

© Schwerpunkt »Landwirtschaft & Ernährung für eine Welt im Umbruch«

Wege zu einer klimaneutralen Biolandwirtschaft

Studienergebnisse aus der Schweiz

von Adrian Müller, Markus Steffens, Corinne Wälti und Knut Schmidtke*

Der Klimawandel ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit und alle Bereiche der Wirtschaft und Gesellschaft müssen zu dessen Minderung beitragen. Dies betrifft auch die Landwirtschaft und der Biolandbau mit seinem Fokus auf nachhaltigem Wirtschaften kann hier eine Pionierrolle einnehmen. Der vorliegende Artikel präsentiert die Ergebnisse einer Studie aus dem Jahr 2022, die beispielhaft darlegt, wie der Biolandbau in der Schweiz bis 2040 klimaneutral werden könnte. Dies zu erreichen ist möglich, aber sehr herausfordernd. Tatsächliche Emissionsreduktionen sind dabei sekundär, weil der Großteil der Klimaneutralität über Kompensationen (Bodenkohlenstoffbindung, Agroforst, Agri-Photovoltaik) und grundlegende Konsum- und Produktionssystemveränderungen (weniger tierische Produkte, also auch weniger Tiere) erreicht werden müsste.

Der Klimawandel und dessen Minderung bedeuten große Herausforderungen für unsere heutigen Gesellschaften. Dies betrifft alle Sektoren und deshalb auch die Landwirtschaft. Für die Landwirtschaft ist außerdem die Berücksichtigung der *Anpassung* an den Klimawandel unabdingbar. Dies gilt insbesondere für die biologische Landwirtschaft mit ihrem Anspruch, eine besonders nachhaltige Form des Wirtschaftens zu sein.

Die vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL in der Schweiz im Auftrag des Verbands Bio Suisse durchgeführte Studie *Wege zu einer klimaneutralen Biolandwirtschaft in der Schweiz* geht diesen Fragen nach. Sie untersucht, welche Maßnahmen in der biologischen Landwirtschaft, aber auch vonseiten der Verbraucherinnen und Verbraucher ergriffen werden müssten, um für die biologische Produktion in der Schweiz Klimaneutralität im Sinne von Netto-Null-Treibhausgas(THG)-Emissionen erreichen zu können. Die Studie konzentriert sich auf die biologische Landwirtschaft, da sich in verschiedenen Diskussionen zeigte, dass es ein Anliegen im Verband und bei dessen Trägerinnen und Trägern (also bei den Bio-bäuerinnen und -bauern sowie Biogärtnerinnen und -gärtnern, die nach den Bio Suisse Knospe-Richtlinien produzieren) ist, die Herausforderungen des Klimaschutzes ernst zu nehmen. Die Studie zielte deshalb darauf ab zu klären, was durch gezielte Veränderungen sowohl in der Produktion wie auch im Konsum im Biosektor in Richtung Klimaneutralität möglich

wäre, welche Zielkonflikte – z. B. zwischen Tierwohl und Klimaschutz – entstehen könnten, und welche Emissionen nicht vermieden werden können, sondern durch andere Maßnahmen kompensiert werden müssten.

Annahmen und Ergebnisse

Klimaneutralität wird im Sinne von »Netto-Null« wie folgt definiert und erreicht: Für einen Betrieb, Wirtschaftsbereich, ein Unternehmen oder ein einzelnes Produkt werden zunächst alle THG-Emissionen – in der Regel Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) – gemessen oder berechnet und gemäß den Vorgaben des Weltklimarats IPCC über das *Global Warming Potential* (GWP) in die gleichen Einheiten »CO₂-Äquivalente« (CO₂-eq)¹ umgerechnet. Dann werden für diesen Betrieb, Wirtschaftsbereich, Unternehmen oder Produkt die Wirkungen aller Aktivitäten, die die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre reduzieren (wie etwa die Speicherung

* Der Beitrag basiert auf der Studie von FiBL im Auftrag von Bio Suisse »Wege zu einer klimaneutralen Biolandwirtschaft in der Schweiz«, welche 2022 erschien und von den folgenden Autorinnen und Autoren verfasst wurde: Markus Steffens, Marie Dittmann, Maïke Krauss, Stefan Baumann, Alice Dind, Andreas Fliessbach, Mirjam Holinger, Hans-Martin Krause, Florian Leiber, Adrian Müller, Johanna Rüegg, Sibylle Stöckli, Knut Schmidtke (www.fibl.org/de/infothek/meldung/wege-zu-einer-klimaneutralen-biolandwirtschaft-in-der-schweiz-die-fibl-studie-zur-klimafrage).

von Kohlenstoff im Boden), sowie die Vermeidung von Emissionen anderswo (z. B. durch die Bereitstellung erneuerbarer Energien, die dann die Verbrennung fossiler Energieträger zu reduzieren erlauben) summiert. Entsprechen nun diese summierten Vermeidungsleistungen den Emissionen, dann ist der Betrieb – netto gerechnet – klimaneutral.

Unter der Annahme, dass im Jahr 2040 ein Viertel aller landwirtschaftlich genutzten Flächen der Schweiz biologisch bewirtschaftet werden, werden der Biolandbau bzw. die Biobetriebe in der Schweiz ohne weitere Anpassungen im Hinblick auf Klimaschutz in einem Business-as-usual-Szenario im Jahr 2040 rund 1,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente an Emissionen verursachen (Abb. 1). Um mit diesen ausgewiesenen Emissionen nun sektorübergreifend klimaneutral zu werden, d. h. eine Netto-Null-Emissionsbilanz zu erreichen, stehen in der landwirtschaftlichen Produktion drei Stellschrauben zur Verfügung:

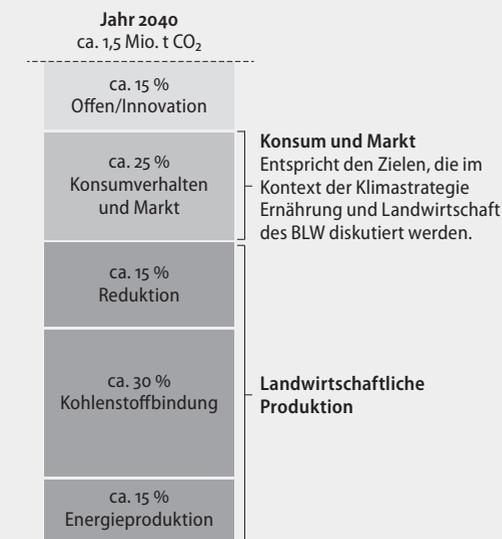
- Reduktion der THG-Emissionen;
- Kompensation der unvermeidlichen THG-Emissionen durch dauerhafte Kohlenstoff(C)-Speicherung im eigenen Wirkungsbereich (C-Sequestrierung);
- Kompensation der unvermeidlichen THG-Emissionen durch Erzeugung erneuerbarer Energien,

die dann auf dem Betrieb oder anderswo die Reduktion fossiler Energieträger und der entsprechenden Emissionen erlauben.

Zusätzlich bestehen konsumseitige Möglichkeiten, die eng mit der Produktion zusammen angegangen werden müssten, wie eine Reduktion der tierischen Produkte in der menschlichen Ernährung und eine Verminderung der Lebensmittelabfälle und -verluste. Die Ergebnisse der Studie zeigen folgendes:

- Die Schweizer Biolandwirtschaft kann über die genannten drei produktionsseitigen Stellschrauben gemäß heutigem Wissensstand die THG-Emissionen um rund 60 Prozent reduzieren und kompensieren. Dazu sind vielfältige und erhebliche Leistungen der Landwirte und Landwirtinnen notwendig.
- Über Anpassungen des Konsumverhaltens der Verbraucherinnen und Verbraucher können die landwirtschaftlichen THG-Emissionen um weitere 25 Prozent reduziert werden. Dies bedingt insbesondere einen geringeren Verzehr tierischer Lebensmittel durch eine Ernährung gemäß den Empfehlungen der Ernährungspyramide und eine Reduktion der Lebensmittelabfälle und -verluste. Die entsprechenden Veränderungen auf der Produktionsseite (mehr Pflanzenbau für die direkte Ernährung, weniger Futterbau und weniger Tierhaltung sowie weniger Produktion, da weniger Abfall anfällt), führen dann zu Emissionsreduktionen.
- Um auch die verbleibenden 15 Prozent des Ziels erreichen zu können, braucht es aber noch zusätzliche Anstrengungen bzw. bislang noch nicht erarbeitete Innovationen, die sowohl auf Konsum- wie auch Produktionsseite wirken können.

Abb. 1: Ein möglicher Weg zu Netto-Null-Emissionen im Biolandbau der Schweiz im Jahr 2040*



* unter Einbezug von Maßnahmen auf Ernährungssystemebene (Konsum) und von Kompensationsmaßnahmen (Bodenkohlenstoffbindung, Produktion erneuerbarer Energien) (Bundesamt für Landwirtschaft der Schweiz, Quelle: FiBL).

Emissionsfreie Landwirtschaft – nicht möglich

Die Biolandwirtschaft in der Schweiz bis 2040 klimaneutral zu gestalten wird also sehr herausfordernd sein. Die Studie zeigt aber auch, dass unbestritten ein großes Minderungspotenzial besteht, insbesondere, wenn die konsumseitigen Maßnahmen und Kompensationen berücksichtigt werden. Andererseits ist es wichtig, Klimaschutz in der Landwirtschaft nicht auf Kosten anderer Nachhaltigkeitsaspekte umzusetzen bzw. damit zusammenhängende Zielkonflikte klar zu benennen und dann bewusst über die Gewichtung der jeweiligen Aspekte zu entscheiden.

Es ist deshalb zentral, diese Anstrengungen für Klimaschutz in der Landwirtschaft bzw. klimaneutrale Landwirtschaft in einem breiteren Kontext zu sehen. Es muss betont werden, dass Netto-Null in der Landwirtschaft im Allgemeinen und gerade auch in der Biolandwirtschaft im Speziellen besonders heraus-

fordernd ist. Dies liegt vor allem daran, dass die der landwirtschaftlichen Produktion zugrunde liegenden biologischen und chemischen Prozesse unvermeidbar zu THG-Emissionen führen: Mit Stickstoff gedüngter Boden emittiert immer auch Lachgas und Rinder und andere Wiederkäuer emittieren bei der Verdauung Methan. Anders als im Energiesektor, in dem man im Prinzip eine Dekarbonisierung zu erneuerbaren Energien ohne THG-Emissionen (brutto – also ohne die Notwendigkeit von Kompensationen) erreichen kann, ist dies in der Landwirtschaft deshalb nicht möglich, und es braucht immer Anstrengungen, um im Rahmen einer Netto-Null-Strategie die verbleibenden unvermeidbaren Emissionen zu kompensieren.

Zudem sind im Biolandbau eine Reihe anderer Aspekte wie beispielsweise Tierwohl zentrale Anliegen. Der im Herbst 2021 durch Bio Suisse gefasste Entscheidung, das Töten männlicher Küken in der Eierproduktion zu verbieten, wird beispielsweise zu tendenziell höheren Emissionen führen, da diese Tiere in der Mast weniger effizient sind und für einen gewissen Fleischzuwachs mehr Futter benötigen. Umso wichtiger ist für die Erreichung von Netto-Null-Zielen in der Landwirtschaft die Zusammenarbeit aller Beteiligten im Ernährungssystem, d. h. Landwirtschaft, Verarbeitung und Konsum, um wirklich alle Potenziale zur Reduktion der vermeidbaren Emissionen auszuschöpfen.

Reduktion von Treibhausgas-Emissionen

Mit einer konsequenten Umsetzung vielfältiger Maßnahmen können Biobetriebe rund 15 Prozent der im Biolandbau Schweiz anfallenden THG-Emissionen reduzieren. Betriebe verfügen hierbei abhängig vom Standort und den Betriebszweigen über unterschiedliche Möglichkeiten.

Emissionsreduktionen in der Nutztierhaltung

Die THG-Emissionen aus dem Nutztierbereich (Wiederkäuer, Schweine, Geflügel) des Schweizer Biolandbaus werden auf 0,65 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente geschätzt (Tab. 1). Diese Menge ist

Ausgangsbasis für die in der Studie identifizierten Reduktionspotenziale.

Das Methan, welches im Verdauungstrakt von Rindern produziert wird, macht den größten Anteil der THG-Emissionen aus dem Nutztierbereich aus (ca. 0,47 Millionen Tonnen CO₂-eq.), weshalb dort auch ein großer Hebel bei den Minderungsmaßnahmen liegt.

Fütterungsmaßnahmen umfassen die Umstellung auf Futterrationen, die zu geringeren Emissionen führen, bzw. die Nutzung von Futtermittelzusätzen, die den gleichen Effekt haben. Die Erhöhung des Kraftfutteranteils, vermehrte Verfütterung von Maissilage mit hohem Energiegehalt, ein kleiner Anteil von einigen Prozenten Ölen oder Fetten in der Ration, verbesserte Grundfutterqualität und Weidemanagement sind Beispiele solcher Maßnahmen auf der Ebene der Futterrationen. Diese Maßnahmen erreichen unter experimentellen Bedingungen teilweise eine Reduktion der THG-Emissionen zwischen fünf und zehn Prozent. Allerdings sind die meisten der im Biolandbau umsetzbaren Fütterungsmaßnahmen mit großem Aufwand, Flächenbedarf zur Erzeugung entsprechender Futtermittel und beachtlichen Kosten verbunden.

Gewisse Maßnahmen sind im Biolandbau in der Schweiz auch nicht zulässig, wie z. B. Kraftfutteranteile von 40 Prozent, welche in vielen Studien nötig waren, um relevante Emissionsreduktion zu erreichen. Solche Kraftfutteranteile sind auch nicht mit der Idee einer ressourcenschonenden Landwirtschaft mit geschlossenen Kreisläufen kompatibel. Die Integration von Grünlandpflanzen mit entsprechenden sekundären Inhaltsstoffen (Tanninen, ätherischen Ölen, Aucubin, z. B. Hornklee und Spitzwegerich) ist hingegen leicht zu implementieren, gut vereinbar mit den Bio-Richtlinien und bringt weitere Vorteile (z. B. betreffend Biodiversität, Tierwohl und -gesundheit sowie der Milchqualität), hat aber nur ein geringes Reduktionspotenzial. Dies gilt auch für spezielle Futtermittelzusätze wie ätherische Öle oder gewisse Nebenprodukte. Einzig der synthetische Futtermittelzusatz 3-NOP (z. B. Bovaer) hat ein großes in In-vivo-Studien nachgewiesenes Reduktionspotenzial von bis

Tab. 1: Geschätzte Treibhausgasproduktion der verschiedenen Bio-Nutztierpopulationen in Tonnen CO₂-eq im Jahr 2020

	Anzahl Tiere	Enterisches Methan	Methan aus Kot	Lachgas	Total
Kleinwiederkäuer	123.635	31.379	982	6.230	38.592
Rinder	202.552	469.777	92.180	44.795	606.752
Schweine	29.412	1.467	1.525	257	3.250
Geflügel	1.122.919	577	249	233	1.059
<i>Total</i>		<i>505.201</i>	<i>94.936</i>	<i>51.515</i>	<i>649.652</i>

(Quelle: FiBL)

zu 30 Prozent, ist aber als synthetischer Zusatz nicht mit den Biorichtlinien vereinbar. Asparagopsis-Produkte haben zwar auch ein großes Potenzial, aber es gibt Vorbehalte wegen möglicher negativer Auswirkungen einer großflächigen Produktion (im Ozean), dem Tierwohl und der Toxizität.

Neben dem Methan aus der Verdauung sind die Methan- und Lachgasemissionen aus Gülle und Mist bzw. deren Management und Lagerung die zweitgrößte THG-Emissionsquelle von Nutztieren im Schweizer Biolandbau (0,09 bzw. 0,05 Millionen Tonnen CO₂-eq.). Zur Reduktion dieser Emissionen können einerseits auch Fütterungsmaßnahmen, andererseits vor allem Maßnahmen bei der Hofdüngerlagerung beitragen. Dies wären also z. B. eine stickstoffarme Fütterung, kurze Lagerungsdauer für Hofdünger, kühle Lagerung, Ansäuern der Gülle, Abdeckung der Gülle oder die Nutzung des Hofdüngers in Biogasanlagen. Da die den THG-Emissionen aus der Hofdüngerlagerung zugrunde liegenden chemischen Prozesse sehr komplex sind, lässt sich das Reduktionspotenzial einzelner Maßnahmen nur annähernd abschätzen. Das gesamte Emissionsreduktionspotenzial dieser die Hofdünger betreffenden Maßnahmen wird auf etwa 15 Prozent der entsprechenden Emissionen geschätzt.

Tiefgreifendere Maßnahmen zur Emissionsreduktion ergeben sich auf Zucht- und Herdenebene, wenn man Züchtungen auf effizientere Raufutterverwertung, Zweinutzungsrasen mit optimaler Kopplung der Milch- und Fleischproduktion oder eine Verlängerung der Nutzungsdauer bzw. eine Verkürzung der unproduktiven Lebensphasen der Tiere anstrebt. Das totale Reduktionspotenzial all dieser Maßnahmen bewegt sich im Rahmen von zehn Prozent der heute anfallenden Emissionen. Zur Illustration präsentieren wir nachstehend in Tabelle 2 eine beispielhafte Berechnung, wie sich die Erhöhung der Lebensdauer von zwei auf vier Laktationen auf die Emissionen pro Kilogramm Milch auswirken könnte.

Die tiefgreifendsten und effektivsten Maßnahmen in der Nutztierhaltung und der gesamten aktuellen

Landwirtschaft, nämlich die Reduktion der Tierzahlen und der damit verbundenen THG-Emissionen, führen aber deutlich über den Tierhaltungsbereich und somit über die reine landwirtschaftliche Produktion hinaus. Diese Maßnahmen betreffen eigentlich konsumseitige Veränderungen hin zu weniger tierischen Produkten, was sich dann entsprechend in einer Reduktion des Angebots derselben niederschlägt. Zusätzlich ergibt sich dadurch eine Verschiebung zur pflanzlichen Produktion, was die Emissionsreduktionen aus den reduzierten Tierzahlen zu einem kleineren Teil wieder kompensieren würde. Eine deutliche Reduktion der Haltung von Rindern führt aber andererseits zu einem verringerten Bedarf an Grünlandflächen, sodass diese einer anderen Bewirtschaftungsform zugeführt werden müssten. Dieser Aspekt ist insbesondere für die Schweiz von hoher Relevanz, da rund zwei Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Schweiz Grünland umfassen. Wir nehmen diese Thematik auch im entsprechenden Abschnitt zu veränderten Konsummustern weiter unten nochmals auf.

Emissionsreduktionen im Pflanzenbau

Die Treibhausgase CO₂, Lachgas und Methan werden im Boden durch Stoffwechselaktivitäten der Mikroorganismen gebildet. Methan wird in belüfteten Böden komplett abgebaut und nur während staunassen und sauerstofflimitierten Situationen emittiert. Diese Situationen treten hauptsächlich im Reisanbau auf und können hohe Methanemissionen zur Folge haben. Da diese Kultur aber in der Schweiz nicht relevant ist, spielt Methan quantitativ im Pflanzenbau in der Schweiz keine Rolle und wird nicht weiter betrachtet.

Stark ins Gewicht fallen jedoch die Lachgasemissionen. Sämtliche Stickstoffdüngemittelaktivitäten in der Landwirtschaft führen zu Lachgasemissionen, da ein Anteil des ausgebrachten Stickstoffs als Lachgas verloren geht. Dies betrifft alle Düngerarten, d. h. sowohl Mineraldünger wie auch organische Düngemittel, seien dies Hofdünger aus der Tierhaltung, Kompost oder auch das Mulchen von Leguminosenkulturen.

Tab. 2: Beispielhafte Methanemissionen zweier Kühe, die nach zwei bzw. vier Laktationen geschlachtet werden

Lebensjahr	1	2	3	4	5	6	Total (l oder kg)	g CH ₄ je l Milch
Milch (l je a)	0	0	7.000	7.200			14.200	29.7
CH ₄ (kg je a)	80	100	120	122			422	
Milch (l je a)	0	0	7.000	7.200	7.250	7.300	28.750	23.5
CH ₄ (kg je a)	80	100	120	122	125	130	677	

* Über die gesamte Lebensdauer gesehen ist der Methanausstoß der Kuh, die sechs Jahre lebt und länger Milch produziert, etwa 20 Prozent geringer als der der Kuh, die vier Jahre lebt und entsprechend kürzer Milch produziert.

Der Biolandbau ist derzeit für rund zwölf Prozent der landwirtschaftlichen Lachgasemissionen der Schweiz verantwortlich. Das größte Potenzial für Reduktionen liegt im Gemüsebau und im Dauergrünland. Grund sind die in diesen Bereichen für den biologischen Landbau vergleichsweise hohen Düngemengen an Stickstoff. Insgesamt besteht durch Maßnahmen im Pflanzenbau ein Reduktionspotenzial der entsprechenden THG-Emissionen von circa zehn bis 15 Prozent.

Dieses Reduktionspotenzial kann vor allem durch eine Reduktion der Menge an reaktivem Stickstoff im Boden-Pflanze-System generell und durch eine verbesserte Synchronisation von Stickstoffangebot und -bedarf realisiert werden. Maßnahmen, um dies zu erreichen, sind z. B. ein Splitting der Güllegaben, sodass sie nur auf aktiv zehrende Kulturen ausgebracht werden, die Verwendung von Schleppschläuchen bei der Ausbringung, der Anbau von Leguminosen in Mischungen mit Nichtleguminosen, das Vermeiden von abfrierenden Gründüngungen oder dass Pflanzenrückstände mit engem C/N-Verhältnis abgeführt und Böden nicht im feuchten Zustand bearbeitet werden. Letzteres ist von zentraler Bedeutung, um Bodenverdichtungen zu vermeiden, die die Produktivität eines Standorts reduzieren können und die Bildung von Lachgas und Methan fördern. Dafür ist die Wahl des optimalen Bearbeitungszeitpunkts wichtig, aber auch die Maschinenentwicklung muss sich hin zu leichteren Maschinen orientieren.

Es ist noch zu betonen, dass im Biolandbau das große Potenzial zur Emissionsreduktion in der Landwirtschaft, welches sich aus einer Verminderung des Einsatzes stickstoffhaltiger Mineraldünger ergibt, natürlich nicht genutzt werden kann – da diese ja im Biolandbau nicht zugelassen sind, also bereits in der Baseline von 25 Prozent Biolandbau 2040 enthalten ist. Im konventionellen Landbau hat die Mineraldüngerreduktion jedoch großes Potenzial bei der Emissionsminderung, da sie einerseits die hohen Emissionen der Mineraldüngerproduktion vermindern würde, andererseits aber auch die Lachgasemissionen bei der Anwendung, die in der konventionellen Landwirtschaft oft im Kontext eines generell zu hohen Düngeneiveaus stattfindet.

THG-Reduktionen über verminderten Energieverbrauch Maßnahmen, die Emissionen aus dem Energieverbrauch zu vermindern, sind im Vergleich zu agronomischen Maßnahmen in der Tierhaltung und im Pflanzenbau oft viel einfacher zu benennen und abzugrenzen, da es sich um Maßnahmen auf der Ebene vergleichbar wenig komplexer technischer Anlagen und Abläufe handelt. Andererseits sind die Emissionen aus dem direkten Energieverbrauch in der Landwirtschaft vergleichsweise klein und das Emissionsreduktions-

potenzial entsprechend gering (im unteren einstelligen Prozentbereich). Der Energieverbrauch bzw. die damit verbundenen Emissionen können über einen Umstieg auf möglichst erneuerbare Energiequellen, eine Reduktion energieintensiver Produktionsmittel und einen Fokus auf beste Praxis betreffend Energieeffizienz bei Anwendungen (z. B. Überfahrten), Umbauten und Neuanschaffungen gesenkt werden. Für einige Maßnahmen sind dabei aber allenfalls größere Investitionen nötig, z. B. bei einer Umstellung von Heutrocknung mit fossiler Energie auf solare Heutrocknung, wobei die Betriebskosten dann natürlich viel tiefer ausfallen.

Ein gewisses Reduktionspotenzial besteht auch bei den Emissionen aus dem indirekten Energieverbrauch, welche z. B. beim Einkauf externer Produktionsmittel wie Futter- oder Düngemittel anfallen. Für Biobetriebe sind diese Einkäufe generell schon kleiner als bei konventionellen Betrieben. Sie können je nach Betriebszweig aber dennoch relevante Größenordnungen erreichen, bei denen es sich dann lohnt, abzuklären, wie energieeffizient die eingekauften Produkte sind und welche Verbesserungsmöglichkeiten bestehen.

Kompensation durch Kohlenstoffspeicherung

Die dauerhafte Speicherung von organischer Substanz ist eine zentrale Maßnahme, um die THG-Emissionen der Landwirtschaft im eigenen Wirkungsbereich zu kompensieren. Dazu stehen in der Landwirtschaft mehrere Möglichkeiten zu Verfügung:

- Speicherung von Kohlenstoff in der organischen Bodensubstanz,
- Einarbeitung von Pflanzenkohle,
- Speicherung von Kohlenstoff in lebender Biomasse, z. B. durch Etablierung von Agroforstsystemen.

Es wird geschätzt, dass im Biolandbau in der Schweiz über diese Maßnahmen eine Menge an Kohlenstoff, die in CO₂-Äquivalenten etwa 30 Prozent der THG-Emissionen entspräche, gebunden werden kann, und dass dadurch also etwa 30 Prozent der Emissionen kompensiert werden könnten (vgl. Abb. 1).

Die Anreicherung und Stabilisierung der organischen Bodensubstanz (Humus) können über verschiedene Maßnahmen, wie z. B. die folgenden beeinflusst werden:

- Anwendung organischer Düngemittel wie Hofdünger oder Kompost,
- Optimierung der Fruchtfolge (Einbezug von Klee-gras, Zwischenfrüchten und Untersaaten),
- Management der Erntereste und reduzierte Bodenbearbeitung.

Es gilt zu beachten, dass Böden nur eine begrenzte Menge organischer Substanz speichern können und diese kontinuierlich mit organischer Substanz aus Wirtschaftsdüngemitteln, Ernteresten und Wurzelrückständen erneuert werden muss. Werden Maßnahmen gestoppt oder der Humusanteil im Boden aufgrund des sich verändernden Klimas gemindert, können Zugewinne an Humus im Boden innerhalb weniger Jahre wieder verlorengehen. Zudem haben die unterschiedlichen Böden auch verschiedene Speicherpotenziale für organische Substanz. Die Menge, die jährlich gespeichert werden kann, nimmt mit der Annäherung an das Speicherpotenzial ab. Agronomische Langzeitversuche zeigen, dass unter Schweizer Biobedingungen langfristig jährliche Speicherraten von 100 Kilogramm Kohlenstoff (also etwa 0,37 Tonnen CO₂-eq) pro Hektar und Jahr erreicht werden können. Neben der Klimaschutzwirkung hat der Humusaufbau auch ein großes Anpassungspotenzial an den Klimawandel, da er die Bodenqualität verbessert.

Es ist wichtig zu betonen, dass diese Speicherung (und auch die nachstehend genannte Speicherung in lebender Biomasse) mittel- bis langfristig nicht einer Emissionsreduktion im eigentlichen Sinne entspricht. Einerseits kann das gespeicherte CO₂ bei geändertem Management schnell auch wieder verlorengehen, andererseits tritt bei der Speicherung eine Sättigung ein, und Emissionen, die in der Zeitspanne der Kompensation nicht reduziert wurden, tragen nach Erreichen dieser Sättigung wieder unvermindert zum Klimawandel bei.

Die Herstellung und Anwendung von Pflanzenkohle ist eine vielversprechende, zugleich aber kostenintensive Möglichkeit, um der Atmosphäre CO₂ zu entziehen und langfristig in Böden zu speichern. Eine Tonne Pflanzenkohle enthält circa 75 Prozent organischen Kohlenstoff und kann somit rund 2,7 Tonnen CO₂-Äquivalente kompensieren. Hierbei ist wichtig, dass nur qualitativ hochwertige Pflanzenkohlen verwendet werden (z. B. nach dem freiwilligen European Biochar Certificate [EBC] zertifiziert), damit der Boden nicht mit organischen und/oder anorganischen Schadstoffen belastet wird. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass das Holz als Ausgangsmaterial für die Pyrolyse (Herstellungsprozess der Pflanzenkohle) nicht unendlich verfügbar ist und nachhaltig entnommen werden muss. Für die Herstellung von einer Tonne Pflanzenkohle werden je nach Verfahren und Prozessführung zwischen drei und fünf Tonnen Ausgangsmaterial benötigt. In der hier präsentierten Studie wird geschätzt, dass genügend Rohmaterial zur Verfügung gestellt werden kann, um langfristig 100 Kilogramm Kohlenstoff (also etwa 0,37 Tonnen CO₂-eq) in Form von Pflanzenkohle pro Hektar und Jahr auf den Schweizer Bioflächen auszubringen. Zudem muss eine sinnvolle

»Aktivierung« der Kohle im Sinne einer Nährstoffsättigung vor deren Ausbringung gewährleistet sein (z. B. durch Co-Kompostierung, Ausbringung mit Hofdüngern, Kaskadennutzung in der Tierhaltung), da es ansonsten zu einer Bindung von Nährstoffen an der Kohle und einer entsprechend reduzierten Nährstoffverfügbarkeit für die Kulturen kommen kann.

Eine dritte Gruppe von Maßnahmen zur Kompensation im eigenen Wirkungsbereich zielt auf die Speicherung von CO₂ in lebender Biomasse wie etwa Bäumen. Dies kann z. B. durch die Etablierung von Agroforstsystemen geschehen. Diese Systeme bieten vielfältige Möglichkeiten, große Mengen organischer Substanz in den Böden und der Biomasse zu speichern, die Biodiversität zu fördern und die landwirtschaftliche Produktion besser an den Klimawandel anzupassen. Je nach Region und Betriebstyp können passende Agroforstsysteme in unterschiedlichen Intensitäten etabliert werden. Für die zugegebenermaßen mit sehr großen Unsicherheiten behaftete und stark von den spezifischen Annahmen über die Agroforstsysteme abhängige Abschätzung des entsprechenden Minderungspotenzials ging die Studie davon aus, dass bis zum Jahr 2040 rund ein Viertel der Schweizer Biobetriebe Agroforstsysteme auf ihren Flächen etablieren und so circa eine Tonne Kohlenstoff pro Hektar und Jahr (also etwa 3,7 Tonnen CO₂-eq pro Hektar und Jahr) in der Biomasse speichern würden. Es ist auch wichtig zu beachten, dass die Etablierung von Agroforstsystemen zu einer grundlegenden Veränderung der Produktionsstruktur auf den betroffenen Flächen führen kann bzw. zu starken Veränderungen in den totalen Produktionsmengen der verschiedenen Kulturen, die dort vorher angebaut wurden. Dies ist bei der Beurteilung allfälliger Verlagerungen von Emissionen zu beachten, wird hier aber nicht weiter thematisiert.

Kompensation durch erneuerbare Energien

Neben der Kompensation von Emissionen durch Kohlenstoffspeicherung auf dem Betrieb können auch Kompensationen durch die Erzeugung erneuerbarer Energien angeboten werden. Dabei wird nicht primär über eine Nutzung dieser Energie auf dem Betrieb argumentiert, sondern darüber, dass die auf dem Betrieb erzeugte Energie zur Reduktion der Nutzung fossiler Energie an anderer Stelle beitragen kann. Die Produktion von Biogas würde also die Vermeidung einer entsprechenden Menge fossilen Erdgases bedeuten und die Produktion von Strom aus Photovoltaik führte zur Einsparung einer entsprechenden Strommenge bzw. der damit verbundenen Emissionen auf dem internationalen Strommarkt.

Das größte Potenzial besteht dabei vor allem bei der (Agri-)Photovoltaik, da die Landwirtschaft über

viele Flächen verfügt, die zur Erzeugung erneuerbarer Energien durch die Installation von Photovoltaik(PV)-Anlagen genutzt werden können. Dies kann auf den Betriebsgebäuden geschehen, wo mit einer durchschnittlichen Dachfläche von 200 Quadratmetern pro Biobetrieb im Jahr 2040 rund ein Prozent der THG-Emissionen des Biolandbaus in der Schweiz kompensiert werden könnten.

Größeres Potenzial besteht jedoch bei der Agri-Photovoltaik im Feld. Neben den Dachflächen können in der nahen Zukunft auch Obstanlagen, Ackerflächen und Grünland mögliche Standorte sein, die zu einer Doppelnutzung der Flächen führen und als Agri-Photovoltaiksysteme bezeichnet werden. Agri-PV-Anlagen entwickeln neben der THG-Kompensation und einer zusätzlichen Einkommensquelle weitere

positive Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion, insbesondere in Bezug auf die Anpassung an den Klimawandel. In Praxisversuchen wurden z. B. in trockenen Jahren unter Agri-PV-Anlagen höhere Erträge als außerhalb der Anlagen erzielt. Freiflächenanlagen benötigen jedoch Raum und verändern das Landschaftsbild. Die eigene Energieproduktion kann aber ins Netz eingespeist werden oder in Kombination mit der Elektrifizierung und Verkleinerung der Maschinen in der Landwirtschaft (die für die Zukunft z. B. über Nutzung von kleineren Geräten, die einen Feldschwarm bilden, erwartet wird) zu einer erhöhten Selbstversorgung des Betriebs mit Energie und einer entsprechenden Reduktion des CO₂-Fussabdrucks führen. Sofern 7.500 Hektar in Schweizer Biobetrieben mit Agri-PV bestückt würden, könnten hierüber

Axel Wirz

Klimaneutrale Biolandwirtschaft – auch in Deutschland?

Ist eine Übertragbarkeit der Vision der Schweizer Studie und deren vorgeschlagenen einzelnen Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen auf die deutsche Biolandwirtschaft möglich? Um die Frage direkt zu beantworten: ja und nein!

Ja, ...

- weil die aufgezählten drei Stellschrauben (Reduktion, dauerhafte Kohlenspeicherung und Kompensation der unvermeidlichen THG-Emissionen) auch für die deutsche Biolandwirtschaft der notwendige Weg ist;
- weil einer der größten Wirkungshebel die Reduktion der Methan- und Lachgasemissionen aus der Tierhaltung ist.

Nein, ...

- weil die landwirtschaftlichen Strukturen in Deutschland wesentlich anders sind als in der Schweiz. Während 2021 die Schweiz 17,4 Prozent Biofläche¹ an der gesamten Landwirtschaftlichen Fläche (LF) hat, beträgt der deutsche Bioanteil im selben Jahr nur 10,7 Prozent² an der Gesamtfläche;
- weil das Speicherpotenzial durch Humusaufbau oft überschätzt wird, da der Humusgehalt nur zu einem Drittel von Bearbeitungsmaßnahmen abhängt, jedoch zu zwei Drittel vom Klima und Bodentyp;
- weil die Schweizer Ausgangssituation zur Erreichung eines 25-Prozent-Bioflächenanteils deutlich besser ist. Für Deutschland bedeutet das 25-Prozent-Ziel circa 4.122 Millionen Hektar Biofläche, das heißt, es müssen noch 2.320 Millionen Hektar umgestellt werden. Sollte dieses Ziel 2040 erreicht werden, so müssten in den nächsten 17 Jahren jährlich 136.000 Hektar auf Bio umgestellt werden – ein sehr ambitioniertes Unterfangen.

Die deutschen Ziele, festgehalten im Klimaschutzgesetz, sehen für 2030 eine Gesamtemission von 56 Millionen CO₂-eq für den gesamten landwirtschaftlichen Sektor vor, für 2045 sogar nur noch 37,5 Millionen CO₂-eq jährliche Restemission. Diese Ziele sind nur durch eine Abstockung bzw. Halbierung der Tierproduktion (minus 50 Prozent),³ Wiedervernässung von organischen Böden (mindestens 500.000 Hektar⁴) und durch Schaffung von ökologischen Vorrangflächen zu erreichen. Diese Ziele betreffen auch die Biolandwirtschaft, doch der größte Hebel, auch für eine klimaneutrale Biolandwirtschaft, ist eine deutliche Änderung des Ernährungs- und Konsumverhaltens – sprich: der Gedanke der Suffizienz, insbesondere beim Konsum tierischer Produkte, muss stärker in den Vordergrund gestellt werden und weniger das Beharren auf eine stärkere Effizienzsteigerung.

Anmerkungen

- 1 Schweizer Bundesamt für Statistik: Landwirtschaftliche Strukturhebung 2021. Neuchâtel 2022 (www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/landwirtschaft.html).
- 2 Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW). Branchenreport 2022. Berlin 2022.
- 3 A. Wirz, N. Kasperczyk und F. Thomas: Kursbuch Agrarwende 2050 – Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland. Hrsg. von Greenpeace Deutschland. Hamburg 2017, S. 5.
- 4 Ebd., S. 65.



Axel Wirz

Dipl.-Ing. Agrar (FH) und Betriebswirt, wissenschaftlicher Mitarbeiter beim FiBL Deutschland e.V., zuständig für Nachhaltigkeitsanalyse, sozial-ökologische Forschung und Beratung.

axel.wirz@fibl.org

15 Prozent der THG-Emissionen des Biolandbaus kompensiert werden. Diese Fläche entspräche rund drei Prozent der geschätzten landwirtschaftlichen Nutzfläche der biologischen Landwirtschaft in der Schweiz im Jahr 2040.

Bei der Kompensation von THG-Emissionen durch erneuerbare Elektrizitätsproduktion ist zu beachten, dass die Kompensationsleistung direkt von der CO₂-Emissionslast des aktuellen Strommixes abhängt. Solange fossile Energieträger zur Erzeugung des Stroms genutzt werden, können viele THG-Emissionen kompensiert werden. Je erneuerbarer aber der Strommix wird, desto weniger THG-Emissionen können mit diesen Anlagen kompensiert werden. Es ist ferner zu beachten, dass die Produktion erneuerbarer Energien nur dann als Kompensationsleistung geltend gemacht werden kann, wenn dadurch die Produktion fossiler Energien ersetzt wird und nicht zu einer zusätzlichen Energieproduktion führt.

Veränderung der Konsummuster

Wie bei allen Diskussionen zur nachhaltigen Landwirtschaft zeigt sich auch hier, dass diese nicht unabhängig vom Konsum und Handel betrachtet werden kann. Während die produktionsseitigen Minderungsmaßnahmen etwa 15 Prozent erreichen, sind es beim Konsum 25 Prozent (Abb. 1). Der zentrale Treiber dabei ist eine Reduktion der Tierzahlen, die mit einer Reduktion tierischer Produkte in der menschlichen Ernährung einhergeht, gefolgt von der Reduktion der Nahrungsmittelabfälle und -verluste, welche keine Veränderung in der Diät, aber im Verhalten bedingen. Beide Maßnahmen sind nicht spezifisch auf die biologische Landwirtschaft gemünzt, aber beide passen sehr gut zu den zentralen Werten der extensiven, nicht von externen Produktionsmitteln abhängigen und einem Kreislaufdenken verpflichteten biologischen Produktion.

In der Schweiz würde diese Reduktion der Tierzahlen dann auch vermehrt die Schweine und Hühner betreffen, da im Sinne der Ernährungssicherung und effizienten Ressourcennutzung der Futterbau auf Ackerland möglichst reduziert werden sollte – so weit bis er weniger durch hohe Tierzahlen als durch agronomische Notwendigkeiten optimaler biologischer Fruchtfolgen motiviert ist. Tiere werden in diesem System vornehmlich mit Futtermitteln, die nicht in direkter Konkurrenz zur Nahrungsproduktion stehen, gefüttert, wie z. B. Abfall- und Nebenprodukten. Ein Teil des Futterbedarfes für Schweine und Geflügel könnte auch im Grünland erzeugt werden (z. B. Weißklee zur Fütterung von Legehennen), so dass die Konkurrenz um Ackerflächen entschärft und das Grünland in geringerem Maße der Ernährung von Wiederkäuern dient. Die Erzeugung von Futter-

mitteln wie Getreide, Soja und Futtermais wird somit stark reduziert (*feed no food*).

Fazit

In dieser Studie wurde untersucht, ob und wie eine klimaneutrale Biolandwirtschaft in der Schweiz möglich wäre. Bei der Analyse zeigte sich, dass Klimaneutralität zu erreichen schwierig und sehr herausfordernd wäre – aber nicht unmöglich erscheint. Es zeigte sich allerdings auch, dass die eigentlichen Emissionsreduktionen in der Produktion dabei eine eher untergeordnete Rolle spielen. Ohne Kompensationen ist das Ziel »Netto-Null« nicht erreichbar und ohne grundsätzliche Veränderungen, die insbesondere den Konsum tierischer Produkte und somit die Anzahl gehaltener Tiere betreffen, auch nicht. Selbst mit diesen Maßnahmen bleibt jedoch noch eine Lücke, die es mit weiteren Innovationen und visionären Entwicklungen zu schließen gilt.

Bio Suisse hat die Vision einer klimaneutralen Produktion bis 2040 auf ihrer Delegiertenversammlung im Frühjahr 2022 als Grundsatz in ihre Richtlinien aufgenommen. Auch wenn das Ziel herausfordernd und vielleicht schwer erreichbar ist, kann diese Vision als starker Leitgedanke handlungswirksam werden und wichtige Entwicklungen in Gang setzen.

Wichtig ist dabei nicht zu vergessen, dass Landwirtschaft ohne Emissionen nicht möglich ist. Aufgrund der biochemischen Prozesse führt landwirtschaftliche Produktion immer zu Emissionen und in einer dekarbonisierten Welt wird der Landwirtschaftssektor derjenige sein, der unvermeidbar noch ein gewisses Emissionsbudget für sich beanspruchen muss. Dies bedeutet nicht, dass die Landwirtschaft nicht möglichst klimafreundlich werden soll – und es ist auch noch viel in diese Richtung machbar. Aber es bedeutet, dass der Wunsch nach Klimaneutralität in der Landwirtschaft mit Augenmaß und im Bewusstsein, dass es ohne Kompensationen nicht geht, geäußert und verfolgt werden muss.

Insbesondere ist auch zu beachten, dass beim Thema Klimawandel die primäre Herausforderung der Landwirtschaft die Anpassung an diesen sein muss. Viele Maßnahmen gehen dabei aber Hand in Hand, allen voran die Anstrengungen die Bodenkohlenstoffgehalte zu erhöhen. Solche führen unabhängig von einer zum Teil schwierig zu quantifizierenden und eher kleineren Minderungsleistung ganz allgemein zu verbesserter Bodenfruchtbarkeit und -qualität, was wiederum eine Grundlage für erfolgreiche Anpassung an zentrale Auswirkungen des Klimawandels wie Starkregenereignisse oder Dürren ist.

Zusätzlich ist zu beachten, dass Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft eine große Zahl von Aspekten umfasst, von denen Klimaschutz einer unter gleich-

berechtigt wichtigen anderen ist – denken wir nur an die Biodiversitätsverluste oder Nährstoffüberschüsse, die ja auch beim Konzept der planetaren Grenzen (*planetary boundaries*) auf gleicher Stufe wie der Klimawandel genannt werden. Auch hier sollte der Fokus auf Maßnahmen liegen, die mehrere Nachhaltigkeitsaspekte gleichzeitig positiv beeinflussen und Zielkonflikte möglichst vermeiden.

Dies zu betonen ist auch besonders wichtig im Kontext der Klimapolitik und von Anreizsystemen für die klimafreundliche Landwirtschaft, die im Rahmen des *carbon farming* diskutiert werden. Es ist zentral, dass solche Institutionen keine Fehlanreize setzen und der Komplexität und den systemischen Gegebenheiten nachhaltiger agrarökologischer Produktions- und Ernährungssysteme gerecht werden. Dies ist vor allem auch angesichts der zunehmenden Marktaktivitäten im Bereich *carbon farming* zu beachten, in dem immer mehr Anbieter von CO₂-Zertifikatslösungen und Akteure zur Beratung und Umsetzung dazu aktiv werden, die jedoch oft eher an günstigen Geschäftsmöglichkeiten und vorteilhaften Kommunikationsstrategien als an wirklich nachhaltigen Klimaschutzlösungen interessiert sind.

Folgerungen & Forderungen

- Aufgrund der grundlegenden biochemischen Prozesse ist Landwirtschaft ohne Emissionen nicht möglich.
- Klimaneutrale Landwirtschaft zu erreichen, ist sehr herausfordernd. Emissionsreduktionen spielen dabei eine untergeordnete Rolle, und ohne Kompensationen und grundsätzliche Veränderungen im Konsum tierischer Produkte und somit der Anzahl gehaltener Tiere geht es nicht.
- Zentrale landwirtschaftliche Kompensationsmaßnahmen sind die Bodenkohlenstoffsequestrierung, die Anwendung von Pflanzenkohle sowie Agroforstsysteme. Dazu kommt ein großes Potenzial aus der Erzeugung erneuerbarer Energien mit Photovoltaik auf den Dachflächen der Betriebe sowie im Feld (Agri-Photovoltaik).
- Beim Thema Klimawandel ist die primäre Herausforderung der Landwirtschaft die Anpassung an diesen. Viele Minderungsmaßnahmen gehen dabei Hand in Hand mit guter Anpassung, allen voran die Erhöhung der Bodenkohlenstoffgehalte.
- Anreizsysteme für klimafreundliche Landwirtschaft müssen so ausgestaltet werden, dass sie der Komplexität nachhaltiger agrarökologischer Produktions- und Ernährungssysteme und der notwendigen Quantifizierungen gerecht werden. Sonst führen sie zu Fehlansätzen und es besteht die Gefahr von Greenwashing.

Das Thema im Kritischen Agrarbericht

- ▶ Axel Weselek: Photovoltaik und Photosynthese – doppelte Sonnenernte. Erste Erfahrungen mit Agri-Photovoltaik und Auswertung eines Pilotprojekts am Bodensee. In: Der kritische Agrarbericht 2022, S. 228-234.
- ▶ Michael Hauschild, Philipp Weckenbrock und Andreas Gattinger: Ökolandbau – besser für das Klima? Über Landwirtschaft in Zeiten des Klimawandels und die Potenziale der Ökologischen Landwirtschaft. In: Der kritische Agrarbericht 2021, S. 122-127.
- ▶ Jörn Sanders und Jürgen Heß: Gesellschaftliche Leistungen des Ökolandbaus. Interdisziplinäres Forschungsprojekt vergleicht ökologische mit konventionellen Anbausystemen. In: Der kritische Agrarbericht 2020, S. 134-139.
- ▶ Urs Niggli und Andreas Fließbach. Gut fürs Klima? Ökologische und konventionelle Landwirtschaft im Vergleich. In: Der kritische Agrarbericht 2009, S. 103-109.

Anmerkungen

- 1 CO₂-Äquivalente (abgekürzt CO₂-eq.): Die verschiedenen THG CO₂, CH₄ und N₂O haben unterschiedliche Erwärmungspotenziale. Damit man die Wirksamkeit aller THG vergleichen kann und weil CO₂ über alle Sektoren hinweg das mit Abstand wichtigste THG ist, wird dessen Potenzial gleich 1 gesetzt. Demnach hat CH₄ ein etwa 25-fach und N₂O ein 298-fach höheres Potenzial zur Erwärmung der Atmosphäre als CO₂. Auf die Kontroversen zur Klimawirksamkeit des relativ kurzlebigen Methans können wir hier leider nicht näher eingehen.



Dr. Adrian Müller

wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Agrar- & Lebensmittelsysteme beim Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL Schweiz.

adrian.mueller@fibl.org



PD Dr. Markus Steffens

Co-Leitung der Gruppe Bodenfruchtbarkeit und Klima beim Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL Schweiz.

markus.steffens@fibl.org



Corinne Wälti

Fachstelle Nachhaltige Ernährung Stadt Bern, ehem. Projektleitung Klima bei Bio Suisse (Dachverband Schweizer Knospe-Betriebe).

c.waelti@gmx.ch



Prof. Dr. Knut Schmidtke

Direktor für Forschung, Extension & Innovation des Forschungsinstituts für biologischen Landbau FiBL Schweiz.

knut.schmidtke@fibl.org