden jene Bereiche der Ressourceneffizienz mit dem grössten Handlungsbedarf und der besten Minderungschance identifiziert. Geeignete Massnahmen werden in Partnerschaft mit der Praxis ermittelt und ausgewählt. Bei schwerwiegenden Zielkonflikten mit der ökonomischen oder sozialen Säule der Nachhaltigkeit wird ergänzend eine Bewertung mit ausgewählten Indikatoren der Methode SALCASustain (Projekt 18.14.19.7.02) vorgenommen. Damit wird sichergestellt, dass die Massnahmen

nicht zu Lasten von anderen Nachhaltigkeitsbereichen erfolgen. Für die Berechnung kommen die neu konzipierten Tools aus dem Projekt SALCAfuture (Teilprojekt von SALCA, 18.14.19.7.01) zur Anwendung. Die Zusammenarbeit mit IP-SUISSE und AGRIDEA, der Schweizerischen Vereinigung für die Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raums, fördert den Transfer der gewonnenen Erkenntnisse in die Praxis. Die Berater und Landwirte werden für das Thema „Klimaschutz und Ressourceneffizienz“ sensibilisiert: Ihnen werden wirksame Massnahmen aufgezeigt, welche auf den Schweizer Betrieben umgesetzt werden können. Damit kommen die Resultate der Forschung direkt zur Anwendung und die Wirkung wird vervielfacht.

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

- Alig M., Prechsl U., Schwitter K., Waldvogel T., Wolff V., Wunderlich A., Zorn A. & Gaillard G., 2015. Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. Agroscope, Zürich, Agroscope Science 29, 160 p.
- Bergfeld U., Böcker H., Büscher W., Flessa H., Lasar A., Reinsch T., Roth U., Schmid H., Südekum K.-H., Wulf S., 2017. Klimaschutz in der Landwirtschaft. Emissionsminderung in der Praxis. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt, KTBL-Heft 119, 60 p.
- Flessa H., Müller D., Plassmann K., Osterburg B., Techen A.-k., Nitsch H., Nieberg H., Sanders J., Meyer zu Hartlage O., Beckmann E., Anspach V., 2012. Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Sonderheft 361, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 472 p.
- Nemecek T., Schnetzer J. & Reinhard J., 2016. Updated and harmonised greenhouse gas emissions for crop inventories. Int J Life Cycle Assess, 21: 1361-1378, DOI 10.1007/s11367-014-0712-7.
- Nemecek T., 2016. Effiziente Ressourcennutzung in der Landwirtschaft im Kontext der gesamten Wertschöpfungskette. Ressourcen effizienter nutzen. In: Eckel H. & Molnar C., Tagungsband der KTBL-Tagung vom 18.-20. April 2016, Kassel, Ressourcen effizienter nutzen, 11-15.
- Nemecek T., Hayer F., Bonnin E., Carrouée B., Schneider A. & Vivier C., 2015. Designing eco-efficient crop rotations using life cycle assessment of crop combinations. European Journal of Agronomy, 65: 40-51.

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

Wir evaluieren die Potenziale zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und zu einem effizienteren Einsatz der begrenzten Ressourcen (z.B. Energie, Wasser, P, K, Boden) auf dem Landwirtschaftsbetrieb mittels Ökobilanzmethodik und Nachhaltigkeitsbewertung. Wir erarbeiten und evaluieren konkrete Massnahmen für den Klimaschutz auf Praxisbetrieben und vermitteln die Erkenntnisse praxisgerecht.

Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen auf Landwirtschaftsbetrieben werden erarbeitet und hinsichtlich ihres Minderungspotenzials evaluiert. Der Test der Massnahmen erfolgt auf 30 Praxisbetrieben. Zudem werden Massnahmen zur effizienten Nutzung von begrenzten Ressourcen wie Energie, Wasser, Boden, Phosphor oder Kalium ausgearbeitet und evaluiert. Die Voraussetzungen für ein zukünftiges Produktionssystem mit Schwerpunkt auf klimafreundlicher und ressourcenschonender Landwirtschaft werden ermittelt. In Zusammenarbeit mit der Beratung vermitteln wir wissenschaftliche Erkenntnisse in die landwirtschaftliche Praxis.

Genehmigung des Projektes

Datum: 01.09.17	Visum FGL: gage
Datum: 13.9.2017	Visum FBL / KBL: baro
Datum: 13.9.2017	Visum V SFF: baro

