

Bulletin

Agrarwissenschaften Sciences agricoles

Mit Beiträgen von

Achim Walter und Eva Buff Keller

Marika Debély

Jürg Boos, Thomas Bratschi, Rolf Krebs

Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL

Pascal Boivin, Sophie Rochefort et Vincent Gigon

Achim Walter

Hans Ramseier

Simon Birrer

Professor of Forest Science

The Department of Environmental Systems Science (www.usys.ethz.ch) at ETH Zurich invites applications for the above-mentioned position.

The new professor will lead an internationally recognized research program advancing the frontier of forest science with relevance to the adaptive management of forest ecosystems and the provisioning of ecosystem services. The focus will be on the development of an integrative approach that addresses the multiscale challenges in understanding forest functioning and deriving management regimes that support the sustained provisioning of forest ecosystem services. Potential areas of specialization include (but are not limited to) forest conservation and bio-economy, forest biology, forest-based climate mitigation, forests and natural hazards, and the scientific basis of adaptive forest management.

The future professor is expected to collaborate with research groups at ETH Zurich and the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL) that share similar interests. She/he will be expected to teach undergraduate level courses (in German or English) and graduate level courses (in English) in the field of forest science.

Please apply online: www.facultyaffairs.ethz.ch

Applications should include a curriculum vitae, a list of publications, the contact details of three referees, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed to the **President of ETH Zurich, Prof. Dr. Lino Guzzella**. **The closing date for applications is 31 August 2018.** ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer and is responsive to the needs of dual career couples. We specifically encourage women to apply.

Editorial

Elisabeth Ehrensperger

2

Agrarwissenschaften Sciences agricoles

Institutionen und Studiengängen Institutions et filières

Agrarwissenschaften – Das Studium an der ETH Zürich: Schwerpunkte und Reformprozesse	3
Achim Walter und Eva Buff Keller	
Agroscope s'engage pour la formation	11
Marika Debély	
Agrarwissenschaften im Wandel der Zeit an der ZHAW	14
Jürg Boos, Thomas Bratschi, Rolf Krebs	
Agronomie studieren an der BFH-HAFL – ein Überblick	20
Formation et recherche en Agronomie à la Haute École du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève – HEPIA – HES-SO Genève	23
Pascal Boivin, Sophie Rochefort et Vincent Gigon	

Aktuelle Forschung Recherche d'actualité

Agricultural Sciences – Current topics of research at ETH Zürich	30
Achim Walter	
Blühstreifen fördern Honig- und Wildbienen	41
Hans Ramseier	
Von Biodiversität, Bauern und Beratung – Wie kann die Artenvielfalt im Kulturland erhalten und gefördert werden?	46
Simon Birrer	

Stellenausschreibungen / Postes à pourvoir

ii, 10, 29, iii



Editorial

Elisabeth Ehrensperger

Liebe Leserin, lieber Leser

Ein grosser Teil der Weltbevölkerung lebt in Städten. Die moderne Konsumgesellschaft konfrontiert die Landwirtschaft, deren Aufgabe es ist, eine ständig wachsende Bevölkerung zu ernähren, mit grossen technischen Herausforderungen, betriebswirtschaftlichen Erfordernissen und ökologischen Problemen. Die Landwirtschaft stellt sich heute nicht nur als Teil einer umfassenden Industrialisierung dar, welche durch neue Methoden der Energiegewinnung die Massenproduktion von Nahrungsmitteln ermöglicht hat. Sie zeichnet sich ebenso aus durch gesteigerte Mobilität im Austausch der Güter sowie – neuerdings – durch eine digital fortschreitende materielle Durchdringung, Bündelung und Diversifizierung von Arbeits- und Distributionsprozessen in allen Stadien der Wertschöpfung, die ein landwirtschaftliches Erzeugnis durchläuft. Wissenschaften tragen dazu bei, diese Zusammenhänge – deren Verflechtung sowohl global als auch lokal eher zu- als abnimmt – zu erkennen und zu gestalten.

In Anbetracht all der wissensbasierten technologischen und systemischen Innovationen ist es wichtig,

sich vor Augen zu führen, dass die Agrikultur die ursprünglichste aller «Kulturen» ist, aus der heraus sich die Zivilisation, in der wir leben, entwickelt hat. Und wenn im 21. Jahrhundert die Landwirtschaft auf das Wissen der Agrarwissenschaften dringend angewiesen ist, dann ist dies auch ein kulturell bemerkenswerter Sachverhalt. Das zeigen die folgenden Beiträge zur Theorie und Praxis der Agrarwissenschaften an den diversen Forschungseinrichtungen der Schweiz, die agrarwissenschaftliches Lehren, Lernen und Forschen ermöglichen.

Mein herzlicher Dank geht an Achim Walter und Eva Buff von der ETH Zürich, Rolf Krebs, Jürg Boos und Thomas Bratschi von der ZHAW, Pascal Boivin, Sophie Rochefort und Vincent Gigon von der Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève HEPIA, Marika Debély vom Agroscope, Hans Ramseier von der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL und Simon Birrer von der Schweizerischen Vogelwarte. ■

Ihre Elisabeth Ehrensperger

Anmerkung des Herausgebers

Mit dieser Ausgabe verabschiedet sich Frau Dr. Ehrensperger als Redaktorin unserer Zeitschrift. Seit November 2017 ist sie vollamtliche Geschäftsführerin der Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS). Wir bedanken uns für ihre langjährige Arbeit am «Bulletin VSH-AEU», für die vielen interessanten Themen, die sie aufgegriffen hat, und für ihre

Erfolge, dazu jeweils hervorragende, kompetente Autorinnen und Autoren zu gewinnen. Für ihre neue Tätigkeit wünschen wir ihr alles Gute.

Für die Nachfolge in der Redaktion ist die Suche noch nicht abgeschlossen. Wir hoffen sehr, auch künftig eine lesenswerte Zeitschrift bieten zu können.

Agrarwissenschaften – Das Studium an der ETH Zürich: Schwerpunkte und Reformprozesse

Achim Walter* und Eva Buff Keller**

1. Einleitung

Die ETH Zürich bietet seit fast 150 Jahren ein Studium der Agrarwissenschaften an. Das Studium wurde oft reformiert und den Erfordernissen der Zeit angepasst. Momentan gehört es – gemeinsam mit den Umweltnaturwissenschaften, den Lebensmittelwissenschaften und den Erdwissenschaften – zur Gruppe der «systemorientierten Naturwissenschaften». Die vier Studienrichtungen dieser Gruppe bieten jeweils einen Bachelor-Studiengang und einen konsekutiven Master-Studiengang an. In den Bachelor-Studiengängen erwerben die Studierenden zunächst Kenntnisse in einem weiten Bereich naturwissenschaftlicher Fachrichtungen und spezialisieren sich dann zunehmend in einem oder mehreren Teilgebieten der Studienrichtung – ohne allerdings den Blick auf das gesamte System zu verlieren. Das bedeutet, dass zum Beispiel die Agrarwissenschafts-Studierenden, die sich in einer naturwissenschaftlich orientierten Vertiefung spezialisieren, auch eine gewisse Tiefe der Ausbildung in ökonomischen, administrativen, rechtlichen und anderen Bereichen erfahren haben, die es ihnen erlaubt, bei Abschlussarbeiten und vor allem im Berufsleben tragfähige Lösungen zu erarbeiten. Lösungen, die nicht nur einen Wissenszuwachs in ihrem Spezialgebiet darstellen, sondern die auch einer Überprüfung aus anderen Perspektiven standhalten. Dadurch soll der agrarwissenschaftlich ausgebildete «Pflanzen-Spezialist» sich vom Biologen unterscheiden; dadurch soll die agrarwissenschaftlich ausgebildete «Ökonomin» sich von einer Betriebswirtschaftlerin unterscheiden. Eine Profilabgrenzung zur Ausbildung an Fachhochschulen ist dadurch gegeben, dass Agrarwissenschaftlerinnen und Agrarwissenschaftler mit universitärer Ausbildung besonders befähigt sein sollen, neuartige Probleme zu lösen, die sich so bislang noch nicht gestellt haben oder die sie noch nicht während ihres Studiums kennengelernt haben. Dementsprechend wird im universitären Studium der Agrarwissenschaften weniger aktuelles Praxiswissen vermittelt als in einem Fachhochschulstudium – dafür wird aber mehr Grundlagenwissen vermittelt und es werden Kompetenzen erworben, die zur Bearbeitung von komplexen Forschungsfragen befähigen. Nach Abschluss des Masterstudiums sollen die Studierenden in der Lage sein, eine akademische Karriere aufnehmen zu können oder nach entsprechenden ersten beruflichen Erfahrungen rasch in einer verantwortungsvollen

Position im Umfeld der Agrarwissenschaften tätig zu sein. Darüber hinaus kann an der ETH ein Doktorat in den Agrarwissenschaften absolviert werden.

2. Derzeitiger Aufbau des Studiums

Wie in verschiedenen Informationsschriften zum Studium der Agrarwissenschaften an der ETH Zürich aufgeführt ist (<https://www.usys.ethz.ch/studium/agrarwissenschaften.html>), erfordert der Abschluss des Bachelor-Studiums den Nachweis von 180 ECTS-Kreditpunkten. Die Regelstudiendauer beträgt drei Jahre; Unterrichtssprache ist Deutsch. Die Ausbildungsziele sind im Qualifikationsprofil festgelegt (Box 1); die zu absolvierenden Lehrveranstaltungen umfassen in den ersten beiden Semestern verbindlich festgelegte Lerneinheiten von allgemei-

*ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften,
Universitätstrasse 2, 8092 Zürich.

E-mail: Achim.Walter@usys.ethz.ch
<http://www.kp.ethz.ch>

ORCID-Nr. 0000-0001-7753-9643



Achim Walter, Dr. rer. nat., ist als Professor für Kulturpflanzenwissenschaften seit 2010 an der ETH Zürich tätig. Studium und Ausbildung zum diplomierten Physiker (1995) und Biologen (1997). Studium an der Universität Heidelberg und der ETH Zürich. Promotion in pflanzlicher Ökophysiologie 2001 an der Universität Heidelberg. Postdoc am Biosphere 2 Center der Columbia University New York als Feodor-Lynen-Stipendiat der Alexander-von-Humboldt-Stiftung von 2002 bis 2003. Arbeitsgruppenleiter und stellvertretender Institutsleiter am Institut für Phytosphäre des Forschungszentrums Jülich in Deutschland (2003 bis 2010). Studiendirektor für das Studium der Agrarwissenschaften an der ETH Zürich von 2011 bis 2017. Seit 2017 Ehrenmitglied des Schweizerischen Verbands der Ingenieur-Agronomen und Lebensmittel-Ingenieure für seine besonderen Verdienste um das Studium der Agrarwissenschaften.

**Eva Buff Beratungen GmbH, Haldenstrasse 84A, 8400 Winterthur.
E-mail: eva.buff-keller@env.ethz.ch / eva.buff-keller@bluewin.ch



Eva Buff Keller, Dr. phil. nat., ist derzeit Mitglied der Arbeitsgruppe von A. Walter, seit 2007 Dozentin an der ETH Zürich und vorwiegend selbstständig tätig. Studium und Ausbildung: Diplomierte Geographin (1978, Universität Zürich), Diplom für das Höhere Lehramt (1981), Promotion in Geographiedidaktik an der Universität Bern (1986), Diplomierte Supervisorin/Coach (IAP 1994). Als Hochschuldidaktikerin, Coach, Dozentin, Moderatorin, sowie Prozessbegleiterin/-beraterin (u.a. bei Studiengangrevisionen) an verschiedenen Universitäten und Hochschulen tätig. Mitglied beim Berufsverband für Coaching, Supervision und Organisationsberatung, Schweiz.

Box 1**Qualifikationsprofil Bachelor in Agrarwissenschaften**

Ziel der dreijährigen Bachelor-Ausbildung ist der Erwerb eines breiten Wissens in verschiedenen agrarwissenschaftlichen Disziplinen, die auf natur- und sozialwissenschaftlichen Grundlagen aufbauen. Im Studium erworbene Fachkenntnisse werden durch Exkursionen und das Agrar-Praktikum in der Praxis vertieft. Das Bachelor-Diplom berechtigt die Studierenden zum Master-Studium und ermöglicht die intra- und interuniversitäre Mobilität. Die Berufsbefähigung wird erst mit dem Erwerb des Master-Abschlusses erreicht.

Fachwissen Absolventinnen und Absolventen des Bachelor-Studiums in Agrarwissenschaften

- besitzen solide Grundkenntnisse in Mathematik, Chemie, Biologie, Physik und Informatik sowie über Umweltsysteme
- haben Grundwissen in Wirtschafts-, Politik- und Rechtswissenschaften
- beherrschen mathematische und statistische Analysen sowie Optimierungsverfahren
- sind mit grundlegenden Labortechniken vertraut
- kennen die Grundlagen der Agrarökosysteme sowie die landwirtschaftlichen Produktionssysteme und -methoden der Schweiz und weiterer Länder/Regionen

Sie besitzen Fachkenntnisse in folgenden Gebieten:

- nachhaltige Produktion sicherer und qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel
- Kultur- und Futterpflanzen: Anbau, Pflanzenernährung, Pflanzenschutz, Genetik
- Nutztiere: Genetik, Ernährung, Physiologie, Verhalten, Haltung, Gesundheit
- Agrarökonomie: Agrarwirtschaft, Agrarmarktpolitik, Management, Marketing

Analytische Fähigkeiten

Absolventinnen und Absolventen des Bachelor-Studiums in Agrarwissenschaften sind fähig,

- Agrarökosysteme der Schweiz und anderer Länder/Regionen zu analysieren, zu beschreiben, zu verstehen und zu erklären
- landwirtschaftliche Fragestellungen auf Betriebs- und Regionalebene zu erkennen
- komplexe ökologische, soziale und wirtschaftliche sowie ethische Fragestellungen im Welternährungssystem zu analysieren und beschreiben

Entwicklungsfähigkeiten

Absolventinnen und Absolventen des Bachelor-Studiums in Agrarwissenschaften

- erarbeiten Lösungen für landwirtschaftliche Fragestellungen auf Betriebs- und Regionalebene
- können erlernte Labortechniken zur Bearbeitung agrarwissenschaftlicher Fragestellungen umsetzen
- erarbeiten anwendungsorientierte Lösungen zur sicheren und nachhaltigen Agrar- und Nahrungsmittelproduktion im Welternährungssystem
- bearbeiten selbständig agrarwissenschaftliche Fragestellungen und präsentieren Ergebnisse gemäss den wissenschaftlichen Regeln als Bericht oder Vortrag

Selbst- und Sozialkompetenz

Absolventinnen und Absolventen des Bachelor-Studiums in Agrarwissenschaften

- pflegen einen kritischen Umgang mit Informationen und können das Wesentliche aus verschiedenen Quellen zusammenfassen und miteinander verknüpfen
- kennen die Grundzüge der Projekt- und Teamarbeit und sind fähig in Teams zu arbeiten
- bringen ihr breites theoretisches Wissen in praxisorientierte Fragestellungen ein
- können ihr Wissen schriftlich darlegen sowie präsentieren

rarwissenschaften angeleitete Bachelor-Arbeit dar, die einen Umfang von 15 Kreditpunkten aufweist. Derzeit sind rund 200 Bachelor-Studierende an der ETH eingeschrieben; im aktuellen Studienjahr haben sich 71 Studierende neu eingeschrieben.

Das Master-Studium hat einen Umfang von 120 Kreditpunkten, kann in einer Regelstudiendauer von zwei Jahren absolviert werden, und die Unterrichtssprache ist vorwiegend Englisch. Im Master-Studium findet zwar eine Spezialisierung in einer der drei angebotenen Vertiefungen statt; jedoch wird auch in diesem Studienabschnitt auf eine breite Ausbildung sowie auf die Entwicklung von nicht-fachlichen Fertigkeiten grosser Wert gelegt (Box 2). Ein obligatorisches Berufspraktikum und die Master-Arbeit (je 30 Kreditpunkte) stellen die prominentesten Elemente des Studiengangs dar (Abb. 2). Die derzeit zehn agrarwissenschaftlichen Professuren sowie mehrere, vom Departement und dem Rektorat bewilligte externe Lehrbeauftragte, die meist an der Bundes-Forschungsanstalt Agroscope beschäftigt sind, bieten derzeit rund 60 Lehrveranstaltungen im Umfang von ein bis vier Kreditpunkten an, aus denen nach definierten Regeln die 40 notwendigen Kreditpunkte für die fachliche Vertiefung sowie zweimal zehn Kreditpunkte für Ergänzungsfächer erworben werden können. Zudem bestehen weitreichende Auswahlmöglichkeiten, um auch Lehrangebote anderer Departemente oder anderer Hochschulen in den individuellen Ausbildungsplan einfließen zu lassen. Rund ein Viertel der Master-Studierenden absolviert einen einsemestrigen Mobilitätsaufenthalt im Ausland. Rund zehn Prozent der neu aufgenommenen Master-Studierenden (Tendenz steigend) kommt von einer anderen Hochschule; die überwiegende Mehrzahl der Master-Studierenden hat aber bereits das Bachelor-Studium an der ETH absolviert. Derzeit sind etwa 120 Master-Studierende an der ETH eingeschrieben.

Im Doktoratsstudium sind derzeit rund 100 Studierende eingeschrieben, von denen nur ein geringer Anteil (ca. 10%) das Master-Studium der Agrarwissenschaften an der ETH absolviert hat. Die Mehrzahl weist einen Master-Abschluss einer ausländischen Hochschule auf. Das Doktorat dauert im Mittel drei bis vier Jahre und erfordert neben der wissenschaftlichen Arbeit in einer der Professuren den Erwerb von 12 ECTS-Kreditpunkten aus einem breit gefächerten Angebot an Kursen. In allen drei Studienabschnitten liegt der Anteil von Frauen bei den Studierenden seit vielen Jahren bei rund 50%.

nem Charakter (Abb. 1, S. 6); im weiteren Verlauf des Studiums existiert eine zunehmende Wahlfreiheit aus einem breiten Angebot verschiedener Lehrveranstaltungen. Den Abschluss des Bachelor-Studiums stellt eine von einer oder einem Dozierenden der Ag-

3. Motivation der Studierenden

Derzeit weist rund ein Drittel der Studierenden bereits zu Beginn des Studiums nennenswerte Praxiserfahrungen in den Agrarwissenschaften auf. Diese Studierenden sind auf einem landwirtschaftlichen Betrieb oder in dessen Umfeld aufgewachsen. Teilweise sind die Studierenden dadurch motiviert, diesen Betrieb nach Abschluss ihres Studiums zu übernehmen. Die meisten streben jedoch eine Karriere ausserhalb der direkten landwirtschaftlichen Produktion an. Rund die Hälfte der Studierenden weist ein grosses Interesse an Themen der Entwicklungszusammenarbeit auf und möchte später in einem internationalen Umfeld tätig sein. Im Verlauf des Studiums erhalten die Studierenden durch Praktika, Vorträge und persönliche Begegnungen mit Personen aus verschiedenen Berufsfeldern einen guten Einblick in die Möglichkeiten des Arbeitsmarktes. Allen Studierenden ist die grosse gesellschaftliche Bedeutung der Agrarwissenschaften bewusst. Idealismus bzw. zumindest «ein kleines bisschen Weltverbesserung» stellt daher für alle Studierenden, mit denen wir bisher persönliche Gespräche führen konnten, eine wichtige Triebfeder für das Studium der Agrarwissenschaften dar.

4. Historische Perspektive

Die Art und Weise, wie wir Lebensmittel produzieren, bildet eine der fundamentalen Grundlagen unserer Kultur. Der Übergang von der Lebensweise der «Jäger und Sammler» zu einer sesshaften Lebensweise; von umherziehenden, eher kleineren Gruppen zu ortsfesten, arbeitsteilig organisierten Gemeinschaften, die Felder bestellen, Nutztiere halten und ein weites Spektrum an Berufsbildern ausbilden konnten, fand vor rund 10'000 Jahren weltweit an mehreren Orten gleichzeitig statt. Dieser Übergang erlaubte es den Menschen, sich «die Erde untertan» zu machen; er brachte die Notwendigkeit von Ordnungssystemen mit sich und war letztendlich eine treibende Kraft zur Etablierung der heutigen Weltreligionen und von politischen Systemen. Dabei war die Erhöhung der Leistungsfähigkeit von «domestizierten» Pflanzen und Tieren ein entscheidendes Element, das dem Wandel der Organisation unserer Gesellschaftsstruktur seine Mächtigkeit verlieh. Im Verlauf der Domestikation selektierten unsere Vorfahren den ertragreichsten Weizen, die wohlschmeckendsten Äpfel und die am meisten Milch produzierenden Kühe heraus. Sie schufen damit die Grundlage für ein kontinuierliches Bevölkerungswachstum, das positive wie negative Konsequenzen mit sich brachte. Heute ist etwa die Hälfte der weltweiten Landoberfläche, auf denen das Leben für Pflanzen möglich ist, landwirtschaftlich genutzt. Weite Bereiche dieser genutzten Fläche sind kaum noch produktiv, da sie über Jahrzehnte hinweg

Box 2

Qualifikationsprofil Master in Agrarwissenschaften

Im Master-Studium wird den Studierenden ein vertieftes agrarwissenschaftliches Fachwissen im Bereich der nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen und der langfristigen globalen Sicherung der Nahrungsmittelproduktion vermittelt. Studierende eignen sich Wissen zu neuesten Forschungsfragen und -ergebnissen aus der Grundlagen- und angewandten Forschung an. Sie bewegen sich erfolgreich im Spannungsfeld zwischen Globalisierung und regionaler Identität, zwischen Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit, zwischen den Interessen von Wirtschaft und Gesellschaft. Sie werden zu wichtigen Problemlösern der kommenden Jahrzehnte, die in der Lage sind, die vielfältigen Komponenten des Welternährungssystems zu analysieren und massgeschneiderte Lösungen sowohl für die Schweiz als auch für die verschiedenen Regionen der Welt zu erarbeiten. Absolventinnen und Absolventen der Masterstufe haben eine hochstehende theoretische und methodische Befähigung sowie soziale Kompetenzen zum Einstieg in eine anspruchsvolle berufliche Tätigkeit oder akademische Karriere.

Fachwissen

Absolventinnen und Absolventen des Master-Studiums in Agrarwissenschaften

- besitzen ein prozess- und systemorientiertes Wissen in einer der drei Vertiefungen Pflanzenwissenschaften, Tierwissenschaften oder Agrarökonomie
- haben vertiefte Kenntnisse der Landwirtschaft, der Agrarökosysteme und des Welternährungssystems mit dessen ökologischen, ökonomischen, sozialen und kulturellen Dimensionen
- haben die Fähigkeit, ihr breites Grundlagenverständnis und ihr Fachwissen in ein weites, vernetztes berufliches Umfeld einzubringen

Analytische Fertigkeiten

Absolventinnen und Absolventen des Master-Studiums in Agrarwissenschaften

- kennen die aktuellen fachspezifischen Methoden der Datenerhebung, -analyse und -modellierung, vermögen sie kritisch zu hinterfragen und anzuwenden sowie die Ergebnisse kritisch zu interpretieren
- können die komplexen ökologischen, sozialen, wirtschaftlichen und ethischen Probleme im Welternährungssystem analysieren

Entwicklungsfähigkeit

Absolventinnen und Absolventen des Master-Studiums in Agrarwissenschaften

- sind in der Lage, mit geeigneten Methoden zukünftige Probleme in Agrarsystemen zu erkennen und Lösungsstrategien zu erarbeiten
- können erarbeitete Lösungen kritisch reflektieren, anpassen und zur Umsetzung beitragen
- generieren neues Fachwissen und kennen verschiedene Methoden zum Wissenstransfer

Selbst- und Sozialkompetenz

Absolventinnen und Absolventen des Master-Studiums in Agrarwissenschaften

- verfügen über sehr gute Kommunikations-, Diskussions- und Managementfähigkeiten
- agieren erfolgreich selbständig und im Team
- können auf verschiedenen Ebenen agieren, um trans- und interdisziplinäre Fragestellungen zu lösen
- sind fähig, Entscheide verantwortungsbewusst zu fällen und diese umzusetzen
- vermögen komplexe Sachverhalte sowohl gegenüber Spezialisten als auch gegenüber Laien verständlich zu präsentieren und zu diskutieren
- sind fähig, Wissen aus lokalen in globale Zusammenhänge und umgekehrt zu transferieren vor dem Hintergrund ethischer Verantwortlichkeit und wirtschaftlichen Denkens

nicht nachhaltig bewirtschaftet wurden und durch Erosion, Bodenverdichtung, Versalzung und weitere Prozesse schweren Schaden erlitten haben. Es ist daher eine globale Aufgabe von höchster Priorität, die Art und Weise, wie Landwirtschaft betrieben wird,

BSc-Studium Agrarwissenschaften (180 KP)

Summe der Fächer und Zählweise KP

Basisjahr		Agrarwissenschaftliche Grundlagen		Vertiefung Agrarwissenschaften		
1. Sem	2. Sem	3. Sem	4. Sem	5. Sem	6. Sem	
63		63		54		
Mathematik I: Analysis I und Lineare Algebra - 6	Mathematik II: Analysis II - 7	Mathematik III: Systemanalyse - 4	Agrartechnik I - 2	Agrargenetik - 2	Pflanzenwissenschaften - 4	Grundlagen 66
Chemie I - 4	Chemie II - 5	Mathematik IV: Statistik - 4	Nachhaltige Agrarökosysteme I - 2	Pflanzenwissenschaften - 4	Agrarökonomie - 4	Agrarische GL 20
Allgemeine Biologie I - 3	Physik I - 5	Physik II - 5	Pflanzenbau - 4	Agrarökonomie - 4	Tierwissenschaften - 4	Nutztierwiss. 17
Biologie III: Ökologie - 3	Mikrobiologie - 2	Mikrobiologie - 2	Crop Health - 3	Tierwissenschaften - 2	Wahlfächer - 2	Pflanzenwiss. 19
Biologie I Übungen - 1	Allgemeine Biologie II - 4	Pedosphäre - 3	Agrarpolitik - 2	Wahlfächer - 4	Exkursionen - 1	Agrarökön. 17
Einsatz von Informationsmitteln - 2	Grundzüge des Rechts 2	Pflanzenernährung I - 2	Finanz- & Rechnungswesen - 2	Wissenschaftl. Datenauswertung & Präsentation - 2	Bachelorarbeit - 14	Exkursionen 3
Ökonomie - 3	Kulturpflanzen im World Food System - 2	Ökophysiologie - 2	Tierzucht - 2	Scientific Methods II - 2		Praktikum 10
Umweltsysteme I - 2	Ökologie & Systematik von Algen & Pilzen - 2	Einführung in die Mikroökonomie - 3	Vergleichende Physiologie II - 2	Laborpraktikum - 4		Methoden 8
World Food System - 4	Nutztiere im World Food System - 2	Einführung in das Agrarmanagement - 2	Grundlagen der Tierernährung - 2	Praktikum Agrotag		Wahlfächer 6
Praktikum Chemie - 3	Agrarökonomie im World Food System - 2	Anatomie & Physiologie von Mensch und Tier I - 2	Exkursionen - 1			Bachelorarbeit 14
	Exkursionen - 1	Ernährungswissenschaft - 2	Scientific Methods I			180
		Tierhalt. & -verh. - 1	Vorb. Praktikum			

Abb. 1. Struktur Bachelor-Studium (180 Kreditpunkte –KP)

weiter zu entwickeln – hin zu einer nachhaltigeren Form, die in ihrer Zeit und in ihrem sozialen und politischen Kontext praktikabel ist; die sich wirtschaftlich rentiert, naturwissenschaftlich-technisch machbar ist, vom Landwirt und vom Konsumenten so gewollt wird und langfristig die ökologischen Gleichgewichte der Erde möglichst wenig gefährdet.

Die ETH Zürich erhebt den Anspruch, in Lehre und Forschung nicht nur auf technischem Gebiet eine der führenden Hochschulen der Welt zu sein, sondern auch ein kritisches Denken zu fördern, das es erlaubt, Fehlentwicklungen rasch zu erkennen, mögliche Lösungsansätze zu erarbeiten und zu überprüfen, inwiefern diese umsetzbar sind. Die Transformation neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder neuer technischer Möglichkeiten in anwendbare Produkte oder Handlungsempfehlungen gewinnt an Bedeutung – auch oder gerade in den Agrarwissenschaften. Daher ist es für die Studierenden heutzutage essenziell, Kompetenzen zu erwerben, die sie in die Lage versetzen, a) technologische Neuerungen zu erreichen, b) mit einem weiten Kreis von «Stakeholdern» zu diskutieren und c) im Prozess des Findens von Lösungen eine führende Rolle zu spielen. Für den Studiengang der Agrarwissenschaften bedeutet dies, dass die Studierenden ein solides natur- und sozialwissenschaftliches Fundament an Kenntnissen erhalten sollen. Aufbauend auf diesem werden sie in die

Grundlagen der agrarwissenschaftlichen Fachgebiete eingeführt und lernen ihr berufliches Umfeld auch in der Praxis und in Interaktion mit Berufsleuten kennen. Schliesslich erwerben sie über das gesamte Studium hinweg überfachliche Kompetenzen, die es ihnen ermöglichen, sich mit Stakeholdern aus unterschiedlichsten Gebieten so zusammenzuschliessen, dass tragfähige Lösungen für anstehende Probleme gefunden werden können. Zwar gab es den so formulierten Anspruch an die Fähigkeiten der Absolvierenden vermutlich seit Einführung des Studienganges – aber die Geschwindigkeit, mit der die Veränderungen unserer Lebensgrundlagen (Klimawandel, Bevölkerungswachstum,...) und die der technischen

Vertiefung in einer der drei Disziplinen (40 KP)	Pflanzenwissenschaften Tierwissenschaften Agrarökonomie
Ergänzung I (10 KP)	
Ergänzung II oder Wahlfächer (10 KP)	
Berufspraktikum zu beliebigem Zeitpunkt vor Beginn der Master-Arbeit (30 KP)	
Master-Arbeit (30 KP)	

Abb. 2. Struktur Master-Studium (120 Kreditpunkte–KP)

Möglichkeiten (Digitalisierung, Kartierung von Genomen,...) voranschreiten, hat vor kurzem die Notwendigkeit einer tiefgreifenden Reform des Studienganges begründet und wird voraussichtlich auch in den kommenden Jahren ein stetiges Anpassen der Lehrinhalte notwendig machen.

5. Entwicklung des Studiums an der ETH Zürich

Die Studienrichtung Agrarwissenschaften hat eine lange Historie an der ETH Zürich. Sie wurde 1871 geschaffen (Gründung der ETH Zürich: 1854; Gründung der Abteilung für Landwirtschaft: 1869) und hat seitdem eine starke Zunahme und eine interessante Fluktuation der Studierendenzahlen erlebt (Abb. 3). In einem Artikel aus dem Jahre 1933 (Düggeli 1933) wird berichtet, dass das zunächst viersemestrige Studium schrittweise bis 1932 zu einem siebensemestrigen Studium ausgebaut worden war. Dieser Ausbau trug der zunehmenden Komplexität des beruflichen Umfelds Rechnung. Seit 1909 existiert auch im Bereich der Agrarwissenschaften die Möglichkeit zum Abschluss eines Doktorats (damals: Doktor der technischen Wissenschaften; heute: Doktor der Naturwissenschaften). 1933 waren 23 Professoren, 14 Dozenten mit Lehrauftrag und 15 Assistenten für den Unterricht zuständig; heute sind es rund doppelt so viele Personen, die als eigenständige Dozierende im Vorlesungsverzeichnis der Agrarwissenschaften aufgelistet sind – darunter viele Oberassistentinnen und Oberassistenten sowie Postdocs. Seit Einführung des agrarwissenschaftlichen Studiums standen im ersten Studienjahr Mathematik, Chemie, Biologie und Physik im Zentrum der Ausbildung, und es erfolgte eine zunehmende Spezialisierung der Lehrinhalte mit der Dauer des Studiums. Bis in die späten 1960er Jahre wurde eine zunehmende Anzahl von lebensmittelwissenschaftlichen Themen in den Vorlesungen bearbeitet. Anfang der 1970er Jahre wurde schliesslich ein eigenständiges Studium der Lebensmittelwissenschaften ins Leben gerufen, das bis heute ebenfalls stetig modernisiert wurde. Um das Jahr 2000 herum wurde das Studienprogramm der Agrarwissenschaften im Zuge der Bologna-Reformprozesse revidiert. Es wurde von einem Ingenieurs-Studium (mit dem Abschluss Dipl.-Ing. Agr.) zu einer Studienrichtung mit zwei konsekutiven Studiengängen umgestaltet: Einem dreijährigen Bachelor-Studiengang und einem zunächst 1.5-jährigen Master-Studiengang. Ein halbjähriges Praktikum, das zu Zeiten des Ingenieur-Studienganges häufig gegen Ende des Studiums auf einem landwirtschaftlichen Betrieb absolviert worden war, wurde gestrichen. Dafür hielt ein siebenwöchiges Praktikum auf einem gemischtwirtschaftlichen Betrieb (Pflanzen- und Tierproduktion) Einzug, das während der Semesterferien zu einem beliebigen Zeitpunkt und falls erforderlich auch aufgeteilt auf zwei Abschnitte im Verlauf des Bachelor-Studiums zu absolvieren

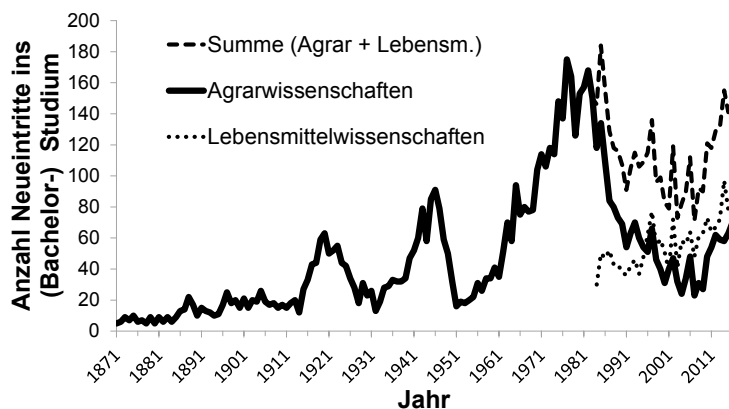


Abb. 3. Entwicklung der Studierendenzahlen. Neueintritte ins agrarwissenschaftliche Studium. Erst seit Anfang der 1980er Jahre wurden Studierende der Agrar- und Lebensmittelwissenschaften administrativ getrennt erfasst.

war. Das erste Studienjahr wurde so organisiert, dass die meisten Lehrveranstaltungen gemeinsam mit den Studierenden der übrigen drei systemorientierten Naturwissenschaften zu belegen waren. Im weiteren Verlauf des Bachelor-Studiums erhielten die Studierenden grosse Wahlfreiheit bei der Belegung von Lehrveranstaltungen. Sie hatten jedoch im dritten Semester die Entscheidung für einen Schwerpunkt entweder in naturwissenschaftlichen oder in ökonomischen Fächern zu treffen. Die Vorteile dieses Bologna-konformen Studienprogramms gegenüber dem zuvor existierenden resultierten aus dessen modularem Charakter: Dieser sollte den Austausch mit ausländischen Studienprogrammen in beide Richtungen erleichtern; sowohl für Studierende der ETH, die an einer anderen Universität einen Teil ihres Studiums absolvieren wollten, als auch für ausländische Studierende, die einen Gastaufenthalt an der ETH vereinfacht durchführen können sollten. Zudem sollte die Wahl von individuellen Schwerpunkten im Studium gefördert werden.

6. Aktueller Reformprozess «AGROfutur»

Neben diesen Vorteilen durch die Bologna-Reform wurden jedoch auch eine Reihe von Schwächen des Studienprogramms sichtbar, die dazu führten, dass

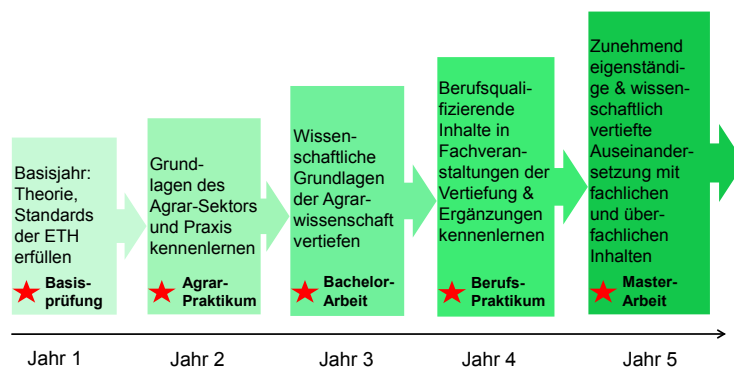


Abb. 4. Auswirkung der Studienreform Agrofutur auf den chronologischen Ablauf, Schwerpunkte und Höhepunkte der beiden konsekutiven Studiengänge für Agrarwissenschaften an der ETH Zürich.

von 2013 bis 2017 eine weitreichende Studienreform mit dem Projektnamen «AGROfutur» vorgenommen wurde (Walter *et al.* 2015). AGROfutur führte zu einer verbindlicheren chronologischen Gliederung des Studiums mit klar greifbaren Schwerpunkten in den verschiedenen Studienabschnitten (Abb. 4). Die Studienreform wurde von der ETH-Schulleitung finanziell unterstützt, sodass während der Projektlaufzeit eine zusätzliche halbe Stelle und weitere finanzielle Mittel zur Durchführung von Retreats und Befragungen zur Verfügung standen. Zu Beginn des Prozesses – im August 2013 – wurden in einem zweitägigen Kickoff die Schwächen des damals aktuellen Studienprogramms identifiziert und die grossen Linien der Durchführung der Reform konsolidiert (Woschnack *et al.* 2016). Die 40 Teilnehmenden dieses Kickoffs setzten sich aus den aktuellen Professorinnen und Professoren der Studienrichtung zusammen, aus Studierenden verschiedener Semester und aus Fachleuten des beruflichen Umfeldes, die zum Grossteil selbst einmal an der ETH studiert hatten. Der partizipative Ansatz dieses Prozesses erwies sich im Nachhinein als wichtiger Erfolgsfaktor (Buff Keller und Walter 2017). Über vier Jahre hinweg wurden die verschiedenen Prozessschritte stets mit verschiedenen Stakeholdern erarbeitet; vor allem wurden aber stets die Studierenden in die Entscheidungen mit einbezogen. Ein «AGROfutur-Kernteam» bereitete die verschiedenen Diskussionsrunden vor, erarbeitete Beschlussvorlagen und stimmte sich in vielen individuellen Gesprächen mit Studierenden und Dozierenden über mögliche Änderungen der Studienstruktur und -inhalte ab. Dieses Kernteam wurde vom Studiendirektor geleitet und umfasste weiterhin den Studienkoordinator und die Leiterin des Praktikantendienstes der Studienrichtung, den Lehrspezialisten des Departementes und die zusätzlich angestellte Spezialistin (während der ersten beiden Jahre eine Expertin für Wissenschaftsadministration; während der letzten beiden Jahre eine Didaktik-Expertin bzw. Supervisorin). Manche Workshops wurden von externen Moderatorinnen geleitet; mehrere Male wurden Informationsveranstaltungen zum Stand der Reform-Überlegungen durchgeführt, zu denen alle Studierenden und Dozierenden eingeladen und auch um ihr Feedback gebeten wurden. Der Prozess wurde stets mit der zentralen Abteilung für Lehrentwicklung und Technologie der ETH Zürich abgestimmt – auch hier stand über die kompletten vier Jahre hinweg ein und dieselbe Ansprechpartnerin zur Verfügung.

Im Verlauf des Reformprozesses wurde rasch klar, dass es die Praxisnähe der Ausbildung, aber auch die überfachlichen Kompetenzen und die Vergleichbarkeit der fachlichen Qualifikation der Studierenden

waren, die aus Sicht vieler Beteiligter die wichtigsten Handlungsfelder darstellten. Ein erster Schritt der Arbeit war daher die Erstellung von zwei breit abgestützten «Qualifikationsprofilen» (Box 1 und Box 2), die verbindlich definieren, welche Fertigkeiten die Studierenden im Verlauf der beiden Studiengänge erwerben sollen. Im Anschluss daran wurden einige neue Lehrgefässe definiert, die für alle Studierenden eine hohe Qualifikation in zentralen Aspekten verbindlich gewährleisten sollten. Um diese Lehrgefässe anbieten zu können, musste teilweise die Kopplung der Lehreinheiten im Verbund der systemorientierten Naturwissenschaften aufgelöst werden. Auch in den übrigen drei Studienrichtungen wurde in dieser Zeit die Notwendigkeit für grundlegende Reformen erkannt und diese mit etwas geringerer Intensität durchgeführt. Basale agrarwissenschaftliche Fachinhalte wurden zum verbindlichen Bestandteil des Basisjahrs, dessen Charakter aber weitgehend erhalten blieb (Abb. 1). Für das dritte und vierte Semester wurden zentrale fachliche Lehrveranstaltungen für alle Studierenden als obligatorisch definiert. Ein obligatorisches, zehnwöchiges Praktikum auf einem gemischtwirtschaftlichen Betrieb wurde für alle Studierenden zum selben Zeitpunkt nach dem vierten Semester eingeführt, das die Inhalte der Lehrveranstaltungen des dritten und vierten Semesters vertieft. Im fünften Semester findet ein obligatorisches laborwissenschaftliches Praktikum statt, und es werden die Fertigkeiten in wissenschaftlichem Schreiben, in Datenanalyse und in verschiedenen Präsentationsformen abgerundet, sodass die Bachelor-Arbeit im sechsten Semester als Erprobung der Summe der geschulten Fertigkeiten angesehen werden kann. Die Studierenden sollen bis zu diesem Zeitpunkt die Grundlagen der drei an der ETH unterrichteten agrarwissenschaftlichen Vertiefungen (Agrarökonomie, Pflanzen- und Tierwissenschaften) in etwa vergleichbarem Umfang belegt haben und vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen dann eine fundierte Wahl für eine der drei Vertiefungen treffen.

Diese Vertiefung stellt dann den Schwerpunkt des Masterstudiums dar (Abb. 2). Die Auswahlmöglichkeiten im Master-Studium erfuhren im Vergleich zum vorherigen Studienaufbau keine Beschränkung. Eine obligatorische Lehrveranstaltung, bei der die Studierenden in Teamarbeit und teilweise gemeinsam mit Studierenden anderer Studienrichtungen Projekte aus dem Arbeitsumfeld der Agrarwissenschaften bearbeiten (Interdisziplinäre Projektarbeit), wurde erweitert und Wert auf die intensivere Vermittlung sowie die direkte Anwendung und Reflexion von überfachlichen Kompetenzen wie etwa Zusammenarbeit im Team, Projektmanagement und Feedback-Geben gelegt. Die beiden wesentlichen

Änderungen im Master-Studium sind jedoch die Änderung der Unterrichtssprache (früher vorwiegend Deutsch, heute im Regelfall Englisch) und die Einführung eines mindestens sechzehnwöchigen Berufspraktikums, das vor- und nachzubereiten und vor Beginn der Master-Arbeit zu beenden ist. Durch die Änderung der Unterrichtssprache wird in der Praxis die Zulassung ausländischer Studierender erleichtert, und es kann zu intensiveren interkulturellen Erfahrungen für alle Studierenden kommen. Durch die Einführung des Berufspraktikums hat sich die Regelstudiendauer auf zwei Jahre verlängert, aber es ist nun möglich, Erfahrungen aus dem Arbeitsleben in Administration, privatwirtschaftlichen Betrieben, aus der Entwicklungszusammenarbeit oder dem Bereich von Startups in die letzten Veranstaltungen des Studiums mit einfließen zu lassen.

Studierende müssen nach Rückkehr aus beiden Praktika (Agrar-Praktikum während des Bachelor-Studiums und Berufspraktikum während des Master-Studiums) jüngeren Studierenden in Vorträgen berichten und schriftliche Praktikumsreflexionen verfassen. Dadurch wird gewährleistet, dass ein intensiver Austausch zwischen den Studierenden verschiedener Semester zustande kommt. Dieser Austausch wird auch in anderen, teilweise neuen Veranstaltungen (wie dem Startwochenende für Erstsemestrige des Bachelor-Studiums, das von Studentinnen und Studenten des fünften Semesters oder des Master-Studiengangs tutoriert wird) gefördert. Einerseits schulen die höheren Semester so ihre Fähigkeit, Wissen und Erfahrungen an Interessenten mit geringerem Vorwissen weiterzugeben; andererseits werden jüngere Studierende aus erster Hand und in der direkten Interaktion mit wichtigen Informationen versorgt, die für ihre weitere Karriere von grosser Bedeutung sein können (wo geht es um welche Inhalte in einem Praktikum? welche Neuerungen sind in einem bestimmten Arbeitsbereich besonders wichtig etc.).

Gerade in Zeiten, in denen sich die Rolle von Hochschulen wandelt, weil nicht mehr der reine Wissenserwerb im Mittelpunkt des Unterrichts steht, sondern die Dozierenden, aber auch die erfahreneren Studierenden als Mentoren gefragt sind, erscheint diese Interaktion als sehr wichtig. Guter Hochschulunterricht wird sich unseres Erachtens in der Ära der Digitalisierung ganz besonders durch die direkte Interaktion zwischen erfahrenen Dozierenden, aber auch erfahrenen und weniger erfahrenen Studieren-

den auszeichnen. Das Einordnen, das Bewerten, das Ausloten von Für und Wider, die kritische Reflektion lebt vom Austausch zwischen Personen. Diese Austauschmöglichkeiten zu schaffen, war ein wichtiges Ziel des AGROfutur-Reformprozesses. Die dafür neu angelegten Lehreinheiten werden sich daran messen lassen müssen, wie gut dieser Austausch gelingt. Wie gut wird das Studium der Agrarwissenschaften an der ETH Zürich in Zeiten sich rasch verändernder Inhalte und fachlicher Fragestellungen in der Lage sein, eine Leitlinie zu geben für eine effiziente, zielgerichtete Ausbildung hin zu akademisch gebildeten Studentinnen und Studenten mit einer genügend grossen fachlichen Breite und der Befähigung zu lebenslangem Lernen? Die Spannungsfelder zwischen biologischer und konventioneller Landwirtschaft, zwischen lokalen und globalen Zusammenhängen, zwischen der ökonomisierten Logik von Wertschöpfungsketten und den Erfordernissen von natürlichen Ökosystemen werden sich auch in Zukunft nicht verringern. Um differenzierte, tragfähige Lösungen für die jeweilige Herausforderung zu finden, wird es partizipative Ansätze, Diskussion auf der Basis von Fachwissen und Gespräche auf Augenhöhe zwischen vielen Beteiligten brauchen. Diese Einsicht stellt einen der zentralen Aspekte dar, den die Studierenden der Agrarwissenschaften spätestens zum Ende ihres Studiums verinnerlicht haben sollten, und sie ist die Voraussetzung für eine sinnvolle Weiterentwicklung unserer landwirtschaftlichen Systeme hin zu mehr Nachhaltigkeit.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Das Studium der Agrarwissenschaften umfasst viele natur- und sozialwissenschaftliche Facetten. Die Agrarproduktion ist auch heute noch eine wichtige Grundlage unserer Gesellschaft. Sie nachhaltig auf die Erfordernisse unserer Zeit auszurichten, ist eine Herausforderung, für die sich die Inhalte des Studiums effizient weiterentwickeln lassen können müssen. Die Studierenden, aber auch das berufliche Umfeld in die Weiterentwicklung der Studieninhalte mit einzubinden, ist von grosser Bedeutung. Nur so kann es gelingen, das Studium wirklich auf lange Sicht relevant zu gestalten; es gleichermassen inhaltlich dynamisch und flexibel anzulegen und doch sicherzustellen, dass bei allen Absolvierenden ein Wissens- und Wertefundament existiert, das es erlaubt, kreative Köpfe zu wichtigen Problemlösern für die vielfältigen agrarwissenschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit heranwachsen zu lassen. ■

Literatur: siehe Seite 10

Literatur

Buff Keller, E. & Walter, A. (2017). Erfolgsfaktoren eines partizipativen Ansatzes einer Studiengangrevision am Beispiel von AGROfutur. *Workshop anlässlich der 46. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hochschuldidaktik*. 8.–10.3.2017, Köln.

Düggeli, M. (1933). Der landwirtschaftliche Hochschulunterricht. In: *Die landwirtschaftlichen Bildungs- und Versuchsanstalten der Schweiz*. 2. Auflage, S. 17–23. Herausgeber: Schweizerischer Verband der Lehrer an landwirtschaftlichen Schulen und der Ingenieur-Agronomen. Redaktion: P. Lichtenhahn, A. Taillefert, W. Thomann.

Walter, A., Dorn, B., Lindberg E. & Dürst L. (2015). AGROfutur: Die ETH Zürich reformiert das Studium der Agrarwissenschaften. *Agrarforschung Schweiz* 6 (3): 118–121.

Woschnack, U., Buff Keller, E. & Walter, A. (2016). Auftakt zum Prozess einer partizipativen Studiengangsentwicklung am Beispiel AGROfutur der ETH Zürich. In: *Das Hochschulwesen. Forum für Hochschulentwicklung, -praxis und -politik*: S. 79–84. Heft 3, 2016. Universitäts- Verlag Webler.

Stellenausschreibung - Poste à pourvoir



Assistant Professor (Tenure Track) of Spatial Development

The Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering (www.baug.ethz.ch) of ETH Zurich invites applications for the above-mentioned position at the Institute for Spatial and Landscape Development (www.irl.ethz.ch).

The successful candidate is expected to develop a strong and visible research programme in the area of sustainable spatial development with a focus on new approaches based on economic and/or social theories. Ideally, the candidate is able to integrate in-depth disciplinary knowledge into the broader context of spatial development. Relevant research areas include, but are not limited to integrated spatial, transportation and economic development, and the development of innovative methods and instruments for an integrated spatial analysis and planning across scales above and below ground level.

The successful candidate holds a PhD and has an excellent record of accomplishments in spatial planning, engineering, or in a spatial development related discipline. Knowledge of the Swiss federal system with 26 cantons and over 2000 communities is an advantage. He or she is expected to establish an attractive teaching programme and must be committed to excellence in education, as well as promote, execute and apply modern teaching methods. Teaching duties include the contribution to graduate level courses in the MSc "Spatial Development and Infrastructure Systems" (English) and in the long term also to undergraduate courses in the BSc "Geospatial Engineering" (German). After successful completion of the tenure procedure, the professorship will also be responsible for the MAS/DAS/CAS programmes in spatial planning.

Assistant professorships have been established to promote the careers of younger scientists. ETH Zurich implements a tenure track system equivalent to other top international universities.

Please apply online: www.facultyaffairs.ethz.ch

Applications include a curriculum vitae, a list of publications, a project list, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Lino Guzzella. The closing date for applications is 15 October 2018. ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer and is responsive to the needs of dual career couples. We specifically encourage women to apply.

Agroscope s'engage pour la formation

Marika Debély*

Agroscope, centre de compétences de la Confédération pour la recherche agroalimentaire et environnementale, accueille chaque année de nombreux étudiants et doctorants qui font le choix de réaliser des travaux de recherche destinés à soutenir la pratique.

Directement rattaché à l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), Agroscope développe ses activités sur sept sites principaux, disséminés sur le territoire suisse. L'institution a pour mission la recherche et le développement dans les domaines de l'agronomie, de la technologie alimentaire et des sciences de l'environnement, ainsi que l'échange de savoir et le transfert de connaissances avec la pratique, les milieux scientifiques, la formation et le grand public.

Agroscope joue un rôle de médiateur entre recherche appliquée et recherche fondamentale. Ce positionnement est donc particulièrement intéressant pour les étudiants¹; ils trouvent chez Agroscope la possibilité de travailler sur des sujets de recherche pointus, dont les résultats permettent de soutenir directement les acteurs de la pratique.

En 2017, 42 étudiants ont réalisé leurs travaux de bachelor ou de master en collaboration avec Agroscope. Pour les doctorants, le chiffre s'élève à 109; des recherches réalisées entièrement ou en partie au sein de l'institution. Grâce à cela, Agroscope occupe une place fondamentale dans la formation académique ainsi que dans le monde de la recherche scientifique suisse et internationale. De nombreux chercheurs travaillant au sein de l'institution renforcent ces collaborations en dispensant des cours dans les universités et les hautes écoles. En 2016, 2155 heures de cours ont ainsi été données par les collaborateurs et les collaboratrices scientifiques d'Agroscope.

Comment un étudiant devient-il doctorant chez Agroscope? Les activités de l'institution sont réparties en sept domaines stratégiques de recherche et trois domaines de compétences pour la technologie et le transfert de connaissances. Ce sont les responsables de ces domaines qui gèrent de façon indépendante les besoins et les sujets qui sont proposés pour une thèse. Le comité de direction se réserve juste un droit de validation final. Lorsque le chef d'un domaine identifie un sujet, il active son réseau pour

trouver un professeur d'université qui accepte de devenir directeur de thèse sur cette thématique.

Si les milieux scientifiques académiques orientent généralement leurs travaux de recherche sur la compréhension de phénomènes, Agroscope doit se concentrer avant tout sur l'obtention de solutions directement applicables pour la pratique, répondant ainsi à son mandat de service public. Le choix d'un sujet de thèse peut émaner, notamment, des problèmes soumis aux collaborateurs scientifiques par le monde de la pratique, d'un travail de master que l'on souhaiterait pousser plus loin, ou encore des mandats venant directement de l'administration fédérale. Mais avant de sélectionner un doctorant pour travailler sur une thématique, il faut encore trouver le financement. Agroscope bénéficie d'un budget limité et très encadré provenant des finances publiques. Ainsi, une grande partie de l'activité des collaborateurs est consacrée à l'établissement de demande de financements extérieurs à l'institution. Enfin, une fois ces étapes validées, le sujet de doctorat est publié sur les différents canaux permettant aux étudiants de soumettre leur candidature.

Les doctorants sont donc essentiels au fonctionnement d'Agroscope. Ils permettent aux différents domaines de recherche d'obtenir des fonds tiers et de la main d'œuvre très qualifiée pour des travaux de recherche de pointe, répondant à la mission de cette institution publique. La publication des résultats – principalement *peer reviewed* et donc internationale – permet aussi à Agroscope d'entretenir et de développer l'excellence de sa réputation scientifique. Enfin, les doctorants et leurs travaux resserrent ses liens avec le milieu académique.

L'engagement de doctorants chez Agroscope n'est pas soumis à un processus strict, mais il s'adapte aux besoins et aux exigences des groupes de recherche et

* Agroscope, Schwarzenburgstrasse 161, 3003 Bern.

E-mail: marika.debely@outlook.com



Marika Debély, MA, détentrice d'un master en histoire et histoire de l'art de l'Université de Lausanne, est actuellement stagiaire au sein de la Corporate Communication d'Agroscope (CCA). Passionnée par l'écriture, elle s'intéresse à la communication en général, et particulièrement aux différentes possibilités qu'offre le tournant numérique aux entreprises dans ce domaine.

¹ Les termes étudiant, doctorant, collaborateur s'appliquent aussi bien pour les femmes que pour les hommes.

de leurs financements externes. Les responsables des domaines ont une véritable autonomie sur le fonctionnement de leur unité organisationnelle.

Pour mieux comprendre les motivations des étudiants qui s'engagent à réaliser leur thèse chez Agroscope, nous sommes allés à la rencontre de deux d'entre eux. Leurs parcours très différents permettent d'illustrer l'éclectisme des profils qui travaillent au sein de l'institution.



Maria Stergiou, doctorante à Agroscope Wädenswil.

Thèse: «*Irrigation water: a source of antibiotic-resistant bacteria in the plant-based food chain*».

Collaboration entre le laboratoire de Microbiologie alimentaire (ETH Zurich, Prof. Martin Loessner) et le groupe de recherche Microbiologie des denrées alimentaires d'origine végétale (Agroscope, Dr. David Drissner).

Originaire d'Argovie, Maria Stergiou se fascine pour le domaine de la science alimentaire dès le lycée. Elle s'inscrit donc naturellement pour le bachelor *Food Science* à l'EPF de Zürich, puis poursuit avec le Master *Human Health, Nutrition and Environment*. Diplômée, elle part trois mois en Russie pour étudier la langue; «A la fin de mes études, je ne savais pas encore exactement ce que je voulais faire. En rentrant de Russie, j'ai cherché du travail auprès des industries mais lors des entretiens, j'ai vu que le cahier des charges impliquait des tâches très théoriques, je n'aurais plus pu réaliser moi-même les recherches» explique Maria. Pas sûre de se lancer dans un doctorat, elle tombe sur une annonce de stage chez Agroscope dans le domaine de la microbiologie alimentaire. Embauchée, elle y travaille pendant une année. Lorsque son contrat arrive à échéance, un programme de recherche vient d'être mis en place dans ce domaine, et recherche trois doctorant(e)s. Elle postule et devient ainsi doctorante externe chez Agroscope, avec un directeur de thèse de l'EPFZ.

Maria s'intéresse aux bactéries résistantes aux antibiotiques dans les plants de salades ainsi que dans les herbes fraîches. Elle cherche à déterminer les sources de contamination afin de minimiser leurs nombres sur le produit final. Elle étudie les différences selon les qualités d'eaux d'arrosage d'une région à une autre, ainsi qu'à l'influence d'eau filtrée et d'eau de bassin lors de l'arrosage des plants. Après presque quatre ans de recherche pour son doctorat, Maria tire les conclusions de son expérience à Agroscope: «Ce que j'ai particulièrement appréciée en travaillant ici c'est

la possibilité de faire des recherches appliquées. Pour mon travail, j'ai eu la possibilité de collaborer directement avec des fermes, des industries et même avec un laboratoire hospitalier... Les résultats de mes recherches offrent une véritable possibilité d'application, ils vont permettre de donner des conseils aux producteurs». Maria loue aussi l'indépendance que son poste de doctorante externe lui a apportée. Son travail de recherche a été rythmé par différentes phases, de l'observation de la pratique aux travaux en laboratoire jusqu'à l'écriture de sa thèse et des articles destinés à la publication. Agroscope offre une infrastructure de qualité à ses doctorants, ils ont de la place dans les laboratoires et des machines performantes à disposition, ce qui ouvre un large champ de possibilités.

Et quels sont les points négatifs de son expérience? «Nous sommes plus isolés. Il n'y a pas cette certaine solidarité entre doctorants que l'on retrouve dans les milieux académiques. Moi j'ai eu la chance d'avoir également un post doctorant qui travaillait sur le même projet que moi, mais c'est un élément qu'il faut prendre en considération. On est considéré comme collaborateur, ce poste est un peu comme un travail déjà, avec les points positifs et les points négatifs que cela apporte».

Le doctorat de Maria s'est terminé en avril 2018 avec la publication finale de sa thèse.



Brice Dupuis, collaborateur scientifique, Changins.

Thèse: *Développement d'une méthode de lutte intégrée contre le virus Y de la pomme de terre (PVY)*. Professeur:

Jacques Mahillon de l'Université catholique de Louvain.

En 2008, Brice Dupuis pose ses valises en Suisse, recruté par Agroscope pour occuper le poste de chef de projet à l'ACW (Agroscope Changins Wädenswil, ancien nom de l'institut). Sa spécialité? La pomme de terre. Originaire de Belgique, Brice a fait ses études à Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège), d'où il sort ingénieur agronome. Le doctorat n'est pas encore dans ses projets; il occupe différents postes entre la Réunion pour le CIRAD et la Belgique au Centre wallon de Recherches agronomiques pendant plusieurs années avant de rejoindre Agroscope pour travailler sur sa spécialisation. «Lors de mon recrutement, le responsable d'ACW m'a demandé si je souhaitais faire une thèse un jour. J'ai répondu oui et cette possibilité m'est restée dans la tête un moment. Finalement, en 2012, je me suis lancé. J'avais trouvé

le bon sujet et j'ai eu les bonnes opportunités» explique Brice. Comme directeur de thèse, il se tourne vers un professeur de l'Université Catholique de Louvain qu'il avait rencontré en travaillant en Belgique. Ce professeur avait reçu des financements en 2011 sur la thématique qui intéresse alors Brice: le virus Y de la pomme de terre.

C'est donc en parallèle de son travail de responsable de projets de recherche sur la pomme de terre et avec un directeur de thèse en Belgique que Brice se lance dans son doctorat: «Avant tout, j'ai dû trouver des solutions pour mes crédits de thèse, je ne pouvais évidemment pas aller en Belgique chaque semaine suivre des cours pour les valider. J'ai heureusement pu les obtenir en participant à différentes conférences. C'est très important d'avoir une tutelle académique qui comprend la situation».

Brice loue la liberté que lui a offerte Agroscope pour le choix du sujet de sa thèse. En lien direct avec son travail de collaborateur scientifique, elle ne peut toutefois pas couvrir toutes les responsabilités de son poste. Brice a donc dû jongler pendant quatre ans avec ces deux activités: «La balance entre mon travail

et la thèse était difficile, surtout la dernière année. On ne peut évidemment pas lâcher ses responsabilités pour se consacrer entièrement à la thèse». En plus de cela, la distance avec son université ainsi qu'avec son directeur de thèse ne donne-t-elle pas une impression d'isolement au doctorant? «Je savais très bien dans quoi je me lançais, je savais que je n'aurais pas l'émulation que l'on peut avoir au sein d'une université. Mais je l'ai eu avec mes collègues, au travers des conférences auxquelles j'ai participées... Le secret est simple, il faut une très grande autodiscipline».

Brice a donc pu réaliser sa thèse tout en travaillant, et avec les encouragements de son employeur et de ses collègues. Brice en explique les raisons: «A mon sens c'est intéressant pour Agroscope aussi car il s'agit de formations continues, elle bénéficie aussi des Universités qui encadrent les doctorants, ainsi que des publications qui résultent des travaux ».

Au final, Brice a défendu en décembre 2017 sa thèse. Selon les termes de son professeur, il a terminé et publié une thèse atypique, alliant recherche appliquée et recherche fondamentale. ■

Agrarwissenschaften im Wandel der Zeit an der ZHAW

Jürg Boos*, Thomas Bratschi**, Rolf Krebs***

1. Einleitung

Heute steht die Landwirtschaft häufig im Kreuzfeuer der Kritik – kaum ein Thema von Pflanzenschutz über Tierwohl und Arbeitsbedingungen bis hin zum Freihandel, das nicht kontrovers diskutiert wird. Eine nachhaltige Nahrungsmittelproduktion und -verteilung ist dringlicher denn je und von grossem gesellschaftlichem Interesse. Die landwirtschaftliche Produktion und die Wertschöpfungskette der Nahrungsmittelproduktion sollen in Zukunft so gestaltet werden, dass die Ernährung der Bevölkerung gesichert wird, ohne ihre eigenen Produktionsgrundlagen zu zerstören. Erforderlich sind Methoden und

Verfahren, welche die Wende hin zu einer produktiven, gleichzeitig nachhaltigeren und ressourcenschonenderen Landwirtschaft ermöglichen. Das Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR) der ZHAW trägt mit seiner Forschung und Lehre zur Entwicklung nachhaltiger Lösungen bei.

Landwirtschaft umfasst heute weit mehr als die Produktion von Nahrungsmitteln. Denn die Agronomie ist Teil eines internationalen Agrofoodnetzwerkes. Um die Bedeutung eines landwirtschaftlichen Produktes zu ermitteln – seine ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen zu beurteilen – genügt es daher nicht, lediglich auf die Herstellung zu fokussieren. Alle vor- und nachgelagerten Prozesse, von der Herstellung der Saat bis zur Wahrnehmung durch Konsumentinnen und Konsumenten, sind zu berücksichtigen und erfordern ein entsprechendes Systemwissen. Das gilt in ganz besonderem Ausmass auch für die Schweiz, die einen bedeutenden Anteil ihrer Lebensmittel importiert. Nahrungsmittel sind als globales Produkt wahrzunehmen und zu verstehen.

Nebst der Globalisierung, die im Nahrungsmittelbereich seit längerem Tatsache ist, gibt es neuere Entwicklungen und Trends, welche die Agrarforschung und/oder die Landwirtschaft beschäftigen. So stehen Insekten als alternative Proteinquellen inzwischen nicht mehr ausschliesslich im wissenschaftlichen Fokus, sondern werden vermehrt ein Thema für Produktion und Vermarktung. Für die Landwirtschaft ist diese in unseren Breitengraden neue Nahrungsquelle Konkurrenz und Chance zugleich. Weitere Faktoren setzen die landwirtschaftlichen Betriebe unter enormen Innovationsdruck. Freier Handel ist eine Forderung mit zunehmendem Gewicht und wird protektionistische Massnahmen in Zukunft erschweren. Abnehmender Protektionismus und mögliche Anpassungen bei den Subventionen werden Schweizer Landwirtschaftsbetriebe verstärkt mit der Frage konfrontieren, ob die landwirtschaftliche Produktion allein rentabel ist oder ob sich ein Betrieb diversifizieren muss.

Auch die Digitalisierung – auf vielen Gebieten bereits heute eine Tatsache – bleibt ein unaufhaltsamer und unausweichlicher Prozess. Die Computertechnologie im Stall ist längst eine Selbstverständlichkeit; an Drohnen im Einsatz zur Prüfung landwirtschaftlicher Flächen beginnt man sich zu gewöhnen. Zu reden

* ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR), Grüentalstrasse 14, Postfach, 8820 Wädenswil.

E-mail: juerg.boos@zhaw.ch
<https://www.zhaw.ch/de/ueber-uns/person/boos/>



Jürg Boos, Dipl. Ing.-Agr. ETH, ist Professor für Obstbau und Leiter des Forschungsbereichs Biologische Landwirtschaft des Instituts für Umwelt und Natürliche Ressourcen an der ZHAW. Als Projektleiter entwickelte der Agronom 2009 mit seinem Team die Vertiefung «Biologische Landwirtschaft und Hortikultur» im Studiengang Umweltingenieurwesen.

** ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR), Grüentalstrasse 14, Postfach, 8820 Wädenswil.

E-Mail: thomas.bratschi@zhaw.ch
<https://www.zhaw.ch/de/ueber-uns/person/brat/>



Thomas Bratschi, gelernter Koch mit anschliessenden Studiengängen in Lebensmitteltechnologie und Betriebswirtschaft, arbeitet als Dozent am Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen an der ZHAW. In seiner Funktion ist er Co-Leiter des Weiterbildungsprogramms «foodward», unterrichtet in Betriebswirtschaft und Nachhaltigkeitsmanagement und leitet das Zentrum «Umwelt- & Agrofood-Systeme».

*** ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR), Grüentalstrasse 14, Postfach, 8820 Wädenswil.

E-Mail: rolf.krebs@zhaw.ch
<https://www.zhaw.ch/de/ueber-uns/person/krebs/>



Rolf Krebs, Dr. sc. nat. ETH, ist Professor für Bodenökologie und Leiter des Instituts für Umwelt und Natürliche Ressourcen an der ZHAW. Der promovierte Umweltnaturwissenschaftler der ETH Zürich arbeitet seit vielen Jahren im anwendungsorientierten Bodenschutz und ist Herausgeber und Mitautor des 2017 erschienenen Lehrbuchs «Bodenschutz in der Praxis» vom UTB Verlag. Rolf Krebs ist Vorstandsmitglied der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz.

gibt aktuell die *Blockchain*-Technologie, die es ermöglicht, Wertschöpfungsketten in der Landwirtschaft zu vernetzen. Sie verspricht mehr Transparenz, indem alle Daten dezentral erfasst werden und für alle verfügbar sind. Gleichzeitig stellen sich Fragen zur Datensicherheit. Insgesamt ist diese Entwicklung ein weiterer Hinweis darauf, dass die Bedeutung der Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe ständig zunimmt und diese sich in Zukunft mehr und mehr zu eigentlichen IT-Unternehmen entwickeln werden.

2. Das 6F-Modell und resultierende Zielkonflikte

Auch wenn die Versorgung der Menschen mit Nahrung die zentrale Aufgabe der Landwirtschaft ist, sollte sie nicht auf diese Funktion reduziert werden. Das 6F-Modell weist der Landwirtschaft Aufgaben in den sechs Bereichen *food* – *feed* – *fuel* – *fiber* – *flowers* – *fun* zu. Die verschiedenen Ansprüche an die Landwirtschaft führen häufig zu Zielkonflikten. Das folgende Beispiel illustriert ein Dilemma im Bereich der Futterproduktion (*feed*): Angesichts der enormen Fleischproduktion in der Schweiz stehen zu wenig Futtermittel für Hühner, Schweine und Rinder aus der Schweiz zur Verfügung, diese müssen zu einem grossen Teil importiert werden. Dies ist zwar aus ökonomischer Sicht sinnvoll, aus ökologischer Sicht hingegen fragwürdig. Ein bedeutender Teil der in den importierten Futtermitteln enthaltenen Nährstoffe landet letztlich als Mist und Gülle auf den Feldern und trägt zur Verschmutzung der Gewässer bei. Dies führt zur Frage, ob oder wie viel Fleischkonsum sinnvoll oder ethisch ist.

Auch in Bezug auf die Produktion von Energie (*fuel*) stellen sich Fragen. Ist es sinnvoll, Flächen zum Anbau von Weizen, Mais oder Raps für die Produktion von Bioethanol oder Biodiesel anzubauen und damit diese Flächen der Nahrungsmittelproduktion (*food*) zu entziehen? In der Schweiz ist der Anbau von Energiepflanzen allerdings nicht von Bedeutung, hingegen sind die Verwertung von Reststoffen wie Ernterückstände oder Mist und Gülle für die Produktion von Biogas sowie die Produktion von Solarstrom auf landwirtschaftlichen Gebäuden wichtige Themen.

Auch die Produktion von pflanzlichen und tierischen Fasern (*fibers*) zur Herstellung von Textilien kann die Produktion von Nahrungsmitteln konkurrenzieren. Wird eine Fläche für den Anbau von Hanf verwendet, können dort nicht gleichzeitig Nahrungsmittel produziert werden.

Eine weitere Aufgabe (*flowers*) der Landwirtschaft ist es, die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten, also für sauberes Wasser und fruchtbare Böden zu sorgen. Dazu gehört die Pflege der Landschaft

mit einer hohen Biodiversität und besonders in der Schweiz auch von einer gewissen Schönheit. Der Landwirtschaftsbetrieb profitiert überdies von einem attraktiven Erscheinungsbild in einem naturgeprägten Umfeld als Anbieter von Freizeitaktivitäten und sozialen Dienstleistungen (*fun*).

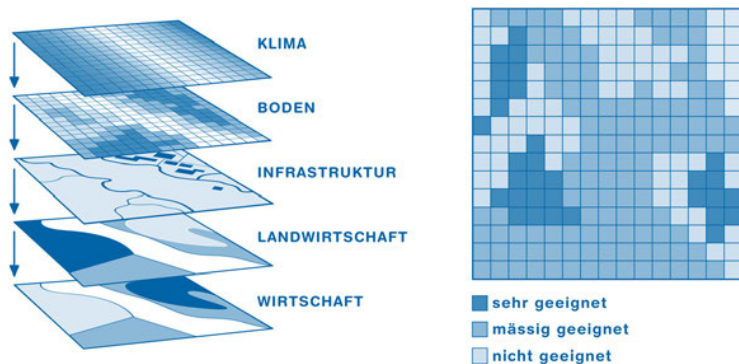
3. Weitere wichtige Einflussfaktoren

Dieses weite Feld an Themen wird zusätzlich durch das gesellschaftliche, wirtschaftliche, technologische und natürliche Umfeld beeinflusst. Dazu einige Beispiele, die heute zu Kontroversen führen: Die Landwirtschaft würde sich ohne den politischen Willen zur Förderung der dezentralen Besiedelung der Schweiz (Artikel 104 der Verfassung) aus ökonomischen Gründen aus dem alpinen und voralpinen Gebiet zurückziehen. Andererseits eröffnen Trends in der Ernährung wie Veganismus oder neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Verbraucher (Solidarische Landwirtschaft) neue Chancen. Sodann wird die Gentechnologie in Zukunft verstärkt zur Herausforderung, insbesondere weil die Weiterentwicklung der Verfahren eine einfache Unterscheidung zwischen gelenkter natürlicher Vererbung und Gentechnik erschweren wird. Des weiteren fasst die Digitalisierung auch in der Landwirtschaft schnell Fuss: So werden z.B. Äpfel, bevor sie in den Verkauf gelangen, oder Getreidekörner vor dem Mahlen von Computern gescannt und sortiert. Diese Verfahren laufen nicht mehr auf Versuchsebene, sondern sind heute Realität in der Verarbeitung. Schliesslich fordern natürliche Umweltfaktoren die Landwirtschaft weit mehr als noch vor zwanzig Jahren – zum Beispiel gelangen immer öfter neuartige Pflanzenschädlinge in die Schweiz oder verbreiten sich dank der Klimaerwärmung in neue Gebiete.



Drohne mit Hyperspektralkamera zur Früherkennung von pilzlichen Erkrankungen von Reben.
Bild: ZHAW

CONSUS: Ein Tool für die Agrarplanung



Consus Tool: Ein am IUNR entwickeltes Tool, das die Überlagerung von biophysikalischen und sozio-ökonomischen Anforderungen von landwirtschaftlichen Kulturen zur Abschätzung der Nutzungeignung ermöglicht.

www.zhaw.ch/iunr/gof

Grafik: IUNR/ZHAW

Diesem breiten Spektrum an Herausforderungen in der Landwirtschaft steht in der Schweiz ein gut abgestimmtes Angebot an Berufs-, Fach-, Fachhochschulen und universitärer Bildung gegenüber. Weiter listet das Bundesamt für Landwirtschaft über zwanzig staatliche Institutionen auf, die sich mit landwirtschaftlicher Forschung beschäftigen. Weitere private Institute von Industrieunternehmen oder Stiftungen tragen wesentlich zur Forschung bei.

4. Interdisziplinäres Lehrangebot: Der Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen

Angesichts des vielseitigen Aufgabenfeldes der Landwirtschaft, der zahlreichen Einflussfaktoren sowie der Nachhaltigkeit als Richtschnur (vgl. Kasten) scheint es offensichtlich, dass eine klassische, auf rein agronomische Themen fokussierte Ausbildung weder den Anforderungen des Arbeitsmarktes noch den Zielen des IUNR gerecht wird. Aus diesem Grund entwickelte das Institut im 2003 den Bachelor Umweltingenieurwesen, der mit seinen fünf Vertiefungen ein interdisziplinäres Lehrangebot im Spannungsfeld zwischen wirtschaftlich-gesellschaftlichen Ansprüchen und einer nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen anbietet. Aussergewöhnlich an diesem Studiengang ist, dass das Curriculum stark individualisiert ist und die Studierenden neben der Vertiefung auch aus einem Pool von über 40 Modulen wählen können.

Die Vertiefung «Biologische Landwirtschaft und Hortikultur» wurde 2009 gemeinsam mit den Partnern Agroscope (Kompetenzzentrum des Bundes für landwirtschaftliche Forschung) und FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick) ins Leben gerufen. Die Neuausrichtung auf biologischen Landbau ergab sich erstens auf Grund der Bedürfnisse der Studierenden; zweitens weist die biologische

Landwirtschaft inhaltlich ein grosses Entwicklungspotenzial auf. So sind vor allem in dieser Landbau-richtung Landwirte und Forschung bereit, über Schwächen ihrer Produktionsweise hinsichtlich z.B. Pflanzenschutz, Arbeitsbedingungen, Tierwohl usw. zu diskutieren und neue Lösungswege zu suchen.

Auch heute und in Zukunft muss sich diese Vertiefungsrichtung laufend neuen Entwicklungen anpassen. Am IUNR entstanden im thematischen Umfeld der Studienrichtung neue Forschungsgruppen: *Geography of Food* mit Fokus auf lokale und globale Fragestellungen zur Nachhaltigkeit von Agrar- und Ernährungssystemen; Ökobilanzierung, welche die Umweltauswirkungen von Produkten, Dienstleistungen, Technologien und Systemen über den gesamten Lebenszyklus quantifiziert und bewertet; und in jüngster Vergangenheit Agrar- und Ressourcenökonomie, die Programme und Instrumente der Agrarpolitik sowie der Entwicklungszusammenarbeit evaluiert. In der Folge finden Themen wie *Sustainable Sourcing*, Labelmanagement und *Life Cycle Assessment* Eingang in den Unterricht des Studienangebotes. Dieses bleibt dadurch stets am Puls der Zeit.

Zwischen 30 und 40 Studierende belegen jährlich die landwirtschaftlichen Kernfächer und profitieren gleichzeitig vom breiten Modul-Wahlpool des Studiengangs. Somit finden die Absolvierenden nicht nur Anstellungen in der Beratung, Schulung und Forschung, sondern auch in Labelorganisationen und in Einkaufsabteilungen.

Eine Chance für die didaktische Weiterentwicklung der Vertiefung BLH ist die Digitalisierung der Lehre. Indem sich die Studierenden durch E-Learning-Kurse auf die Kontaktlektionen vorbereiten, kann in den Vorlesungen der Theorieinput zu Gunsten von Praktika gesenkt werden. In den Praktika üben sich Absolventinnen und Absolventen in Tätigkeiten, die sie in ihrem späteren Berufsleben in Beratung, Wissenstransfer, Forschung und Handel ausüben werden. Berufsbefähigende Fallstudien und Übungen in Laboren und in den Aussenanlagen der ZHAW in Wädenswil werden in Zukunft ein bedeutendes Alleinstellungsmerkmal der Fachhochschullehre darstellen. Zudem erfährt die Rolle der Dozierenden durch die vorgängige Aneignung von Faktenwissen eine Aufwertung. Anstelle von monologartigen Vorlesungen ermöglichen Übungen und Seminare, in einen persönlichen Dialog mit den Studierenden zu treten, der fachliche und überfachliche Kompetenzen besser zu fördern vermag.

5. Erster Umweltmaster auf Fachhochschulstufe

Der 2017 am IUNR gestartete *Master of Science in Umwelt und Natürliche Ressourcen* verknüpft technologische, naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftliche Disziplinen zu einer Ausbildung. Der Studiengang bietet drei Studienschwerpunkte (Master Research Unit MRU):

Im Schwerpunkt *Biodiversity & Ecosystems* werden Wechselwirkungen und Vernetzungen in terrestrischen Systemen und in Gewässerökosystemen untersucht und erforscht.

Der MRU *Ecological Engineering* entwickelt nachhaltige Energie- und Mobilitätssysteme sowie Ökotechnologien als Schlüsselemente einer zukunftsfähigen Gesellschaft.

Der Schwerpunkt *Agrofoodsystems* schliesslich behandelt Fragestellungen einer nachhaltigen Nahrungsmittelproduktion und damit verknüpften Herausforderungen des Klimawandels, der Landschaftsentwicklung und des Ressourcenverbrauchs. Damit ermöglicht dieser Schwerpunkt den Studierenden, sich vertieft mit der landwirtschaftlichen Produktion und der Wertschöpfungskette der Nahrungsmittelproduktion auseinanderzusetzen. Wie müssen diese gestaltet werden, um die Ernährung der Bevölkerung zu sichern, ohne ihre eigenen Produktionsgrundlagen zu zerstören? Nebst entsprechenden Lösungsansätzen untersucht und erforscht dieser Schwerpunkt die damit verbundenen sozioökonomischen Bedingungen und Entwicklungen. Damit öffnet der Master im Vergleich zur Vertiefung BLH des Bachelorstudienganges, welche auf die Ebene Landwirtschaftsbetrieb fokussiert, die Sicht auf landwirtschaftliche Systeme und globale Zusammenhänge.

6. Landwirtschaftliche Forschung am IUNR

Die angewandte Forschung und Entwicklung des IUNR im Bereich der Agrarwissenschaften entwickelte sich erst in den letzten 15 bis 20 Jahren auf Grund des vierfachen Leistungsauftrags gemäss Artikel 3 des Fachhochschulgesetzes (Lehre, Weiterbildung, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und Dienstleistungen für Dritte). Dabei galt es, sich in einer von Universitäten und bundeseigenen Forschungsanstalten schon besetzten Forschungslandschaft zu positionieren oder – wie im Falle des IUNR – neue Felder zu erschliessen. Hinzu kommt, dass die Fachhochschulen nicht über eine Grundfinanzierung für die Forschung verfügen, d.h. Forschung ist nur dort möglich, wo Drittmittel akquiriert werden können. Zu den wichtigsten Geldgebern des IUNR im Bereich der Agrarforschung gehören staatliche Forschungsagenturen (NF, KTI/Innosuisse und Bundesämter), private Unternehmungen im Agrarbereich und Stif-



Luftaufnahme Campus Grüental mit Gärten, Gewächshäusern und Anbauflächen.
Bild: Frank Brüderli

tungen. Das IUNR fokussiert auf gesellschaftsrelevante, komplexe Fragestellungen an den Schnittstellen von Gesellschaft, Umwelt und Technologie und sucht nach nachhaltigen, umsetzungsorientierten Lösungen.

Unter den gegebenen Voraussetzungen entstanden pionierhafte Forschungsprojekte in nahezu allen Bereichen der Agrarwissenschaften (6F-Modell), die nachfolgend beispielhaft vorgestellt werden.

Aquakultursysteme: Ziel ist ein hohes Mass an Recycling bei geringem Verbrauch der Ressourcen Wasser, Nährstoffe und Wärme. Abwässer werden wenn möglich vermieden oder die enthaltenen Nährstoffe zum Aufbau verwertbarer Biomasse genutzt. So bewirkt der Bau des NEAT-Basistunnels eine natürliche Drainage des Gotthardmassivs. Das reichlich anfallende Bergwasser liegt im idealen Temperaturbereich für eine Fischzucht in einem Kreislaufsystem. Um die Nutzung des Wassers für eine grosse Fischzuchtanlage zu untersuchen, betreibt das IUNR zusammen mit einem Wirtschaftspartner eine Forschungsanlage nahe des Nordportals. In der Anlage werden Trütschen (*Lota lota*) und Zander (*Stizostedion lucioperca*) kultiviert. Einen Schritt weiter gehen die Aquaponic-Systeme. Diese kombinieren Aquakultur (Fischzucht) und Hydroponik-Anbau (z.B. Gemüse) in einem Kreislaufsystem mit dem Ziel, die Nährstoffe aus dem Fischzuchtabwasser wieder zu verwerten. Die Nährstoffe, die im Fischfutter und in den Fischexkrementen enthalten sind, werden auf nachhaltige Weise genutzt, um Nahrung zu produzieren. In weiteren Projekten wird die Produktion von Mikroalgen zur Gewinnung von Wert- oder Wirkstoffen wie Futtermittel, Lebensmittel, Kosmetika oder Pharmazeutika untersucht.

Food from Wood: Bisher wurden Insekten vor allem als Futtertiere für Heimtiere gezüchtet. In andern Kulturen sind Insekten hingegen feste Bestandteile der menschlichen Ernährung. Insekten könnten uns mit wertvollen Proteinen, Fetten und Mineralstoffen versorgen. Eine Zucht auf Basis von Getreide oder anderen Grundnahrungsmitteln ist, trotz hoher Umsetzungsraten der Insekten, nicht nachhaltig. Dieses vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) finanzierte Projekt fokussiert auf die Frage, wie sich auf Holzabfällen Pilze züchten lassen, die sich für die Zucht von essbaren Insekten eignen.

Pflanzengesundheit: Es wird geschätzt, dass weltweit 20 bis 35 Prozent der Ernte von Kulturpflanzen auf Grund von Schädlingsbefall und Pflanzenkrankheiten verloren gehen. Die Früherkennung von Krankheiten im Pflanzenbau könnte dazu beitragen, Pflanzenschutzmassnahmen gezielter einzusetzen und stark zu reduzieren. Das Projekt untersucht die Möglichkeit der Früherkennung von Blattkrankheiten mit Hyperspektral- und Multispektralkameras, welche Stressreaktionen der Pflanzen sichtbar machen, die auf Grund von Pilzinfektionen ausgelöst werden. Diese bildgebenden Verfahren lassen sich mit selbstfahrenden Robotern oder Drohnen automatisieren. Mit dem gleichen Ziel entwickelte das IUNR einen Gentest für den Nachweis von Pilzkrankheiten in Nutzpflanzen. Dieser Test kann mittels eines portablen Analyseinstruments auf dem Feld innerhalb von 15 bis 20 Minuten durchgeführt werden. Die Methode erlaubt es, den Pilzbefall bedeutend früher zu erkennen, als dies heute mit einer anderen feldtauglichen Methode möglich ist.

NOVANIMAL: Die Menschen essen weltweit immer mehr Fleisch und Milchprodukte. Ernährungsbedingte Umweltbelastungen und Gesundheitsrisiken nehmen zu. Auch die Schweizer Esskultur ist von Milchprodukten und Fleisch geprägt. Das Projekt

NOVANIMAL sucht entlang der Wertschöpfungsketten nach Innovationen, um unerwünschte Folgen von Produktion und Konsum tierischer Nahrungsmittel zu verringern. Zusammen mit Praxispartnern werden Strategien und Empfehlungen für eine gesunde und nachhaltige Schweizer Esskultur und für mehr Kreativität und Vielfalt auf dem Teller erarbeitet.

Faserhanf: Als heimische, widerstandsfähige Nutzpflanze, die – mit wenig Wasser und ohne Dünger – praktisch überall wächst, scheint Hanf eine umweltverträgliche Alternative zur Baumwolle. Allerdings wird Hanf heute in Mitteleuropa kaum mehr angebaut; es fehlen Erntemaschinen und Verarbeitungstechnologie. Unter dem Aspekt, dass die Flächen für den Baumwollanbau begrenzt sind und die Nachfrage nach Textilien steigt, untersucht das Projekt, welche verfahrenstechnischen und ökonomischen Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit ein Anbau von Faserhanf in Mitteleuropa wieder möglich ist.

Regionale Produkte im Schweizer Pärketourismus: Regionale Produkte sind ein wichtiges Element, um die Nachhaltigkeit im Tourismus insbesondere im Gastgewerbe zu fördern. Die Nachfrage nach regionalen Nahrungsmitteln steigt bei allen Akteuren – Produzenten, Gastronomen, Gästen – entlang der Wertschöpfungskette von Nahrungsmitteln. Das Projekt klärt ab, wie durch den Bezug von regionalen Produkten der Tourismus zur regionalen Wertschöpfung beiträgt. Regionale Produkte tragen insbesondere auch zur Erhaltung einer traditionellen Kulturlandschaft und zur Stärkung der regionalen Identität bei.

Mehr als Landwirtschaft! In der Debatte um Effizienzsteigerung und Technologisierung als Antwort auf wirtschaftlichen Druck und ausländische Konkurrenz gehen die sozialen Dienstleistungen der Landwirtschaft vergessen. Viele Familienbetriebe wären ohne innovative Nischenbewirtschaftung, Zusatzeinkünfte aus «paralandwirtschaftlichen» Tätigkeiten und geeigneten Erwerbskombinationen nicht überlebensfähig. Dies zeigt, dass die Resilienz von Betrieben mit einer innovativen Gestaltung sozialer Dienstleistungen gefördert werden kann. Manche Betriebe erbringen bereits heute Leistungen in den Bereichen Betreuung, Bildung, Agrotourismus, Eventorganisation oder soziale Vermarktungs- und Verarbeitungsformen. Bis anhin haben diese Leistungen wenig Anerkennung gefunden. Das Projekt untersucht, welche Bedeutung soziale Dienstleistungen für die Resilienz von Landwirtschaftsbetrieben haben und ermöglicht so eine objektive Debatte über den Bedarf solcher Leistungen neben der Nahrungsmittelproduktion.

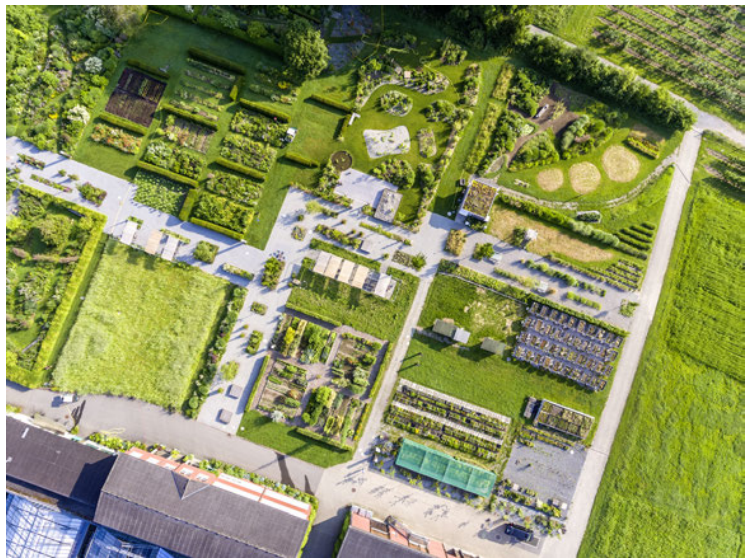


NOVANIMAL Innovationen in der Ernährung" (www.novanimal.ch).
Illustration: Sylvia Vananderoye, www.vananderoye-cartoons.ch

7. Blick in die Zukunft: Stetig ist nur der Wandel

So herausfordernd die Vergangenheit im Agrarbereich war, so anspruchsvoll wird die Zukunft sein. Die heutige Ernährungssituation wird stark geprägt durch enorme Unterschiede in Bezug auf Ausgangslage und Bedürfnisse in verschiedenen Ländern und Weltregionen: Während in reichen Ländern ernährungsbedingte Krankheiten zunehmen, herrscht andernorts Mangel und Hunger. Gleichzeitig ist das Wachstum der Bevölkerung unaufhaltsam und erfordert eine Steigerung der Produktion oder eine andere Verteilung. Das bedingt einerseits neue Businessmodelle im Bereich Agrofood, andererseits eine Netzwerksicht, die den bisherigen Fokus auf Wertschöpfungsketten ablösen soll. Aufgrund der veränderten Bedürfnisse auf der Nachfrageseite müssen neue Marktideen durch ihre Nähe zu Konsumentinnen und Konsumenten und die Berücksichtigung der Umwelt geprägt sein.

Für den Bildungsbereich heisst das: Junge Menschen müssen nicht nur befähigt werden, Lebensmittel anzubauen und zu produzieren, sondern auch, unternehmerisch aktiv zu werden. Die Bedeutung neuer, innovativer Businessideen, von Networking und Vermarktung nimmt zu. Unternehmer werden in Zukunft vermehrt Verantwortung für den gesamten Produkteprozess übernehmen und diesbezüglich Transparenz und Vertrauen bei ihren Kunden schaffen müssen. Eine entsprechende Sensibilisierung gehört damit in die Ausbildung potenzieller Agrofood-Unternehmerinnen und -Unternehmer.



Luftaufnahme Gärten im Grüental, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Bild: Frank Brüderli

Für die Forschung bleiben auch in Zukunft die wachsende Weltbevölkerung und der damit verbundene steigende Kalorienbedarf prägend. Die Notwendigkeit, diesem Bedarf gerecht zu werden, muss im Fokus der Agrarwissenschaften stehen. Gleichzeitig verschärft sich das Problem der limitierten Ressourcen, was uns vor eine enorme Herausforderung stellt: Wie gestalten wir unsere Ernährungssysteme, angefangen bei der Produktion über Handel und Vermarktung bis zum Kunden, damit sie Qualität, Nachhaltigkeit und ökonomischen Nutzen für alle Beteiligten garantieren? Diese Frage wird uns in nächster Zukunft beschäftigen. ■

Das IUNR als Nachhaltigkeitskompetenzzentrum

Am IUNR spielen und spielen Forschung und Lehre im Bereich Agrarwissenschaften eine wichtige Rolle. Allerdings hat sich das Institut im Verlaufe der Zeit verändert: Aus dem ursprünglich landwirtschaftlich geprägten Technikum hat sich das heutige Umwelt- und Nachhaltigkeitskompetenzzentrum entwickelt. Das IUNR engagiert sich für eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen und für intakte Lebensräume von Menschen, Tieren und Pflanzen. Teil dieses Engagements sind die agrarwissenschaftliche Forschung und Lehre.

Das Thema Nachhaltigkeit ist im IUNR seit dessen Gründung ein Kernthema. Im Jahre 2010 wurde die nachhaltige Ausrichtung des Instituts von der UNESCO gewürdigt, indem diese den Studiengang Umweltingenieurwesen als Projekt «Aktivität der Weltdekade für nachhaltige Entwicklung» anerkannte. Um die Nachhaltigkeit der Institution

noch verstärkt zu fördern, existiert seit 2014 eine Arbeitsgruppe Nachhaltigkeit, die den Auftrag hat, die Thematik im Institut zu verankern und Mitarbeitende und Studierende dafür zu sensibilisieren. Unter anderem hat die Gruppe Nachhaltigkeit initiiert, dass das Institut im 2017 einen ersten Nachhaltigkeitsbericht veröffentlicht hat. Zukünftig soll der Bericht alle zwei Jahre erscheinen und, ausgehend vom Status quo, Ziele und Massnahmen formulieren, die in der nächsten Berichtsperiode beurteilt und dokumentiert werden.

Mit dem ersten Nachhaltigkeitsbericht hat die Verpflichtung des Instituts, Lehre und Forschung nachhaltig auszurichten, zugenommen. Als Pionier für nachhaltige Lösungen sollen Auftreten, Leistungen sowie Projekte und Produkte diese Werthaltung widerspiegeln.

Agronomie studieren an der BFH-HAFL – ein Überblick

1. Themenfeld und Branche

Landwirtschaft und Ernährungssicherheit sind Themen, die in der Schweiz und weltweit stark an Bedeutung gewinnen: Menschliche und tierische Nahrung sind zusammen mit dem Wasser die Grundlage unseres Lebens. Konsumentinnen und Konsumenten verlangen gesunde und preiswerte Lebensmittel. Die ländlichen Gebiete werden immer wichtiger als Lebens- und Erholungsraum sowie als Standort natürlicher Ressourcen. Bäuerinnen und Bauern müssen den Ansprüchen unserer Gesellschaft gerecht werden – und gleichzeitig gute Lösungen für ihren Betrieb finden.

Eine Tätigkeit im Spannungsfeld zwischen Umwelt, Natur, Gesellschaft und Ökonomie ist herausfordernd. Dafür braucht es gut ausgebildete Fachkräfte. Agronominen und Agronomen – wie die Bachelor- und Master-Absolvent/innen der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL der Berner Fachhochschule – begleiten und beeinflussen die Landwirtschaft, die einem rasanten Wandel unterworfen ist. Mit ihrer Arbeit leisten sie einen Beitrag zu einer nachhaltigen und ökonomisch gesunden Landwirtschaft – in der Schweiz und in Ländern rund um den Globus.

2. Bachelor in Agronomie

2.1. Wege zum Studium

Um an der BFH-HAFL Agronomie studieren zu können, müssen Interessierte über eine Berufsmaturität, eine gymnasiale Maturität, eine Fachmaturität oder eine gleichwertige schulische Vorbildung verfügen. Ausserdem müssen sie eine Berufslehre in einem verwandten Beruf abgeschlossen haben. Fehlt ihnen diese Berufserfahrung, haben sie ein begleitetes Vorstudienpraktikum auf einem Landwirtschaftsbetrieb zu absolvieren. Während des zwölfmonatigen Praktikums erhalten die angehenden Studierenden einen vertieften Einblick in den Berufsalltag eines Landwirts oder einer Landwirtin. Sie arbeiten in allen Betriebszweigen mit und eignen sich vielfältiges Fachwissen an – von der Tierhaltung bis zum Ackerbau. Zusätzlich erhalten die Praktikantinnen und Praktikanten an der BFH-HAFL theoretische Inputs.

2.2. Inhalt und Aufbau

Die Studierenden lernen die Grundlagen der Agrarwirtschaft, Pflanzenwissenschaften, Nutztierwissenschaften und der internationalen Verflechtungen in der Landwirtschaft kennen. Im ersten Studienjahr erwerben sie neben dem agronomischen Basiswissen

auch allgemeine Kompetenzen für das weitere Studium und die berufliche Zukunft. Dazu zählen Volks- und Betriebswirtschaftslehre, Privatrecht, Biologie, Chemie, allgemeine Ökologie, Mathematik und Statistik sowie Sprachen und Kommunikation. Ab dem zweiten Studienjahr vertiefen die Studierenden gezielt ihre agronomischen Kenntnisse und spezialisieren sich in einem der fünf Studienschwerpunkte.

Der Studienplan ist vollständig modular. Je nach persönlicher Neigung und beruflichen Absichten können die Studierenden ein sehr breit gefächertes oder stärker spezialisiertes Studium absolvieren.

2.2.1. Vertiefung Agrarwirtschaft

In der Vertiefung Agrarwirtschaft konzentrieren sich die Studierenden auf die ökonomischen Aspekte der Landwirtschaft. Dabei geht es darum, die natürlichen, technischen und menschlichen Grundlagen so miteinander zu verbinden, dass sich bäuerliche Familienbetriebe in der Schweiz zu nachhaltigen und marktfähigen Kleinunternehmen entwickeln können. Die Studentinnen und Studenten lernen, die sich rasch wandelnden wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen aufzunehmen und unternehmerisch umzusetzen. Zudem setzen sie sich auf wissenschaftlicher Basis mit aktuellen Themen und Innovationen auseinander – sowohl in der Lebensmittelproduktion als auch in paralandwirtschaftlichen Bereichen.

2.2.2. Vertiefung Internationale Landwirtschaft

Die Vertiefung Internationale Landwirtschaft ist breit gefächert und interdisziplinär ausgerichtet. Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über die Landwirtschaft in Entwicklungs- und Schwellenländern. Dabei befassen sie sich mit der nachhaltigen Nutzung von natürlichen Ressourcen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt bei der Aneignung vielfältiger Methodenkompetenzen: zum Beispiel, wie man mit Bäuerinnen und Bauern Innovationen entwickelt oder wissenschaftliche Erkenntnisse in praxistaugliche Beratungsinhalte überträgt. Ziel davon ist, eine nachhaltige Landwirtschaft zu fördern und die ländliche Armut zu bekämpfen. Als Highlight des Studiums absolvieren die Studierenden ein halbjähriges, begleitetes Berufspraktikum in einem Entwicklungs- oder Schwellenland.

2.2.3. Vertiefung Nutztierwissenschaften

Die wichtigsten Nutztiere der Schweiz – Rind, Schwein und Huhn – stehen in dieser Vertiefung im Zentrum der Ausbildung. Das Programm bietet auch

Raum zur Aneignung von Wissen über weitere Nutztiere wie Schafe, Ziegen oder die etwas exotischeren Lamas. Die Studierenden lernen, Herausforderungen der Schweizer Nutztierhaltung zu lösen, indem sie wissenschaftliche Grundlagen mit praktischen Erkenntnissen kombinieren. Der Praxisbezug wird durch viele Übungen, Exkursionen und regen Austausch mit der Branche gefördert

2.2.4. Vertiefung Pferdewissenschaften

In dieser Vertiefung verbinden die Studierenden agronomisches Grundwissen mit Fragen rund um die Pferdebranche und eignen sich pferdespezifisches Wissen an. Sie untersuchen zum Beispiel betriebs- und marktwirtschaftliche Aspekte für die Planung und Leitung von Pferdehaltungs- und -zuchtbetrieben. Dabei berücksichtigen sie die Beziehungen zwischen der Pferdehaltung und dem ländlichen Raum. Exkursionen, Fallbeispiele und externe Fachleute bringen zusätzliche Abwechslung in den Studienalltag. Die Studierenden decken aktuelle Fragestellungen auf und verknüpfen die Theorie mit der Praxis. So lernen sie den wissenschaftlich fundierten, kritischen Umgang mit Fragen aus allen Bereichen der Land- und Pferdewirtschaft.

2.2.5. Vertiefung Pflanzenwissenschaften und Agrarökologie

In diesem Vertiefungsbereich gilt es, die unterschiedlichen Anbausysteme zu untersuchen und zu verstehen. Die Studierenden befassen sich vertieft mit den Ressourcen Boden und Wasser und erarbeiten sich das Wissen, um angepasste Techniken – beispielsweise bei der Saat und Ernte – wählen zu können. Zudem eignen sie sich die theoretischen Grundlagen über Nährstoffbedarf, Krankheiten, Schädlinge, Nützlinge, etc. von Pflanzen an und lernen diese in der Praxis kennen sowie in Feldversuchen umzusetzen. Einen wichtigen Bestandteil der Ausbildung macht die effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen sowie die Erhaltung und Förderung der Biodiversität aus.

2.3. Der Arbeitsmarkt

Mit dem Bachelor-Abschluss qualifizieren sich die Studierenden für ein breites Arbeitsmarktangebot. Folgende Tätigkeitsbereiche stehen im Vordergrund:

- Leitung oder Beratung von Landwirtschaftsbetrieben
- Positionen in nationalen und internationalen Agrar- bzw. Nahrungsmittelunternehmen
- Ausbildung von Berufsleuten
- angewandte landwirtschaftliche Forschung
- fachspezifische Aufgaben in Verbänden, Branchenorganisationen und bei der öffentlichen Hand

- Entwicklungszusammenarbeit im Ausland
- Leitende Positionen im Bereich Pferdesport
- Agrotourismus
- Agrarjournalismus

Kontakt

Prof. Dr. Samuel Kohler
Studiengangleiter Agronomie
Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Länggasse 85, 3052 Zollikofen.
Telefon: +41 31 910 21 11
E-mail: samuel.kohler@bfh.ch

3. Master in Life Sciences – Agrar- und Waldwissenschaften

3.1 Aufbau und Methodik

Der flexible Aufbau des Studiums ermöglicht es den Studierenden, ihre individuellen Stärken und Interessen weiter zu entwickeln. Sowohl bei den Grundlagenmodulen als auch innerhalb des Studienschwerpunktes verfügen sie über eine grosse Wahlfreiheit. So können sie ihr Studium individuell zusammenstellen und am Thema ihrer Masterthesis ausrichten.

Das Studium findet in enger Kooperation mit Partnern aus der Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft statt. In den Modulen haben die Studierenden die Möglichkeit, im Rahmen von Fallstudien, Roundtables und Exkursionen einen direkten Kontakt zu Vertreterinnen und Vertretern aus Forschung und Praxis herzustellen. Hinzu kommt ein hoher Anteil an Selbststudium, dank dem die Studentinnen und Studenten ihre Ausbildung zeitlich sehr flexibel gestalten können. Es stehen die beiden Studienschwerpunkte «Nachhaltige Produktionssysteme» sowie «Wertschöpfungsketten und ländliche Entwicklung» zur Wahl.

3.1.1. Nachhaltige Produktionssysteme

Im Zentrum dieses Studienschwerpunktes steht die angewandte Forschung für nachhaltige landwirtschaftliche Produktionssysteme im In- und Ausland. Dabei werden die wissenschaftlichen Grundlagen individuell vertieft. Die Themen der Masterarbeit reichen von der Bewässerung in den Tropen über gemeinsame Fruchtfolgen im Waadtland, die Leguminoseneinsaat im Ackerbau bis hin zu Krankheitsvorbeugung in der Pouletmast.

Mit diesem Studienschwerpunkt sind die Studierenden nach Abschluss in der Lage, praxisnahe und innovative Lösungen für die landwirtschaftliche Produktion zu erarbeiten. Sie können ganze Produkti-

onssysteme auf ihre Nachhaltigkeit hin untersuchen sowie wissenschaftlich fundiert in multidisziplinären Teams mitwirken.

3.1.2. Wertschöpfungsketten und ländliche Entwicklung

In diesem Studienschwerpunkt werden Wertschöpfungsketten oder ländliche Entwicklung fokussiert – oder beides miteinander verbunden. Die Studentinnen und Studenten beschäftigen sich mit dem «Lebensweg» von landwirtschaftlichen Produkten: von der Primärproduktion bis zu den Konsumentinnen und Konsumenten. Mit marktwirtschaftlichen Ansätzen untersuchen sie Wertschöpfungsketten, die ein wichtiger Motor für die ländliche Entwicklung sind. Sie befassen sich aber auch mit weiteren Möglichkeiten, um die Vitalität des ländlichen Raumes zu fördern. Dabei berücksichtigen sie die Wechselwirkungen zwischen Natur, Wirtschaft und Gesellschaft. Themen für Masterarbeiten in diesem Master reichen vom Bergkäse-Marketing über die Kartoffelqualität oder Fairtrade-Kaffee bis hin zur Vermarktung von Landwirtschaftsprodukten aus Entwicklungsländern.

Die Absolventinnen und Absolventen des Studienschwerpunktes verfügen über fundierte Kenntnisse und Kompetenzen, um Wertschöpfungsketten zu bewirtschaften. Sie können Märkte analysieren und Vorschläge zur Verbesserung der Abläufe erarbeiten. Zudem sind sie in der Lage, Konzepte zu entwickeln und umzusetzen, welche die Lebens- und Arbeitsbedingungen der ländlichen Bevölkerung verbessern. ■

Kontakt

Prof. Dr. Urs Scheidegger
Studiengangleiter Master
Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Länggasse 85, 3052 Zollikofen.
Telefon +41 31 910 21 11
E-Mail msc-af.hafl@bfh.ch
www.hafl.bfh.ch

Formation et recherche en Agronomie à la Haute École du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève – HEPIA – HES-SO Genève

Pascal Boivin,* Sophie Rochefort** et Vincent Gigon***

Au sein des disciplines de l'ingénieur de la HES-SO Genève se trouve la filière de formation en Agronomie. Si deux formations HES en Agronomie sont proposées en Suisse (HAFL à Berne et HEPIA), elles sont différentes par le domaine abordé et chacune unique au plan national. La filière Agronomie HEPIA se consacre en effet aux cultures spéciales et horticoles. Cette formation est essentiellement dispensée dans le cadre du magnifique domaine horticole de Lullier (45 ha) et délivre à un Bachelor HES. Plusieurs possibilités de Master sont ensuite ouvertes aux étudiants qui le souhaitent (actuellement 1/5^{ème} de nos diplômés environ).

1. Horticulture?

Les cultures spéciales et horticoles, selon la nomenclature suisse, recouvrent un domaine très vaste. Il correspond au sens général du terme horticulture au niveau international. Relevant de l'agriculture *sensu stricto* se trouvent toutes les cultures vivrières: fruits, petits fruits, légumes, mais aussi plantes médicinales et aromatiques. Puis, relevant des domaines des loisirs et de l'horticulture ornementale, on trouve les pépinières, les parcs et jardins, les gazons de sport, la floriculture, mais aussi tout ce qui relève du verdissement des édifices et zones urbaines: plantations urbaines, toitures et murs végétalisés etc.

Les applications environnementales à base de sol et plantes se développent également depuis une dizaine d'années: murs végétalisés épurateurs, jardins filtrants. Des solutions «vertes» sont développées pour les effluents agricoles et industriels, les eaux de ruissellement agricoles et urbaines etc. De même, la contribution de l'horticulture urbaine à la préservation de la biodiversité et à la régulation de l'hydrologie et du climat urbain est devenue centrale. Ces dimensions sont également présentes dans l'enseignement.

2. Le cursus

La formation bachelor (3 ans) délivre des bases particulièrement solides dans les différents domaines biologiques et environnementaux concernés: sols, plantes, insectes, microbiologie, disciplines de bases associées, et outils de l'ingénieur tels que communication, statistiques, gestion de projets. Dès la fin de la première année, des projets appliqués sont introduits dans le cursus: camp de cartographie des

sols, projets en horticulture, en lutte biologique, par exemple. Plus l'étudiant avance dans le cursus, plus la part de travail sur projet – en groupe ou individuel, augmente. Les cours sont de plus en plus ciblés

* hepia, Route de Presinge 150, 1254 Jussy.

E-mail: pascal.boivin@hesge.ch
www.hesge.ch/hepia



Pascal Boivin, docteur en pédologie, est professeur à HEPIA, la Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève, qui fait partie de la HES-SO.

En charge du groupe Sols et Substrats, il enseigne la science du sol aux élèves ingénieurs en agronomie ainsi que dans différentes autres filières de formation aux niveaux master et bachelor. Il conduit des recherches et développe des applications sur différents thèmes liés aux cultures en plein champ, sous serre ou hors sol (substrats), ainsi qu'aux applications environnementales de l'horticulture et des technosols (sols construits). Les sujets de recherche couvrent une large gamme: qualité physique des sols cultivés, protection des sols, évaluation des atteintes physiques ou par pollution, restauration et reconstitution de sols, fonction écosystémiques des sols urbains, épuration des eaux industrielles ou de ruissellement par des systèmes sols-plante. Il a effectué des recherches sur des questions de développement (irrigation, salinisation, riziculture) dans les pays du sud pendant 25 ans (Afrique, Asie et Amérique Latine), à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) dont il est Directeur de Recherches. Pascal Boivin est membre de l'Editorial Board de plusieurs revues internationales, il est actuellement président de la «European Confederation of Soil Science Societies» et en charge d'organiser le prochain congrès européen de Science du Sol à Genève en 2020.

** hepia, Route de Presinge 150, 1254 Jussy.

E-mail: sophie.rochefort@hesge.ch
www.hesge.ch/hepia



Sophie Rochefort, docteur en entomologie, est professeur à HEPIA, la Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève, qui fait partie de la HES-SO. Elle enseigne les sciences entomologiques aux étudiants ingénieurs en agronomie ainsi qu'aux étudiants master. Elle est responsable du groupe Agro-écologie et systèmes horticoles durables.

Ses travaux de recherche portent principalement sur l'entomofaune des systèmes agricoles et urbains en termes de biodiversité fonctionnelle mais aussi de ravageurs des cultures. Au niveau agricole, le monitoring des ravageurs émergents ainsi que l'impact des changements climatiques sur leur survie et leur développement sont des thématiques abordées. Pour le milieu urbain, la biodiversité entomologique retrouvée dans différentes infrastructures vertes (toitures et murs végétalisés, fermes urbaines, parcs urbains) ainsi que les services écosystémiques rendus par les arthropodes sont étudiés. Enfin, Sophie Rochefort réalise des travaux sur l'agriculture urbaine portant notamment sur les systèmes de cultures, les variétés cultivées et les polluants. Sophie Rochefort est membre du comité de GE-21. Elle est également secrétaire de la Société entomologique de Genève et membre du comité sur l'agriculture urbaine du SAGUF. Elle siège aussi sur la commission scientifique de Plante&Cité.



Figure 1. Étude de la diversité biologique sur toitures végétalisées

«métiers» et mettent ainsi les étudiants en situation réelle, au contact de professionnels. Aux domaines de base de l'horticulture se joignent des thématiques complémentaires telles qu'agriculture urbaine, agriculture de conservation, politiques agricoles ou services écosystémiques par exemple.

La formation est résolument orientée vers les modes de productions biologiques ou respectueux de l'environnement, et la promotion des productions locales. Ce choix est à la fois éthique et pédagogique. En effet, les milieux professionnels s'accordent à dire que le cahier des charges des productions biologiques, par son exigence technique, est une base de formation optimale. Les diplômés seront ensuite en mesure de faire leurs propres choix professionnels dans les meilleures conditions.

Les étudiants sont environ 30 par année, ce qui permet un suivi rapproché et individualisé, avec des temps de contact étudiant-enseignant élevés. L'accent est mis sur la formation technique et pratique en petits groupes: aux aspects théoriques sont toujours joints les aspects pratiques de la mise en œuvre des outils. La professionnalisation de la formation est un souci majeur et permanent, elle représente la spécificité des HES, et leur point fort pour l'entrée des diplômés sur le marché du travail. Les étudiants proviennent pour un tiers de la filière professionnelle (Certificat Fédéral de Capacité (CFC) avec maturité professionnelle), et pour un tiers des formations gymnasiales. Un dernier tiers a déjà un bagage post-maturité: réorientation après une filière universitaire ou une première expérience professionnelle. Comme pour toute filière HES, les candidats à la formation qui ne sont pas au bénéfice d'un CFC reconnu pour l'Agronomie feront 40 semaines de stage en milieu professionnel avant de commencer leur formation. Cette étape préliminaire

est encadrée et suivie attentivement pour qu'elle atteigne ses objectifs. Le cadre professionnel retenu est parfois associé à une expatriation, par exemple dans le réseau de Woofing, pour enrichir l'apprentissage professionnel d'une expérience linguistique pour laquelle allemand et anglais sont privilégiés. De fait, l'une des fiertés de la filière Agronomie est la fusion des compétences qui se fait entre les différents cursus d'origine. En fin de formation il devient impossible de reconnaître l'origine des étudiants à travers les compétences affichées, les dimensions techniques et théoriques sont également intégrées. On retrouve le témoignage de cette fusion réussie à travers l'insertion professionnelle également indifférente à la formation d'origine.

3. L'emploi

Des suivis de cohorte régulièrement effectués permettent de mesurer la réussite de l'entrée dans le monde professionnel. Entre autres critères de satisfaction, le temps d'accès à un CDI est de moins de 6 mois, l'emploi trouvé est en accord avec la formation et les attentes pour une très large majorité des diplômés. Une partie (20 à 25%) poursuivra sa formation soit en la diversifiant, soit en suivant une filière master, voire une thèse de doctorat. La très large ouverture du marché de l'emploi est une constante pour les filières agronomiques, également rapportée par l'ETHZ et la HAFL. Une autre caractéristique commune est la très grande diversité des emplois obtenus. Il est assez difficile de ce fait de les catégoriser. La répartition entre grandes entreprises (> 500 personnes), moyennes entreprises (> 50 personnes) et petites entreprises est équilibrée. Un tiers à un quart des diplômés sera directement aux prises avec des situations de production végétale. Les autres travaillent dans des secteurs très variés, dont le conseil, la recherche, l'administration, les branches professionnelles, les bureaux d'études etc.

Le faible nombre d'étudiants relativement au marché de l'emploi est à mettre en relation avec diverses difficultés et idées reçues qu'il faut constamment désamorcer auprès des futures recrues. Tout en étant filière unique au plan national, la filière se trouve à Genève en région francophone. De ce fait, les germanophones sont sous représentés, soit qu'ils n'osent pas franchir le pas de l'expatriation linguistique, soit qu'ils choisissent de l'éviter en allant vers des formations en Allemagne. Plus généralement, les métiers de l'horticulture sont méconnus, réduits aux productions vivrières voire légumières. En outre, il est souvent présumé qu'il faut être d'origine agricole et disposer de terres pour s'aventurer dans le domaine, ce qui est tout à fait contredit par les faits. Un important travail de communication doit donc

être entrepris chaque année auprès des différents publics: enseignants, conseillers d'orientation, futurs étudiants et leurs familles. Il est bien résumé par notre devise: «L'agronomie, c'est bien plus grand que vous ne l'imaginez».

4. La recherche: quelle agronomie pour quel avenir?

On l'a vu en introduction, le spectre d'application des compétences horticoles est très large et en prise avec des enjeux considérables. La Suisse dispose d'une faible masse critique de chercheurs dans ces domaines. Et un choix de la filière est d'impliquer étroitement les étudiants dans des projets de recherche pour leur ouvrir de larges perspectives d'avenir, et les former à la rigueur.

Pour toutes ces raisons, la recherche est en fort développement au sein des équipes d'enseignants-chercheurs, et le potentiel de développement est certainement loin d'être atteint. Les recherches sont inscrites dans les réseaux nationaux et internationaux, mis à profit pour ouvrir des sujets de travaux de diplôme aussi variés thématiquement que géographiquement.

4.1. Des sujets de société

Changement climatique, sécurité et souveraineté alimentaire, sécurité environnementale, services écosystémiques, crise des pesticides, préservation de la biodiversité, santé par les plantes et l'activité horticole... qu'il le veuille ou non, l'ingénieur agronome, aussi bien paysagiste que producteur de fruits ou légumes, est en prise étroite avec des sujets qui occupent désormais le devant de la scène, entre questions angoissantes et débats de société. Tous ces thèmes sont abordés par nos recherches et nourrissent en retour l'enseignement. Voici quelques exemples de ces travaux.

4.2. La lutte biologique

La diminution ou l'abandon de l'usage des pesticides passe par le développement de nouveaux outils de lutte contre les ravageurs. Cette recherche concerne tous les domaines de la biologie: micro-organismes, insectes, plantes, et tous les secteurs de production, du plein champ à la serre.

La lutte biologique est un moyen de lutte qui s'inscrit dans le contexte de la production intégrée. Ce système de production utilise des ressources et des mécanismes de régulation naturels des ennemis des cultures, il assure à long terme une agriculture viable. Ainsi la lutte biologique est définie par le recours à des organismes vivants pour gérer des populations d'espèces nuisibles aux plantes cultivées. Elle s'est



Figure 2. Apprentissage de la cartographie des sols

particulièrement développée sous serre qui constitue un milieu dans lequel la maîtrise des paramètres environnementaux permet le développement des agents de la lutte biologique. De nombreux travaux sont à entreprendre pour approfondir nos connaissances dans ce domaine.

Lutte biologique contre l'acarien *Tetranychus urticae* en culture de tomate

Tetranychus urticae est un acarien phytophage causant de graves dommages sur tomate en cultures sous serre. Aucune solution satisfaisante en lutte biologique n'a été trouvée pour lutter contre ce ravageur alors que différents ennemis naturels sont lâchés pour combattre d'autres ravageurs phytophages de la tomate avec succès, par exemple la punaise *Macrolophus pygmaeus* pour lutter contre les mouches blanches. Cependant un acarien prédateur *Phytoseiulus macropilis* semble pouvoir donner des résultats intéressants dans les conditions climatiques rencontrées sous serre. Les objectifs de ce projet sont de préciser les différents paramètres d'utilisation de *P. macropilis* en tomate sous serre dans la lutte contre l'acarien *T. urticae* et de définir l'impact de la plante hôte sur l'efficacité de *P. macropilis*. En effet la tomate possède des systèmes de défenses pour limiter l'impact des ravageurs phytophages susceptibles d'avoir une action sur les auxiliaires. Ils sont directs (trichomes, sortes



Figure 3. Agriculture de conservation: visite de l'exploitation de F. Thomas.
<https://asso-base.fr/-L-Agriculture-de-Conservation.html>

de poils glandulaires ou non et différentes substances chimiques contenues dans les tissus) et indirectes (émission de composés volatils attractifs des ennemis naturels des ravageurs). Enfin le projet vise à définir l'impact de la plante hôte sur les interactions entre le deux prédateurs *M. pygmaeus*, *P. macropilis* et le ravageur phytophage conditionnant l'efficacité de la lutte.

Contact: vincent.gigon@hesge.ch

4.3. Les services écosystémiques de l'agriculture et de l'environnement urbain

Les écosystèmes agricoles, urbains, forestiers, etc., procurent de nombreux bénéfices aux humains. Ces bénéfices sont appelés «services écosystémiques (SE)» par le Millennium Ecosystem Assessment des Nations Unies (MEA, 2005) qui les regroupe en quatre catégories soit: les services d'approvisionnement (ex.: nourriture, bois, fibre), de régulation (ex.: climat, contrôle de l'érosion, purification de l'eau, pollinisation, etc.), de support et d'habitat (ex.: formation du sol, habitat pour les espèces, maintien de la diversité génétique) et culturels (ex.: bienfaits récréatifs et avantages pour la santé). Même si ces services sont bien connus et que des indicateurs existent au niveau Suisse pour la majorité d'entre eux, à ce jour peu d'information scientifique ou d'indicateurs sont disponibles sur le service de régulation des ravageurs des cultures ou sur les services rendus par les écosystèmes urbains, notamment au niveau de l'agriculture urbaine (AU) (Pataki et al., 2011). Or, l'AU est une des formes de nature qui gagne en popularité depuis une vingtaine d'années au sein des villes occidentales. Cette popularité s'explique tout d'abord par la production de nourriture qu'elle peut apporter de manière directe ou indirecte aux citoyens ainsi que les nombreux autres SE qui lui sont attribués. Toutefois, pour favoriser davantage ce type de nature au sein des villes et pour renforcer sa reconnaissance auprès des planificateurs et décideurs, il est essentiel de quantifier ces services et d'établir des indicateurs de qualité de ceux-ci.

Projet AUSE – Agriculture Urbaine et Services Écosystémiques

L'AU est de plus en plus proposée comme une réponse respectueuse de l'environnement aux défis mondiaux tels que l'urbanisation, la santé publique, la sécurité alimentaire et le changement climatique. Cependant, la démonstration scientifique des SE que peut rendre l'AU et les bénéfices qu'elle apporte à la ville et à ses habitants est très limitée (Pataki et al., 2011). Pourtant, les décideurs politiques à différents niveaux sont de plus en plus intéressés par l'AU car ils y voient un moyen leur permettant de se conformer aux lignes directrices du développement durable de leur ville. La dimension multifonctionnelle de l'AU est alors mobilisée aux services d'objectifs des politiques urbaines et d'aménagement du territoire aussi divers que la valorisation paysagère, la qualité du cadre de vie ou encore l'implication sociale des habitants dans leurs quartiers. De plus, les SE sont davantage considérés par les différents acteurs comme les principes directeurs en matière d'urbanisme mais aussi en agriculture (Niemela et al., 2010; Power, 2010). Il est donc crucial de bien identifier ces SE au sein de structures d'AU afin de les conserver, de les favoriser et aussi d'assurer une meilleure qualité de vie des citoyens. Le projet AUSE vise à développer des outils pour que les décideurs supportent l'AU dans la planification des villes de demain car l'intégration de formes appropriées d'AU dans les villes améliorera grandement leur durabilité. Contact: sophie.rochefort@hesge.ch

4.4. Les technosols comme solutions d'épuration

Les sols se polluent facilement car ils retiennent très efficacement la plupart des polluants. L'un de leurs principaux services écosystémiques est de ce fait l'épuration des eaux. C'est pourquoi leur utilisation pour épurer s'est développée depuis environ deux décennies. L'une des premières applications fut l'épuration des eaux par les sols des bas-côtés des routes nationales, devenue obligatoire dès 2002 en Suisse. Après avoir activement contribué à développer les normes VSS et VSA¹ correspondantes (Boivin et al., 2008), des solutions pour des effluents agricoles ou industriels ont été développées (voir encadré, VG-Biobed). Dans ce cas, des *technosols* ont été développés, de façon à ne pas endommager des sols naturels. Ces technosols sont réalisés à partir de déchets organiques, et sont beaucoup plus performants pour l'épuration que les sols naturels. Une famille de solutions a ainsi vu le jour: eaux de refroidissement

¹ VSS: Association suisse des professionnels de la route et des transports; VSA: Association suisse des professionnels de la protection des eaux.

industrielles, eaux de ruissellement urbaines ou agricoles, voies ferrées etc.

Ces substrats performants sont utilisables pour la plantation des arbres en ville. Ils offrent de meilleures conditions de mise en place lors des chantiers, évitant ainsi la compaction, et des conditions de reprise idéales aux arbres urbains, dont l'espérance de vie est très faible dû aux sols de mauvaise qualité (Gillig *et al.*, 2008). Enfin, leur très grande perméabilité permet d'utiliser les fosses de plantation pour infiltrer les eaux urbaines, les épurant, réduisant ainsi les risques d'inondation et les frais d'infrastructure d'évacuation.

Le VG-Biobed®

Le brevet hepia VG-Biobed® (pour «vertical green Biobed») concerne la réalisation de murs végétalisés permettant d'épurer les effluents chargés de pesticides au niveau des exploitations agricoles. Ces effluents produits par la préparation des solutions de traitement, ou par le lavage des appareils, causent de 50 à 90% de la contamination des eaux de surface. On sait aujourd'hui que les pesticides provoquent des dommages sanitaires et environnementaux profonds. La solution proposée par le VG-Biobed est économique et élimine totalement cette source de pollution. Elle consiste à effectuer les opérations de préparation et lavage sur une surface imperméabilisée. Les effluents sont dirigés vers une cuve, depuis laquelle ils sont utilisés pour irriguer au goutte-à-goutte un mur végétalisé contenant un substrat adapté. Les plantes du mur transpirent l'eau, tandis que les pesticides sont retenus dans le substrat où ils seront bio-dégradés. Le mur est dimensionné pour qu'en fin d'été tous les effluents aient été éliminés.

Contact: pascal.boivin@hesge.ch

4.5. Les fonctions des sols et la régulation du climat

La qualité des sols agricoles est un souci constant. Elle s'est fortement détériorée au cours du 20^{ème} siècle. Les sols présentent aujourd'hui une qualité et donc des fonctions écosystémiques très réduites. Cette dégradation menace aujourd'hui la sécurité alimentaire et environnementale à toutes les échelles (Montanarella *et al.*, 2016). L'une des principales dégradations est celle de la structure du sol, tassée, compactée par les machines et en raison du manque d'humus. Les recherches conduites à hepia abordent sous différents angles cette question cruciale. D'une part des indicateurs simples de l'état physique des sols ont été développés (Johannes, 2016; Johannes *et al.*, 2017b) avec le soutien de l'OFEV (voir encadré projet STRUDEL). Mesurables sans coût, ni technique sophistiquée, ils peuvent être déterminés facilement



Figure 4. Adulte de *Phytoseiulus macropilis* prédateur de l'acarien *Phytophage Tetranychus urticae*

et sont précis. Ces travaux permettront d'inclure la protection physique des sols dans une nouvelle version de la législation de protection. En parallèle, la teneur en humus des sols et son impact sur leur qualité a été étudiée à l'échelle du territoire. Les résultats dégagés (Johannes *et al.*, 2017a) montrent que le déficit en humus est de l'ordre de 50 à 70%, et que les recommandations formulées pour l'agriculture depuis 30 ans ont encouragé ce déficit. Cette nouvelle donne a des conséquences considérables pour nos systèmes agricoles et pour la question climatique.

Le changement climatique lié aux émissions de gaz à effet de serre atteint des seuils critiques qui demandent d'accélérer radicalement les prises de mesures. La COP21 (2015) en a pris acte et deux stratégies sont alors reconnues comme urgentes: réduire les émissions, et développer les «Negative Emission Technologies» (NET), c'est à dire séquestrer du CO₂ atmosphérique. Le tout visant à limiter la hausse



Figure 5. Agriculture urbaine à Genève. Ferme de Budé.

des températures sous les 2°C, seuil jugé catastrophique pour l'humanité. La réduction des émissions est échec: elles sont restées en hausse depuis 2015. Les académies des sciences européennes ont de leur côté passé en revue la faisabilité des NET proposées par la COP21 (European Academies Science Advisory Council, 2018). Le constat est sans appel: aucune n'est en mesure d'avoir un effet significatif sur le réchauffement climatique, sauf, peut-être, l'augmentation de la teneur en humus des sols. Connue sous le nom d'initiative 4/1000 (<https://www.4p1000.org/>), cette NET évalue qu'en augmentant d'un facteur 1.004 chaque année la teneur en humus des sols à l'échelle mondiale, la barrière des 2°C serait contenue pendant plusieurs décennies. Cette possibilité est l'objet de controverses puissantes (Baveye *et al.*, 2018; Minasny *et al.*, 2018).

Un éclairage nouveau est porté sur cette question par nos résultats. En effet, appliquer pendant 30 ans le 4/1000 revient à augmenter de 13% (X1.13) la teneur en humus des sols. Or pour restaurer une qualité minimale des sols, nous montrons qu'il faut augmenter de 70% (X1.7) la teneur en humus, c'est à dire aller bien au-delà des objectifs du 4/1000. Et les essais en milieu agricole montrent que c'est possible sur des durées de l'ordre de 15 ans. Pour prendre l'exemple des terres arables genevoises, canton de surface agricole réduite, atteindre cet objectif minimal de qualité demande de séquestrer au moins 650.000 t de CO₂ sous forme d'humus. La tonne de

CO₂ vaut 30 € sur le marché du climat, ce qui valorise le service écosystémique que rendrait l'agriculture à 17.500.000 €, tout en améliorant la qualité des sols et donc les autres services tels que régulation des crues et soutien de la biodiversité par exemple. Réparti sur 15 ans et la surface du canton, cela correspond à un service de 170 € ha/an. En précurseur Genève a adopté son plan climat (22-12-2017) et a pris date pour ce défi. Tous les autres cantons sont concernés, or leurs surfaces agricoles sont généralement bien plus grandes. ■

Projet STRUDEL (OFEV)

La loi sur la protection de l'environnement (LPE) et son ordonnance sur les atteintes portées au sol (OSOL) donnent les dispositions légales pour la préservation de la fertilité des sols Suisses. Si des valeurs seuil admissibles sont définies pour les polluants, permettant une protection quantitative effective, ce n'est pas le cas pour les atteintes physiques (tassement par exemple). Ceci en raison des limitations rencontrées par la recherche pour définir des valeurs seuil reconnues, discriminantes et faciles à déterminer. L'OFEV a mandaté hepia pour résoudre ce problème. Le projet STRUDEL s'est déroulé de 2013 à 2016. Les valeurs seuils ont pu être définies, ainsi qu'une technique simple et économique pour les déterminer. La prochaine étape est désormais d'inclure ces possibilités dans une nouvelle mouture de l'OSOL.

Contact: pascal.boivin@hesge.ch

Références

- Baveye, P.C., Berthelin, J., Tessier, D. & Lemaire, G. 2018. The "4 per 1000" initiative: A credibility issue for the soil science community? *Geoderma*, 309, 118–123.
- Boivin, P., Saadé, M., Pfeiffer, H.R., Hammecker, C. & Degoumois, Y. 2008. Depuration of highway runoff water into grass-covered embankments. *Environmental technology*, 29, 709–720.
- European Academies Science Advisory Council. 2018. Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?
- Gillig, C.M., Bourgerie, C., Amann, N., Chabbey, L. & Boivin, P. 2008. L'arbre en milieu urbain, conception et réalisation de plantations (CM Gillig, C Bourgerie, and N Amann, Eds.). Infolio, Gollion, Suisse.
- Johannes, A. 2016. Structural degradation of agricultural soils: assessment and setting threshold values for regulation. PhD thesis, ETHZ.
- Johannes, A., Weisskopf, P., Schulin, R. & Boivin, P. 2017b. To what extent do physical measurements match with visual evaluation of soil structure? *Soil and Tillage Research*, 173, 24–32.
- MEA, M.E.A., 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. In: Press, I. (Ed.), Washington, p. 155.
- Minasny, B., Arrouays, D., McBratney, A.B., Angers, D.A., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z.-S., Cheng, K., Das, B.S., Field, D.J., Gimona, A., Hedley, C., Hong, S.Y., Mandal, B., Malone, B.P., Marchant, B.P., Martin, M., McConkey, B.G., Mulder, V.L., O'Rourke, S., Richer-de-Forges, A.C., Odeh, I., Padarian, J., Paustian, K., Pan, G., Poggio, L., Savin, I., Stolbovoy, V., Stockmann, U., Sulaeman, Y., Tsui, C.-C., Vågen, T.-G., van Wesemael, B. & Winowiecki, L. 2018. Rejoinder to Comments on Minasny *et al.*, 2017 Soil carbon 4 per mille *Geoderma* 292, 59–86. *Geoderma*, 309, 124–129.

Montanarella, L., Pennock, D.J., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., Mamo, T., Yemefack, M., Singh Aulakh, M., Yagi, K., Young Hong, S., Vijarnsorn, P., Zhang, G.-L., Arrouays, D., Black, H., Krasilnikov, P., Sobocká, J., Alegre, J., Henriquez, C.R., de Lourdes Mendonça-Santos, M., Taboada, M., Espinosa-Victoria, D., AlShankiti, A., AlaviPanah, S.K., Elsheikh, E.A.E.M., Hempel, J., Camps Arbestain, M., Nachtergaele, F. & Vargas, R. 2016. World's soils are under threat. *SOIL*, 2, 79–82.

Niemela, J., Saarela, S., Soderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Vare, S., Kotze, D., 2010. Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. *Biodiversity and Conservation* 19, 3225-3243.

Pataki, D., Carreiro, M., Cherrier, J., Grukke, N., Jennings, V., Pinceti, S., Pouyat, R., Whitlow, T., Zipperer, W., 2011. Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystems services, green solutions, and misconceptions. *Frontier in Ecology and the Environment* 9, 27-36.

Power, A., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, 2959-2971.

Stellenausschreibung - Poste à pourvoir



Professor of Solid State NMR Spectroscopy

The Department of Chemistry and Applied Biosciences (www.chab.ethz.ch) at ETH Zürich invites applications for the above-mentioned position. The professorship should have a research focus on NMR spectroscopy of the solid state with possible applications in either the life sciences or materials research. Candidates are expected to establish a research programme at the forefront of method development in their field. Collaboration with other groups at ETH in application work or method development is strongly encouraged and teaching in all areas of physical chemistry is expected. In general, at ETH Zurich undergraduate-level courses are taught in German or English and graduate level courses are taught in English.

Please apply online: www.facultyaffairs.ethz.ch

Applications should include a curriculum vitae, a list of publications, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Lino Guzzella. The closing date for applications is 31 August 2018. ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer and is responsive to the needs of dual career couples. We specifically encourage women to apply.

Agricultural Sciences – Current topics of research at ETH Zürich

Achim Walter*

Text and figures of this manuscript have been approved by all professors mentioned in Figure 1.

1. Introduction

Research in Agricultural Sciences has been performed at ETH Zürich since 1869, when the seventh department of ETH was founded. Research topics have always depended on current challenges and on the structure and core interests of the professorships. Today, ETH is structured in 16 Departments. One of them is the Department for Environmental Systems Science (in German: Umweltsystemwissenschaften; D-USYS). D-USYS is one of the largest departments and the home of six institutes; one of them is the Institute of Agricultural Sciences (IAS). Currently, ten professorships out of the total number of ca. 500 professors at ETH and ca. 45 at D-USYS, are members of IAS. Two further professorships are closely associated to IAS and dedicate their teaching activities to the study program in Agricultural Sciences (see Fig. 1). The professorship in Agricultural and Resource Economics is currently still open. Overall, the activities of the above mentioned professorships cover the full spectrum of agricultural research at ETH, but other professorships at D-USYS and in other departments also perform research on topics of relevance for Agricultural Sciences. All professors at ETH Zürich enjoy a high degree of freedom with respect to their choice of research topics – and the departments also are quite free when they define topics for new professorships before and during the search process. Time and university rankings have shown that these liberties – together with the substantial basic financial support, grant application possibilities and other factors – stimulate excellence in research

and allow for maximum flexibility of core topics to be dealt with in research. Focussing as a group on a certain catalogue of core agricultural research interests is assured by checks and balances in the professorial search process, by the necessity to sustain the existing teaching program from within the department, and by the result of an international evaluation every six to seven years. Such a 'bottom-up' process of the definition of research topics is not self-evident for the field of Agricultural Sciences. In many countries across all continents, the teaching curriculum in Agricultural Sciences is defined by ministries and also the choice of research topics is by far more restricted. Also in Switzerland, research topics are initiated by the federal administration – but this is implemented mostly via the federal research institution Agroscope that hosts a far higher number of researchers in Agricultural Sciences compared to ETH Zürich. Academic liberty of the choice of research topics is a high value of ETH and since ETH is the only university in Switzerland that hosts an Agricultural Sciences study program and the required spectrum of professors, the liberty of research topic choice is a precious and non-endangered good for all professors in Agricultural Sciences. The success of this process of research definition is also mirrored in the teaching curriculum, which was rewarded recently in a tri-national survey (Germany, Switzerland, Austria) to deliver the best education with respect to a later career in academic research in the field of Agricultural Sciences.

Today, agricultural research at ETH Zürich covers a lot of aspects from Swiss to global relevance. Research is done in the three major fields that also form the focal points of the study program: Agricultural Economics, Plant Sciences and Animal Sciences. Seven of the above mentioned twelve professorships (see Fig. 1) have been installed during the previous five years; a thirteenth professorship has recently been advertised but is still vacant. Due to an acute shortage in teaching in Animal Sciences a few years ago, two independent teaching units have been installed in addition to the professorships, but they are being integrated into the professorships again – only one still exists. One overarching feature that unites the research activities of all professorships is that their research is dedicated to an increase in the sustainability of agricultural activities. Some of the professorships have strong ties to organic agriculture, some have strong ties to industry, but for all professorships

* Universitätstr. 2, ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften, 8092 Zürich.

E-mail: Achim.Walter@usys.ethz.ch
<http://www.kp.ethz.ch>

ORCID-Nr. 0000-0001-7753-9643



Achim Walter, Dr. rer. nat., has been Professor of Crop Science at ETH Zürich since 2010. He studied and has degrees in physics (diploma in 1995) and biology (diploma in 1997). Studies were conducted at Heidelberg University, Germany and at ETH Zürich. He received a doctoral degree in plant ecophysiology in 2001 from University Heidelberg and continued his scientific career with a postdoc at Biosphere 2 Center of Columbia University New York, USA as Feodor-Lynen-Fellow of the Alexander-von-Humboldt-Foundation between 2002 and 2003. He has been research group leader and later on deputy institute director at the Institute for Phytosphere Research at Forschungszentrum Jülich, Germany, between 2003 and 2010.

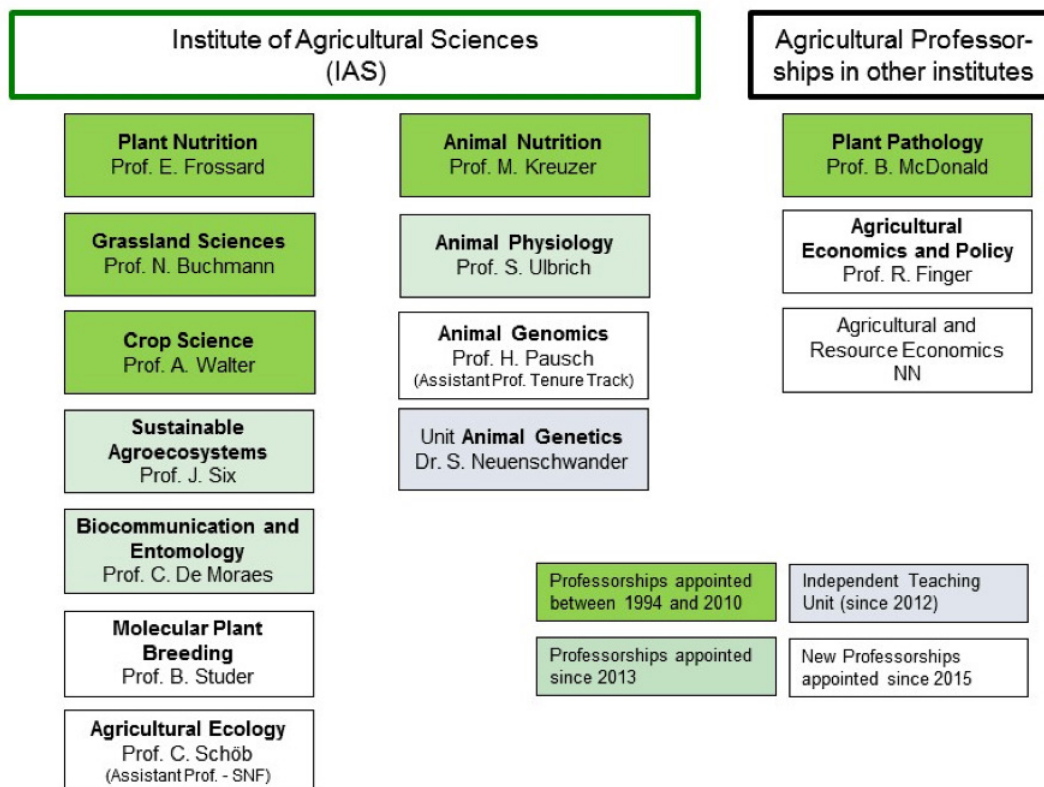


Fig. 1. Overview on professorships with a focus on Agricultural Sciences at ETH Zürich.

the sustainability of agriculture with a reduction of detrimental side-effects on natural ecosystems and wide social and societal acceptance is a premise in their research efforts. The subsequent sections will highlight some of the most relevant research efforts of the professorships.

2. Agricultural Economics and Policy

The group of Agricultural Economics and Policy has been installed in 2016. The research of the group improves the understanding of linkages between policies and production and risk management decisions taken in the agricultural and food sector. The group's research is highly interdisciplinary and has direct policy implications. A good example for this is their research in the field of the economics and policy of pesticide use. Innovative research approaches are developed to open novel pathways to understand farmers' pesticide use decisions and to develop policy instruments for a sustainable agricultural development. Reducing the risks for the environmental and human health caused by pesticide application is on the top of political agendas all over Europe. This research has opened new perspectives on the potential of pesticide taxation as well as potential implications of ban of glyphosate (e.g. Böcker (2018)). Research in the field of weather index insurances is another important topic of the group. These insurances are not based on direct compensation of yield losses but compensate the farmer if facing extreme weather events such as droughts. The group

has been the first to i) coherently design weather index insurances towards a focus on the reduction of downside risks, i.e. extreme losses (Conradt *et al.*, 2015a), ii) to propose the use of flexible periods to specify weather indices such that they reflect crop growth phases (Conradt *et al.*, 2015b; Dalhaus and Finger, 2016) and iii) to illustrate the high potential of new data sources to remove geographical basis risks (Dalhaus *et al.*, 2018). Furthermore, bio-economic, agent based and econometric modelling approaches are used in the group to evaluate outcomes of agricultural policies but also investigate effects of new market and climatic conditions (Huber *et al.*, 2017). Such models form the basis to analyse the effects of new policy instruments or scenarios and are therefore important elements to establish new agricultural policy measures, such as the currently existing model of 'direct payments' given to Swiss farmers that are balanced according to a wide set of defined criteria. In currently ongoing research projects of the group, a particular focus is given to the role of risk and uncertainty in farmers' uptake and investment decisions for new technologies related to the digitalization of agriculture and to the processing of big data on the farm (Walter *et al.*, 2017).

3. Animal Nutrition

The current group of Animal Nutrition has been installed at ETH 24 years ago. After helping to initiate the process, it has contributed to the establishment of an animal research facility over the last decade. The



Fig. 2. Metabolic Center of AgroVet-Strickhof. Top left: building; bottom left: facility for balance experiments; top right: respiration chambers stocked with dairy cows; bottom right: outside view of four medium-sized respiration chambers.

facility allows for the development and assessment of new technologies in the realm of livestock sciences: The research platform AgroVet-Strickhof (see Fig. 2). This entity is operated since 2017 collaboratively by ETH Zürich, University of Zürich and the Cantonal Vocational School Strickhof. The core element is the metabolic center, where high-throughput data can be acquired in digestive and metabolic studies, generating in-depth insights on various key indicators of, among others, nutritional efficiency and low greenhouse gas emission strategies. This will enormously strengthen the output of the group e.g. in the field of sustainable feeding, nutrition physiology and quality of food; linking nutritional approaches with quality of meat and milk. Experiments in this field cover the range from basic nutrition experiments to controlled studies in complex landscapes. Tools include fine analysis of feeds and foods as well as sensory evaluations. In recent years, the group could show positive effects of physical activity and of secondary compounds on meat and milk quality e.g. (Gangnat *et al.*, 2017). Other research activities of the group focus on digestion, metabolism and environment. Here, functional traits such as degradability, fermentation or methane production are analyzed. These analyses revealed novel effective feed supplements, mechanisms as well as interactions that affect the (manipulated) symbiosis between the ruminant host and its microorganisms e.g. (Staerfl *et al.*, 2012). Research was also conducted with partners of tropical and subtropical countries, focusing on problems of dry season feed scarcity and sustainable use of tropical rangelands. The group experimentally described adaptation of livestock to different environments (from remote Himalaya to Chaco dry forests to African savannahs) and assessed effects of browsing on the vegetation e.g. (Barsila *et al.*, 2014). Finally, ethical and world nutrition related aspects of poultry nutrition and poultry systems have also been intensively

dealt with. The group identified possibilities to valorize spent hen meat and quantified the comparative performance of novel dual-purpose poultry types by testing the applicability of diets of lower quality and consumer perception of dual-purpose poultry (Gangnat *et al.*, 2018; Loetscher *et al.*, 2014).

4. Animal Physiology

The group of Animal Physiology focuses on understanding the complex regulation of health and performance in livestock. Research of the group addresses challenges of livestock that are of utmost importance for the animal food production chain. Healthy livestock is required to ensure global food security. Considerable changes in livestock production have recently been demanded to mitigate the contribution of livestock production to environmental problems. Endocrine disrupting chemicals affecting both humans and livestock are among the global environmental challenges to which livestock production needs to react. Already trace concentrations of these very potent chemicals in the environment can lead to long-lasting, irreversibly negative effects in exposed organisms that can affect the production of healthy foodstuff markedly and for more than one generation. Estrogens as such are natural steroid hormones that govern sexual reproduction and development in vertebrates. The group recently elucidated the effects of an in-utero exposure of low-dose estradiol-17b in the pig as large animal model and found that a perturbation of the uterine milieu can induce an epigenetic imprint in preimplantation embryos that can be linked to a later subtle adverse phenotype in offspring (Flöter *et al.*, 2016; Kradolfer *et al.*, 2016; Pistek *et al.*, 2013). The findings show that the effect level of estrogenic endocrine disrupting chemicals is at much lower concentration than currently presumed and propose epigenetics as a sensitive novel parameter for risk assessment. In general, livestock and wildlife, namely cows, pigs, sheep as well as roe deer, are assessed as large animal model systems. Animal welfare is addressed including both physical and mental health based on principal physiological, behavioural and cognitive ethological studies. Specifically, vocal expression and the communication of emotions have been measured by studies of valence (negative versus positive) and arousal (calm versus excited) (Briefer *et al.*, 2015; Briefer, 2018). The current core topic of the group of Animal Physiology is to study the role of extracellular vesicles in the mammary gland during lactation. This research addresses basic strategies to increase dairy health and reduce the need for antibiotic treatment. The group applies sensitive methods to determine environmental effects on exposed animals such as genomewide deep sequencing of the mRNA and (iso)miRNA transcrip-

tome and of the DNA methylome (van der Weijden *et al.*, 2017). Research possibilities at AgroVet-Strickhof are of great importance for the group for the future experimental research approaches in livestock.

5. Animal Genomics

The Animal Genomics group focuses on the genetic dissection of Mendelian phenotypes, complex traits and diseases in livestock. They use high-throughput DNA sequencing technologies, statistical genomics approaches and bioinformatics tools to collect, process and analyze large amounts of genomic data in order to pinpoint trait-associated DNA variants. Using population-genetic approaches allows genomic variation to be assessed within and across entire populations that consist of hundreds of thousands of individuals. This rich collection of data facilitates generating knowledge for more sustainable, personalized, and efficient animal breeding. Cattle are the main «targets» of research within the Animal Genomics group. The research projects address the genetic diversity of livestock populations, statistical genomics and the identification and management of inherited disorders. The genetic diversity in livestock is characterized within and across livestock populations at base-pair resolution. It is of particular interest in this research field to develop approaches that exploit high-throughput sequencing and high-performance computing to assess genomic variation in thousands of individuals simultaneously (Daetwyler *et al.*, 2014; Pausch *et al.*, 2017a). Moreover, statistical genomics approaches are applied to characterize the genetic architecture of complex traits. The group uses genotype imputation to infer sequence variant genotypes for large mapping populations and carries out genome-wide association studies between sequence variant genotypes and quantitative traits to identify trait-associated sequence variants (Pausch *et al.*, 2016, 2017b). Finally, the identification of inherited disorders in several cattle breeds is possible based on large scale sequencing and genotyping data. This helps to characterize biological consequences associated with such variants and prevents the birth of animals with severe diseases (Pausch *et al.*, 2014; Schwarzenbacher *et al.*, 2016). The group collaborates with breeding and farmers associations to transfer their findings into practice, e.g., by contributing to the development of new genotyping arrays that allow for monitoring trait-associated genetic variants in populations.

6. Crop Science

The group of Crop Science mainly establishes and applies crop phenotyping technologies. This means that they create novel ways to elucidate the performance of crops such as wheat and soybean via image-

based analyses of shoots and roots in the lab and in the field throughout time intervals from minutes to seasons. Image-based parameters such as height, growth, time to flowering are used to extract information relevant to understand the physiology of the plant, to advance crop management and crop breeding (Walter *et al.*, 2015). The group has established methods that allow for analysis of root system growth under controlled conditions either on germination paper (via optical monitoring; (Le Marié *et al.*, 2016)) or in soil-filled pots (via x-ray computed tomography; (Colombi *et al.*, 2017)). In the field, platforms were established that facilitate leaf growth analysis in individual plants in response to temperature change, monitoring of multiple traits of canopies in small plots of breeding populations [see Fig. 3; (Kircheggesser *et al.*, 2017)] and monitoring traits from moving aerial platforms such as unmanned aerial vehicles and Zeppelins. Applications of these methods have demonstrated differences in growth response of different wheat genotypes towards changing temperatures (Grieder *et al.*, 2015) or of root growth under the effect of the plant hormone strigolactone. First results demonstrate the power of these approaches also for improving precision agriculture related field management with respect to treatment of pests and diseases as well as to fertilizer use (Lottes *et al.*, 2017). In numerous discussion panels, public seminars, blog entries and opinion articles (Walter *et al.*, 2017), several group members provided important contributions to the public debate on the future of agricultural sciences and of our agricultural systems in general. Appropriate use of digitalization and big data; new plant breeding tools and the transdisciplinary

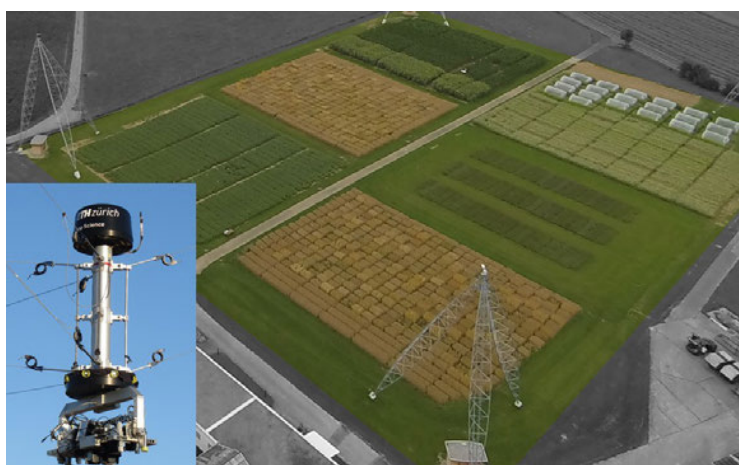


Fig. 3. Field Phenotyping Platform FIP of ETH Zürich. The field site of 1 ha is managed with a crop rotation of forage crops, wheat, soybean, buckwheat and in some years maize, sunflower or oilseed rape. The inset shows the sensor head carrying multiple camera systems. The sensor head is attached to eight ropes guided over the top of the four 24-m-masts in the corners of the field. The length of the ropes is controlled by winches at the bottom of the mast, thereby allowing for precise positioning of the sensor head over the canopy.

dialogue between scientists, companies, farmers, consumers and other stakeholders of the agro-food chain have been the core topics of these activities.

7. Molecular Plant Breeding

The group of Molecular Plant Breeding is a joint professorship of ETH Zürich and Agroscope. The main aim of the group is to develop genetic and genomic tools that can assist and accelerate plant breeding. This is being achieved by taking advantage of recent technical advancements, not only in genome sequencing and genotyping technologies, but also in a variety of disciplines connected to plant breeding such as molecular biology, statistical modeling, bioinformatics and crop phenotyping, to understand the composition of agriculturally important traits in crop species. Ultimately, this will help to efficiently realize genetic gain for these traits by breeding. Methodological research comprises the assessment of the genetic diversity *per se*, approaches to accelerate the breeding cycle, methods to increase the selection efficiency and tools of bioinformatics. For example, characterizing the genetic constitution of plants that form the basis for a breeding program requires state of the art genotyping technologies, such as genotyping by sequencing (GBS) or the modified GBS-approach 'genome wide allele frequency fingerprints' (GWAFF). Currently, genomic tools used to monitor gene diversity changes in relation to time and management practices in grasslands are being developed. Another main research area of the group encompasses methods such as the detection of quantitative trait loci (QTL) and genome-wide association studies (GWAS) as well as more efficient approaches of family-based mapping to unravel and improve complex crop traits by single marker-based or genome-wide selection strategies. Using such methods, partly in cooperation with other research groups at and beyond ETH, the group has studied the genetic constitution of crop traits such as disease resistance, drought tolerance, water use efficiency, quality (e.g. leaf starch content) in forage crops (Ruckle *et al.*, 2017), wheat, common bean (Keller *et al.*, 2015) and buckwheat. Moreover, novel bioinformatics approaches have been developed (e.g. Pfeifer *et al.* (2013)) that allow to connect data from different crop species and/or from different regulatory levels of the plant (such as genetic, metabolic or protein-based characterization of the variety of the constitution of differences between crops). Finally, research approaches have been developed that allow to characterize and utilize biological mechanisms in forage grasses to control pollination, which can e.g. be exploited in breeding schemes facilitating hybrid vigour (Do Canto *et al.*, 2017), an important mechanism to increase yield and quality in crops by care-

ful selection of parental plants, which is currently applied for the establishment of lots of modern cultivars of the currently used crop species.

8. Plant Pathology

The main aims of the Plant Pathology Group are to i) understand the evolutionary processes affecting plant pathogens in their interactions with host plants in order to make more effective use of genetic resistance and other control strategies; to ii) understand the mechanisms governing biological control of plant diseases in order to develop more effective biological control strategies and to iii) develop and implement new technologies for better control of plant diseases in a sustainable way. Research activities of the group are focused on delivery of fundamental knowledge in key areas of plant pathology while maintaining an orientation toward problem-solving, innovative research. Therefore, the group is associated to the institute of integrative biology facilitating a close interaction with biologists and ecologists also on a day-to-day basis. Pathogen evolutionary ecology is the group's most prominent research topic. This includes the population genetics and evolutionary biology of plant pathogens, pathogen origins and phylogeography, pathogen-plant coevolution, experimental evolution, resistance gene conservation and utilization, and resistance breeding (e.g. Stukenbrock *et al.*, (2011); McDonald *et al.*, (2013)). Research projects include the correlation between diversity for ecologically relevant quantitative traits and diversity for DNA-based genetic marker systems as well as using population genomics (QTL mapping, GWAS, genome scans) to identify genes involved in virulence, fungicide resistance, stress tolerance and thermal adaptation. Major experimental systems comprise the wheat diseases *Septoria tritici* blotch caused by *Zymoseptoria tritici* (Lendenmann *et al.*, 2016; Stewart *et al.*, 2018), *Stagonospora nodorum* blotch caused by *Parastagonospora nodorum*, wheat blast caused by *Pyricularia graminis-tritici*, and the barley scald disease caused by *Rhynchosporium commune*. Topics such as biological control, diseases of apples, grapes and potato have also been intensively studied. Recently, mapping of QTL and GWAS enabled identification and cloning of genes that have a significant effect on pathogen quantitative traits. This led directly to the functional validation of three avirulence effector genes in *Z. tritici*, including *AvrStb6* (Zhong *et al.*, 2017), which had eluded cloning for 20 years. Moreover, automated imaging-based phenotyping tools enabled acquisition of 11 million phenotype measurements. This amount of big data facilitated genetic separation of plant resistance components affecting host damage from resistance components affecting pathogen reproduction. Such

procedures will dramatically improve the efficiency of breeding for resistance against dangerous diseases in wheat, reducing the pressure to apply pesticides. Finally, the group has explored the use of plant-beneficial *Pseudomonas* bacteria to improve plant health in agricultural systems by controlling soil-dwelling insect pests for which no satisfactory control methods currently exist (Flury *et al.*, 2017).

9. Plant Nutrition

The Group of Plant Nutrition addresses through its research the challenge of how to improve nutrient efficiency in productive agricultural systems. Its mission is to: i) understand the biotic and abiotic processes controlling the release of nutrients from the soil solid phase or fertiliser to the soil solution and to the plant; ii) develop concepts and tools for characterizing the chemical nature of nutrients in soils and fertilisers and quantify nutrient fluxes in the soil/fertiliser/plant system and iii) develop integrated nutrient management schemes that are relevant to ecologically efficient agricultural systems in order to preserve and enhance the natural resource base and contribute to national and global food security. The group focuses its research on phosphorus (P), nitrogen (N), zinc (Zn) and cadmium (Cd). In particular, the group has a strong expertise with the use of radioactive and stable isotopes, spectroscopy, and a variety of physical, chemical, biochemical and molecular methods. The research is done under controlled laboratory and glasshouse conditions and in field experiments managed either by scientists or by farmers in various regions of the world (see Fig. 4). In addition, research of the group includes the study of “semi-natural” systems (forests, extensive grasslands) as models to understand the effect of climate and parent material on the chemical nature and dynamics of nutrients at ecosystem level. In the last decades the group could provide new information on the dynamic of inorganic and organic P forms in agricultural and semi natural systems. The research results show the relative importance of different drivers of the P cycle, and suggest a more important role of biological processes than previously thought (Jarosch *et al.*, 2015; Tamburini *et al.*, 2012). This fundamental knowledge was also used to assess the agronomic impact of recycling P fertilizers for sustaining the P nutrition of crops, which is a central topic in circular economy (Nanzer *et al.*, 2014). The group could further show that the addition of N rich plant residues to soil could lead to a large release of soil Zn that was subsequently taken up by the plant and transported to the grain, contributing the biofortification of cereals (Aghili *et al.*, 2014). Finally the group leads the inter- and transdisciplinary YAMSYS project, which aims to develop technologies that are biophysically,



Fig. 4. Research activities of ETH Zürich also comprise field research with smallholder farmers in Africa.

economically and institutionally acceptable to sustainably improve yam tuber yields, food security and income of actors along the yam value chain in West Africa (Frossard *et al.*, 2017).

10. Biocommunication and Entomology

The Biocommunication and Entomology research program explores the complex role of chemistry in mediating interactions among plants, insects, and other organisms. Work in the group addresses diverse phenomena at scales ranging from the molecular and biochemical bases of plant defense responses to the community-level effects of chemical signaling, to the chemical ecology of vector-borne disease transmission. The research activities of the group are particularly focused in the ecological functions of plant-derived olfactory cues, and some of the group's most significant findings have documented previously unexpected levels of informational complexity in plant volatile emissions and elucidated the sophisticated ways in which insects and other organisms interpret and respond to these information-rich cues (De Moraes *et al.*, 1998, 2001; Helms *et al.*, 2017; Mauck *et al.*, 2010; Mescher *et al.*, 2015; Runyon *et al.*, 2006). This research focus addresses important basic-science questions that also have applied relevance for sustainable agriculture, ecological conservation, and human health. In addition to investigating the role of plant volatiles as sources of ecological information for other organisms, the group's research has played a key role in elaborating the ways in which plants themselves perceive and respond to olfactory cues (Helms *et al.*, 2017; Runyon *et al.*, 2006). For example, the discovery that plant odors serve as host-location and host-discrimination cues for parasitic plants documented an entirely new class of volatile-mediated ecological interactions⁶. Similarly, the demonstration that the anti-herbivore defenses of

tall goldenrod plants (*Solidago Altissima*) are primed by exposure to the putative sex pheromone of a specialist herbivore, the gall-inducing fly *Eurosta solidaginous* (Helms *et al.*, 2017), provided the first example of plant response to an animal-derived olfactory cue. Research from the group has also made important contributions to the emerging field of disease chemical ecology through work on both plant and human pathosystems. For example, some of the groups recent work has explored how pathogen-induced changes in host-plant chemistry, including volatile emissions, influence interactions between plants and insect disease vectors and suggests that variation in virus transmission mechanisms may be an important factor shaping pathogen effects on plant-vector interactions (Mauck *et al.*, 2010). The group is also exploring how human pathogens (specifically malaria) can alter host odors in ways that influence vector behavior, and the implications of such effects for disease diagnosis as well as for efforts to disrupt transmission by vectors (Moraes *et al.*, 2014).

11. Grassland Sciences

The multidisciplinary research of the Grassland Sciences group focuses on the process- and system-oriented understanding of functional plant diversity and biogeochemistry in agroecosystems and forests (Adams *et al.*, 2016; Reichstein *et al.*, 2013). In particular, the biospheric-atmospheric greenhouse gas exchange, both in response to human and biophysical

drivers and across spatial and temporal scales, is the main subject of many research projects of the group. For this research, classical ecological methods are used, but also innovative tools such as stable isotope applications and micrometeorological measurements of trace gases are developed and applied in observational and experimental studies. A prominent example for the group's approaches is the 'Swiss FluxNet' that has been established in the last decade (see Fig. 5). The Swiss FluxNet combines all ecosystem-scale CO₂ and H₂O vapour (at some sites also CH₄ and N₂O; (Merbold *et al.*, 2014)) eddy-covariance flux measurement sites in Switzerland. It currently encompasses eight long-term ecosystem sites, six run by the group, covering the major land-use types in Switzerland. The high frequency, long-term measurements of greenhouse gas fluxes allow determination of greenhouse gas budgets and of reactions to climate extremes as well as management. Thus, they built the base for climate-smart agriculture and forestry. In the meantime, 87 site-years of open-access flux measurement data have been generated across the three land use types of grassland, cropland and forest. Carbon sinks and sources have been quantified; effects of weather and management regimes have been identified, and fluxes were linked to plant ecophysiology and remote sensing proxies such as sun-induced fluorescence (Guanter *et al.*, 2014). Another major group of achievements relates to functional plant diversity: With the group's long-standing contributions to Europe's largest grass-

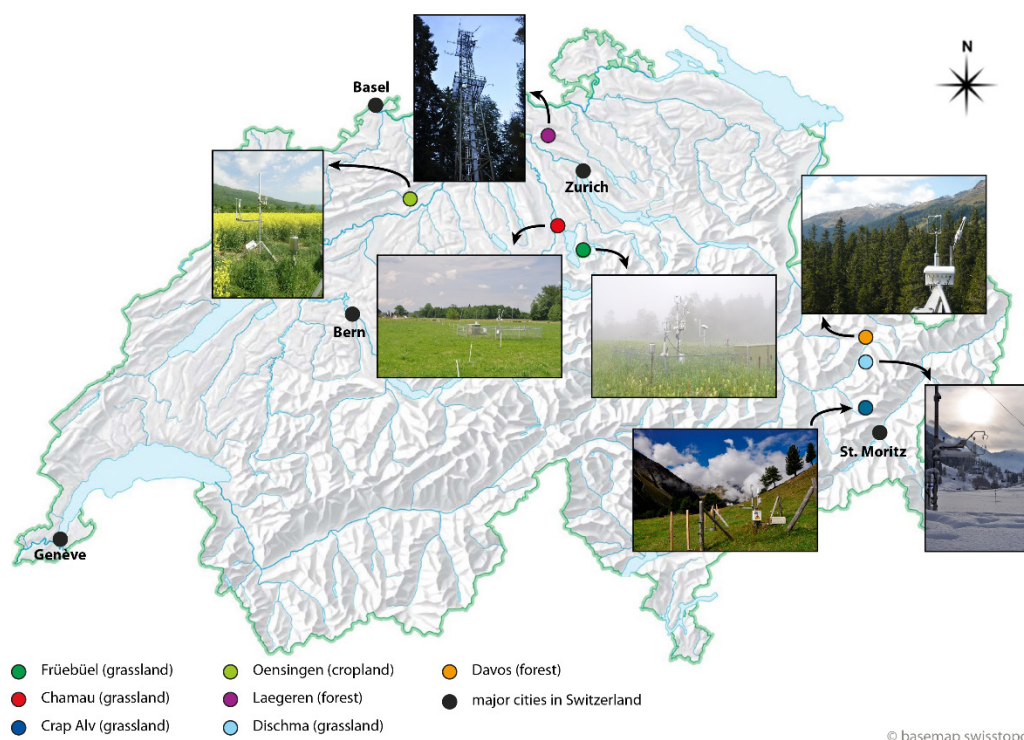


Fig. 5. Swiss Fluxnet. Measurement sites to determine greenhouse gas fluxes from different sites with different land use, distributed throughout Switzerland.

land biodiversity study – the Jena Experiment – the group was able to show experimentally that resource niche complementarity is less widespread than previously hypothesized and that species redundancy does not exist if multiple ecosystem services are to be maintained (Weisser *et al.*, 2017). Finally, some of the group's current projects have direct policy relevance, e.g. to validate national greenhouse gas budgets or to assess the economic value of biodiversity and ecosystem services in grasslands (Finger and Buchmann, 2015).

12. Sustainable Agroecosystems

Research by the group of Sustainable Agroecosystems focuses on the feedbacks between agroecosystem management options (such as tillage, cover cropping, green manuring, sustainable farming and grazing), global change (e.g. elevated CO₂ and climate change) and biogeochemical cycling. More specifically, the group studies the complex interactions between plants, soil, soil biota and nutrient (C, N, P) cycles in agroecosystems. Their general approach is to integrate field sampling, laboratory analyses and mathematical modeling to investigate whole system dynamics under current and future environmental conditions. The project sites span from small growers' fields to intensively-farmed production systems to agricultural research stations and the group is involved in a suite of international research projects in Africa, Europe, North America, Asia, and Central and South America. Research projects can be grouped in five classes: i) soil biota and nutrient cycling, ii) nitrogen cycling and isotopes, iii) diverse agroecosystems, iv) biogeochemical modeling and v) food systems. A recent major achievement is the establishment of a network of projects addressing the resilience of food systems around the world. Food systems are increasingly exposed and affected by various types of shocks (natural, economic and social) and stresses (population growth, land-use changes, etc.) (Tendall *et al.*, 2015). The group has adopted a mix of transdisciplinary and interdisciplinary research techniques to holistically analyze the relevant drivers that define the ability of different actors in food value chains to deal with shocks and stresses by building resilience in the food systems. Working closely with key stakeholders of food systems enables them to bridge the gap between research and action. In the past four years, the group has established six sub-projects that cover a total of ten food value chains in six different countries. The group also conducted several on-farm studies on the influence of incorporating shade trees into cocoa plantations in Ghana and Indonesia. They found that shade trees can have several benefits for cocoa systems such as reduced disease pressure, reduced

temperature stress and increased biodiversity. The group has conducted several highly cited meta-analyses on the productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture (Pittelkow *et al.*, 2015), N₂O emissions in reduced tillage systems (van Kessel *et al.*, 2013) and the control of soil carbon storage by interactions between geochemistry and climate (Doetterl *et al.*, 2015). Recently, activities of the group have focused on soil property prediction based on analyses performed via soil diffuse reflectance infrared fourier transform spectroscopy and other techniques. Based on newly generated soil databases with regional resolution, biogeochemical models will be used to evaluate field-scale and regional effects of fertilization, tillage, soil cover and crop rotation on soil nutrient dynamics.

13. Agricultural Ecology

The group of Agricultural Ecology has most recently been installed as an SNF assistant professorship, providing the grant holder with the opportunity to establish an independent research group on this topic within a time frame of four (plus maximum two more) years. This opportunity is often used to consolidate the role of the awardee in the scientific research arena and to boost his or her future career. In this particular case, the professorship is hosted by the group of Sustainable Agroecosystems because of the close fit of the core research topics. The group of Agricultural Ecology takes a community ecological perspective on crop systems and studies the potential of biodiversity in agriculture, in particular through intercropping. Intercropping adapts plant diversity in natural communities to an agricultural setting through the cultivation of more than one species or cultivar at a time on a given piece of land. Such mixed cropping can benefit from beneficial interactions among genotypes or species that result in more and improved agroecosystem functioning. In this line of research, the group studies the benefits of mixed cropping compared to monocropping on a range of agroecosystem services such as food production and sheds light on the key processes involved in these beneficial interactions (Brooker *et al.*, 2018). Another line of research elucidates the effects of biodiversity on ecosystem functioning. Here, the group studies natural ecosystems that provide useful insights for agroecosystems; but also 'hybrid' agroecological experiments are conducted that follow an ecological design but use an agricultural environment (e.g. species or ecosystems) to better understand the mechanisms of such positive biodiversity effects (Schöb *et al.*, 2017a). Also, direct plant-plant interactions (Kikvidze *et al.*, 2015; Schöb *et al.*, 2017b). and the effect of plant traits on the environment are assessed in mechanistic detail (Li *et al.*, 2017)

14. Conclusions

Agricultural research at ETH Zürich covers a wide range of topics. Often, groups have used their resources to a large part to install unique methodologies ranging from physical measurement tools to complex socioeconomic modeling approaches. Application of these unique methodological toolboxes then often allows for unique research opportunities that can elucidate novel mechanisms governing plant or animal performance or the inner workings of agroecosystems or socioeconomic systems. Some of the research topics are closely linked to direct applications on farms, whereas others generate new perspectives for basic science. Interaction with project partners is usually facilitated in a specific way that is defined often by the institutions, which fund this research (such as the European Union,

the Swiss National Science Foundation or partners from the private sector). Yet, also within ETH, multiple coordinative bodies and activities are present that allow for a frequent exchange of ideas and to deal efficiently with administrative necessities: Professors are members of D-USYS committees such as the departmental or professorial conference; they interact on issues of finances and experimental possibilities in the 'resource commission' and in the institute's assembly. Most professors are also members of ETH's 'World Food System Center' and of the Basel-Zürich 'Plant Science Center' – competence centers that offer independent teaching activities such as summer schools, but that also provide joint contact to private partners and other stakeholders that allow for joint research projects project funding. ■

References

- Adams, M.A., Turnbull, T.L., Sprent, J.I., and Buchmann, N. (2016). Legumes are different: Leaf nitrogen, photosynthesis, and water use efficiency. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 4098–4103.
- Aghili, F., Gamper, H.A., Eikenberg, J., Khoshgoftarmansh, A.H., Afyuni, M., Schulin, R., Jansa, J., and Frossard, E. (2014). Green Manure Addition to Soil Increases Grain Zinc Concentration in Bread Wheat. *PLOS ONE* 9, e101487.
- Barsila, S.R., Kreuzer, M., Devkota, N.R., Ding, L., and Marquardt, S. (2014). Adaptation to Himalayan high altitude pasture sites by yaks and different types of hybrids of yaks with cattle. *Livest. Sci.* 169, 125–136.
- Böcker, T., Britz, W., and Finger, R. (2018). Modelling the Effects of a Glyphosate Ban on Weed Management in Silage Maize Production. *Ecol. Econ.* 145, 182–193.
- Briefer, E.F. (2018). Vocal contagion of emotions in non-human animals. *Proc R Soc B* 285, 20172783.
- Briefer, E.F., Maigrot, A.-L., Mandel, R., Freymond, S.B., Bachmann, I., and Hillmann, E. (2015). Segregation of information about emotional arousal and valence in horse whinnies. *Sci. Rep.* 4, 9989.
- Brooker, R.W., Karley, A.J., Morcillo, L., Newton, A.C., Pakeman, R.J., and Schöb, C. (2018). Crop presence, but not genetic diversity, impacts on the rare arable plant *Valerianella ramosa*. *Plant Ecol. Divers.* 0, 1–13.
- Colombi, T., Kirchgessner, N., Walter, A., and Keller, T. (2017). Root tip shape governs root elongation rate under increased soil strength. *Plant Physiol.* pp.00357.2017.
- Conradt, S., Finger, R., and Bokusheva, R. (2015a). Tailored to the extremes: Quantile regression for index-based insurance contract design. *Agric. Econ.* 46, 537–547.
- Conradt, S., Finger, R., and Spörri, M. (2015b). Flexible weather index-based insurance design. *Clim. Risk Manag.* 10, 106–117.
- Daetwyler, H.D., Capitan, A., Pausch, H., Stothard, P., van Binsbergen, R., Brøndum, R.F., Liao, X., Djari, A., Rodriguez, S.C., Grohs, C., *et al.* (2014). Whole-genome sequencing of 234 bulls facilitates mapping of monogenic and complex traits in cattle. *Nat. Genet.* 46, 858–865.
- Dalhaus, T., and Finger, R. (2016). Can Gridded Precipitation Data and Phenological Observations Reduce Basis Risk of Weather Index-Based Insurance? *Weather Clim. Soc.* 8, 409–419.
- Dalhaus, T., Musshoff, O., and Finger, R. (2018). Phenology Information Contributes to Reduce Temporal Basis Risk in Agricultural Weather Index Insurance. *Sci. Rep.* 8, 46.
- De Moraes, C.M., Lewis, W.J., Paré, P.W., Alborn, H.T., and Tumlinson, J.H. (1998). Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature* 393, 570–573.
- De Moraes, C.M., Mescher, M.C., and Tumlinson, J.H. (2001). Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. *Nature* 410, 577–580.
- Do Canto, J., Studer, B., Frei, U., and Lübberstedt, T. (2017). Fine mapping a self-fertility locus in perennial ryegrass. *Theor. Appl. Genet.* 1–11.
- Doetterl, S., Cornelis, J.-T., Six, J., Bodé, S., Opfergelt, S., Boeckx, P., and Van Oost, K. (2015). Soil redistribution and weathering controlling the fate of geochemical and physical carbon stabilization mechanisms in soils of an eroding landscape. *Biogeoosciences* 12, 1357–1371.
- Finger, R., and Buchmann, N. (2015). An ecological economic assessment of risk-reducing effects of species diversity in managed grasslands. *Ecol. Econ.* 110, 89–97.

- Flöter, V.L., Galateanu, G., Fürst, R.W., Seidlová-Wuttke, D., Wuttke, W., Möstl, E., Hildebrandt, T.B., and Ulbrich, S.E. (2016). Sex-specific effects of low-dose gestational estradiol-17 β exposure on bone development in porcine offspring. *Toxicology* 366–367, 60–67.
- Flury, P., Vesga, P., Péchy-Tarr, M., Aellen, N., Dennert, F., Hofer, N., Kupferschmied, K.P., Kupferschmied, P., Metla, Z., Ma, Z., *et al.* (2017). Antimicrobial and Insecticidal: Cyclic Lipopeptides and Hydrogen Cyanide Produced by Plant-Beneficial *Pseudomonas* Strains CHA0, CMR12a, and PCL1391 Contribute to Insect Killing. *Front. Microbiol.* 8.
- Frossard, E., Aighewi, B.A., Aké, S., Barjolle, D., Baumann, P., Bernet, T., Dao, D., Diby, L.N., Floquet, A., and Hgaza, V.K. (2017). The challenge of improving soil fertility in yam cropping systems of West Africa. *Front. Plant Sci.* 8.
- Gangnat, I.D.M., Leiber, F., Dufey, P.-A., Silacci, P., Kreuzer, M., and Berard, J. (2017). Physical activity, forced by steep pastures, affects muscle characteristics and meat quality of suckling beef calves. *J. Agric. Sci.* 155, 348–359.
- Gangnat, I.D.M., Mueller, S., Kreuzer, M., Messikommer, R.E., Siegrist, M., and Visschers, V.H.M. (2018). Swiss consumers' willingness to pay and attitudes regarding dual-purpose poultry and eggs. *Poult. Sci.* 97, 1089–1098.
- Grieder, C., Hund, A., and Walter, A. (2015). Image based phenotyping during winter: a powerful tool to assess wheat genetic variation in growth response to temperature. *Funct. Plant Biol.* 42, 387–396.
- Guanter, L., Zhang, Y., Jung, M., Joiner, J., Voigt, M., Berry, J.A., Frankenberg, C., Huete, A.R., Zarco-Tejada, P., Lee, J.-E., *et al.* (2014). Global and time-resolved monitoring of crop photosynthesis with chlorophyll fluorescence. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, E1327–E1333.
- Helms, A.M., De Moraes, C.M., Tröger, A., Alborn, H.T., Francke, W., Tooker, J.F., and Mescher, M.C. (2017). Identification of an insect-produced olfactory cue that primes plant defenses. *Nat. Commun.* 8, 337.
- Huber, R., Rebecca, S., François, M., Hanna, B.S., Dirk, S., and Robert, F. (2017). Interaction effects of targeted agri-environmental payments on non-marketed goods and services under climate change in a mountain region. *Land Use Policy* 66, 49–60.
- Jarosch, K.A., Doolette, A.L., Smernik, R.J., Tamburini, F., Frossard, E., and Bünemann, E.K. (2015). Characterisation of soil organic phosphorus in NaOH-EDTA extracts: A comparison of ^{31}P NMR spectroscopy and enzyme addition assays. *Soil Biol. Biochem.* 91, 298–309.
- Keller, B., Manzanares, C., Jara, C., Lobaton, J.D., Studer, B., and Raatz, B. (2015). Fine-mapping of a major QTL controlling angular leaf spot resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor. Appl. Genet.* 128, 813–826.
- van Kessel, C., Venterea, R., Six, J., Adviento-Borbe, M.A., Linquist, B., and van Groenigen, K.J. (2013). Climate, duration, and N placement determine N $_2$ O emissions in reduced tillage systems: a meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 19, 33–44.
- Kikvidze, Z., Brooker, R.W., Butterfield, B.J., Callaway, R.M., Cavieres, L.A., Cook, B.J., Lortie, C.J., Michalet, R., Pugnaire, F.I., Xiao, S., *et al.* (2015). The effects of foundation species on community assembly: a global study on alpine cushion plant communities. *Ecology* 96, 2064–2069.
- Kirchgessner, N., Liebisch, F., Yu, K., Pfeifer, J., Friedli, M., Hund, A., and Walter, A. (2017). The ETH field phenotyping platform FIP: a cable-suspended multi-sensor system. *Funct. Plant Biol.* 44, 154–168.
- Kradolfer, D., Flöter, V.L., Bick, J.T., Fürst, R.W., Rode, K., Brehm, R., Henning, H., Waberski, D., Bauersachs, S., and Ulbrich, S.E. (2016). Epigenetic effects of prenatal estradiol-17 β exposure on the reproductive system of pigs. *Mol. Cell. Endocrinol.* 430, 125–137.
- Le Marié, C., Kirchgessner, N., Flutsch, P., Pfeifer, J., Walter, A., and Hund, A. (2016). RADIX: rhizoslide platform allowing high throughput digital image analysis of root system expansion. *Plant Methods* 12, 40.
- Lendenmann, M.H., Croll, D., Palma-Guerrero, J., Stewart, E.L., and McDonald, B.A. (2016). QTL mapping of temperature sensitivity reveals candidate genes for thermal adaptation and growth morphology in the plant pathogenic fungus *Zymoseptoria tritici*. *Heredity* 116, 384–394.
- Li, Y., Shipley, B., Price, J.N., Dantas, V. de L., Tamme, R., Westoby, M., Siefert, A., Schamp, B.S., Spasojevic, M.J., Jung, V., *et al.* (2017). Habitat filtering determines the functional niche occupancy of plant communities worldwide. *J. Ecol.* 00, 1–9.
- Loetscher, Y., Kreuzer, M., and Messikommer, R.E. (2014). Late laying hens deposit dietary antioxidants preferentially in the egg and not in the body. *J. Appl. Poult. Res.* 23, 647–660.
- Lottes, P., Khanna, R., Pfeifer, J., Siegwart, R., and Stachniss, C. (2017). UAV-based crop and weed classification for smart farming. In 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 3024–3031.
- Mauck, K.E., Moraes, C.M.D., and Mescher, M.C. (2010). Deceptive chemical signals induced by a plant virus attract insect vectors to inferior hosts. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107, 3600–3605.
- McDonald, M.C., Oliver, R.P., Friesen, T.L., Brunner, P.C., and McDonald, B.A. (2013). Global diversity and distribution of three necrotrophic effectors in *Phaeosphaeria nodorum* and related species. *New Phytol.* 199, 241–251.
- Merbold, L., Eugster, W., Stieger, J., Zahniser, M., Nelson, D., and Buchmann, N. (2014). Greenhouse gas budget (CO $_2$, CH $_4$ and N $_2$ O) of intensively managed grassland following restoration. *Glob. Change Biol.* 20, 1913–1928.
- Mescher, M.C., Moraes, D., and M, C. (2015). Role of plant sensory perception in plant–animal interactions. *J. Exp. Bot.* 66, 425–433.
- Moraes, C.M.D., Stanczyk, N.M., Betz, H.S., Pulido, H., Sim, D.G., Read, A.F., and Mescher, M.C. (2014). Malaria-induced changes in host odors enhance mosquito attraction. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, 11079–11084.
- Nanzer, S., Oberson, A., Huthwelker, T., Eggenberger, U., and Frossard, E. (2014). The molecular environment of phosphorus in sewage sludge ash: implications for bioavailability. *J. Environ. Qual.* 43, 1050–1060.

- Pausch, H., Kölle, S., Wurmser, C., Schwarzenbacher, H., Emmerling, R., Jansen, S., Trottmann, M., Fuerst, C., Götz, K.-U., and Fries, R. (2014). A Nonsense Mutation in TMEM95 Encoding a Nondescript Transmembrane Protein Causes Idiopathic Male Subfertility in Cattle. *PLOS Genet.* 10, e1004044.
- Pausch, H., Emmerling, R., Schwarzenbacher, H., and Fries, R. (2016). A multi-trait meta-analysis with imputed sequence variants reveals twelve QTL for mammary gland morphology in Fleckvieh cattle. *Genet. Sel. Evol.* 48, 14.
- Pausch, H., Emmerling, R., Gredler-Grandl, B., Fries, R., Daetwyler, H.D., and Goddard, M.E. (2017a). Meta-analysis of sequence-based association studies across three cattle breeds reveals 25 QTL for fat and protein percentages in milk at nucleotide resolution. *BMC Genomics* 18, 853.
- Pausch, H., MacLeod, I.M., Fries, R., Emmerling, R., Bowman, P.J., Daetwyler, H.D., and Goddard, M.E. (2017b). Evaluation of the accuracy of imputed sequence variant genotypes and their utility for causal variant detection in cattle. *Genet. Sel. Evol.* 49, 24.
- Pfeifer, M., Martis, M., Asp, T., Mayer, K.F.X., Lübberstedt, T., Byrne, S., Frei, U., and Studer, B. (2013). The Perennial Ryegrass GenomeZipper: Targeted Use of Genome Resources for Comparative Grass Genomics. *Plant Physiol.* 161, 571–582.
- Pistek, V.L., Fürst, R.W., Kliem, H., Bauersachs, S., Meyer, H.H.D., and Ulbrich, S.E. (2013). HOXA10 mRNA expression and promoter DNA methylation in female pig offspring after in utero estradiol-17 β exposure. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 138, 435–444.
- Pittelkow, C.M., Liang, X., Linnquist, B.A., van Groenigen, K.J., Lee, J., Lundy, M.E., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T., and van Kessel, C. (2015). Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature* 517, 365–368.
- Reichstein, M., Bahn, M., Ciais, P., Frank, D., Mahecha, M.D., Seneviratne, S.I., Zscheischler, J., Beer, C., Buchmann, N., Frank, D.C., *et al.* (2013). Climate extremes and the carbon cycle. *Nature* 500, 287–295.
- Ruckle, M.E., Meier, M.A., Frey, L., Eicke, S., Kölliker, R., Zeeman, S.C., and Studer, B. (2017). Diurnal Leaf Starch Content: An Orphan Trait in Forage Legumes. *Agronomy* 7, 16.
- Runyon, J.B., Mescher, M.C., and Moraes, C.M.D. (2006). Volatile Chemical Cues Guide Host Location and Host Selection by Parasitic Plants. *Science* 313, 1964–1967.
- Schöb, C., Hortal, S., Karley, A.J., Morcillo, L., Newton, A.C., Pakeman, R.J., Powell, J.R., Anderson, I.C., and Brooker, R.W. (2017a). Species but not genotype diversity strongly impacts the establishment of rare colonisers. *Funct. Ecol.* 31, 1462–1470.
- Schöb, C., Macek, P., Pistón, N., Kikvidze, Z., and Pugnaire, F.I. (2017b). A trait-based approach to understand the consequences of specific plant interactions for community structure. *J. Veg. Sci.* 28, 696–704.
- Schwarzenbacher, H., Burgstaller, J., Seefried, F.R., Wurmser, C., Hilbe, M., Jung, S., Fuerst, C., Dinhopf, N., Weissenböck, H., Fuerst-Waltl, B., *et al.* (2016). A missense mutation in TUBD1 is associated with high juvenile mortality in Braunvieh and Fleckvieh cattle. *BMC Genomics* 17, 400.
- Staerfl, S.M., Zeitz, J.O., Kreuzer, M., and Soliva, C.R. (2012). Methane conversion rate of bulls fattened on grass or maize silage as compared with the IPCC default values, and the long-term methane mitigation efficiency of adding acacia tannin, garlic, maca and lupine. *Agric. Ecosyst. Environ.* 148, 111–120.
- Stewart, E. I., Croll, D., Lendenmann, M.H., Sanchez-Vallet, A., Hartmann, F.E., Palma-Guerrero, J., Ma, X., and McDonald, B.A. (2018). Quantitative trait locus mapping reveals complex genetic architecture of quantitative virulence in the wheat pathogen *Zymoseptoria tritici*. *Mol. Plant Pathol.* 19, 201–216.
- Stukenbrock, E.H., Bataillon, T., Dutheil, J.Y., Hansen, T.T., Li, R., Zala, M., McDonald, B.A., Wang, J., and Schierup, M.H. (2011). The making of a new pathogen: Insights from comparative population genomics of the domesticated wheat pathogen *Mycosphaerella graminicola* and its wild sister species. *Genome Res.* 21, 2157–2166.
- Tamburini, F., Pfahler, V., Bünemann, E.K., Guelland, K., Bernasconi, S.M., and Frossard, E. (2012). Oxygen Isotopes Unravel the Role of Microorganisms in Phosphate Cycling in Soils. *Environ. Sci. Technol.* 46, 5956–5962.
- Tendall, D.M., Joerin, J., Kopainsky, B., Edwards, P., Shreck, A., Le, Q.B., Kruetli, P., Grant, M., and Six, J. (2015). Food system resilience: Defining the concept. *Glob. Food Secur.* 6, 17–23.
- Walter, A., Liebisch, F., and Hund, A. (2015). Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. *Plant Methods* 11, 14.
- Walter, A., Finger, R., Huber, R., and Buchmann, N. (2017). Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 6148–6150.
- van der Weijden, V.A., Chen, S., Bauersachs, S., Ulbrich, S.E., and Schoen, J. (2017). Gene expression of bovine embryos developing at the air-liquid interface on oviductal epithelial cells (ALI-BOEC). *Reprod. Biol. Endocrinol.* 15, 91.
- Weisser, W.W., Roscher, C., Meyer, S.T., Ebeling, A., Luo, G., Allan, E., Beßler, H., Barnard, R.L., Buchmann, N., Buscot, F., *et al.* (2017). Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. *Basic Appl. Ecol.* 23, 1–73.
- Zhong, Z., Marcel, T.C., Hartmann, F.E., Ma, X., Plissonneau, C., Zala, M., Ducasse, A., Confais, J., Compain, J., Lapalu, N., *et al.* (2017). A small secreted protein in *Zymoseptoria tritici* is responsible for avirulence on wheat cultivars carrying the Stb6 resistance gene. *New Phytol.* 214, 619–631.

Blühstreifen fördern Honig- und Wildbienen

Hans Ramseier*

1. Einleitung

Bestäuber sind für die Erhaltung der Biodiversität und die landwirtschaftliche Produktion unabdingbar. Gemäss Wilson-Rich (2015) hängen rund 35 Prozent der weltweit produzierten Lebensmittel von deren Arbeit ab. Zu den bestäubenden Insekten gehören Bienen, viele Schmetterlinge, Nachtfalter, Fliegen, Käfer und Wespen. Auch die für kommerzielle Zwecke gehaltenen Bienenarten (in erster Linie die Honigbiene, *Apis mellifera*) sind wichtige Bestäuber. In den meisten geographischen Regionen sind Bienen die ökonomisch bedeutsamste Gruppe der Bestäuber (Tirado *et al.* 2013). Doch es scheint, dass der Bestand sowohl an Honig- als auch an Wildbienen weltweit zurückgeht (Potts *et al.* 2010). Die wohl wichtigste Ursache für das Bienensterben ist die Varroa-Milbe. Doch auch die Sauerbrut, Viren, mögliche Umweltgifte und Nahrungsstress tragen dazu bei. In Bezug auf die Gesundheit und Abwehrkraft der Bienen scheint der Ernährung eine übergeordnete Bedeutung zuzukommen. Nektar und Pollen sollten den Bienen kontinuierlich zur Verfügung stehen. Dieser Forderung kann in der modernen Kulturlandschaft aber nur schwierig nachgekommen werden. Sind Obst und Raps verblüht, stehen den Bienen nicht mehr genügend Pollen und Nektar zur Verfügung, und es entsteht eine sogenannte Trachtlücke. Kommt eine solche während der intensivsten Brutzeit vor, führt sie zu Wachstumsstopps bei Bienenvölkern und höherer Anfälligkeit gegenüber Krankheiten (Lehnherr und Hättenschwiler 1990). Bei den Wildbienen bestimmt das vorhandene Blütenangebot massgeblich die Fortpflanzungsleistung (Pfiffner und Müller 2014). Deshalb hat die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL der Berner Fachhochschule ab 2011 zusammen mit dem Dachverband der schweizerischen Bienenzüchtervereine apisuisse, dem Inforama Rütli sowie dem Bernischen und dem Schweizer Bauernverband Saadmischungen für Blühstreifen entwickelt. Ziel ist es, die Trachtlücke zwischen Ende Mai und Ende Juli zu verringern und den Bienen sowie anderen Insekten attraktive Nahrungs- und Aufenthaltsplätze während des Sommers zur Verfügung zu stellen.

2. Entwicklung der Mischungen

Neben den Honigbienen sollen auch die nicht spezialisierten (polylektischen) Wildbienen und landwirtschaftlich wichtige Nützlinge wie zum Beispiel Schwebfliegen und Raubwanzen durch die Blühflächen gefördert werden. Aufgrund dieser Überlegun-

gen haben die Fachleute folgende Anforderungen an die Mischungspflanzen definiert, wobei als Grundlage einerseits Literatur (Maurizio und Schaper 1994; Pritsch 2007), aber auch Expertenwissen diente:

- Sie sind Trachtpflanzen mit hoher Pollen- und/oder Nektarproduktion.
- Sie sind interessant für polylektische Wildbienen und landwirtschaftlich wichtige Nützlinge.
- Sie bilden eine Biodiversitätsförderfläche (BFF) im Ackerbau, damit in diesem Gebiet ein höherer Anteil an BFF erreicht wird.
- Sie kommen auch mit nährstoffreichen Böden zurecht.
- Sie stellen keine Konkurrenz zu Bunt- und Rotationsbrachen (anderer Typ BFF) und zu Ackerkulturen dar.

Von der agronomischen Seite wurden folgende Restriktionen eingebaut:

- Sie gewährleisten gemeinsam eine genügende Unkrautunterdrückung (kein Herbizid-Einsatz).
- Sie ziehen keine Probleme wie Krankheiten (z. B. Kohlhernie bei Kreuzblütlern) oder Schädlinge (z. B. Nematoden) in der Fruchtfolge nach sich.
- Sie sind nicht schwer bekämpfbar in den Folgekulturen (wie Malven, Sonnenblumen, Senf in Zuckerrüben oder Kartoffeln).
- Sie bedingen keinen erhöhten Glyphosat-Einsatz beim Aufheben des Blühstreifens.
- Sie können als Grünmasse auf dem Feld bleiben.

Bei der Entwicklung ging es darum, eine Auswahl an Pflanzenarten zusammenzustellen, welche die oben aufgeführten Anforderungen erfüllen, so dass während der trachtarmen Zeit immer ein Blütenangebot zur Verfügung steht. Ausgehend davon wurden im Jahr 2011 zwei Mischungen entwickelt. Diese wurden aufgrund der Untersuchungen laufend angepasst und verbessert, wobei die zwei ursprünglichen Mischungen in den Feldversuchen immer mitliefen. Damit war

* Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Länggasse 85, 3052 Zollikofen.

E-mail: hans.ramseier@bfh.ch



Hans Ramseier, Agro-Ing. HTL, Dozent für Pflanzenschutz und Ökologischen Ausgleich. Forschungs- und Lehrtätigkeit im Bereich Pflanzenschutz, Agrarökologie, Ressourcenschonende Anbausysteme und Nischenkulturen.

Name deutsch	Name bot
Kornrade	<i>Agrostemma githago</i>
Dill	<i>Anethum graveolens</i>
Färberkamille	<i>Anthemis tinctoria</i>
Kornblume	<i>Centaurea cyanus</i>
Echter Buchweizen	<i>Fagopyrum esculentum</i>
Wiesen-Ferkelkraut	<i>Hypochaeris radicata</i>
Klatschmohn	<i>Papaver rhoeas</i>
Büschelblume	<i>Phacelia tanacetifolia</i>
Gelbe Reseda	<i>Reseda lutea</i>
Einjähriger Ziest	<i>Stachys annua</i>
Alexandrinerklee	<i>Trifolium alexandrinum</i>
Bastardklee	<i>Trifolium hybridum</i>
Inkarnatklee	<i>Trifolium incarnatum</i>
Rotklee	<i>Trifolium pratense</i>
Perserklee	<i>Trifolium resupinatum</i>

Tabelle 1. Pflanzenarten in der Blühstreifenmischung «Bestäuber 1».

stets ein gleichbleibender Standard als Vergleich vorhanden. Die aktuelle Mischung für das Jahr 2018 beinhaltet 15 verschiedene Pflanzenarten (Tabelle 1) und wird unter dem Namen «Bestäuber 1» vermarktet.

3. Blühverhalten

Die Abb. 1 zeigt einen typischen Blühverlauf der Blühstreifenmischung: Buchweizen, Büschelblume, Kornblume, Mohn und Leguminosen lösen sich in ihrem Blühen ab und liefern Bienen und weiteren pol-

len- und nektarsuchenden Insekten von Beginn der Blüte bis ungefähr Ende August ein durchgehendes Nahrungsangebot. Das Ziel, während der trachtarmen Zeit ständig ein interessantes Blütenangebot zu haben, wurde weitgehend erreicht. Im Normalfall ist der Blühbeginn aber nicht ganz Anfang Juni, weil die Mischung wegen frostempfindlichen Pflanzen wie Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) und Büschelblume (*Phacelia tanacetifolia*) erst ungefähr ab dem 20. April ausgesät werden kann. Die kleine Lücke von rund zwei Wochen können die Bienen aber problemlos überbrücken, da in der Natur auch immer wieder Schlechtwetterperioden von dieser Länge auftreten.

4. Attraktivität der Blühflächen für Insekten

Um die Attraktivität der verschiedenen Blühstreifenmischungen für Insekten zu erheben, wurden Kescherfänge durchgeführt. Es wurde darauf geachtet, dass an den Fangtagen ein für pollen- und nektarsuchende Insekten gutes Wetter herrschte. Die in den Keschern gefangenen Insekten wurden eingefroren und anschliessend in verschiedene taxonomische Gruppen wie zum Beispiel Honigbienen, Wildbienen, Raubwanzen, Schwebfliegen und Schlupfwespen eingeordnet und ausgezählt. Kescherfänge wurden während der Blühphase mehrmals durchgeführt. Die Auszählungen zeigten, dass die Blühflächen durchaus interessant für die Zielorganismen waren. Es hielten sich viele Honig- und Wildbienen, Schwebfliegen und Raubwanzen in den Blühstreifen auf.

4.1. Vergleich mit anderen Biodiversitätsförderflächen

Um herauszufinden, wie attraktiv Blühstreifen für Bienen und andere Insekten im Vergleich zu Extensivwiesen, Brachen oder Säumen sind, wurden im Jahr

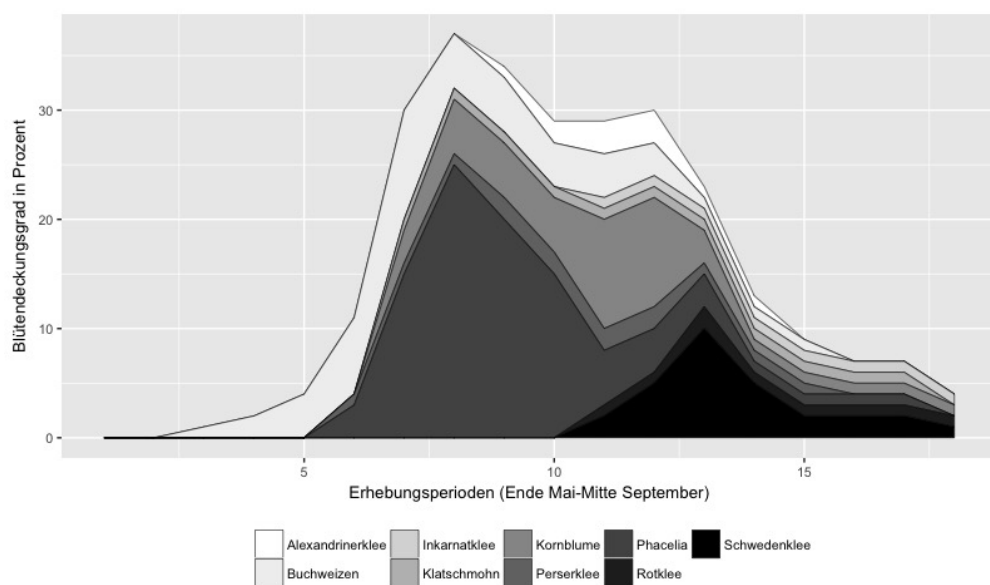


Abb. 1. Prozentuale Anteile des Blütendeckungsgrades der einzelnen Pflanzenarten in der Blühstreifenmischung während 109 Tagen. Saattermin war in vorliegendem Versuch der 28. April.

EP (Datum)	Verfahren	Honigbienen	Wildbienen	Raubwanzen	Schwebfliegen
3 (14.06.)	Blühstreifen	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a
	Brachen	0.2a	0.0a	7.7b	0.2a
4 (25.06.)	Blühstreifen	0.6a	0.7a	0.3a	1.2a
	Brachen	0.6a	1.0a	8.2b	3.1a
5 (04.07.)	Blühstreifen	5.9a	3.2b	4.0a	2.7a
	Brachen	0.9a	0.7a	47.0a	1.7a
6 (15.07.)	Blühstreifen	3.2b	10.1b	2.8a	7.3a
	Brachen	2.1a	1.7a	65.2a	4.1a
7 (25.07.)	Blühstreifen	14.1b	9.3b	12.3a	10.8b
	Brachen	2.2a	2.1a	36.1a	5.1a
8 (04.08.)	Blühstreifen	3.3a	6.4a	20.9a	3.6a
	Brachen	4.5a	3.6a	28.0a	4.5a
9 (11.08.)	Blühstreifen	1.8a	2.8a	4.5a	2.5a
	Brachen	1.3a	1.1a	7.0a	2.5a

Tabelle 2. Gefangene Insekten ausgewählter Gruppen in den Blühstreifen und den Bracheflächen in den Erhebungsperioden (EP) 3 bis 9. Dargestellt sind die Mittelwerte von 13 Standorten. Das Datum in der Klammer gibt den mittleren Erhebungstag in der entsprechenden Erhebungsperiode an. Unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten statistisch gesicherte Differenzen zwischen Blühstreifen und Brachen ($p < 0.05$).

2013 an 13 Standorten Direktvergleiche gemacht. Ein Teil der Versuchsflächen wurde so gelegt, dass die Verfahren direkt aneinander angrenzten. Beim zweiten Teil wurde bewusst darauf geachtet, dass die Flächen zwar in der Nähe lagen (bis 50 m Abstand), aber nicht aneinander grenzten. Damit liess sich ein «Konzentrationseffekt» (Weglockung der Bienen durch die Blühstreifen aus den angrenzenden Extensivwiesen- oder Bracheflächen) ausgleichen.

Im Vergleich zwischen Brachen und Blühstreifen ging es nicht darum, die beiden Elemente gegeneinander auszuspielen, sondern zu untersuchen, ob der Blühstreifen für die definierten Zielorganismen wirklich attraktiv ist. Tabelle 2 zeigt die Anzahl gefangener Insekten in den verschiedenen Erhebungsperioden in Buntbrache-/Saumflächen und in den Blühstreifen. Es ist ersichtlich, dass im Blühstreifen während der Vollblüte mehr Honig- und Wildbienen gefangen wurden als in der Buntbrache. Hingegen wurden in der Brache mehr Raubwanzen gefangen (gesichert in den Erhebungsperioden 3 und 4, statistisch knapp nicht gesichert wegen grosser Schwankungen in den folgenden Erhebungsperioden).

Die Schwebfliegen-Fänge sind vergleichbar. Einzig in der Erhebungsperiode 7 hatte es signifikant mehr Schwebfliegen im Blühstreifen. Es wäre verfehlt, aus

den Resultaten zu folgern, dass die Blühstreifen allgemein besser sind als die Brachen. Bei den Brachen stehen andere Ziele im Vordergrund, so zum Beispiel die Förderung bodenbrütender Vögel oder von Kleinwild sowie die Schaffung von Überwinterungsstandorten für Insekten. Die Resultate zeigen aber, dass die Blühstreifen im Sommer für die definierten Zielarten, d. h. für Honig- und polylektische Wildbienen, attraktiv sind.

4.2. Was machen die Bienen in den Streifen?

In den Jahren 2012 und 2014 wurde in zwei Fallstudien mit Hilfe von Pollenfallen (siehe Abb. 2) und Honiganalysen abgeklärt, ob und in welchem Umfang die Honigbienen Pollen von den Blühflächen eintragen. Die Resultate der Pollenfallen zeigten, dass sich die Honigbienen nicht nur in den Streifen aufhalten, sondern auch fleissig Pollen und Nektar ernten und in den Stock eintragen. In einigen Bienenvölkern machten so an einzelnen Halbtagen Buchweizen- und Phaceliapollen über 30 Prozent der gesammelten Pollenmenge aus. Die Honiguntersuchungen bestätigten diese Resultate.

4.3. Fallstudie mit Erdhummeln

Interessant zu wissen wäre, welchen Einfluss ein Blühstreifen resp. eine Blühfläche auf die Volksentwicklung der Honigbiene hat. Eine solche Studie wäre jedoch hochkomplex, da verschiedenste unkontrollierbare Faktoren mitspielen, und ist deshalb kaum zu realisieren. Um trotzdem etwas über die mögliche Entwicklung eines Volkes aussagen zu können, wurde im Jahr 2015 eine Fallstudie mit Erdhummeln (*Bombus terrestris*) durchgeführt. Die Erdhummel lebt wie die Honigbiene sozial und bildet Staaten. Ein grosses

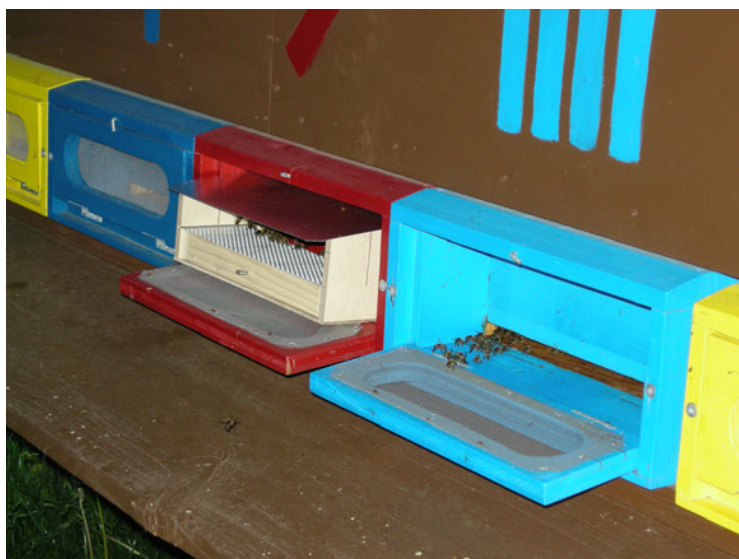


Abb. 2. Honigbienenvolk (links) mit montierter Pollenfalle. Die Bienen müssen durch eine Lochplatte hindurchkriechen und verlieren dabei die Pollenhöschen, welche in eine darunterliegende kleine Schublade fallen und danach getrocknet und analysiert werden können.

Nest kann bis zu 500 Individuen beherbergen (Wilson-Rich 2015). Das Verhalten im Volksaufbau ist ähnlich wie bei der Honigbiene: Wenn die Arbeiterinnen viel Pollen und Nektar eintragen, legt die Königin viele Eier. Mangelt es an Nahrung, wird die Eiablage reduziert oder gar ganz eingestellt. Dabei spielt die räumliche Distanz zwischen Nahrungspflanzen und Nistplatz eine zentrale Rolle. Nimmt jene zu, kann dies zu einer Verringerung der versorgten Brutzellen und zu einer beträchtlichen Reduktion der Anzahl überlebensfähiger Insekten führen (Pfiffner und Müller 2014).

Im Frühling wurde ein Standort für einen Blühstreifen gesucht, bei dem sich nach der Obst- und Rapsblüte keine grösseren Blühflächen in der Nähe befanden. Am 16. Juni wurden je drei Hummelvölker im Blühstreifen und in fünf Abständen zwischen 112 m und 604 m vom Blühstreifen entfernt aufgestellt. Zu Beginn der Fallstudie und im Herbst, nachdem die neuen Königinnen das Nest verlassen hatten und die Arbeiterinnen abgestorben waren, wurde die Anzahl Zellen pro Nest erhoben. Damit war es möglich, die genaue Zahl der gebildeten Nestzellen pro Volk zu bestimmen.

Abb. 3 zeigt, dass mit zunehmendem Abstand zum Blühstreifen die Anzahl gebildeter Zellen im Nest abnimmt. Eine statistisch gesicherte Differenz gibt es zwischen den drei Völkern im Streifen und am 600 m vom Streifen entfernten Standort. Die 500 m vom Streifen entfernten Völker bildeten zwar ebenfalls weniger Zellen als jene im Blühstreifen, dieser Unterschied war aber knapp nicht signifikant ($p = 0,0576$). Der Standort 2 (112 m vom Blühstreifen entfernt) fällt stark ab. An diesem Standort wurden bereits in der zweiten Woche nach der Installation zwei von drei Hummelvölkern durch die Hummelnestmot-

te (*Aphomia sociella*) befallen, die ein Hummelvolk stark schädigen oder ganz auslöschen kann (Vespa-crabro 2015).

Mit dieser Fallstudie konnte gezeigt werden, dass sich die Nähe eines Blühstreifens zu einem Hummelvolk positiv auf dessen Entwicklung auswirkt. Ein ähnlicher Effekt ist auch für die Honigbiene und solitär lebende Wildbienen zu erwarten.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Untersuchungen zeigen, dass die Blühstreifen während der kritischen, trachtarmen Zeit ein gutes Blütenangebot darstellen. Für die definierten Zielarten der Honig- und der polylektische Wildbienen sind die Streifen attraktiv. Erstere ernten den vorhandenen Pollen und Nektar in beträchtlichen Mengen und tragen ihn in den Stock ein. Ein möglicher weiterer positiver Aspekt der Blühstreifen dürfte auch darin liegen, dass dadurch die Konkurrenz durch die Honig- und polylektischen Wildbienen auf den übrigen Blühflächen wie Extensivwiesen abnimmt, und so den spezialisierten Wildbienen mehr Nahrung zur Verfügung steht. Obwohl gemäss Literatur unterschiedliche Resultate betreffend Konkurrenz zwischen Honig- und Wildbienen vorhanden sind, gibt es doch Hinweise, dass diese Konkurrenz eine Rolle spielen könnte. So schreibt Boecking (2013), dass spezialisierte Wildbienen mit ihrem häufig relativ kleinen Flugradius keine Ausweichmöglichkeiten haben, wenn Trachtpflanzen zuvor durch Honigbienen oder andere Wildbienen genutzt wurden. Auch Zurbuchen und Müller (2012) halten fest, dass eine hohe Honigbienenendichte bei geringem Blütenangebot zu einer beträchtlichen Nahrungskonkurrenz zwischen Honig- und Wildbienen führen kann. Die Blühstreifen sind auch für landwirtschaftlich wichtige Nützlinge wie Schwebfliegen und Raubwanzen attraktiv. Das kann sicher ein weiterer Nutzen für die Schädlingsregulierung in den angrenzenden einjährigen Kulturen sein.

Ein weiterer Forschungsschritt wird die Entwicklung von mehrjährigen Blühstreifen sein. Mit diesen sollen insbesondere Wildbienen gefördert werden und zwar auch die spezialisierten Arten (oligolektische), welche sich von den Pollen weniger Pflanzenarten ernähren. Zudem soll mit den mehrjährigen Blühstreifen auch Überwinterungshabitat angeboten werden. Erste Mischungen wurden 2016 ausgesät. Der Ablauf der Zielarten, das Blühverhalten und erste Insektenfänge sehen vielversprechend aus. Ein Schwerpunkt in der Forschung 2018 stellt eine Fallstudie zur Fitness und zum Populationswachstum einer ausgewählten Wildbienenart dar. Im Sommer 2017 wurden Wildbienen-Nisthilfen in der Nähe von

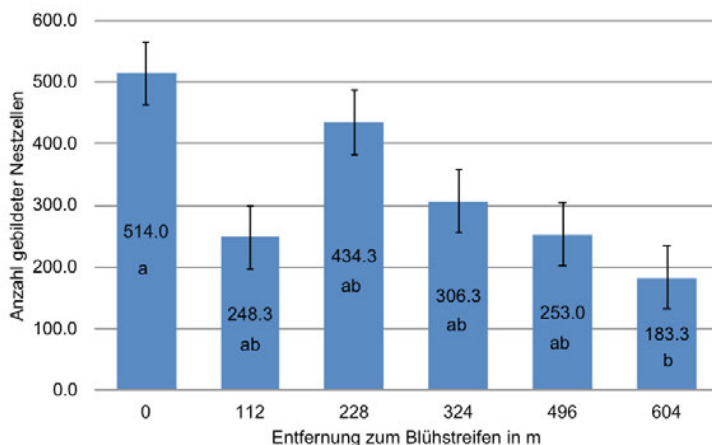


Abb. 3. Durchschnittliche Anzahl von gebildeten Nestzellen pro Hummelvolk in verschiedenen Abständen zum Blühstreifen (Mischung SHL Plus). Fallstudie Zollikofen 2015.

Glockenblumen aufgestellt, damit möglichst viele auf diese Blumen spezialisierte Wildbienen die bereit gestellten Niströhren belegen. Die Wildbienenart *Chelostoma rapunculi* (Glockenblumen-Scherenbiene) verschliesst ihre Niströhre ganz speziell mit Steinchen. So kann mit Sicherheit gesagt werden, dass diese Wildbienenart ihre Eier in die entsprechenden Niströhren abgelegt hat. Im Herbst wurden von den durch *Chelostoma rapunculi* verschlossenen Niströhren Röntgenaufnahmen gemacht. So konnte genau festgestellt werden, wie viele Eier pro Niströhre abgelegt wurden (siehe Abb. 4). Damit lässt sich nun eine standardisierte Anzahl Larven resp. Puppen in verschiedenen Abständen zu einem Blühstreifen aussetzen. *Chelostoma rapunculi* ernährt sich und ihre Brut ausschließlich von Glockenblumen-Pollen und -Nektar. Mit diesem Ansatz sollte aufgezeigt werden können, was für einen Einfluss die Nähe eines mehrjährigen Blühstreifens auf die Vermehrung der Glockenblumen-Scherenbiene hat. Der Versuch wird womöglich 2019 wiederholt.

6. Ein typisches Beispiel

Das Projekt «Blühstreifen» ist ein typischer Ansatz in der angewandten Forschung der BFH-HAFL. Ein bestehendes Problem, hier also das Bienensterben resp. die Trachtlücke, wird aufgegriffen und zusammen mit der Branche und der Praxis wird nach praxisreifen Lösungen gesucht. Am 29. Oktober 2014 bewilligte der Bundesrat den Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge als Biodiversitätsförderfläche

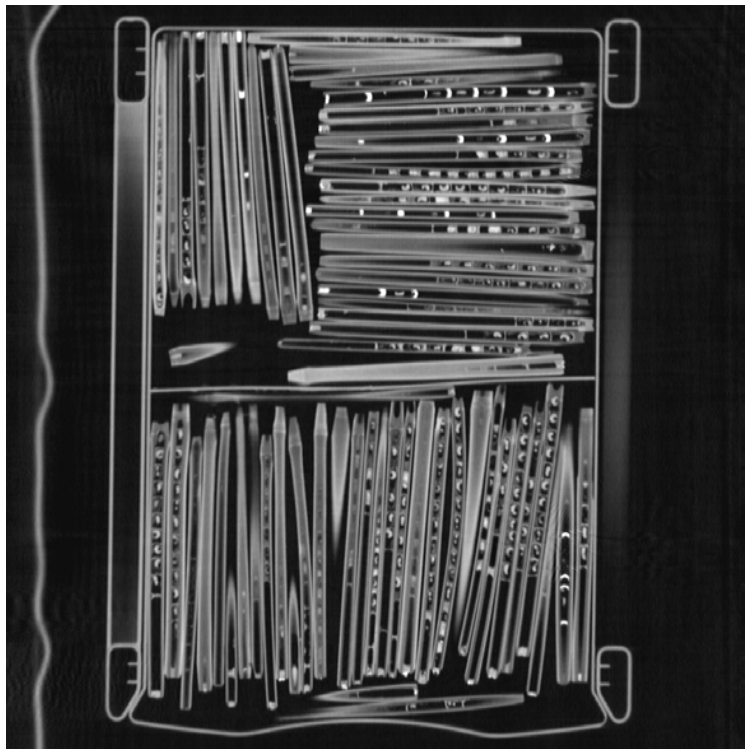


Abb. 4. Aufnahmen von Wildbienenlarven in der Winterruhe in Bambusstängeln mit Hilfe eines Computertomographen. Gut sichtbar sind die einzelnen Larven.

(BFF). Damit erhält der einzelne Landwirt Direktzahlungen im Umfang von CHF 2'500/ha. Diese decken die Saatgutkosten und einen Teil des Arbeitsaufwandes und des Ertragsausfalls ab. Als Grundlage für die Bewilligung dienten die Resultate der umfangreichen Forschungsarbeiten. ■

Literatur

- Boecking O., 2013. Konkurrenz zwischen Honig- und Wildbienen. LAVES – Institut für Bienenkunde, Celle. 4 S.
- Lehnerr B., Hättenschwiler J., 1990. Nektar- und Pollenpflanzen. Fachschriftenverlag VDRB, Köniz. 160 S.
- Maurizio A. & Schaper F., 1994. Das Trachtpflanzenbuch – Nektar und Pollen die wichtigsten Nahrungsquellen der Honigbiene. Ehrenwirth Verlag, München. 334 S.
- Pfiffner L. & Müller A., 2014. Wildbienen und Bestäubung. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frick. 8 S.
- Potts S.G., Biesmeijer J.C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O. & Kunin W.E., 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution* 25, 345–353.
- Pritsch G., 2007. Bienenweide – 200 Trachtpflanzen erkennen und bewerten. Kosmos Verlag, Stuttgart. 166 S.
- Tirado R., Simon G. & Johnsten P., 2013. Report Greenpeace Research. Bye bye Biene? Das Bienensterben und die Risiken für die Landwirtschaft in Europa. Greenpeace, Hamburg. 48 S.
- Vespa-crabro, 2015. Die Hummelnestmotte – *Aphomia sociella*. Zugang: <http://www.vespa-crabro.de/parasit.htm> [07.2015].
- Wilson-Rich N., 2015. Die Biene. Geschichte, Biologie, Arten. Haupt-Verlag, Bern. 224 S.
- Zurbuchen A. & Müller A., 2012. Wildbienenenschutz – von der Wissenschaft zur Praxis. Bristol-Stiftung, Zürich. Haupt-Verlag, Bern. 162 S.

Von Biodiversität, Bauern und Beratung – Wie kann die Artenvielfalt im Kulturland erhalten und gefördert werden?

Simon Birrer*

In der Schweiz ist der Verlust der Artenvielfalt im Kulturland besonders ausgeprägt. Obwohl viel Wissen vorhanden ist, etwa zu den Mechanismen, die zum Artenrückgang führen oder welche Gegenmassnahmen getroffen werden könnten, konnte die negative Entwicklung bisher nicht aufgehalten werden. Es stellt sich also die Frage, wie das generierte Wissen besser in die landwirtschaftliche Praxis einfließen kann.

1. Einleitung

Wie in grossen Teilen Europas ist auch in der Schweiz die Biodiversität im Kulturland besonders stark unter Druck (siehe Abb. 1, Lachat *et al.* 2010). Für die Gruppe der Vögel zeigt das der Swiss Bird Index besonders drastisch auf (Sattler *et al.* 2017). Dieser Index bildet, ähnlich wie ein Börsenindex, die Entwicklung der Brutvögel ab und kann auch gruppenspezifisch berechnet werden. Während der Index der Siedlungs-, Berg- und Feuchtgebietsarten keinen klaren Trend



Abb. 1. Der Gesang der Feldlerche aus dem blauen Himmel gehörte lange Zeit untrennbar zur Kulturlandschaft. In den letzten Jahren ist die Feldlerche immer seltener geworden und vor allem in den Grünlandgebieten des östlichen Mittellandes fehlt sie mittlerweile auf grossen Flächen vollständig. Foto D. Occhiato.

zeigt und die Waldvögel sogar deutlich zunehmen, ist der Index der Zielarten gemäss Umweltzielen Landwirtschaft seit dem Jahr 1990 auf etwa die Hälfte zurückgefallen (siehe Abb. 2, Sattler *et al.* 2017). Die Gründe für den Rückgang sind vielfältig, können aber unter dem Stichwort «intensive Landwirtschaft» zusammengefasst werden. Darunter fallen etwa das Entfernen von naturnahen Lebensräumen und Strukturelementen, zum Beispiel extensiv genutzten Magerwiesen, Hecken und Gebüschgruppen, alte Bäume, Tümpel und vernässte Stellen. Auch der hohe Einsatz von Dünger und Pestiziden, die hohe Viehdichte oder die Verwendung von sehr leistungsstarken und grossen Maschinen führt zu einem Rückgang der Artenvielfalt.

2. Biodiversitätsförderflächen

Der Bund hat den Rückgang der Artenvielfalt im Kulturland schon seit geraumer Zeit erkannt, und Politik und Verwaltung haben in den letzten Jahrzehnten verschiedene Instrumente bereitgestellt, um den Rückgang zu stoppen und wieder positive Entwicklungen zu ermöglichen. Seit den Neunzigerjahren erhalten Landwirte nur noch dann Direktzahlungen, wenn sie den «ökologischen Leistungsnachweis» erbringen. Dieser schreibt unter anderem vor, dass Landwirte mindestens 7% ihrer landwirtschaftlichen Nutzfläche als Biodiversitätsförderflächen (BFF) bewirtschaften müssen (auf Spezialkulturen wie Reb- oder Gemüseflächen nur 3,5%). BFF sind extensiv genutzte Flächen, die der Artenvielfalt dienen. Die häufigsten BFF sind extensiv bewirtschaftete Wiesen (kein Dünger, später Schnitt), Hochstamm-Obstbäume und Hecken. Der Mehraufwand bzw. der Minderertrag wird den Landwirten in Form von Direktzahlungsbeiträgen für die Biodiversitätsförderflächen abgegolten. Der Bund unterscheidet zwei Qualitätsstufen von BFF, die über das Vorkommen gewisser Zeigerpflanzen (z.B. bei extensiv genutzten Wiesen) oder über die vorhandenen Strukturen (z.B. bei Hochstamm-Obstbäumen und Hecken) definiert sind. Bereits um die Jahrtausendwende zeigte eine Evaluation, dass das System des Bundes «moderat positive» Auswirkungen erzielte (Herzog *et al.* 2005). Die Evaluation brachte zum Ausdruck, dass das System an sich sinnvoll ist, die erwünschten Auswirkungen aber zu wenig zum Tragen kamen. So fanden sich zwar in den BFF mehr Pflanzen oder Insekten als auf den intensiv genutzten Kulturen, und Vögel wie die

* Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, 6204 Sempach.

E-mail: simon.birrer@vogelwarte.ch
www.vogelwarte.ch

ORCID-Nr. 0000-0002-3665-8141



Simon Birrer, Dipl. Biol., arbeitet seit seinem Studienabschluss an der Universität Basel im Jahr 1987 bei der Schweizerischen Vogelwarte Sempach, wo er seit 2000 die Abteilung «Förderung der Vogelwelt» leitet. Sein Arbeitsschwerpunkt liegt bei der Erhaltung und Förderung der Biodiversität in Kulturlandschaften.

Goldammer oder der Gartenrotschwanz siedelten sich häufig bei BFF an, aber die BFF hatten keine feststellbaren positiven Auswirkungen auf den Bestand dieser Vogelarten. Inzwischen ist dank diverser Untersuchungen weitgehend bekannt, wie eine Biodiversitätsförderfläche beschaffen sein muss, damit sie sich möglichst positiv auf Artenvielfalt auswirkt (siehe Abb. 3, Knop *et al.* 2006, Aviron *et al.* 2011, Kampmann *et al.* 2012). Dabei schneiden BFF mit hoher Qualität regelmässig viel besser ab als solche mit geringer Qualität. Mehrere Fallbeispiele zeigen, dass in einer Landschaft mit genügend BFF von hoher Qualität die Bestände von Zielarten tatsächlich zunehmen können (Birrer *et al.* 2013, Pasinelli *et al.* 2013, Meichtry-Stier *et al.* 2014, Meichtry-Stier *et al.* 2016, Martinez *et al.* 2017). So nahmen in der Champagne Genevoise die Bestände von Dorngrasmücke, Orpheusspötter, Schwarzkehlchen und weiteren Arten parallel mit dem Anteil Buntbrachen zu. Buntbrachen sind Ackerflächen, die für sechs Jahre nicht mehr bewirtschaftet, dafür mit einer speziellen Samenmischung angesät werden. Diese haben sich in vielen Untersuchungen immer wieder als besonders biodiversitätsfördernd erwiesen (Jenny *et al.* 2003, Arlettaz *et al.* 2010, Aviron *et al.* 2011, Zollinger *et al.* 2013, Zollinger 2017, Birrer *et al.* 2018).

Wieso werden aber anderswo nicht mehr Biodiversitätsförderflächen angelegt? In Gesprächen mit Landwirten stellt man oft eine Skepsis gegenüber «unproduktiven» Flächen fest. Trotzdem erachten sehr viele Bauern die Artenvielfalt als etwas Positives und Wichtiges, wissen aber nicht, welche Massnahmen sie auf ihrem Betrieb zu deren Förderung anwenden könnten. Dies erstaunt wenig, wenn man bedenkt, dass im Bildungsplan der landwirtschaftlichen Grundausbildung nur ein paar wenige Stunden für ökologische Fragen vorgesehen sind (Jenny & Obrist 2012).

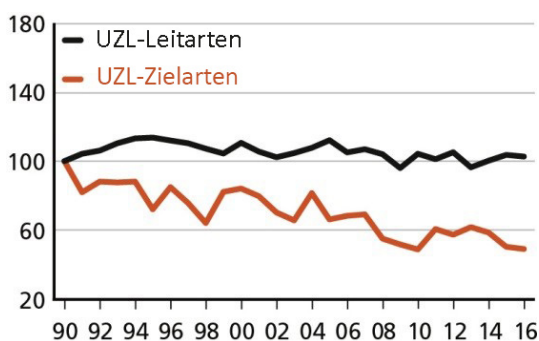


Abb. 2. Swiss Bird Index® für die Leit- und Zielarten gemäss Umweltzielen Landwirtschaft (Sattler *et al.* 2017). Die Zielarten sollten gemäss den Umweltzielen Landwirtschaft direkt gefördert werden, während die Leitarten als Vertreter einer Lebensgemeinschaft gelten, z.B. der Heckenbewohner. Bei den Leitarten steht die Förderung der ganzen Gemeinschaft im Vordergrund (BAFU & BLW 2008).



Abb. 3. Diese Landschaft ist mit den Biodiversitätsförderflächen Hecken und Säumen auf Ackerland sehr gut vernetzt. Foto M. Jenny

3. Schutz durch Wissen: Fallbeispiel Kiebitz

Als eine der ersten Vogelarten kehrt der Kiebitz bereits im Februar und März aus dem Winterquartier ins Brutgebiet zurück. Schon bald ertönt über den Feldern der zweisilbige Ruf «Kiwitt, Kiwitt», von dem sich der deutsche Name des Kiebitzes ableitet. Noch auffälliger ist der akrobatische Balzflug, mit dem der Kiebitz das Brutrevier absteckt.

Der Kiebitz (siehe Abb. 4) lebt in lockeren Kolonien in offenen Landschaften. Er bevorzugt vegetationslose oder kurzrasige Flächen, oft in der Nähe von Wasser. Feuchtgebiete, Wiesen, Weiden, Schotter- und Ruderalflächen, aber auch brachliegendes Ackerland gehören dazu. Ihre Nester legen Kiebitze am Boden an. Als Bodenbrüter ist der Kiebitz vielen Gefahren ausgesetzt. Der einst in den Feuchtgebieten des Mittellandes verbreitete Watvogel nahm im Bestand massiv ab und stand als Brutvogel in der Schweiz vor dem Aussterben. Im Jahr 2005 brüteten in der ganzen Schweiz nur noch 83 Paare, die meisten auf Ackerflächen. Im Jahr 2004 lancierte die Schweizerische Vogelwarte ein Förderprojekt für den Kiebitz in der Wauwiler Ebene (LU). Hier zählten Ornithologen noch 17 Paare, 20 Jahre zuvor waren es noch rund 60 Paare gewesen. Es war klar, dass ein Grund für die Abnahme beim schlechten Bruterfolg zu suchen war, wurde doch kaum je ein Küken flügge. Detaillierte Untersuchungen brachten an den Tag, dass eine Kombination von drei Problemen vorlag: Viele Nester wurden bei der Bewirtschaftung der Felder zerstört, die Küken litten an Nahrungsmangel und zudem wurden viele Gelege und Küken von Räufern geplündert. Weiter konnte gezeigt werden, dass die Prädation vor allem nachts stattfand. Die Nester wurden also nicht, wie oft behauptet tagsüber von den Krähen, sondern von den nachts aktiven Füchsen und anderen Säugern ausgeraubt (Schifferli *et al.* 2009).



Abb. 4. Der Kiebitz ist dank der einzigartigen, langen Federholle und dem violetten Glanz der dunklen Gefiederpartien unverkennbar. Foto M. Burkhard.

Mit zunehmendem Wissen konnten laufend bessere Schutzmassnahmen umgesetzt werden. Als erstes galt es, eine enge Zusammenarbeit mit den lokalen Landwirten aufzubauen. Erfreulich war, dass die Landwirte bereit waren, bei den Feldarbeiten Rücksicht auf die Gelege zu nehmen und sie zu umfahren. Dies erforderte aber einen grossen personellen Aufwand zum Suchen der Gelege und gut eingespielte Informationswege. Diese Rücksicht nützte jedoch nichts, wenn die Gelege in der Nacht trotzdem ausgeraubt wurden. Man begann deshalb, die Gelege mit Elektrozäunen zu schützen. Zu Beginn wurde der Zaun so aufgestellt, dass eine Fläche von rund 10 auf 10 Metern geschützt war, ging dann aber bald dazu über, das ganze Feld mit mehreren Kiebitzpaaren abzuzäunen. Im Rahmen des lokalen Vernetzungsprojektes minderten neu geschaffene Flachteiche und Tümpel den Nahrungsmangel. Hier konnten die jungen Kiebitze auch bei trockener Witterung noch Kleingetier finden.



Abb. 5. Dank guter Zusammenarbeit mit den lokalen Bauern bzw. aufwändigen Schutzzäunen und weiteren Massnahmen gelang es, den Kiebitzbestand in der Wauwiler Ebene wieder zu erhöhen. Foto M. Jenny.

Ein Durchbruch im Kiebitzschutz gelang, als sich Bauern bereit erklärten, Maisäcker aus dem Vorjahr bis zum nächsten Mai, wenn die jungen Kiebitze schlüpfen, brach liegen zu lassen. Als noch wirksamer erwies sich das Anlegen von auf die Ansprüche des Kiebitzes angepassten Rotationsbrachen. Dazu mussten zuerst geeignete Samenmischungen gefunden werden, so dass im Frühling attraktive, spärlich bewachsene Brutflächen vorhanden sind. Seit 2011 werden solche Brachen angelegt und bleiben bis in den August unbewirtschaftet. Solche Massnahmen sind mit Sonderbewilligungen von Kanton und Bund im Rahmen von Vernetzungsprojekten möglich und können auch entschädigt werden. Dank den kombinierten Massnahmen wuchs der lokale Kiebitzbestand wieder an und erreichte 2016 60 Paare und damit das Niveau der 1980er Jahre. Dieser Aufschwung beruht auf einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit der Vogelwarte mit lokalen Bauern, Landwirtschaftsberatern und den kantonalen Behörden sowie dem Bund (Horch *et al.* 2017, siehe Abb. 5). Die Erfahrungen aus der Wauwiler Ebene kommen jetzt auch Kiebitzen in anderen Regionen der Schweiz zu Gute.

4. Projekt «Mit Vielfalt punkten»

Im Jahr 2009 starteten die Schweizerische Vogelwarte Sempach und das Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL das Projekt «Mit Vielfalt punkten – Bauern beleben die Natur». Das Ziel war, Wege aufzuzeigen, wie interessierte Landwirte die Biodiversität auf ihren Betrieben fördern können. Im Kontakt mit Landwirten wurde immer wieder deutlich, dass es für den einzelnen Landwirt schwierig ist abzuschätzen, wie gross seine Leistung zu Gunsten der Biodiversität ist. Im Projekt haben wir deshalb das «Punktesystem Biodiversität» entwickelt. Dieses System kann vom Landwirt selbst ausgefüllt werden und basiert vor allem auf den auf dem Hof umgesetzten Massnahmen, vor allem auf der Quantität, Qualität und Vernetzung der Biodiversitätsförderflächen. Es berücksichtigt aber auch Massnahmen in den Kulturen (z.B. Feldlerchen-Fenster, weite Reihen im Getreide) und im Grünland (z.B. Einsatz Balkenmäher, Altgrasstreifen) (Jenny *et al.* 2008). Eine Evaluation des Systems auf 133 Betrieben zeigte, dass die Punktezahl positiv mit der Biodiversität korreliert (Birrer *et al.* 2014). Die Punktezahl kann somit als Mass für die Biodiversität verwendet werden. Das System zeigt den Landwirten aber gleichzeitig auch, in welchen Bereichen sie noch Entwicklungspotenzial haben, das heisst wo sie noch «punkten» können.

Ein zweites Instrument, das im Projekt «Mit Vielfalt punkten» getestet wurde, war die gesamtbetriebliche Beratung. Naturschutzberatung hat sich vorher

meist auf einzelne Objekte, z.B. auf das Erstellen einer Hecke, konzentriert. Die Idee der gesamtbetrieblichen Beratung ist es aber, mögliche Aufwertungsmassnahmen auf dem ganzen Betrieb darzustellen und gleichzeitig die Ökonomie und weitere betriebswirtschaftliche Faktoren wie Nährstoffbilanz, Menge des selber produzierten Futters und Arbeitsbelastung zu optimieren. Um den Effekt der Beratung quantifizieren zu können, wurde eine Gruppe von 22 Betrieben gesamtbetrieblich beraten, während 23 weitere Betriebe als Kontrollgruppe dienten. Nach einem Betriebsrundgang erarbeiteten die Beraterinnen und Berater einen Aufwertungsvorschlag. Das Schwergewicht der vorgeschlagenen Massnahmen lag meist bei der Neuanlage und der qualitativen Aufwertung vorhandener Biodiversitätsförderflächen. Die vorgeschlagenen Massnahmen und mögliche Auswirkungen davon wurden anschliessend mit den Betriebsleitenden detailliert besprochen (siehe Abb. 6). Diese entschieden danach, welche Massnahmen sie bereit waren umzusetzen. In etlichen Fällen umfasste die so erzielte «Vereinbarung» gar mehr Massnahmen, als ursprünglich vorgeschlagen (Chevillat *et al.* 2012). Die Landwirte erkannten während der Beratung, für welche konkreten Arten die Biodiversitätsförderflächen gedacht waren, und konnten somit den Sinn der Massnahmen erkennen. Zudem konnten sie jetzt abschätzen, welchen Aufwand sie erbringen müssen, um die Direktzahlungen für qualitativ hochwertige Flächen zu erhalten und so einen Mehrertrag zu generieren. Bei der darauf folgenden Umsetzung der Massnahmen wurden die Betriebsleitenden von den Beraterinnen und Beratern begleitet. 2015 erfolgte die Schlussbilanz. Es zeigte sich, dass in der Regel sogar mehr Massnahmen umgesetzt wurden als vereinbart. Im Durchschnitt stieg der Anteil an Biodiversitätsförderflächen von 9,3 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf 15,1 Prozent und war damit wesentlich höher als auf nicht beratenen Vergleichsbetrieben (10,7%). Auch waren auf den beratenen Betrieben zahlreichere Typen von BFF vorhanden, und die BFF erreichten häufiger die höhere Qualitätsstufe (Chevillat *et al.* 2017). Obwohl sich die Beratung in diesem Projekt auf wenige Betriebe beschränkte, sind sehr viele neue praktische Erfahrungen zusammengekommen. Um diese allen interessierten Landwirten zur Verfügung zu stellen, wurden sie im «Handbuch Biodiversität» und der dazu gehörenden Web-Plattform www.agri-biodiv.ch zusammengestellt (Graf *et al.* 2016).

Soziologische Begleituntersuchungen zeigten, dass die Beratung nicht nur zur ökologischen Aufwertung des Kulturlandes führte, sondern dass die Landwirte auch ihre Einstellung änderten. Die beratenen Landwirte erkannten unter anderem stärker, dass die Pro-



Abb. 6. Eine gesamtbetriebliche Beratung führt oft zu verbesserten Biodiversitätsleistungen sowie zu einer Veränderung der Einstellung des Landwirtes gegenüber ökologischen Fragestellungen. Foto M. Jenny

duktion von Lebensmitteln mit einer gleichzeitigen Förderung der Biodiversität möglich ist (Gabel *et al.* 2018).

5. Anwendung durch Produzentenorganisationen

Landwirte produzieren Lebensmittel. Doch der Lebensmittelmarkt steht unter grossem ökonomischen Druck. Vor rund zehn Jahren drängten Discounter wie Aldi und Lidl auf den Schweizer Markt. Die Lebensmittelunternehmen Migros und Coop reagierten auf diese Entwicklung mit Billiglinien. Gleichzeitig ergänzten sie ihr Sortiment auch mit Premium-Produkten. Bei diesem Verdrängungskampf gerieten die sogenannten «Mitte-Produkte», unter Druck. Um diese Mitte-Produkte weiterhin verkaufen zu können, suchten die Vermarkter vermehrt nach sogenannten Mehrwerten. Ein solcher Mehrwert ist die Biodiversität. Sie hat bei der Bevölkerung einen hohen Stellenwert, und zahlreiche Konsumierende sind bereit, für einheimische, biodiversitätsfreundlich hergestellte Lebensmittel einen höheren Betrag auszugeben (Jenny 2011). Die IP-Suisse ist eine Vereinigung von Landwirten mit integrierter Produktion, also einer Produktion mit höheren Umweltauflagen. Sie hat 2009 beschlossen, verstärkt auf die Biodiversität zu setzen. Sie hat deshalb ihre Label-Richtlinien angepasst und verlangt von ihren Label-Produzenten, dass sie das im Projekt «Mit Vielfalt punkten» entwickelte Punktesystem anwenden und eine Mindestzahl an Biodiversitätspunkten erreichen. Diese Mindestpunktzahl lag deutlich über dem damaligen mittleren Punktestand der IP-Suisse Landwirte, es wurde also eine deutliche Verbesserung bei den Produzenten verlangt. Trotz anfänglich skeptischer Stimmen aus den Reihen der Mitglieder führte dieses Vorgehen zu messbar höheren Leistungen zu Gunsten der Biodiversität. So nahm auf den 4022 Betrieben, von denen Daten aus den Jahren 2010 und 2014 Daten vorlagen,

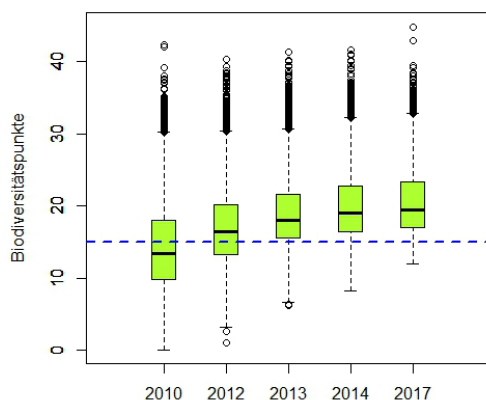


Abb. 7. Entwicklung der Biodiversitätspunktezahls der IP-Suisse Label-Betriebe. Die Punktezahls steigt auch nach dem Erreichen des Minimumwertes von 15 Punkten im Jahr 2013 weiter an.

der Anteil an wertvollen Lebensräumen wie artenreichen Wiesen, Hecken und Brachen innerhalb von vier Jahren insgesamt um 65 Prozent auf 99,6 Quadratkilometer zu (Zellweger-Fischer *et al.* 2016). Es fällt auf, dass die Landwirte auch nach dem Erreichen der

Minimalpunktezahls weitere Massnahmen umsetzen, so dass die mittlere Punktezahls inzwischen deutlich über dem Minimalwert liegt (siehe Abb. 7). Teilweise ist dies auf die in der Zwischenzeit veränderte Landwirtschaftspolitik zurückzuführen, zum Teil aber auch darauf, dass das Interesse der Landwirte an ökologischen Zusammenhängen durch die Einführung des Punktesystems zugenommen hat ebenso wie das Wissen, welche Massnahmen wie umzusetzen sind.

Diese Beispiele zeigen, wie wertvoll eine enge Zusammenarbeit von Forschung, Bildung und Beratung sowie der Agrarpolitik sein kann. Sind alle Bereiche gut aufeinander eingestellt, wird es gelingen, die Talfahrt der Biodiversität im Kulturland zu stoppen und die Entwicklung sogar wieder umzudrehen. Noch ist dies aber ein weiter Weg: Anpassungen sind weiterhin in allen Bereichen notwendig, besonders dringend aber im Bereich Bildung und Beratung. ■

Literatur

- Arlettaz, R., M. Krähenbühl, B. Almasi, A. Roulin & M. Schaub (2010): Wildflower areas within revitalized agricultural matrices boots small mammal populations but not breeding Barn Owls. *J. Ornithol.* 151: 553–564.
- Aviron, S., F. Herzog, I. Klaus, B. Schüpbach & P. Jeanneret (2011): Effects of wildflower strip quality, quantity, and connectivity on butterfly diversity in a Swiss arable landscape. *Restoration Ecology* 19: 500–508.
- BAFU & BLW (2008): Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen 0820. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern.
- Birrer, S., N. Auchli, J. Duplain, P. Korner, M. Lanz, B. Lugin & J. Vasseur (2018): Habitatnutzung der Vögel in einer offenen Kulturlandschaft im Winter. *Ornithol. Beob.*
- Birrer, S., M. Jenny, F. Korner-Nievergelt, K. Meichtry-Stier, L. Pfiffner, J. Zellweger-Fischer & J.-L. Zollinger (2013): Ökologische Vorrangflächen fördern Kulturlandvögel. *Julius Kühn-Archiv* 442: 138–150.
- Birrer, S., J. Zellweger-Fischer, S. Stöckli, F. Korner-Nievergelt, O. Balmer, M. Jenny & L. Pfiffner (2014): Biodiversity at the farm scale: A novel Credit Point System. *Agricult. Ecosyst. Environ.* 197: 195–203.
- Chevillat, V., O. Balmer, S. Birrer, V. Doppler, R. Graf, M. Jenny, L. Pfiffner, C. Rudmann & J. Zellweger-Fischer (2012): Gesamtbetriebliche Beratung steigert Qualität und Quantität von Ökoausgleichsflächen. *Agrarforschung Schweiz* 3: 104–111.
- Chevillat, V., S. Stöckli, S. Birrer, M. Jenny, R. Graf, L. Pfiffner & J. Zellweger-Fischer (2017): Mehr und qualitativ wertvollere Biodiversitätsförderflächen dank Beratung. *Agrarforschung Schweiz* 232–239.
- Gabel, V. M., R. Home, M. Stolze, S. Birrer, B. Steinemann & U. Köpke (2018): The influence of on-farm advice on beliefs and motivations for Swiss lowland farmers to implement ecological compensation areas on their farms. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 421: 1–16.
- Graf, R., M. Jenny, V. Chevillat, G. Weidmann, D. Hagist & L. Pfiffner (2016): Biodiversität auf dem Landwirtschaftsbetrieb. Ein Handbuch für die Praxis. Schweizerische Vogelwarte, Sempach; Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick.
- Herzog, F., T. Walter & S. Aviron (Hrsg.) (2005): Evaluation der Ökomassnahmen: Bereich Biodiversität. Schriftenreihe der FAL 56. Agroscope FAL Reckenholz, Zürich.
- Horch, P., C. Gyga, S. Fischer, A. Egli, P. Bünter & R. Spaar (2017): Artenförderung Kiebitz in der Wauwiler Ebene, Kanton Luzern: Jahresbericht 2017. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Jenny, M. (2011): Naturschutz im Regal - Bauern und Grossverteiler schaffen gemeinsam ökologische Mehrwerte. *Frischer Wind und weiter Horizonte. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege*. 58/3: 98–107.
- Jenny, M., J. Fischer & S. Birrer (2008): Leitfaden für die Anwendung des Punktesystems Biodiversität IP-SUISSE. IP-SUISSE, Zollikofen und Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Jenny, M., B. Josephy & B. Lugin (2003): Ökologische Aufwertungsmassnahmen in Ackerbaugeländen und ihre Auswirkungen auf ausgewählte Brutvogelarten. S. 151–155 in: R. Oppermann & H. U. Gujer (Hrsg.): Artenreiches Grünland, bewerten und fördern: MEKA und ÖQV in der Praxis. Ulmer, Stuttgart.
- Jenny, M. & R. Obrist (2012): Landwirtschaftliche Bildung und Beratung den gesellschaftlichen Ansprüchen anpassen. *Hotspot* 26: 18–19.

- Kampmann, D., A. Lüscher, W. Konold & F. Herzog (2012): Agri-environment scheme protects diversity of mountain grassland species. *Land Use Policy* 29: 569–576.
- Knop, E., D. Kleijn, F. Herzog & B. Schmid (2006): Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *J. Appl. Ecol.* 43: 120–127.
- Lachat, T., D. Pauli, Y. Gonthier, G. Klaus, C. Scheidegger, P. Vittoz & T. Walter (2010): Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900: Ist die Talsohle erreicht? *Bristol-Schriftenreihe* Bd. 25. Haupt, Bern.
- Martinez, N., T. Roth, V. Moser, G. Oesterheld, B. Pfarr Gambke, P. Richterich, T. B. Tschopp, M. Spiess & S. Birrer (2017): Bestandsentwicklung von Brutvögeln in der Reinacher Ebene von 1997 bis 2016. *Ornithol. Beob.* 114: 257–274.
- Meichtry-Stier, K., J. Zellweger-Fischer, P. Horch & S. Birrer (2016): Die ökologische Qualität der Wiesen ist wichtig für den Feldhasen. *Agrarforschung Schweiz* 7: 172–179.
- Meichtry-Stier, K. S., M. Jenny, J. Zellweger-Fischer & S. Birrer (2014): Impact of landscape improvement by agri-environment scheme options on densities of characteristic farmland bird species and brown hare (*Lepus europaeus*). *Agricult. Ecosyst. Environ.* 189: 101–109.
- Pasinelli, G., K. Meichtry-Stier, S. Birrer, B. Baur & M. Duss (2013): Habitat quality and geometry affect patch occupancy of two Orthopteran species. *PLoS One* 8: e65850.
- Sattler, T., P. Knaus, H. Schmid & B. Volet (2017): Zustand der Vogelwelt in der Schweiz: Bericht 2017. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Schifferli, L., O. Rickenbach, A. Koller & M. Gruebler (2009): Massnahmen zur Förderung des Kiebitzes *Vanellus vanellus* im Wauwilermoos (Kanton Luzern): Schutz der Nester vor Landwirtschaft und Prädation. *Ornithol. Beob.* 106: 311–326.
- Zellweger-Fischer, J., P. Althaus, S. Birrer, M. Jenny, L. Pfiffner & S. Stöckli (2016): Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben mit einem Punktesystem erheben. *Agrarforschung Schweiz* 7: 40–47.
- Zollinger, J.-L. (2017): Une jachère florale très âgée: un cas d'école. *Nos Oiseaux* 64: 111–119.
- Zollinger, J.-L., S. Birrer, N. Zbinden & F. Korner-Nievergelt (2013): The optimal age of sown field margins for breeding farmland birds. *Ibis* 155: 779–791.

Herausgeber und Verlag/Editeur:

Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden
Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université
Associazione Svizzera dei Docenti Universitari
Generalsekretariat: Prof. Dr. Gernot Kostorz
Buchhalden 5, 8127 Forch
Tel.: 044 980 09 49 oder/ou 044 633 33 99 (ETHZ)
Fax: 044 633 11 05
E-mail: vsh-sekretariat@ethz.ch
Homepage: www.hsl.ethz.ch
PC-Konto / ccp 80-47274-7

Redaktion/Rédaction:

Elisabeth Ehrensperger, Dr. rer. soc., Spitalackerstrasse 23, 3013 Bern
E-mail: elisabeth.ehrensperger@gmail.com

Layout:

Print + Publish ETH Zürich, 8092 Zürich, E-mail: print-publish@services.ethz.ch

Druck/Imprimerie:

Print + Publish ETH Zürich, 8092 Zürich

Anzeigen/Annonces:

Generalsekretariat

Preise: Stellenanzeigen/Postes à pourvoir: CHF 250 (1/2 Seite/page), CHF 500 (1 Seite/page),
andere Annoncen/autres annonces: CHF 500/1000

Mitgliederbetreuung, Adressen/

Service membres, adresses:

Generalsekretariat

Das Bulletin erscheint drei- bis viermal im Jahr und wird gratis an die Mitglieder versandt.
Abonnements (CHF 65 pro Jahr inkl. Versand Schweiz) können beim Verlag bestellt werden.
Le Bulletin apparaît trois à quatre fois par an et est distribué gratuitement aux membres.
Des abonnements sont disponibles auprès de l'éditeur (CHF 65 par an, frais de port compris en Suisse).

Vorstand/Comité directeur am 1. August / au 1^{er} août 2018

Präsident/Président:

Prof. Dr. sc. nat. Christian Bochet, Université de Fribourg, Département de Chimie,
Chemin du musée 9, 1700 Fribourg, Tel.: 026 300 8758, E-mail: christian.bochet@unifr.ch

Vorstandsmitglieder/Membres du comité:

Prof. Dr. Nikolaus Beck, Università della Svizzera italiana, Institute of Management,
Via G Buffi 13, 6900 Lugano, Tel.: 058 666 44 68, E-mail: nikolaus.beck@usi.ch

Prof. Dr. Bernadette Charlier, Université de Fribourg, Centre de Didactique Universitaire,
Bd de Pérolles 90, 1700 Fribourg, Tel.: 026 300 75 50, E-mail: bernadette.charlier@unifr.ch

Prof. (em.) Dr. phil. Hans Eppenberger, Wiesenweg 5, 5436 Würenlos,
Tel.: 056 424 3256, E-mail: hans.eppenberger@cell.biol.ethz.ch

Prof. Dr. Norbert Lange, Université de Genève, Université de Lausanne, Ecole de Pharmacie, Sciences II,
Quai Ernest Ansermet 30, 1211 Genève 4, Tél.: 022 379 33 35, E-mail: norbert.lange@unige.ch

Prof. Dr. (Ph.D.) Stephan Morgenthaler, Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL),
Fac. Sciences de base (SB), Inst. de mathématiques (IMA), MAB 1473 (Bâtiment MA),
Station 8, 1015 Lausanne, Tél.: 021 6934232, E-mail: stephan.morgenthaler@epfl.ch

Prof. Dr. med. Dr. phil. Hubert Steinke, Universität Bern, Institut für Medizingeschichte,
Bühlstrasse 26, 3012 Bern, Tel.: 031 631 84 29, E-mail: hubert.steinke@img.unibe.ch

Herausgegeben mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (SAGW)

Publié avec le soutien de l'Académie suisse des sciences humaines et sociales (ASSH)



Mitglied der Schweizerischen Akademie
der Geistes- und Sozialwissenschaften
www.sagw.ch

Vereinigung der
Schweizerischen Hochschuldozierenden



Association Suisse
des Enseignant-e-s d'Université



Membre de l'Académie suisse
des sciences humaines et sociales
www.assh.ch

Professor of Healthy Ageing

The Department of Health Sciences and Technology (www.hest.ethz.ch) at ETH Zurich invites applications for the above-mentioned position.

The new professor is expected to be a world-renowned expert in the field of ageing research, or in the prevention of ageing-associated diseases like e.g. neurodegeneration or diabetes. She or he has a long-standing expertise in the elucidation of biological mechanisms of ageing using model organisms and/or human cohorts to apply expertise in functional genetics or pharmacological/nutritional interventions. Alternatively, the successful candidate is a proven expert in applying exercise to prevent or mechanistic aids to ameliorate symptoms of functional decline. The research will provide unprecedented approaches to promote healthy ageing by preventing or reverting physiological, yet widely undefined hallmarks of higher age. Specific expertise may include (i) biological mechanisms of ageing, using model organisms like yeast, fruit flies, roundworms and/or mice, (ii) genetics of ageing and age-associated diseases, including neurodegeneration and metabolic disorders, (iii) mechanism-based prevention of physiological decline by pharmacological, nutritional or exercise interventions, as well as tissues engineering and replacement, and (iv) the quantification, maintenance and restoration of movement capacity applying high-end engineering and robotics approaches.

Additional prerequisites are a strong motivation and an undisputable commitment to teaching. In general, at ETH Zurich undergraduate level courses are taught in German or English and graduate level courses are taught in English.

Please apply online: www.facultyaffairs.ethz.ch

Applications should include a curriculum vitae, a list of publications and projects, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Lino Guzzella. **The closing date for applications is 31 August 2018.** ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer and is responsive to the needs of dual career couples. We specifically encourage women to apply.

***Die Stimme
der Hochschuldozierenden***



***La voix
des enseignant-e-s d'université***