

Eckpunkte einer standortangepassten Landwirtschaft in der Schweiz

Adrian Müller, Matthias Meier, Simon Moakes,
Bernadette Oehen

29. Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung.....	2
2.	Einführung.....	3
3.	Nachhaltige Landwirtschafts- und Ernährungssysteme.....	5
3.1	Probleme, Herausforderungen und Schwächen des bestehenden Landwirtschaftssystems.....	5
3.1.1	Situation heute.....	5
3.1.2	Zukünftige Entwicklungen.....	6
3.2	Definition einer standortangepassten Landwirtschaft.....	7
3.3	Welche Veränderungen sind nötig, um eine solche zukünftige Landwirtschaft zu realisieren?.....	10
3.4	Kritische Herausforderungen.....	11
3.4.1	Klimawirkung.....	11
3.4.2	Landverbrauch.....	12
3.4.3	Systemabgrenzung.....	12
3.4.4	Nährstoffversorgung und Luft-Stickstoffbindung.....	12
3.4.5	Regionalität.....	13
3.4.6	Diversität der Anspruchsgruppen.....	13
3.4.7	Ernährungs- und Versorgungssicherheit.....	14
3.4.8	Pflanzenschutz.....	14
3.4.9	Tierwohl.....	15
3.5	Umgang mit den Herausforderungen.....	16
3.6	Leitgedanken der standortangepassten Landwirtschaft.....	18
4.	Modelle für eine standortangepasste Landwirtschaft in der Schweiz.....	18
4.1	Methoden.....	18
4.2	Grundlage: Szenarien aus der Literatur.....	19
4.3	Resultate der Szenarien.....	22
4.3.1	Produktionsniveau und Konsum.....	23
4.3.2	Umweltwirkungen.....	25
5.	Diskussion und Schlussfolgerungen.....	27

I. Zusammenfassung

In dieser Studie bestimmen wir auf der Basis verschiedener Modellierungsstudien die Eckpunkte einer standortangepassten Landwirtschaft für die Schweiz.

Dies bedeutet eine langfristig produktive Landwirtschaft, die umweltverträglich ist und die Lebensgrundlagen nicht zerstört weil sie die lokalen Ressourcen in einer den lokalen Gegebenheiten entsprechend optimalen Weise nutzt. Dies bedeutet insbesondere, dass sie die lokal verfügbaren Kulturlandflächen mit einer Produktionsintensität, die innerhalb der Kapazitätsgrenzen der lokalen Ökosysteme liegt, nutzt. Neben der Nahrungsmittelproduktion erbringt eine solche Landwirtschaft zahlreiche weitere Ökosystemdienstleistungen und unterstützt die Resilienz der Ökosysteme.

Dies wird durch die Reduktion der Inputs (Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel, Importe von Kraftfuttermitteln), sowie durch eine graslandbasierte Tierproduktion und daraus resultierend eine tiefere Zahl von Nutztieren umgesetzt. Konsumseitig bedeutet dies massiv tiefere Anteile an tierischen Produkten in der Ernährung und reduzierte Nahrungsmittelabfälle. Somit bedingt die Umsetzung einer solchen Landwirtschaft auch massive Veränderungen der Konsumgewohnheiten, denn nur so kann vermieden werden, dass sich die Umwelteffekte einfach ins Ausland verlagern, da die durch die obigen Massnahmen reduzierte Produktion tierischer Produkte nicht einfach durch Importe ersetzt wird.

Ein zentraler Aspekt ist also eine generelle „Verkleinerung“ (im Sinne von wieviel total produziert werden muss) des Ernährungssystems durch die Reduktion von Abfall und dem Anteil tierischer Produkte in der Ernährung. Dies schafft Raum für extensivere Produktionsformen wie graslandbasierte Tierproduktion mit tieferen Tierbesatzdichten oder den biologischen Landbau, ohne dass die Ernährungssicherung gefährdet würde.

Mit diesen Massnahmen lassen sich gemäss den Modellrechnungen die Umweltwirkungen von Stickstoffüberschüssen, sowie Treibhausgasemissionen und Ökotoxizität etc. stark reduzieren während das Kalorienangebot leicht steigt und die Proteinversorgung nicht abnimmt. Eine standortangepasste Produktion braucht zwar mehr Landfläche pro Tonne Produkt als die konventionelle Produktion, aber in den anderen Nachhaltigkeitsindikatoren erreicht sie Verbesserungen. Wegen der total reduzierten Produktionsmenge steigt der totale Landverbrauch dennoch nicht an.

Der Knackpunkt dabei ist natürlich die Umsetzung, insbesondere, da sich das Konsumverhalten stark verändern muss, sowie die Struktur der Landwirtschaft und auch die in die Herstellung von Lebensmitteln involvierten Lieferketten. Andererseits ist klar, dass es nicht so weitergehen kann wie bisher, gegeben all die negativen Auswirkungen der aktuellen landwirtschaftlichen Produktion und die Begrenztheit der natürlichen Ressourcen.

2. Einführung

Die Landwirtschaft ernährt uns, ohne sie können wir nicht leben. Zugleich ist die Landwirtschaft eine der wichtigsten Ursachen für eine Reihe von globalen, regionalen und lokalen Umweltproblemen wie die Eutrophierung von Gewässern, den Verlust der Arten- und Habitatvielfalt, Bodenerosion, Pestizidbelastung von Ökosystemen und Nahrungsmitteln. Zudem trägt die Landwirtschaft über ihre direkten Emissionen mit global etwa 15 Prozent der menschengemachten Treibhausgasemissionen wesentlich zur Klimaerwärmung bei. In der intensiven industriellen Landwirtschaft wird ein Grossteil des Ertrags durch externe Inputs generiert, welche regulierende und die Landwirtschaft unterstützende Ökosystemleistungen ersetzen. Es ist dieser Ersatz der zur Hauptsache für diese negativen Umwelteffekte der Landwirtschaft verantwortlich ist. Neben den negativen Umweltwirkungen sind schliesslich soziale Missstände zu nennen, wie zum Beispiel vielerorts die Situation und Entlohnung von Erntehelfern und Erntehelferinnen.

Die Landwirtschaft schafft Kulturlandschaftsräume. Das Landschaftsbild in vielen Gegenden ist wesentlich geprägt von der Landwirtschaft – im Guten wie im Schlechten. Gerade im Alpenraum prägt die Beweidung wesentlich zur offenen Landschaft bei, und schafft ein Muster zwischen offenen und bewaldeten Flächen, das so prägend für die Region ist und von grossem, nicht zuletzt touristischem Wert. Im Mittelland sind die landwirtschaftlichen Flächen auch Erholungsraum.

Die Landwirtschaft schafft Einkommen. Für die Bauern und Bäuerinnen, ihre Angestellten, die regionalen Lieferketten und die Verarbeiter. In der Schweiz sind noch drei Prozent der Erwerbstätigen direkt in der Landwirtschaft tätig, mit der Nahrungsmittelindustrie und dem Nahrungsmittelgrosshandel sind es gut fünf Prozent.¹ Anders in vielen Entwicklungsländern, in denen Landwirtschaft die zentrale Einkommensquelle für 60, 70 oder 80 Prozent der Bevölkerung ist.

Die Landwirtschaft ist von grösster Wichtigkeit für uns alle. Zugleich zerstört ihre Wirtschaftsweise seit Jahrzehnten schleichend unsere Lebensgrundlagen. Wir wissen genug, um festzustellen, dass es so nicht weitergehen kann, dass wir Alternativen brauchen, um den negativen Auswirkungen entgegenzuwirken, diese zu vermindern und möglichst zu vermeiden. Dazu ist mittlerweile eine sehr lebhafte Diskussion im Gange, auf globaler und lokaler Ebene. Auf EU-Ebene wird versucht, Reformen der gemeinsamen Agrarpolitik in Richtung nachhaltigerer Produktionsweisen voranzutreiben, und in der Schweiz sind derzeit nicht weniger als sieben Initiativen, die verschiedene zentrale Themen der Landwirtschaft und Ernährung ansprechen und sich

¹ BFS 2017, Landwirtschaft und Ernährung – Taschenstatistik 2017, Bundesamt für Statistik BFS; zählt man an nachgelagerten Sektoren noch die Gastronomie und den Detailhandel dazu, dann kommt man auf 11 Prozent aller Beschäftigten.

teils stark überlappen kürzlich vor das Volk gekommen oder werden diesem in den nächsten ein bis drei Jahren vorgelegt.²

So sehr sich die Landwirtschaft verändern muss, so wenig kann dies geschehen, wenn nicht auch die Konsumentinnen und Konsumenten, sowie der Handel und die Lebensmittelindustrie in die Pflicht genommen werden. Nachhaltige Landwirtschaft kann nicht unabhängig vom Konsum und der ganzen Wertschöpfungskette gedacht werden und es ist unabdingbar, einen umfassenden Standpunkt anzunehmen, der das ganze Ernährungssystem im Blick hat. Solange wir billige und immer verfügbare Nahrungsmittel wollen, solange wir einen Drittel davon wegwerfen, solange wir 40, 50, 60 oder mehr Prozent unseres Proteinbedarfs mit tierischen Produkten decken³ ist eine nachhaltige Landwirtschaft nicht möglich. Selbst die Welternährungsorganisation der UN, die FAO, hat gerade kürzlich in einem Bericht zur globalen Viehhaltung und Klimawandel festgehalten, dass in Regionen mit hohem Fleischkonsum eine Reduktion der Nachfrage (und somit der Produktion) angestrebt werden sollte.⁴

In dieser Studie untersuchen wir, wie die Eckpunkte einer standortangepassten Landwirtschaft für die Schweiz aussehen könnten. Das heisst, wie eine Landwirtschaft in der Schweiz aussehen könnte, die die Umwelt möglichst wenig belastet und die Lebensgrundlagen nicht zerstört, die Ressourcen in einer systemisch und den lokalen Gegebenheiten optimalen Weise nutzt, und langfristig produktiv ist. Der Fokus dieser Studie liegt dabei auf dem biophysikalischen und agronomischen Produktionspotential unter den Rahmenbedingungen, die sich aus diesen Forderungen nach „Tragfähigkeit“, „Ressourcenschonung“ und „Standortgerechtigkeit“ ergeben, welche Aspekte wir in dieser Studie unter dem Begriff „standortangepasst“ subsummieren. Es geht dabei nicht darum, die Schweiz in ein Biodiversitätsparadies zu verwandeln und dann alle Nahrungsmittel zu importieren. Deshalb entwickeln wir die Eckpunkte einer standortangepassten Landwirtschaft eng verzahnt mit der Diskussion der zugehörigen Konsummuster. Dies erlaubt es zu identifizieren, wo besondere Herausforderungen für eine Umsetzung dieser Vision für die Landwirtschaft bestehen.

Die Studie liefert einen Beitrag dazu, in welche Richtung die Entwicklung - auch betreffend wirksamer Politikinstrumente - am ehesten gehen könnte. Dabei liegt der Fokus nicht auf detaillierter Feinsteuerung sondern auf der Grobsteuerung. Es geht darum zu identifizieren, welches die wichtigsten Stellgrössen sind, über die wirklich viel erreicht werden kann: es geht zum Beispiel weniger darum, Anreize zu setzen, den

² 9. März 2018: Initiative für Ernährungssicherheit / Gegenvorschlag; Initiative für gesunde sowie umweltfreundlich und fair hergestellte Lebensmittel (Fair-Food-Initiative); Initiative für Ernährungssouveränität; Initiative für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide; Initiative für sauberes Trinkwasser und gesunde Nahrung; Initiative Zersiedelung stoppen – für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung; Initiative für die Würde der landwirtschaftlichen Nutztiere (Hornkuh-Initiative).

³ In der Schweiz etwa 65%, in Australien und den USA etwa 70%, Frankreich und Deutschland gut 60%, in der EU knapp 60%, weltweit knapp 40% und in Afrika und Asien im Schnitt gut 20% und 35%; FAOSTAT Food Balance Sheets 2012, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.

⁴ FAO 2017, Livestock solutions for climate change, Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO; Milch wird darin nicht angesprochen.

Reifendruck beim Traktor optimal den Umständen anzupassen, um Diesel zu sparen, sondern darum, Anreize zu setzen, die Einträge reaktiven Stickstoffs von Ausserhalb des Systems massiv zu reduzieren.

Was diese Studie nicht liefert ist eine Analyse der volks- und betriebswirtschaftlichen Aspekte, also davon, wie Preise, Märkte, Angebot und Nachfrage, Importe und Exporte unter den teils drastischen Veränderungen der Produktion in einer standortangepassten Landwirtschaft reagieren würden. Diese Studie beinhaltet keine verhaltenspsychologischen Aspekte, um das Konsumverhalten besser zu modellieren. Sie bietet keine detaillierte Politikanalyse, wie man diese Veränderungen konkret am besten erreichen könnte und welche Interessensgruppen davon wie genau betroffen wären. Schliesslich sei noch betont, dass diese Studie auf die Umweltwirkungen fokussiert und soziale Aspekte – und wie schon gesagt auch ökonomische – nur am Rande betrachtet.

Am Schluss dieser Einführung noch eine kurze Bemerkung zur Methodik. Die Darstellung der quantitativen Resultate in Kapitel 4 basiert auf der Synthese dreier aktueller und sehr detaillierter Studien ähnlicher Thematik für die Schweiz und einer für Deutschland, ergänzt um Resultate und Überlegungen aus der Vielzahl mittlerweile vorliegender Studien zum Thema, die einen globalen Fokus haben.

3. Nachhaltige Landwirtschafts- und Ernährungssysteme

3.1 Probleme, Herausforderungen und Schwächen des bestehenden Landwirtschaftssystems

3.1.1 Situation heute

Die Landwirtschaft soll in genügender Menge qualitative hochstehende Produkte für die menschliche Ernährung bereitstellen und zur Erfüllung zahlreicher unterstützender und regulierenden Ökosystemdienstleistungen beitragen.⁵ Sie sollte dieses Ziel auf nachhaltige Weise erreichen.

Die landwirtschaftliche Produktion ist auf diese Ökosystemdienstleistungen angewiesen. Sie können auch in einer industrialisierten Landwirtschaft nicht komplett durch externe Inputs ersetzt werden. Beispiele für solche Ökosystemdienstleistungen sind die natürliche Schädlingskontrolle, die Bestäubung durch Insekten, die Mineralisierung von Nährstoffen im Boden, oder die Bindung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre. Die Bereitstellung dieser Ökosystemdienstleistungen der Landwirtschaft ist nur in vielfältigen Kulturlandschaften möglich, in denen sich diversifizierte Produktionsflächen den Raum mit einem vernetzten Geflecht an halb-natürlichen

⁵ Der Umfassende Auftrag an die Landwirtschaft findet sich in Artikel 104 der Bundesverfassung, <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19995395/index.html#a104>; des Weiteren soll oder kann Landwirtschaft natürlich noch anderes produzieren, wie zum Beispiel Fasern wie Baumwolle, Biomasse für Bioenergie, Baustoffe, Genussmittel, Medizinalpflanzen, etc.

Habitatflächen teilen („land sharing“). Nur so kann eine Biodiversität erhalten werden, die die Ökosystemfunktionalität aufrechterhält.

Diese Ökosystemdienstleistungen wurden lange vernachlässigt und der zu enge Fokus auf Mengen und die zunehmende Intensivierung der Produktion hat über die vergangenen Jahrzehnte zu einer Vielzahl von Problemen geführt, wie letztmals im Bericht zu den Umweltzielen Landwirtschaft von 2016 zusammenfassend dargestellt.⁶ Diesem Bericht liegen die im Jahr 2008 formulierten Umweltziele Landwirtschaft zugrunde, und er zeigt auf, dass die Mehrzahl dieser Ziele noch nicht erreicht wurde. So sind zum Beispiel die negativen Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Ökosystemfunktionalität weiterhin gross und zahlreiche Ökosystemdienstleistungen, auf die die Landwirtschaft selber auch angewiesen ist, sind beeinträchtigt. Es liegen nicht genügend geeignete Biodiversitätsflächen in guter Qualität vor und der Artenrückgang konnte nicht gestoppt werden. Die Emissionsziele für Treibhausgase (30 Prozent Reduktion bis 2050), Ammoniak-Stickstoff (maximal 25'000 Tonnen) und Dieselschmutz (maximal 20 Tonnen) werden teils noch massiv überschritten. Bei den Treibhausgasemissionen befindet sich die Landwirtschaft nicht auf dem für die Zielerreichung notwendigen Reduktionspfad, die Ammoniakstickstoff- und Dieselschmutzemissionen betragen 48'000 und 226 Tonnen. Auch im Gewässerbereich werden die Ziele betreffend Nitrat- und Phosphorgrenzwerten, Pestizidbelastung sowie Stickstoffeinträgen zum Teil bei Weitem nicht erreicht. So sollten die Stickstoffeinträge gegenüber 1985 um 50 Prozent reduziert werden, erreicht wurden aber erst 25 Prozent. Im Bericht zu den Umweltzielen Landwirtschaft von 2016 werden diese und eine Reihe weiterer Ziele sowie der Grad der Zielerreichung im Detail dargestellt.⁶

3.1.2 Zukünftige Entwicklungen

In Zukunft werden besondere Herausforderungen auf die Landwirtschaft zukommen. Die Entwicklung von Visionen, wie eine standortangepasste Landwirtschaft konkret aussehen könnte, muss im Kontext wichtiger Entwicklungen wie dem Klimawandel oder dem technologischem Fortschritt betrachtet werden.

In der Schweiz wird erwartet, dass die Erwärmung sich zum Beispiel eher positiv auf den Anbau von Mais und Reben, aber eher negativ auf den Anbau von Winterweizen und Kartoffeln auswirkt.⁷ Die Erwärmung wird zu zunehmendem Schädlingsdruck führen. Für einige Schädlinge werden zum Beispiel mit zwei bis drei statt ein bis zwei Folgegenerationen pro Jahr gerechnet werden müssen und neue Schädlinge können einfacher aus dem Süden einwandern. Die Erwärmung kann durch Hitzestress auch die Tierhaltung beeinträchtigen. Wichtig ist insbesondere, wie sich die Wasserverfügbarkeit entwickeln wird. Es wird eine in der Tendenz abnehmende Wasserverfügbarkeit im Sommer erwartet. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, dieser Entwicklung zu begegnen.

⁶ BAFU und BLW 2016: Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633

⁷ Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016) Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Swiss Academies Reports 11 (5)

Beispiele sind die Verbesserung der Bewässerungsinfrastruktur hin zu möglichst hoher Wassereffizienz, die Verschiebung der Kulturen hin zu mehr Winterkulturen oder eine räumliche Verlagerung, die dem jeweiligen Wasserbedarf der Kulturen und der regionalen Verfügbarkeit Rechnung trägt. Zu beachten ist beim Wasser zudem, dass sich eine zunehmende Konkurrenz zwischen verschiedenen Nutzern entwickeln dürfte. Es bedarf umsichtiger und langfristiger Planung, um dieser optimal zu begegnen.

Als weiterer Trend wird sich der Verlust von landwirtschaftlichem Land in der Schweiz fortsetzen. Dies ist einer der wichtigsten Aspekte der Raumplanung und Siedlungsentwicklung für die zukünftige Landwirtschaft. Der Verlust von Landwirtschaftsland vergrössert in der Tendenz den Druck, auf den verbleibenden Flächen genug zu produzieren. Dies wird oft als ein Argument für eine weitere Intensivierung und Spezialisierung angeführt, dem wir in dieser Studie die Idee der standortangepassten Landwirtschaft entgegenzusetzen wollen.

Ein drittes wichtiges Thema ist die Entwicklung der Biodiversität, die stark von den Entwicklungen in der Landwirtschaft, der Siedlungsentwicklung und dem Klimawandel beeinflusst wird. Der Druck auf die Biodiversität und verschiedene Habitate und Ökosysteme ist seit langem hoch und es ist keine Trendwende absehbar.⁸ Dies wird insbesondere auch durch die intensive Landwirtschaft mit den hohen Stickstoff- und Phosphoreinträgen, dem hohen Pestizideinsatz und dem Verlust an landschaftlichen Strukturelementen und zunehmend einheitlicher Nutzung getrieben. Gerade die hohen Stickstoffmengen führen durch die atmosphärische Deposition, welche sich zu einem Grossteil aus den Hofdüngermengen der Tierhaltung speist, zu einer flächendeckenden Beeinträchtigung der Ökosysteme, nicht nur in unmittelbarer Nähe zu landwirtschaftlichen Flächen.

Schwierig fassbar ist schliesslich der technologische Wandel. Manche sehen darin Veränderungen von zentralster Bedeutung, andere betonen, dass diesbezüglich völlig unrealistische Hoffnungen gehegt werden – er lässt sich heute nicht abschliessend beurteilen. Zurzeit dürften darin vor allem Entwicklungen im Bereich der Drohnen, GIS- oder roboterbasierter Anwendungen, genereller Automatisierung und verschiedener IT-Lösungen erwartet werden. Dies ist für alle Landwirtschaftssysteme relevant und hat durchaus auch im biologischen Landbau Potential, zum Beispiel bei der Unkrautbekämpfung mit Robotern.⁹

3.2 Definition einer standortangepassten Landwirtschaft

Allgemein bedeutet eine standortangepasste Landwirtschaft eine langfristig produktive Landwirtschaft, die umweltverträglich ist und die Lebensgrundlagen nicht zerstört, weil sie die lokalen Ressourcen in einer den lokalen Gegebenheiten entsprechend optimalen

⁸ BAFU (Hrsg.) 2017: Biodiversität in der Schweiz: Zustand und Entwicklung. Ergebnisse des Überwachungssystems im Bereich Biodiversität, Stand 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1630

⁹ Bioaktuell 2017, Roboter und Gasmotor lassen grüssen, Bericht zu den Ökofeldtagen in Deutschland 2017, K. Scheuner, Bioaktuell 7 (2017): 18-19

Weise nutzt. Dies bedeutet insbesondere, dass sie die lokal verfügbaren Kulturlandflächen mit einer Produktionsintensität, die innerhalb der Kapazitätsgrenzen der lokalen Ökosysteme liegt nutzt. Neben der Nahrungsmittelproduktion erbringt eine solche Landwirtschaft zahlreiche weitere Ökosystemdienstleistungen und unterstützt die Resilienz der Ökosysteme.

Im Kontext der heutigen Umweltsituation und der erwarteten Entwicklungen konkretisieren wir dies wie folgt: In der hier betrachteten standortangepassten Landwirtschaft ist der Einsatz synthetischer Pflanzenschutzmittel minimal oder es wird ganz darauf verzichtet. Die Nutzung externer Nährstoffe, insbesondere Stickstoff, wird stark reduziert. Dies wird durch die Reduktion der Mineraldüngermengen, durch den Verzicht auf Kraftfutterimporte und möglichst geschlossene Nährstoffkreisläufe erreicht. Ackerflächen werden primär für die direkte Nahrungsmittelproduktion genutzt, und Futtermittel werden auf Ackerflächen nur angebaut soweit es im Rahmen optimaler Fruchtfolgen angezeigt ist. Grasland wird über Wiederkäuer zur Nahrungsmittelproduktion genutzt, mit standortangepassten Besatzdichten und Nutzungsintensitäten. Hofdünger, insbesondere zusammen mit Stroh, werden für die Düngung im Ackerbau verwendet und erhalten und verbessern die Bodenstruktur. Generell werden die Tierhaltung und Pflanzenproduktion wieder vermehrt integriert. Landwirtschaftliche Strukturelemente und halb-natürliche Habitate zur optimalen Förderung von Biodiversität sind in ausreichender Menge vorhanden. Nahrungsmittelabfälle werden möglichst reduziert und unvermeidbare Nahrungsmittelabfälle und Nebenprodukte der Verarbeitung werden als Futtermittel primär für Nicht-Wiederkäuer, also Schweine und Hühner, genutzt. Auf Konsumseite müssen entsprechend die Abfallmengen und die Anteile tierischer Produkte in der Ernährung reduziert werden.

Es ist wichtig, zu betonen, dass in einer solchen Landwirtschaft systemische Konsistenz angestrebt wird. So stehen zum Beispiel Milch- und Fleischproduktion in einer gewissen Relation zueinander und die aggregierten Konsummuster sollten dies widerspiegeln. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass bei dieser Vision der zukünftigen Landwirtschaft der Boden eine zentrale Rolle spielt. Der Boden ist ein wesentliches Produktionsmittel und der Erhalt und die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit sind sehr wichtige Ziele.

Man muss sich dabei jedoch fragen, ob nicht auch andere Produktionsmethoden das Potential haben, zur Tragfähigkeit, Ressourcenschonung und Standortgerechtigkeit beizutragen, wie zum Beispiel bodenunabhängige Produktionsformen wie „vertical farming“ oder Indoor- oder Rooftop-Produktion. Solche Systeme können unter maximaler Kontrolle aller Wasser-, Nährstoff-, Pflanzenschutzmittel- und Energieflüsse realisiert werden, belegen kein Kulturland, falls sie auf bereits verbauten Flächen installiert werden und haben das Potential in vielen Aspekten sehr gut abzuschneiden.¹⁰

¹⁰ Muller, A., Ferré, M., Engel, S., Gattinger, A., Holzkämper, A., Huber, R., Müller, M., Six, J., 2017, Can soil-less crop production be a sustainable option for soil conservation and future agriculture? Land Use Policy 69: 102-105

Als Illustration betrachte man den Fall der Gemüseproduktion auf entwässerten Moorböden im Seeland. Diese Böden gehen durch die Trockenlegung und Nutzung zunehmend verloren was unter anderem zu hohen Treibhausgasemissionen aus dem Abbau von organischer Substanz führt. Eine standortgerechte Nutzung dieser Böden wäre - wenn überhaupt - nur unter einer Wiedervernässung möglich, vielleicht mit extensiven Weiden oder anderen extensiven Nutzungsformen (z.B. gewisse Energiepflanzen), aber mit einem Produktionsniveau, das weit unter dem der heutigen sehr intensiven Gemüseproduktion in dieser Region liegt.

Im Kontext der Frage, wie am besten mit dieser Situation umgegangen wird, sollten deshalb solche alternativen Produktionsmethoden wie oben genannt durchaus diskutiert werden. Vielleicht wären sie für diese Böden in dieser Region eine Option, die unter dem Strich bezüglich Tragfähigkeit, Ressourcenschonung und Standortgerechtigkeit besser abschneidet als die zur Zeit diskutierten Alternativen. Diese Alternativen wären die Nutzung wie bisher, die über längere Frist zum Verlust dieser Böden und sehr hohen Treibhausgasemissionen führt; die Wiedervernässung, die eine Verlagerung der Gemüseproduktion zur Folge hat, wobei dafür geeignete Flächen in der Schweiz rar sind; oder eine Überschüttung mit geeignetem Bodenmaterial, bei welcher unklar ist, was die langfristigen Folgen sind und woher für grosse Flächen genügend gutes Material kommen soll.¹¹

Die vom Boden entkoppelten industriellen Produktionssysteme müssen auch im Kontext der Konsumentenbedürfnisse betrachtet werden. Für Mitglieder einer Community, in der nachhaltige Landwirtschaft, hohe Qualität der Produkte, authentischen Geschmack und gutes Essen einen grossen Stellenwert haben sind solche industriellen Systeme weitgehend negativ besetzt. Man muss sich aber fragen, wie gross der Anteil der Menschen, die sich wirklich für nachhaltige Landwirtschaft, hohe Produktqualität, authentischen Geschmack und gutes Essen interessieren ist. Gegeben die Realität von Grossverteilern und Discountern und der dort angebotenen Produkte, sowie des Anteils biologischer Produkte am Markt wagen wir die Hypothese, dass dies keine Mehrheit ist. Es stellt sich dann die Frage, ob nicht eine Produktion mit optimal kontrollierten Nährstoffflüssen einen wichtigen Beitrag zu einem nachhaltigen Ernährungssystem in der Schweiz leisten könnte und ob nicht eine Kombination solcher industrieller Systeme ohne Bezug zum Boden auch mit biologischen Systemen und ihrem Fokus auf Bodenfruchtbarkeit umsetzbar wäre.

Wir möchten betonen, dass wir hier nicht solchen vom Boden entkoppelten industriellen Produktionssystemen unkritisch das Wort reden wollen und wir gehen hier nicht weiter darauf ein. Wir möchten durch diesen kurzen Exkurs lediglich dazu anregen, bei der Diskussion nachhaltiger Ernährungssysteme alle Optionen kritisch und ohne Scheuklappen zu betrachten. Dazu gehören neben den Kernpunkten der standortangepassten bodenbezogenen Landwirtschaft wie oben dargelegt eben auch die Produktion in „vertical farms“, infor farms, fleischähnliche Produkte, Protein aus

¹¹ Muller, A., Müller, M., 2018, Was tun wenn der Boden verschwindet? BauernZeitung 9. March 2018

Algenreaktoren, Aquaponics-Systeme mit kombinierter Pflanzen- und Fischproduktion, und weitere.

3.3 Welche Veränderungen sind nötig, um eine solche zukünftige Landwirtschaft zu realisieren?

Die zentralen Stellgrößen, um eine solche zukünftige Landwirtschaft in der Schweiz umzusetzen, sind bekannt. Erstens, die Reduktion der Stickstoff- und Phosphoreinträge ins System, zweitens die Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln, drittens ein Fokus auf gute Habitatsstruktur und -vielfalt. Stickstoff, Phosphor und Pflanzenschutzmittel beeinträchtigen alle die Artenvielfalt, Gewässer und Wasserqualität, und Ökosysteme und deren Dienstleistungen im Allgemeinen. Beim Stickstoff kommt noch eine signifikante Klimawirkung über die Lachgasemissionen aus gedüngten Böden und aus der Hofdüngerlagerung hinzu. Wenn wir die Klimawirkung der Landwirtschaft anschauen, sowie ihre Wirkung bezüglich Nährstoffeinträgen in Ökosysteme, dann ist als weitere Stellgröße eine Reduktion der Tierzahlen aller Kategorien (Wiederkäuer, Schweine, Hühner) wichtig. Die Reduktion der Tierzahlen führt zu entsprechenden Reduktionen der totalen Emissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer, und sie reduziert die totalen Hofdüngermengen und die mit deren Lagerung und Anwendung einhergehenden Stickstoffeinträge in die Ökosysteme und Methan- und Lachgasemissionen.

Im Rahmen der oben skizzierten standortangepassten Landwirtschaft ergeben sich diese Veränderungen wie folgt:

- Unter dem Leitprinzip reduzierter externer Stickstoff- und Phosphorinputs werden primär die Mineraldüngergaben reduziert.
- Mit gleicher Argumentation und Relevanz werden die externen Kraftfuttermittel reduziert.
- Zur Ernährung der Rinder wird Gras, Heu, Silage eingesetzt. Dies spielt ideal mit dem Fokus auf graslandbasierten Wiederkäuerproduktion zusammen, welche eine standortangepasste Produktion charakterisiert.
- Die Limitierung des Kraftfutters führt zu Besatzdichten, die der Produktion der Flächen angepasst sind. Im Acker- und Gemüsebau liegt der Fokus auf Nahrungsmittelproduktion wobei ein gewisser Anteil an Futterkulturen bestehen bleibt, da diese im Design optimaler Fruchtfolgen eine wichtige Rolle spielen.¹²
- Schweine und Hühner, werden primär aus Abfällen und Nebenprodukten der Nahrungsmittelproduktion gefüttert. Damit fallen insbesondere intensive

¹² In gewissen Kontexten macht dann zum Beispiel auch der Anbau von Futtermais Sinn – aber natürlich in viel geringerem Masse, als das heute geschieht.

Mastbetriebe mit zu 100 Prozent nicht an lokale Flächen gebundener Fütterung und entsprechend hohen externen Nährstoffeinträgen in lokale Ökosysteme weg.

Die veränderte Fütterung geht mit einer Reduktion der Tierzahlen in allen Kategorien einher, einerseits bei den Wiederkäuern, andererseits und viel einschneidender noch bei den Schweinen und Hühnern. Für die Reduktion der Pflanzenschutzmittel gibt es verschiedene Ansätze, bei denen die biologische Landwirtschaft heute eine Vorreiterrolle einnimmt und als beispielhaftes System dafür gelten kann.¹³ Auch die integrierte Produktion zielt in diese Richtung und verschiedene Forschungsergebnisse zeigen, dass eine Reduktion der Pflanzenschutzmittel im konventionellen Produktionskontext ohne wesentlichen Ertragseinbussen möglich ist.¹⁴

Vielen dieser Veränderungen ist gemein, dass sie tendenziell mit tieferen Erträgen einhergehen, sowohl im Tier- wie im Pflanzenbau. Dies bedeutet, dass bei den Bewirtschaftungsformen einer standortangepassten Landwirtschaft ein besonders effizienter Umgang mit den Flächen und den vorhandenen Nährstoffen nötig ist. Dies bedeutet auch, dass möglichst präzise die für jede Kultur genau benötigten Mengen an Nährstoffen zur richtigen Zeit und in der richtigen Form appliziert werden. Dabei kann man sich von den Zugängen der Präzisionslandwirtschaft inspirieren lassen. Es bedeutet auch, dass gute Erträge angestrebt werden sollen, aber nicht die höchsten Erträge, welche nur auf Kosten all der anderen wichtigen Nachhaltigkeitsindikatoren realisiert werden können.

3.4 Kritische Herausforderungen

Ein zentraler Aspekt aller nachhaltigen Landwirtschaft und Ernährungssysteme und der hier beschrieben standortangepassten Landwirtschaft im Besonderen sind die unvermeidbaren Zielkonflikte und Aspekte, die in der konkreten Umsetzung zu kritischen Herausforderungen führen können.

3.4.1 Klimawirkung

Ein erster Zielkonflikt ergibt sich aus der Reduktion der Kraftfuttermittelimporte und dem Fokus auf graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion in Bezug auf Treibhausgasemissionen. Wiederkäuer emittieren grosse Mengen des starken Klimagases Methan, vor allem wenn die Futterrationen wenig Kraftfutter und hohe Anteile an Gras aufweisen. Somit stehen reduzierte Kraftfuttermittelimporte zur Reduktion der Nährstoffüberschüsse in Konflikt mit der Reduktion der Treibhausgasemissionen pro kg Produkt.

¹³ Tamm L., Speiser B., Niggli U., 2018, Reduktion von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz: Beitrag des Biolandbaus, Agrarforschung Schweiz 9(2), 52–59

¹⁴ Lechenet, M. et al, 2017, Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms, Nature Plants 3: 20178

Bei der Klimawirkung ist auch der Energieverbrauch zu nennen. Ressourcenschonende Produktion würde auch bedeuten, dass mit Energie sorgsam umgegangen und dass der Verbrauch fossiler Energien möglichst reduziert wird.

3.4.2 Landverbrauch

Dasselbe Muster gilt für die Produktion. Wenn wir die Stickstoffgaben und Pestizidverwendung reduzieren – sagen wir im Extremfall auf das Niveau des biologischen Landbaus, welchen wir als Beispiel einer im Allgemeinen umweltschonenden Landwirtschaft anschauen können – stehen die Gewinne auf der Umweltseite bezüglich Reduktion der Stickstoff- und Pestizideinträge den Einbussen bei der Produktion respektive dem erhöhten Landverbrauch aufgrund der tieferen Erträge im Biosystem gegenüber.

3.4.3 Systemabgrenzung

Die Reduktion der externen Nährstoffeinträge zielt klar auch auf geschlossene Nährstoffkreisläufe und tiefer Nährstoffverluste ab. Gerade für Phosphor, welches ursprünglich aus nichterneuerbaren Quellen stammt ist dies zentral. Nur mit einer Reduktion der Mineraldüngergaben und Futtermittelimporte werden jedoch noch keine geschlossenen Nährstoffkreisläufe erreicht, auch wenn dies schon ein grosser Schritt in die richtige Richtung wäre. Einerseits hängt es stark von den lokalen Gegebenheiten ab, innerhalb welcher Systemgrenzen Nährstoffkreisläufe geschlossen werden sollten, und auch ohne Futtermittelimporte aus dem Ausland können grosse Binnenverlagerungen durch Futtermittel oder Hofdünger stattfinden, zum Beispiel zwischen Tal- und Bergzone oder zwischen verschiedenen Gewässereinzugsgebieten. Andererseits wird über die landwirtschaftlichen Produkte immer ein gewisser Teil der Nährstoffe abfliessen, welche idealerweise über die Extraktion aus dem von Klärschlamm bzw. Kompostierung oder Vergasung aller organischer Abfälle zumindest teilweise rückgeführt werden könnten.

3.4.4 Nährstoffversorgung und Luft-Stickstoffbindung

Des Weiteren ist zu betonen, dass auch Leguminosen neu reaktiven Stickstoff in ein System bringen, und dass dieser auch teils verloren geht, auf Ökosysteme und Biodiversität wirkt und zu Treibhausgasemissionen führt wie der Stickstoff aus den Mineraldüngern und aus den Futtermitteln (über die Hofdünger). Da die Leguminosen an Flächen gebunden sind, die sie über eine Wachstumsperiode besetzen, ist deren verfügbargemachte Stickstoffmenge durch die Fruchtfolgen und Erträge begrenzt, anders als bei extern zugeführtem mineralischem Stickstoff.

Schliesslich ist zu beachten, dass die adäquate Nährstoffversorgung im biologischen Landbau eine grosse Herausforderung sein kann. Es braucht ein optimales Zusammenspiel der Fruchtfolgen, allfälliger Nährstoffeinträge aus tierischen und pflanzlichen Quellen, verschiedenen Formen von Recyclingdünger, und der gewünschten Erträge.

Gute Getreideerträge im biologischen Landbau zum Beispiel verlangen hohe Anteile (eher 40 Prozent als 20 Prozent) an Leguminosen in der Fruchtfolge.¹⁵ Dies hat Auswirkungen darauf, wieviel Nahrung auf den Flächen produziert werden kann. Futterleguminosen spielen eine wichtige Rolle in den Fruchtfolgen des biologischen Anbaus und während einige davon als Zwischenfrüchte angebaut werden, braucht es immer wieder Futterleguminosen oder Klee graswiesen als Hauptkultur, um die Bodenfruchtbarkeit optimal zu erhalten und weiter aufzubauen. Es ist deshalb auch nicht so, dass in dem oben skizzierten System in der konkreten Umsetzung gar keine Futtermittel vom Ackerland kommen würden – Futtermittel wie Klee graswiesen als Hauptkultur sind zentraler Bestandteil vieler biologischer Fruchtfolgen und können dann in integrierten Tier- und Pflanzenproduktionssystemen optimal genutzt werden.

3.4.5 Regionalität

Die in dieser Studie skizzierte zukünftige Landwirtschaft zielt darauf ab, ressourcenschonend und standortgerecht zu sein. diese beiden Eigenschaften sind nicht a priori gegeben. Es hängt von den lokalen Gegebenheiten ab, ob ein System standortgerecht ist – sei es zum Beispiel aufgrund der Nährstoffeinträge in die lokalen Ökosysteme, die es verursacht, oder sei es aufgrund der Belastung von Grasland, die es durch die Beweidung verursacht. Eine den lokalen Gegebenheiten angepasste Besatzdichte und Art der Tiere, respektive deren Gewicht, sind zum Beispiel zentral für den Erosions- und Bodenschutz auf Grasland. Die Stickstoffmengen, die für einen Standort noch angepasst sind, müssen unbedingt auch die Einträge aus der atmosphärischen Deposition und aus dem Bodenpool berücksichtigen. Sie müssen, wie die Besatzdichte an Tieren auf Grasland auch, sehr kleinräumig erhoben werden. Es ist jedoch keine Frage, dass eine Reduktion der Stickstoffeinträge immer in die Richtung erhöhter Standortgerechtigkeit weist und somit eine robuste Strategie für Verbesserungen darstellt.

3.4.6 Diversität der Anspruchsgruppen

Im Kontext des Klimawandels und seiner Auswirkungen gewinnt der schonende Umgang mit Wasser zunehmend an Bedeutung, wird doch vorhergesagt, dass der Anteil an bewässerungsbedürftigen Flächen in der Schweiz bis 2050 um einen Faktor acht ansteigen dürfte.¹⁶ Hier ist insbesondere zu beachten, dass dieses Wasser nicht nur von der Landwirtschaft genutzt wird. Flüsse und Seen brauchen aus ökologischen Gründen eine bestimmte Menge an Wasser, es wird für die Versorgung der Bevölkerung benötigt, die Kühlung der AKWs hängt teils davon ab, die Stromproduktion entlang der Flüsse und touristische Nutzungen melden Bedarf an – Verteilungskonflikte sind hier

¹⁵ Barbieri, P., Pellerin, S. & Nesme, T. Comparing crop rotations between organic and conventional farming. Scientific Reports 7: 13761 | DOI:10.1038/s41598-017-14271-6 (2017); Mohler C. & Johnson, S. (eds). Crop rotation on organic farms : a planning manual. Cooperative Extension NRAES 177. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (2009)

¹⁶ Fuhrer J. & Jasper K., 2009. Bewässerungsbedürftigkeit von Acker- und Grasland im heutigen Klima. Agrarforschung 16, 396–401

bei zunehmender Knappheit vorprogrammiert und ein umsichtiger politischer Prozess wird nötig sein, um nachhaltige Lösungen zu identifizieren und umzusetzen.

3.4.7 Ernährungs- und Versorgungssicherheit

Gegeben die grossen Veränderungen auf Konsumseite in dieser Skizze eines nachhaltigen Ernährungssystems ist es angebracht, ein besonderes Augenmerk auf die Ernährungssicherheit zu legen. Zuerst muss dazu betont werden, dass die Schweiz heute in Kalorien gemessen einen Bruttoselbstversorgungsgrad von etwa 60 Prozent aufweist, also weit davon entfernt ist, die Ernährungssicherung alleine aus den heimischen Ressourcen zu gewährleisten.¹⁷ Dies soll somit auch nicht für eine standortangepasste Landwirtschaft in der Schweiz gefordert werden. Es geht vielmehr darum abzuschätzen, wieviel eine standortangepassten Landwirtschaft zur Versorgung beitragen könnte und ob eine solche Umstellung zu vermehrter Nachhaltigkeit nur zum Preis massiver Versorgungseinbussen und entsprechend notwendiger Erhöhungen der Importe möglich wäre. Eine Verlagerung der negativen Umwelt-Effekte ins Ausland wäre die Folge. Wenn sich zum Beispiel der Konsum tierischer Produkte nicht an die reduzierte Produktion ohne Kraftfutter anpassen würde, dann müssten die fehlenden Mengen an Fleisch, Milch und Eier importiert werden. Das könnte zwar mit einer standortangepassten Landwirtschaft in der Schweiz vereinbar sein, aber nicht mit einem nachhaltigen Ernährungssystem, da die Umweltwirkungen über die Importe einfach in die Produktionsländer verlagert würden. Wie gross diese Umweltwirkungen im Ausland wären hängt dann stark von den Produktionsmethoden, die dort angewendet würden ab.

3.4.8 Pflanzenschutz

Bei Vorschlägen zu einem grossflächigen Verzicht auf synthetische Pflanzenschutzmittel wird oft kritisiert, dass die biologische Landwirtschaft nur bestehen könne, da sie in einem konventionellen System eingebettet sei, welches über den Einsatz dieser Mittel den Schädlingsdruck so niedrig halte, dass das biologische Anbausystem mit seinen Pflanzenschutzmethoden noch damit zurechtkomme und bestehen könne. Bei einem grossflächigen Bioanbau würde der Schädlingsdruck so gross werden, dass die Produktion gefährdet wäre.¹⁸ Dem ist entgegenzuhalten, dass bei funktionierender Ökofunktionalität in vielfältigen Kulturlandschaften mit produktiven Flächen und halb-natürlichen Habitaten die natürliche Schädlingskontrolle gut funktioniert und dass der Schädlingsdruck überhaupt erst durch die industrialisierte Landwirtschaft und

¹⁷ Agrarbericht 2017, <https://agrarbericht.ch/de/markt/marktentwicklungen/selbstversorgungsgrad>; der Bruttoselbstversorgungsgrad rechnet die tierischen Produkte, die mit importierten Futtermitteln produziert wurden zur Inlandsproduktion. Der Nettoselbstversorgungsgrad zieht diese noch davon ab und betrug 2015 gut 50 Prozent.

¹⁸ Leifeld J. 2016 Current approaches neglect possible agricultural cutback under large-scale organic farming. A comment to Ponisio et al. Proc. R. Soc. B 283: 20151623. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.1623>

Monokulturen so gross geworden ist. Man hat genug Erfahrungen mit erfolgreichem biologischen Pflanzenschutz, wie zum Beispiel mit Buntbrachen zur Förderung funktioneller Biodiversität und Parasiten von Schädlingen im Kohlanbau. Es gibt auch genügend Beispiele, bei denen gerade der biologische Pflanzenschutz besser abschneidet als einer, der auf synthetischen Pestiziden beruht. Zu nennen ist etwa die Push-Pull-Methode beim Herbst-Heerwurm in Afrika.¹⁹ Gerade im Kontext des Klimawandels ist dem Pflanzenschutz besonderes Augenmerk zu geben, da allgemein vorhergesagt wird, dass der Schädlings-, Krankheits- und Unkrautdruck mit zunehmendem Klimawandel ansteigt. Wichtig für diese Aspekte ist, dass eine qualitativ hochwertige Beratungsstruktur vorhanden ist und bei Bedarf von den Produzenten herangezogen werden kann.

3.4.9 Tierwohl

Eine graslandbasierte Fütterung, verbunden mit Weidegang, ist für Wiederkäuer geeigneter als eine kraftfutterbasierte, weshalb die Veränderung in diese Richtung tiergerecht wäre und zu eher höherer Tiergesundheit und höherem Tierwohl führen würde. Die generell weniger intensive Produktion würde die Tiere weniger belasten und somit mit erhöhter Gesundheit einhergehen. Es ist dabei darauf zu achten, Züchtungen zu verwenden, die mit dem kraftfutterfreien Angebot und mit Neben- und Abfallprodukten als Futtermittel gut umgehen und dieses optimal nutzen können, sonst könnte das wieder zu negativen Effekten bezüglich der Tiergesundheit führen. Hier wären dann auch die Futtermühlen und Betriebe gefordert, um aus den verfügbaren Futtermitteln für die jeweiligen Tierarten und Produktionssysteme möglichst optimale Futtermischungen und -rationen zu kombinieren.

Wie die Tiere schliesslich gehalten werden, ist in obiger Konzeption einer standortangepassten Landwirtschaft nicht festgelegt und es wäre wie in jedem Produktionssystem darauf zu achten, dass die grundlegenden Bedürfnisse der Tiere erfüllt werden können, und Ställe und Freilaufflächen, etc. nach entsprechenden Prinzipien gestaltet sind. Ein grosser Gewinn bezüglich Tierwohl wäre erreicht, wenn intensive Indoor-Schweine- und Geflügelproduktion verboten und konsequent auch bei diesen Tieren auf Auslaufhaltung gesetzt würde. Auch hier wird der Klimawandel tendenziell zu besonderen Herausforderungen führen, da hohe Temperaturen und Wasserknappheit für Tiere besonderen Stress bedeuten können.

Weiter ist zu bedenken, dass die Erträge auf dem Grasland beziehungsweise der Leguminosen und Kunstwiesen in der Fruchtfolgen unter dem Klimawandel leiden

¹⁹ Midega, C., Pittchar, J., Pickett, J., Hailu, G., Khan, Z., 2018, A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa, *Crop Protection* 105: 10-15; Ponisio LC, Kremen C. 2016 System-level approach needed to evaluate the transition to more sustainable agriculture. *Proc. R. Soc. B* 283: 20152913. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.2913>

können, zum Beispiel aufgrund von Trockenheit, mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die Produktion.

3.5 Umgang mit den Herausforderungen

Bei der Auflösung dieser Zielkonflikte und dem Umgang mit den obengenannten Herausforderungen für die Schweiz im Rahmen der beschriebenen zukünftigen landwirtschaftlichen Produktion kommt uns die heutige Situation mit hohen Anteilen tierischer Produkte im Konsum und hohen Anteilen an Nahrungsmittelabfällen entgegen. Diese Aspekte führen dazu, dass die Gesamtmenge an Produktion, die die Landwirtschaft zurzeit bereitstellt, grösser ist als nötig, um in genügender Menge qualitative hochstehende Produkte für die menschliche Ernährung bereitzustellen. Würden in der Schweiz nicht etwa ein Drittel der Produktion als Abfall verlorengehen²⁰, dann müsste genau dies nicht produziert werden und die entsprechenden Flächen könnten zum Beispiel genutzt werden, um mit weniger intensiver Produktion die gleiche Menge an Nahrung, die am Ende von den Konsumenten wirklich verzehrt wird zu produzieren.

Die Abfallreduktion würde den Raum geben, um mit tieferen Erträgen, dafür aber Gewinnen entlang anderer Nachhaltigkeitsindikatoren zu produzieren, also zum Beispiel mit biologischem Anbau und den damit einhergehenden tieferen Stickstoffgaben und dem Verzicht auf synthetische Pestizide. Würden in der Schweiz nicht etwa 15 Prozent der Ackerflächen für Futtergetreide verwendet²¹ und etwa 12 Prozent der Ackerflächen für Futtermais²², dann würden sehr grosse Flächen frei werden, um darauf direkt Nahrung anzubauen. Auch diese freiwerdenden Flächen würden es erlauben, weniger intensiv, also zum Beispiel biologisch zu produzieren.

Dieser Verzicht auf einheimische Kraftfuttermittel und Futtermais würde zu einer Reduktion der Tierzahlen führen. Werden dazu noch die Futtermittelimporte reduziert, würden noch weniger Tiere gehalten werden können. Diese würden dann vornehmlich Gras (Wiederkäuer) oder Nebenprodukte aus der Nahrungsmittelproduktion und noch anfallende Abfälle fressen (Molke, Kleie, Ölpressekuchen, etc.). In einem solchen System könnten die Tierzahlen soweit fallen, dass die totalen Treibhausgasemissionen von den Wiederkäuern tiefer wären als zuvor, obwohl sie mit sehr hohen Raufuttermengen pro Kilogramm Produkt mehr emittieren würden als auf Kraftfutterbasis.

²⁰ Bundesamt für Umwelt 2016, Lebensmittelabfälle, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/abfallwegweiser-a-z/biogene-abfaelle/abfallarten/lebensmittelabfaelle.html>

²¹ Gut 40 Prozent der Getreideflächen werden für Futtergetreide verwendet. Die Getreideflächen machen etwa 36% der Ackerfläche aus. Bundesamt für Statistik (BFS). 2017. BFS aktuell: Vom Getreidefeld bis zum Brot. Die Getreideproduktion in der Schweiz; Bundesamt für Statistik (BFS). 2017. Landwirtschaftliche Strukturerhebung. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS). Verfügbar unter: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft.html>

²² Bundesamt für Statistik (BFS). 2017. Landwirtschaftliche Strukturerhebung. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS). Verfügbar unter: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft.html>

Die zentrale Strategie, um mit den genannten Zielkonflikten umzugehen ist eine „Verkleinerung“ des Gesamtsystems anzustreben. Dies bedeutet drastische Veränderungen auf der Konsumseite – und genau deshalb kann man Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft nicht ohne die Konsumseite analysieren. Es ist eben nicht nur so, dass es nicht so weitergehen kann wie bisher. Es ist auch keine Option, bei bleibenden Konsummustern einfach auf biologische Produktion umzustellen. Entweder würde man dann viel mehr Flächen – die in der Schweiz gar nicht vorhanden wären - brauchen oder man müsste grosse zusätzliche Mengen importieren, was viele Probleme nicht lösen sondern lediglich verlagern würde. Aber eine Strategie der Abfall- und Kraftfuttermittelreduktion, die das Gesamtsystem verkleinert, entsprechenden Veränderungen im Konsum in Richtung tieferer Anteile tierischer Produkte in der Ernährung, kombiniert mit biologischem Anbau würde einen gangbaren Weg aufzeigen.

Dabei greifen viele Aspekte ideal ineinander. Erstens würden die grossen Graslandflächen im Grasland Schweiz über die Wiederkäuer weiterhin für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden. Dies ist eine „konsistente“ Produktion in dem Sinne, dass die vorhandenen Ressourcen in einem systemischen Kontext optimal eingesetzt werden. „Optimal“ bezieht sich auf die Nahrungsbereitstellung und in diesem Fall bedeutet das eben, dass Ackerland, auf dem direkt Nahrung produziert werden kann möglichst nicht zur Futtermittelproduktion genutzt wird, und dass Grasland, welches sonst nicht zur Nahrungsmittelproduktion beitragen würde über Wiederkäuer genutzt wird. Zweitens würde der Anbau mit reduzierten Stickstoffgaben, weniger synthetischen Pestiziden zwar bezüglich der Erträge ineffizienter sein, aber bezüglich einer Reihe anderer Umweltindikatoren besser abschneiden. Im Kontext einer multidimensionalen Nachhaltigkeitsbewertung ist dies durchaus „effizient“, auch wenn es entlang einzelner Indikatoren Produktionssysteme gäbe, die in diesen – aber nur dort – noch besser wären, in den anderen jedoch signifikant schlechter. In der nachhaltigen Produktion geht es nicht darum, in einem Aspekt maximal gut zu sein, sondern in allen Aspekten leidlich gut dazustehen.

Drittens wird dieser Zugang erst durch die „Suffizienz“ möglich, also über die Verhaltensänderung im Konsum, das heisst die Reduktion tierischer Produkte in der Ernährung und die Reduktion der Abfallmengen. Dies kann die Gesamtgrösse des Ernährungssystems soweit reduzieren, dass die tieferen Erträge biologischer Produktion und die höheren Treibhausgasemissionen pro Tier in der graslandbasierten Tierproduktion in der Gesamtheit nicht zu höherem Landbedarf und nicht zu höheren Emissionen führen.

Der Umgang mit den genannten Herausforderungen wird auch durch die neuen Möglichkeiten, die die zukünftigen Entwicklungen eröffnen unterstützt. Dazu gehören zum Beispiel verschiedene Entwicklungen und insbesondere auch züchterische Fortschritte im biologischen Landbau, sei es im Pflanzenbau bezüglich der Erträge, Standortanpassung und bezüglich dem Umgang mit Krankheiten und Schädlingen, sei es bei den Tieren bezüglich guter Leistung bei rein graslandbasierter Fütterung oder Futtermitteln, die vornehmlich aus Abfällen und Nebenprodukten bestehen.

3.6 Leitgedanken der standortangepassten Landwirtschaft

Wir fassen nochmals kurz die Leitgedanken der hier entwickelten standortangepassten Landwirtschaft zusammen. Erstens geht es darum ein Ernährungssystem zu schaffen, das entlang der ganzen Breite von Nachhaltigkeitsindikatoren leidlich gut abschneidet und nicht eines, das in wenigen Aspekten sehr gut ist, in den anderen hingegen ungenügend. Nur so kann man mit den unvermeidbaren Zielkonflikten umgehen. Zweitens geht es darum, das Ernährungssystem als Ganzes zu „verkleinern“, ohne die Ernährungssicherung zu gefährden. Nur so ist es möglich, die hohen externen Stickstoffeinträge und die Nutzung synthetischer Pflanzenschutzmittel zu reduzieren, ohne die negativen Auswirkungen einfach durch Importe ins Ausland zu verlagern.

Zentrale Strategien dabei sind ein Fokus auf kraftfutterfreie und graslandbasierte Tierproduktion mit entsprechender Reduktion der Tierzahlen und des Anteils tierischer Produkte in der Ernährung, ein Fokus auf Nahrungsmittelproduktion und möglichst wenig Futtermittelproduktion auf Ackerflächen und ein Fokus auf die Reduktion der Nahrungsmittelabfälle.

4. Modelle für eine standortangepasste Landwirtschaft in der Schweiz

Das vorhergehende Kapitel hat das Konzept der standortangepassten Landwirtschaft für die Schweiz entwickelt und kritisch diskutiert. In diesem Kapitel werden nun die Resultate einer Reihe von quantitativen Studien zusammengetragen, die solche Szenarien einer standortangepassten Landwirtschaft für die Schweiz in verschiedenen Modellen implementiert und dann analysiert haben. Dies wird ergänzt durch Resultate einer ähnlichen Studie für Deutschland, respektive von verschiedenen Studien ähnlicher Stossrichtung, die dies jedoch auf globaler Ebene betrachten.

4.1 Methoden

Wie schon in der Einführung erwähnt, liegt der Fokus auf Modellen, die Massen- und Nährstoffflüsse abbilden, um die biophysikalische und agronomische Machbarkeit verschiedener Szenarien zu analysieren und dadurch den biophysikalisch und agronomisch zulässigen Möglichkeitsraum für zukünftige Ernährungssysteme zu erfassen. Ökonomische und soziale Aspekte werden dabei weggelassen, weil dies in diesen Studien nicht Thema war. Dadurch verliert man zwar die Möglichkeit abzubilden, wie sich die einzelnen Akteure verhalten würden und vor allem wie sich Preise und Mengen entwickeln könnten. Die massen- und nährstofffluss-basierte Analyse liefert aber eine transparente Grundlage für eine weiterführende Diskussion und erlaubt es insbesondere, Zielkonflikte zwischen verschiedenen Aspekten gut zu identifizieren und zu analysieren, ohne dass diese Muster von ökonomischen oder sozialen Einflussfaktoren überlagert werden. Betreffend der Analyse der Tragfähigkeit solcher Szenarien ist zu betonen, dass dafür eigentlich eine räumlich aufgelöste Modellierung, wie sie in keiner der beigezogenen Studien vorliegt nötig wäre. Dennoch können auf

aggregierter Ebene Indikatoren gebildet werden, die mit der Tragfähigkeit korrelieren und somit Hinweise geben, ob ein Szenario diesbezüglich eher gut oder schlecht abschneidet. Es geht hier nicht um eine detaillierte Analyse sondern um eine Darstellung der groben Stossrichtung, in die verschiedene Szenarien weisen, und ob dies dann eine Entwicklung in die richtige Richtung bedeuten würde.

4.2 Grundlage: Szenarien aus der Literatur

Die Grundlage für die nachfolgende Darstellung und Diskussion quantitativer Resultate verschiedener Szenarien einer standortangepassten Landwirtschaft in der Schweiz bilden drei Studien, die kürzlich publiziert wurden. Dies ist erstens Zimmermann et al. (2017) „Umwelt- und ressourcenschonende Ernährung: Detaillierte Analyse für die Schweiz“.²³ Diese Studie untersuchte die Frage, wie die Landwirtschaft in der Schweiz aussehen würde, wenn die aggregierten Umweltwirkungen minimiert werden würden. Dies wurde mit Hilfe eines Optimierungsmodells untersucht. Randbedingungen waren unter anderem, dass der Kalorienverzehr pro Tag und Kopf dem heutigen Niveau entspricht und dass sich die Ernährungsmuster nicht weiter als heute von den Ernährungsempfehlungen entfernen. Diese Studie berücksichtigte auch die Umweltwirkungen der importierten Nahrungsmittel. Die Umweltwirkungen wurden mit der aggregierten Methode ReCiPe berechnet, die 18 verschiedene Wirkungskategorien zusammenführt, und somit ein umfassendes Bild der aggregierten Umweltwirkung liefert, welches jedoch von der relativen Gewichtung der einzelnen Indikatoren im Aggregat abhängt.²⁴ Neben diesem einfachsten Minimierungsszenario wurden Szenarien mit zusätzlichen Vorgaben gerechnet, zum Beispiel, dass die Zusammensetzung der Diät den Empfehlungen aufgrund der Lebensmittelpyramide entspreche oder dass die vermeidbaren Nahrungsmittelabfälle beim Konsum zu 100 Prozent vermieden werden.

Die zweite Studie ist Baur und Flückiger (2018)²⁵ welches eine Aktualisierung und Verfeinerung der Studie gleichen Titels von 2013²⁶ ist. Diese Studie rechnet zuerst ein Szenario, in dem die Landwirtschaft, wie sie sich 2015 darstellte komplett auf Bio und

²³ Zimmermann, A., Nemecek, T., Waldvogel, T., 2017, Umwelt- und ressourcenschonende Ernährung: Detaillierte Analyse für die Schweiz, Agroscope Science Nr. 55, https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/suchen/agroscope-science/_jcr_content/par/externalcontent.external.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9pcmEuYWdyb3Njb3BILmNoL2RILUNIL0VpbnpIbH/B1Ymxpa2F0aW9uL0Rvd25sb2FkP2VpbnpIbHB1Ymxpa2F0aW9u/SWQ9MzgxNjg=.pdf

²⁴ National Institute for Public Health and the Environment, The Netherlands, ReCiPe2016, downloads, https://www.rivm.nl/en/Topics/L/Life_Cycle_Assessment_LCA/Downloads

²⁵ Baur, P. und Flückiger, S., 2018, Ökologische Nutztierhaltung - Produktionspotenzial der Schweizer Landwirtschaft, NOCH NICHT VERÖFFENTLICHT

²⁶ Baur, P., 2013, Ökologische Nutztierhaltung – Produktionspotential der Schweizer Landwirtschaft. Eine Studie im Auftrag von Greenpeace Schweiz. http://www.greenpeace.org/switzerland/Global/switzerland/publications/Greenpeace/2013/Oeko_Nutztierhaltung.pdf

kraftfutterfreie Produktion umgestellt wird. Die Tiere fressen dann noch Gras und Abfall- oder Nebenprodukte. Die Produktionsmuster werden dabei durch exogene Annahmen zu den Anteilen an Leguminosen und zu den Fruchtfolgen, zu den Herdenstrukturen und zur Fütterung, etc. festgelegt. In einem zweiten Szenario werden dann die Entwicklungen bis 2050 berücksichtigt, welche sich vor allem im Anstieg der Bevölkerung, der Abnahme an landwirtschaftlichem Land und einem Anstieg der Erträge widerspiegelt. Es wurde dann jeweils berechnet, was eine solche landwirtschaftliche Produktion an Output generieren kann und wie gross die damit verbundenen Stickstoffüberschüsse und Treibhausgasemissionen wären.

Die dritte Studie ist Stolze et al. (2018) „Chancen der Landwirtschaft in den Alpenländern - Wege zu einer raufutterbasierten Milch- und Fleischproduktion in Österreich und der Schweiz“.²⁷ Diese fokussiert auf den Alpenraum und die Fütterung der Tiere und vergleicht verschiedene Szenarien, bei denen primär die Futtermittelimporte, die einheimische Kraftfutter- und Futtermaisproduktion oder all diese Futtermittelquellen zusammen auf null reduziert wurden. Dies wurde dann jeweils nur für die Wiederkäuer oder für alle Tiere umgesetzt. Die freiwerdenden Flächen wurden dann je nach Szenario jeweils primär für die Nahrungsmittelproduktion genutzt, oder teils noch für den Raufutterbau. In gewissen Szenarien wurde dies dann noch mit einer Umstellung auf biologische Produktion kombiniert. Wie bei der vorhergehenden Studie wurden hier Annahmen zu den Produktionsmustern aufgrund der Vorgaben der Szenarien gemacht und dann berechnet, welche Produktion dabei bereitgestellt würde und welche Stickstoffüberschüsse und Treibhausgasemissionen damit einhergingen.

Die zweite und dritte Studie unterscheidet sich insbesondere darin von der Ersten, als diese die Resultate über eine Optimierung über die aggregierte Umweltwirkung ableitet, während jene beiden mit exogenen Vorgaben zu den Produktionsmustern anhand der Ideen einer standortangepassten Landwirtschaft arbeiten. Des Weiteren deckt die erste Studie im Gegensatz zu den anderen beiden neben der Inlandsproduktion auch die Umweltwirkungen der Importe ab. Bei der Darstellung der Resultate weiter unten werden für diese erste Studie jeweils die Werte für die Inlandsproduktion ohne Importe ausgewiesen, um die Vergleichbarkeit mit den anderen Studien zu gewährleisten und auch, da der Fokus dieser Übersichtsstudie hier auf der Produktion in der Schweiz liegt.

Eine vierte Studie von Interesse ist Wirz et al. (2017) „Kursbuch Agrarwende 2050 - ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland“²⁸. Sie fokussiert auf Deutschland, weshalb wir die Resultate weiter unten nur im weiteren Kontext der Resultate aus den Studien mit Bezug zur Schweiz und nur teilweise ansprechen werden. Sie geht aber sehr ähnlichen Fragestellungen nach. Dabei legt sie den Fokus nicht auf biologischen

²⁷ Stolze, M., Weisshaidinger, R., Bartel, A., Schwank, O., Müller, A., Biedermann, R. (2018). Chancen der Landwirtschaft in den Alpenländern - Wege zu einer raufutterbasierten Milch- und Fleischproduktion in Österreich und der Schweiz. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Haupt. NOCH NICHT VERÖFFENTLICHT – VERÖFFENTLICHUNG IM HERBST 2018

²⁸ Wirz, A., Kasperczyk, N., Frieder, T., 2017, Kursbuch Agrarwende 2050 - ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland, eine Studie im Auftrag von Greenpeace, <https://www.greenpeace.de/agrarwende2050>

Landbau, sondern auf eine „ökologisierte konventionelle“ Landwirtschaft, die im Jahre 2050 sechs Ziele in den Bereichen Klima, Biodiversität, Nährstoffkreisläufe, Schadstoffeinträge, Tierwohl und Flächenbedarf erfüllen soll. Diese Ziele dienen als Randbedingungen aus denen dann einige Vorgaben für die Produktionsmuster abgeleitet und darauf dann die landwirtschaftliche Produktion berechnet wurde. Zur Illustration wurde mit drei Szenarien, einem mit deutlich reduziertem und einem mit leicht reduziertem Fleischkonsum, sowie einem „business as usual“-Vergleichsszenario für 2050 gerechnet, um zu analysieren, unter welchen Bedingungen welche der Ziele erreicht werden können und unter welchen nicht.

Es gibt einige weitere Studien mit ähnlicher Thematik zu anderen Ländern. Hier sei davon nur noch eine erwähnt, van Kernebeek et al. (2015), welche mit einem Optimierungsmodell für die Niederlande untersucht, welche landwirtschaftliche Produktion am wenigsten Land brauchen würde, unter der Nebenbedingung, dass der Kalorien- und Proteinbedarf der Bevölkerung immer gedeckt ist.²⁹ Dann gibt es noch die Studie von Mann et al. (2013), die mit einem agentenbasierten Optimierungsmodell für die Schweiz untersucht hat, was eine Umstellung auf Biolandbau ohne die Konsummuster gross zu thematisieren bedeuten würde, insbesondere, wieviel weniger und welcher Art dabei produziert würde und wie viele zusätzlichen Importe dies zur Folge hätte.³⁰

Schliesslich gibt es noch eine Reihe globaler Studien, die die Machbarkeit und Umweltwirkungen einer global tragfähigen und ressourcenschonenden Landwirtschaft betrachten (Schader et al. 2015, Rööös et al. 2017; Muller et al. 2017; van Zanten et al. 2018).³¹ Die Standortgerechtigkeit ist hier bei einem globalen Fokus kein Thema, da die räumliche Auflösung dafür selbst wenn auf Länderebene modelliert wird viel zu grob ist. Die zugrundeliegenden Strategien deuten aber wie in den obigen Abschnitten schon dargelegt auf eher standortgerechte Produktionsmuster hin. Diese Studien untersuchen jeweils, wieviel Produktion welcher Art möglich wäre, wenn man die Tiere ohne

²⁹ Van Kernebeek, H., Oosting, S., Van Ittersum, M., Bikker, P., De Boer, I., 2015, Saving land to feed a growing population: consequences for consumption of crop and livestock products, *International Journal of Life Cycle Assessment* DOI 10.1007/s11367-015-0923-6

³⁰ Mann, S., Ferjani, A., Zimmermann, A., Mack, G., Möhring, A., 2013, Wie sähe ein Bioland Schweiz aus? *178 Agrarforschung Schweiz* 4 (4): 178–183

³¹ Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Klocke, K., Leiber, F., Stolze, M., Niggli, U., 2017, Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture, *Nature Communications* 8:1290 | DOI: 10.1038/s41467-017-01410-w;

Rööös, E., et al. 2017. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change*, 47: 1-12.

Schader, C., Muller, A., El-Hage Scialabba, N., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Makkar, H.P.S., Klocke, K., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M., Niggli, U., 2015, Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability, *Journal of the Royal Society Interface* 12: 20150891;

van Zanten, H., Herrero, M., van Hal, O., Roos, E., Muller, A., Garnett, T., Gerber, P., Schader, C., van 't Veer, P., de Boer, I., 2017, Defining the land use boundary for sustainable livestock consumption, *Global Change Biology* <https://doi.org/10.1111/gcb.14321>

Kraftfutter über Grasland und Nahrungsmittelabfälle und Nebenprodukte der Verarbeitung füttern würde und vergleichen dies teils noch mit verschiedenen anderen Strategien, wie der Kombination mit einer Umstellung auf biologischen Landbau oder der Reduktion der Nahrungsmittelabfälle. Aufgrund dieser und weiterer Arbeiten hat Greenpeace International im März 2018 eine literaturbasierte Studie vorgelegt, die diskutiert, um wieviel sich die Umwelt bei einer Halbierung des Fleisch- und Milchkonsums und einer Umstellung auf biologischen Landbau verbessern würde, und wie dies bezüglich des Nahrungsangebots und seiner Zusammensetzung und bezüglich verschiedener Gesundheitsaspekte aussehen könnte.³²

4.3 Resultate der Szenarien

In diesem Abschnitt werden die Resultate der drei Studien mit Bezug zur Schweiz und einem Fokus auf Produktions- sowie Konsumveränderungen präsentiert. Vorweg präsentieren wir kurz die Resultate der globalen Studien³¹ im Überblick. Die Studien zeigen, dass eine „Verkleinerung“ des Ernährungssystems durch die Reduktion der Kraftfuttergaben und somit Tierzahlen den Raum schafft, mit tieferen Umweltwirkungen die globale Bevölkerung zu ernähren und dass dabei sogar signifikante Anteile biologische Produktion ohne Anstieg des Flächenverbrauchs realisierbar sind. Dieser Effekt wird verstärkt, wenn zusätzlich die Nahrungsmittelabfälle reduziert werden. Wie viel tierische Produkte am Ende für die Ernährung bereitgestellt werden können hängt stark von den Annahmen zu den verfügbaren Futtermitteln ab, also zu deren Mengen und Futtermittelqualität. Dabei bestehen vor allem für Grasland sehr grosse Unsicherheiten. Es ist in jedem Fall so, dass grosse Veränderungen auf der Konsumseite notwendig werden, da die Reduktion des Anteils tierischer Produkte in der Ernährung im globalen Schnitt bis zu 60 oder 70 Prozent ausmachen kann. Dabei ist zu beachten, dass dies in Ländern mit derzeit hohem Konsum an tierischen Produkten prozentual grössere Veränderungen bedeuten kann, während es für Länder mit derzeit tiefem Konsum einen gewissen Anstieg des Konsums tierischer Produkte zulassen würde.

Wichtig ist zu beachten, dass in der kraftfutterfreien Produktion Wiederkäuer eine grosse Rolle spielen und dass die Anzahl Schweine und Hühner viel stärker zurückgeht. Dies zeichnet ein anderes Bild, als zum Beispiel oft nahegelegt wird, wenn man über den Klimaschutz argumentiert und sich primär auf den Treibhausgas-Fussabdruck pro Kilogramm Protein bezieht. Dies widerspiegelt die Tatsache, dass Wiederkäuer in einem nachhaltigen Ernährungssystem eine wichtige Rolle spielen: Sie erschliessen die sonst nicht nutzbaren Graslandressourcen für die Nahrungsmittelproduktion. Grasland

³² Tirado, R., Thompson, K.F., Miller, K.A., Johnston, P. 2018. Less is more: Reducing meat and dairy for a healthier life and planet. Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review) 03-2018. ISBN: 978-1-9999978-1-6.

Deutsche Kurzfassung:

https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/05.03.18_greenpeace-report_weniger_ist_mehr_-_weniger_fleisch_und_milch.pdf

macht global gesehen etwa zwei Drittel aller landwirtschaftlichen Flächen aus, weshalb das Potential der Tierproduktion darauf sehr gross ist. Es widerspiegelt den schon weiter oben erwähnten Zielkonflikt zwischen systemisch optimaler Ressourcennutzung und Treibhausgasemissionen. Und es zeigt, dass die totale Reduktion der Tierzahlen dazu führt, dass trotz der höheren Emissionen pro Kilogramm Produkt die totalen Emissionen reduziert werden können.³³

Im grossen Ganzen zeigen diese globalen Studien auf, dass eine nachhaltige Landwirtschaft im Kontext nachhaltiger Ernährungssysteme, bei denen auch der Konsum betrachtet wird, möglich sind, und dass der Zugang über Kraftfutter- und Abfallreduktion sowie biologischen Anbau gangbare Lösungen aufzeigt.

Dies wird durch die Studien von van Kernebeek et al. (2015)²⁹, Wirz et al. (2017)²⁸ und Mann et al. (2013)³⁰ in zwei wichtigen Teilaspekten weiter beleuchtet. Einerseits zeigt sich, dass ein gewisser Anteil tierischer Produkte in der Ernährung mit tieferem Ackerlandverbrauch einhergeht als eine rein vegane Ernährung. Dies hat damit zu tun, dass ohne Tiere die Graslandflächen und eine Reihe von Nebenprodukten nicht für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden können. Andererseits zeigt sich, dass eine reine Umstellung auf biologische Produktion ohne Veränderungen auf der Konsumseite zu Verlagerungseffekten führt, da wegen der tieferen Erträge die Gesamtproduktion sinkt und dies durch zusätzliche Importe ausgeglichen werden muss. Das „Bioland Schweiz“ darf nicht nur von der Produktion her gedacht werden, der Konsum spielt dabei eine zentrale Rolle, und dasselbe gilt für eine ökologisierte konventionelle Landwirtschaft in Deutschland.

4.3.1 Produktionsniveau und Konsum

Obwohl sie teils sehr unterschiedliche Herangehensweisen verfolgen und unterschiedliche Szenarien betrachten, kommen die drei Berichte Zimmermann et al. (2017)²³, Stolze et al. (2018)²⁷ und Baur und Flückiger (2018)²⁵ zu ähnlichen Resultaten. In jedem Fall geht eine standortangepassten Landwirtschaft mit einer starken Reduktion der Tierzahlen und des Fleischkonsums und – weniger ausgeprägt – des Milchkonsums³⁴ einher. Dies spiegelt die Reduktion in den Importen von Futtermitteln und einem Fokus auf graslandbasierte Wiederkäuerproduktion wieder. Dies wiederum spiegelt die generelle Notwendigkeit wider, dass das ganze Produktions- und Ernährungssystem in seinem Gesamtvolumen kleiner werden muss, um nachhaltig zu sein. Dies ist so, da die Stickstoffüberschüsse und die Treibhausgasemissionen reduziert werden müssen und die grössten Hebel dafür eben die Reduktion der externen Stickstoffeinträge (aus Mineraldünger und aus importierten Futtermitteln) und der

³³ Eine weiterführende Diskussion solcher systemischer Aspekte aus der Sichtweise von Lebenszyklusanalysen und Fussabdruck-Indikatoren findet sich im Faktenblatt Ökobilanzierung biologischer Lebensmittel von M. Meier, S. Hörtenhuber, C. Schader und M. Stolze, Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, 2017.

³⁴ Nicht für Zimmermann et al. (2017); dort bleibt der Milchkonsum etwa konstant.

Tierzahlen sind, was wiederum nicht ohne eine Reduktion der Produktion zu realisieren ist.

Die Studien unterscheiden sich unter anderem im übergeordneten konzeptionellen Fokus. Zimmermann et al. (2017)²³ betrachten die Minimierung der Umweltfolgen, inklusive der Umweltfolgen der Importe, und legt dadurch einen Fokus auf ressourcenschonende Produktion. Dabei fordern sie, dass die Ernährung der Bevölkerung unter gewissen ernährungsphysiologischen und gesundheitlichen Randbedingungen gewährleistet werden muss. Deshalb legen sie ihren Fokus auf das ganze Ernährungssystem inklusive Importe und nicht nur auf die Produktion. Die Standortgerechtigkeit ist dabei kein wichtigstes Kriterium wird jedoch implizit über die Eutrophierung und weitere Indikatoren in der Analyse berücksichtigt.

Stolze et al. (2018)²⁷ und Baur und Flückiger (2018)²⁵ hingegen fokussieren auf die Standortgerechtigkeit und modellieren ein bezüglich der verfügbaren Flächen agronomisch gut aufgestelltes Produktionssystem, in dem ein Fokus auf graslandbasierte Wiederkäuerproduktion und reduzierte externe Nährstoffinputs gelegt wird. Beide Studien haben einen Fokus auf die Produktion und analysieren dann, wieviel aus diesen Anbausystemen an Kalorien und Protein bereitgestellt werden kann, ohne die Ernährungsseite zu betrachten. Dies bedeutet, dass sie implizit annehmen, dass Importe – wie schon jetzt – die fehlenden Kalorien und Proteine abdecken würden, was gegeben den Fokus der Studien legitim ist. Insbesondere Baur und Flückiger (2018)²⁵ modelliert dabei ein vollständig auf biologischen Anbau umgestelltes Produktionssystem, was bei Zimmermann et al. (2017)²³ keine Rolle spielt.

Diese unterschiedlichen Herangehensweisen haben zum Beispiel zur Folge, dass bei Zimmermann et al. (2017)²³ Wiederkäuer wegen der Treibhausgasemissionen aus der enterischen Fermentation relativ schlechter dastehen und stärker reduziert werden. Schweine und Hühner werden wegen der relativ tieferen Emissionen weniger stark reduziert, als bei den anderen beiden Studien, in denen die Wiederkäuerproduktion auf Grasland und die Schweine- und Hühnerproduktion gänzlich von der Fütterung her analysiert werden und die Treibhausgasemissionen keine entscheidungsrelevante Grösse sind.

Das zentrale Resultat der drei Studien ist jeweils, dass eine nachhaltigere Landwirtschaft nur möglich ist, wenn die Produktion und in Folge (wenn man eine Verlagerung der negativen Effekte ins Ausland vermeiden will) auch der Konsum von Fleisch massiv reduziert wird und zwar um 65 bis 70 Prozent. In den Szenarien von Stolze et al. (2018)²⁷ und Baur und Flückiger (2018)²⁵ geht die Milchproduktion um jeweils etwa einen Drittel zurück, während Zimmermann et al. (2017)²³ eine signifikant höhere Milchproduktion ausweisen, von plus 40 Prozent. Der Verzehr von Milchprodukten gemessen in Kalorien bleibt bei Zimmermann et al. (2017)²³ konstant. Produktionsseitig hängt dies damit zusammen, dass die Umweltwirkung der Milch viel kleiner ist jene von Rindfleisch und dass bei Zimmermann et al. (2017)²³ zum Teil Kraftfutter zugefüttert wird, was zu einer treibhausgas-effizienten Milchproduktion führt. In den anderen beiden Studien wird kein Kraftfutter an die Wiederkäuer verfüttert und es sind entsprechend nur noch relativ

tiefe Milcherträge möglich. Konsumseitig widerspiegelt sich darin eine Verschiebung von verarbeiteten Milchprodukten zu Trinkmilch mit weniger Verarbeitungsverlusten und Nebenprodukten (Molke) und tieferer Energiedichte.

Es zeigt sich, dass eine solche Veränderung hin zu weniger tierischen Produkten in der Ernährung die in Energieeinheiten gemessene Ernährungssouveränität vergrössert, also die inländische Kalorienproduktion erhöht und zwar jeweils um etwa 15 Prozent (Stolze et al. 2018²⁷) bis 20 Prozent (Zimmermann et al. 2017²³). Die Proteinproduktion hingegen erhöht sich viel weniger, und bleibt bei Stolze et al. (2018)²⁷ etwa konstant. Bei Zimmermann et al. (2017)²³ wird sie nicht separat ausgewiesen. Die ausbleibende Erhöhung hat mit der massiveren Reduktion an tierischen Produkten bei Stolze et al. (2018)²⁷ zu tun, insbesondere bei der Milch, und den damit einhergehenden tieferen Proteinversorgung.

Andere Aspekte der Produktions- und Konsummuster betreffen zum Beispiel Veränderungen im Konsum von Hülsenfrüchten oder Nüssen. Diese sind aber weniger relevant als die Veränderungen bei den tierischen Produkten. Zimmermann et al. (2017)²³ betrachtet ausserdem Szenarien mit gewissen Gesundheitsanforderungen, die dann zu teils grossen Veränderungen führen, wie zum Beispiel einer grossen Reduktion zuckerhaltiger Produkte. Wichtig ist, dass bei Zimmermann et al. (2017)²³ der Konsum alkoholischer Getränke um 85 Prozent fällt. Dies hängt mit der hohen Umweltwirkung pro Kalorie zusammen und die importierten Weine fallen vollständig weg.

4.3.2 Umweltwirkungen

Die Szenarien in den drei Studien sind so aufgesetzt, dass der Landverbrauch in der Schweiz konstant bleibt. Stolze et al. (2018)²⁷ analysiert Szenarien, in denen die freiwerdenden Futterbauflächen nicht weiter genutzt werden. Diese Szenarien sind mehr als Vergleichswerte zu sehen, um zu analysieren, wie gross der Einfluss des Futterbaus ist, als Szenarien, die mögliche alternative Produktionsmuster beschreiben. Letzteres wird von den Szenarien geliefert, in denen die freiwerdenden Flächen vollumfänglich wieder genutzt werden. Deshalb zeigt keine der Studien Effekte auf den Landverbrauch in der Schweiz. Zimmermann et al. (2017)²³ weisen starke Effekte auf den Landverbrauch im Ausland aus (über 50 Prozent Reduktion des Ackerflächenbedarfs), da die Importe drastisch reduziert werden. Dies gilt eigentlich für alle Umweltindikatoren, wie Zimmermann et al. (2017)²³ zeigen: die Auswirkungen der in die Schweiz importierten Nahrungs- und Futtermittel machen heute meist über 50% der Gesamtumweltwirkungen aus und entsprechend zentral ist die Reduktion dieser Importe in deren Szenarien.

Klare Signale sieht man im Inland bei den Treibhausgasemissionen, die bei Stolze et al. (2018)²⁷ um knapp 20 Prozent sinken, bei Baur und Flückiger (2018)²⁵ um knapp 30 Prozent und bei Zimmermann et al. (2017)²³ um gut 30 Prozent. Diese grössere Reduktion der Studie Baur und Flückiger gegenüber der Studie Stolze et al. hängt damit zusammen, dass in Baur und Flückiger alle Ziegen und Schafe weggelassen werden und die von ihnen genutzten Graslandflächen dann nicht mehr genutzt werden, sowie damit,

dass alles biologisch produziert wird. Es muss dabei betont werden, dass in Baur und Flückiger (2018)²⁵ die totale Produktion gemessen in Kalorien entsprechend um 35 Prozent tiefer ist. Einen wichtigen Anteil daran hat auch die Annahme, dass keine Zuckerrüben mehr angebaut werden. Zimmermann et al. (2017)²³ haben einen Fokus auf die Minimierung der Umwelteffekte, worin die THG-Emissionen eine wichtige Rolle spielen und entsprechend reduziert werden.

Weitere klare Resultate sieht man beim Stickstoffüberschuss (nach OECD), der in Stolze et al. (2018)²⁷ und Baur und Flückiger (2018)²⁵ ausgewiesen wird und um über 50 Prozent reduziert werden kann. Zimmermann et al. (2017)²³ weisen andere Indikatoren, die mit dem Stickstoffüberschuss zusammenhängen aus (Eutrophierung, Versauerung), und finden darin im Inland Reduktionen von etwa 20 Prozent, respektive 40 Prozent. Versauerung hängt stark mit den Ammoniakemissionen zusammen, und Stolze et al. (2018)²⁷ weisen für diese eine Reduktion von knapp 40 Prozent aus. Der direkte Vergleich dieser Indikatoren ist schwierig, doch die Tendenz zu grossen Verbesserungen in all diesen Szenarien ist klar ersichtlich. Auch in den Phosphoreinträgen sind grosse Reduktionen von 20 bis 30 Prozent möglich.

Biodiversität wurde nicht direkt betrachtet, doch die grosse Reduktion der Stickstoffmengen ist förderlich für die Biodiversität. Zimmermann et al. (2017)²³ weisen Ökotoxizität aus, und sehen darin im Inland keine Veränderung. Dies sieht bei Baur und Flückiger (2018)²⁵ und in den biologischen Szenarien von Stolze et al. (2018)²⁷ anders aus, da sie die vollständige Umstellung auf biologischen Anbau annehmen. Zahlen liegen dazu nicht vor, da sie diesen Indikator nicht quantifizieren.

Die nachfolgende Tabelle 1 stellt die wichtigsten Resultate der drei Studien zusammen (jeweils auf 5% gerundet).

	Heutige Situation in der Schweiz	Zimmermann et al. 2017 ²³ (nur Produktion in der Schweiz)	Baur und Flückiger 2018 ²⁵	Stolze et al. 2018 ²⁷
Anzahl Rindvieh	100%	55%	75%	85%
Anzahl Schweine	100%	25%	15%	15%
Anzahl Hühner	100%	70%	40%	20%
Kalorienproduktion (total: tierisch plus pflanzlich)	100%	115%	65%	115%
Proteinproduktion (total: tierisch plus pflanzlich)	100%	-	-	100%

Kalorien-Selbstversorgungsgrad (absolute Werte)	0.6	0.8	0.4	0.75
Fleischmenge pro Kopf	100%	30%	35%	35%
Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft	100%	70%	70%	80%
Stickstoffüberschüsse	100%	-	50%	50%
N/P-Eutrophierungspotential	100%	80%	-	-
Ammoniakemissionen	100%	60%	-	60%
Versauerung	100%	60%	-	-
Ökotoxizität	100%	100%	Abnahme (nicht quantifiziert)	Abnahme (nicht quantifiziert)

Tabelle 1: Zusammenstellung der wichtigsten Resultate der drei Studien Zimmermann et al. (2017), Baur und Flückiger (2018) und Stolze et al. (2018), jeweils in prozentualen Werten im Vergleich zur heutigen Situation (die ausser beim Selbstversorgungsgrad mit 100% bezeichnet ist). Der Selbstversorgungsgrad wird auch durch die Annahmen zu Nahrungsmittelabfällen etc. beeinflusst. Man beachte bei der tiefen Kalorienproduktion von Baur und Flückiger (2018), dass sie zu 100% biologische Produktion mit entsprechend tieferen Erträgen angenommen haben, keine Zuckerrüben anbauen und einen Teil der graslandbasierten Produktion auf extensiven Weiden (Ziegen, Schafe) zugunsten von Biodiversitätsannahmen weglassen.

5. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Resultate der vorliegenden Studien zeigen, dass eine standortangepasste Landwirtschaft in der Schweiz vor allem eine Reduktion der Tierzahlen und des Konsums tierischer Produkte bedeutet. Dieser Effekt ist sehr stark, sprechen wir doch von einer Reduktion von 70 Prozent beim Fleisch und bis zu 30% bei der Milch. Der zugrundeliegende Mechanismus ist, dass die Landwirtschaft nur nachhaltig werden kann, wenn die Stickstoffeinträge ins System massiv reduziert werden. Dies wird einerseits durch eine Reduktion der Kraftfutterimporte erreicht, andererseits durch eine generelle Reduktion der Grösse des Systems, was bei gleichbleibender

Kalorienproduktion eben eine Verschiebung weg von tierischen Produkten und eine Reduktion der heutigen grossen Mengen an Nahrungsmittelabfällen bedeutet. Wichtig dabei ist insbesondere, dass die standortangepasste Produktion nicht getrennt vom Konsum betrachtet werden kann, da ansonsten die Umwelteffekte einfach ins Ausland verlagert würden, wenn die Reduktion der Tierproduktion durch Importe ersetzt würde.

Die Vorteile einer zukünftigen Landwirtschaft wie in diesen Szenarien beschrieben liegen darin, dass sie „Druck aus dem System“ nehmen. Die Reduktion der Gesamtgrösse des Systems erlaubt es, extensivere Bewirtschaftungsformen zu nutzen, welche entlang einer Reihe verschiedenen Nachhaltigkeitsindikatoren gut abschneiden. Die Reduktion der Gesamtgrösse öffnet den Raum für diese Produktionsformen, und macht Flächen frei, die vorher durch Futterbau besetzt waren und nun direkt für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden können. Man hat mehr Flächen für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung, kann darauf mehr als vorher produzieren und kann dies mit weniger intensiver Produktion und tieferen Erträgen erreichen. Ein zentraler Effekt dieser Strategien ist die Reduktion der externen Stickstoffeinträge, was Vorteile entlang vieler Indikatoren, von Treibhausgasemissionen über Versauerung bis zur Biodiversität bringt.

Die grösste Herausforderung bei diesen Strategien ist die Notwendigkeit, den Konsum zu verändern. Eine standortangepasste Landwirtschaft ist nur möglich, wenn der Fleischkonsum massiv sinkt, was zur Zeit nicht absehbar ist. Andererseits ist es klar, dass es ohne diese Strategien und die dafür notwendigen Konsumveränderungen nicht möglich sein wird, nachhaltig zu produzieren.

Nachfolgend listen wir die wichtigsten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der standortangepassten Landwirtschaft, wie oben beschrieben auf und setzen sie im Rahmen einer SWOT-Analyse zu einander in Bezug (Tabelle 2).

- Stärken
 - Grosse Grünlandflächen als Produktionsgrundlage
- Schwächen
 - Notwendigkeit tiefgreifender Veränderungen im Konsum (vor allem hin zu reduziertem Konsum tierischer Produkte)
- Chancen
 - Optimierung graslandbasierter Produktionssysteme und entsprechender Zucht
 - Export des entsprechenden Wissens
 - Tiefere Anteile tierischer Produkte in der Ernährung gehen tendenziell mit positiven Gesundheitswirkungen einher
- Risiken
 - Die reduzierte Produktion wird durch Importe ersetzt
 - Die reduzierte Produktion vermindert die Ernährungssouveränität

Table 2: SWOT-Analyse der standortangepassten Landwirtschaft.

	Stärken	Schwächen
Chancen	Die standortangepasste Landwirtschaft fokussiert auf die Stärken der in der Schweiz vorliegenden Produktionsgrundlagen – das ist vor allem viel Grasland. Dies kann genutzt werden, um die entsprechenden Produktionssysteme weiter zu optimieren (Zucht, Graslandmanagement, etc.). Dieses Wissen kann dann in vielen Ländern mit hohen Graslandanteilen genutzt werden und die Schweiz kann dieses Wissen exportieren.	Die „Schwäche“ der Notwendigkeit der Konsumveränderung im Rahmen der Gesundheitsdiskussion nutzen – die hier beschriebene Strategien hin zu weniger tierischen Produkten sind genau die, die in zentralen Aspekten zur Gesundheit beitragen. Dies sollte man als Chance nutzen.
Bedrohungen/Risiken	Die graslandbasierte Tierproduktion als Stärke der Schweizerischen Landwirtschaft kann als Argument genutzt werden, um im Kontext der Ernährungssouveränität aufzuzeigen, dass dies mit veränderten Konsumgewohnheiten einhergehen muss.	Ein besonderes Augenmerk muss darauf gelegt werden, dass eine zunehmend graslandbasierte standortangepasste Landwirtschaft in der Schweiz nicht einfach mit vermehrten Importen einhergeht. Für den Erfolg der Umsetzung ist eine echte Konsumveränderung hin zu viel weniger Fleisch unabdingbar.

Die hier beschriebene standortangepasste Landwirtschaft nimmt viele Aspekte, die in den eingangs erwähnten Volksinitiativen zur Diskussion gestellt werden auf und könnte sie in einer pragmatischen und systemisch konsistenten Weise umsetzen. Die zentrale Frage ist, wie man zu einer solchen Umsetzung gelangen kann. Eine zentrale Stellgrösse dabei ist der Stickstoff. Deshalb ist eine stärkere Regulierung der externen Stickstoffeinträge ein wichtiger Schritt in Richtung der Umsetzung einer standortangepassten Landwirtschaft in der Schweiz. Eine solche Stickstoffregulierung kann zum Beispiel als Steuer auf Stickstoff in Mineraldüngern, erhoben bei den Produzenten oder Importeuren, und als Steuer auf Stickstoff auf Kraftfuttermitteln,

wieder bei den Produzenten oder Importeuren erhoben umgesetzt werden.³⁵ Dies würde die externen Stickstoffquellen adressieren, und hätte eine Wirkung auf die Stickstoffüberschüsse und die Treibhausgasemissionen. Es würde dabei die graslandbasierte Produktion nicht speziell belasten, wie das zum Beispiel eine allgemeine Treibhausgassteuer wegen der Methanemissionen der Wiederkäuer tun würde. Um aber wichtige Treibhausgasquellen auch zu regulieren, wäre es am besten, parallel in Richtung hin zu einer umfassenden CO₂-Steuer auf fossilen Energien zu arbeiten – was vor allem andere Sektoren als die Landwirtschaft beträfe. Ein anderer regulatorischer Zugang zur Stickstoffreduktion wären eine realistischere Berechnung der Stickstoffbilanz auf Betriebsebene, striktere und teils regional differenzierte Beschränkungen der Dünger- und Kraftfuttergaben sowie der Besatzdichten für alle Tiere.

Ein weiterer Schritt in Richtung einer umfassend nachhaltigen Landwirtschaft ist die Besteuerung oder Verbot von synthetischen Pflanzenschutzmitteln, wie dies nun zunehmend diskutiert wird. Dies wird zum Beispiel in aller Kürze und mit weiterführender wissenschaftlicher Literatur hinterlegt im Agrarpolitik-Blog der Agrarökonominnen an der ETH-Zürich dargelegt.³⁶

Ein solcher Ansatz würde vorerst auch das Problem der Suffizienz, der Konsumreduktion aus innerer Motivation oder Einsicht entschärfen, da er primär über Preissignale wirksam werden würde. Heute zahlen wir so wenig für das Essen wie nie zuvor und bürden die damit verbundenen Umweltkosten der Gesellschaft auf. Die vorgeschlagene Belastung der Produktion würde zumindest einen Teil dieser Kosten internalisieren und für die Bauern und Konsumenten über Preise und Kosten sichtbar machen. Dies würde auch darauf hin wirken, dass die biologische Produktion, die weniger externe Effekte hat, im Vergleich zur konventionellen nicht benachteiligt würde, da betreffend der Umweltkosten gleich lange Spiesse bestehen würden – entweder man vermeidet sie oder man bezahlt dafür. Die biologische Produktion wird schon durch Subventionen gefördert, aber diese Belastung von Stickstoffgaben und fossiler Energie wäre ein zusätzliches Mittel, um Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft zu fördern, ohne weitere Steuergelder verwenden zu müssen.

³⁵ Das Steuerniveau müsste dabei wahrscheinlich sehr hoch sein, um wirklich signifikante Effekte zu zeitigen – das könnte eine grosse Barriere bei der Umsetzung bedeuten. Andererseits könnte man versuchen mit tieferen aber über die Zeit ansteigenden Steuersätzen zu operieren, wie das zum Beispiel im CO₂-Gesetz bezüglich der Brennstoffe bei Zielverfehlung geschieht, oder wie das auch im EU-Emissionshandel im Grunde über die zeitlich zunehmende Verknappung der totalen Zertifikatsmengen erreicht werden soll.

³⁶ Finger, R., 2018, Lenkungsabgabe auf Pflanzenschutzmittel statt Trinkwasserinitiative? , Agrarpolitik-Blog ETH Zürich vom 14.3.2018, <https://agrarpolitik-blog.com/2018/03/14/lenkungsabgabe-auf-pflanzenschutzmittel-statt-trinkwasserinitiative/>; siehe auch Finger, R., Möhring, N., Dalhaus, T., Böcker, T., 2017, Revisiting pesticide taxation schemes. *Ecological Economics* 134: 263–266; Böcker, T., Finger, R., 2017, A Meta-Analysis on the Elasticity of Demand for Pesticides. *Journal of Agricultural Economics* 68(2): 518-533; Böcker, T., Britz, W., Finger, R., 2018, Modelling the effects of a glyphosate ban on weed management in silage maize production. *Ecological Economics* 145: 182–193