

Auf den Punkt gebracht – gesellschaftliche Leistungen des ökologischen Landbaus

**Schlussbericht Teil 3 des Verbundprojektes
«Entwicklung eines leistungsdifferenzierten
Honorierungssystems für den Schutz der Umwelt»**



**Jörn Sanders, Jan Albus, Anita Frehner, Ulrich Hamm, Robert Hermanowski,
Jürgen Heß, Adrian Müller, Sarah Oberländer, Bernadette Oehen, Lukas
Pffner**

Auf den Punkt gebracht – gesellschaftliche Leistungen des ökologischen Landbaus

Der vorliegende dritte Teil des Schlussberichtes zum Forschungsprojekt «Entwicklung eines leistungsdifferenzierten Honorierungssystems für den Schutz der Umwelt (UGÖ)» fasst die Ergebnisse des dritten Moduls zusammen, in dem die zentralen wissenschaftlichen Erkenntnisse über die gesellschaftlichen Leistungen des Ökolandbaus zusammengefasst und komprimiert dargestellt werden.

Das Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL) gefördert.

FKZ 2819OE121

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Photo Titelblatt: © BLE/Bonn, Thomas Stephan

Die Durchführung des Projektes erfolgte in einem engen Austausch mit der BÖL-Geschäftsstelle und dem BMEL. Für die inhaltlichen Impulse und die administrative Unterstützung möchten wir insbesondere Frau Doris Pick, Dorothee Hahn und Karl Kempkens danken. Zudem möchten wir Gilles Weidmann, Insa Folkerts und Ana Stephan für das Lektorat sowie Patrick Baumann und Xenia Jöri für die graphische Umsetzung unseren Dank aussprechen. Hervorheben möchten wir auch die wertvollen Anmerkungen und Kommentare von Felix Löwenstein, Rainhard Grandke, Klaus-Peter Wilbois, Wolfgang Gutberlet, Manon Haccius und Knut Schmidtke zu einer Entwurfsfassung dieses Berichts.

Frankfurt, August 2023

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Hintergrund | 4 |
| 2 | Gesellschaftliche Leistungen des Ökolandbaus und die politische Debatte über die Zukunft der Landwirtschaft | 5 |
| 3 | Ökolandbau steht für nachhaltige Erträge | 7 |
| 4 | Vorteile des Ökolandbaus beim Klimaschutz..... | 9 |
| 5 | Wasserwirtschaft will Ökolandbau..... | 11 |
| 6 | Mehr Biodiversität durch ökologischen Landbau..... | 14 |
| 7 | Ökolandbau spart Energie..... | 17 |
| 8 | Ökologische Lebensmittel weisen zahlreiche Vorteile auf | 19 |
| 9 | Öko muss nicht teurer sein | 21 |
| | Literatur und Anmerkungen | 23 |

I Hintergrund

Welche Mehrleistungen erbringt der ökologische Landbau im Vergleich zur konventionellen Produktion für die Umwelt? Über diese Frage wird in der Öffentlichkeit immer wieder kontrovers diskutiert^[1-4]. Die unterschiedlichen Perspektiven auf den ökologischen Landbau lassen sich vornehmlich auf drei Aspekte zurückführen. Erstens, besteht in Europa mit der EU-Öko-Verordnung^[5] zwar ein einheitlicher Rechtsrahmen für die ökologische Produktion. Dieser gibt den Betrieben jedoch einen Gestaltungsspielraum, wie verschiedene Vorgaben umgesetzt werden können. Je nach Managementpraxis (z.B. Anteil und Bewirtschaftung des Kleeegrases in der Fruchtfolge, Art und Intensität der Bodenbearbeitung) unterscheiden sich Ökobetriebe deshalb hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen^[6]. Zweitens bezieht sich die Bewertung der Umwelteffekte des ökologischen Landbaus auf unterschiedliche räumliche Ebenen (lokal, regional, global). Zudem gibt es Studien, die sich auf Einzelleistungen fokussieren, während andere ein Bündel von Leistungen berücksichtigen. Je nach Fragestellung ergeben sich dadurch unterschiedliche Antworten und Schlussfolgerungen^[7,8]. Und drittens, im Ökolandbau sind – bedingt durch den umfassenden Systemansatz – die Umweltwirkungen nur zu einem Teil die Folge einer spezifischen Einzelmaßnahme (z.B. Verzicht auch chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel). Sie ergeben sich auch aus der Summe vielfältiger Wechselbeziehungen zwischen unterschiedlichen Managementpraktiken (konservierende Bodenbearbeitung, Verwendung von Kompostdünger, Anbau von Leguminosen) und dem standörtlichen Ökosystem^[9]. Die hohe Komplexität und Variabilität des Systemansatzes ist ein weiterer Erklärungsansatz, warum Ökobetriebe in unterschiedlichem Ausmaß die Umwelt schützen und in Folge dessen auch der Unterschied zur konventionellen Produktion nicht immer gleich ist.

In wissenschaftlichen Arbeiten besteht die Möglichkeit, diese Unterschiede differenziert zu beschreiben und zu bewerten. In der öffentlichen Diskussion ist dies jedoch nicht möglich. Hier gilt es, Sachverhalte auf das Wesentliche zu reduzieren und eindeutige Antworten zu geben. Konsument*innen wollen beispielsweise wissen, ob sie mit dem Kauf eines Ökoproduktes einen Beitrag zum Umweltschutz leisten oder nicht. Und politische Entscheidungsträger stellen sich die Frage, ob durch die Förderung des Ökolandbaus agrarumweltpolitische Ziele effizient erreicht werden können oder aber ob eine andere Maßnahme hierfür nicht besser eignet wäre.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel dieser Arbeit, einerseits auf der Grundlage des aktuellen Wissensstands relevante gesellschaftliche Aspekte des ökologischen Landbaus empirisch fundiert zu beschreiben. Auf der anderen Seite dies aber möglichst in komprimierter Weise und in einfachen Worten zu machen und dabei zu eindeutigen Schlussfolgerungen zu kommen. Beiden Ansprüchen in ausreichendem Maß nachzukommen, ist eine besondere Herausforderung und bedarf einer sorgfältigen Auswahl der Studien sowie der Interpretation und Zusammenfassung der Ergebnisse. Um wissenschaftliche Erkenntnisse mit einer möglichst hohen Aussagekraft zu nutzen, wurde bei der Auswahl der Literatur ein Schwerpunkt auf die Ergebnisse von wissenschaftlichen Metaanalysen gelegt. Zudem wurden nach Möglichkeit Veröffentlichungen herangezogen, die in Fachzeitschriften mit einem besonders strengen Review-Verfahren erschienen sind. Die jeweiligen Kernaussage wurde nach einer Auswertung der Literatur hinsichtlich der Möglichkeit ihrer Verallgemeinerung und Vereinfachung im Rahmen wiederholter Diskussionsrunden mit Fachexpert*innen und Kommunikationsexpert*innen untersucht und reflektiert.

Nachfolgend wird zunächst der allgemeine agrarpolitische Kontext beschrieben, der die Debatte über die gesellschaftlichen Leistungen des ökologischen Landbaus in den letzten Jahren geprägt hat (Kapitel 2). Da die Frage nach den Leistungen des ökologischen Landbaus im Bereich des Umwelt- und Ressourcenschutzes auch von der Diskussion über die Ertragsdifferenz zur konventionellen Produktion beeinflusst wird, folgt eine komprimierte Beschreibung des aktuellen Wissensstands zu diesem Thema (Kapitel 3). Daran schließt sich dann für die Themen «Klimaschutz», «Wasserschutz», «Biodiversität», «Energie», «Gesundheit» und «Bezahlbarkeit» eine Zusammenfassung der wissenschaftlichen Erkenntnisse mit dem Ziel an, die wesentlichen Sachzusammenhänge kurz, prägnant und einfach darzustellen (Kapitel 4 – 9).

- 2 Gesellschaftliche Leistungen des Ökolandbaus und die politische Debatte über die Zukunft der Landwirtschaft

2 Gesellschaftliche Leistungen des Ökolandbaus und die politische Debatte über die Zukunft der Landwirtschaft

Agrarpolitik im Wandel der Zeit

Die deutsche und europäische Agrar- und Ernährungspolitik sollte in den Jahrzehnten vor der Jahrtausendwende in erster Linie die Ernährung sichern und angemessene Einkommen für die in der Landwirtschaft tätigen Menschen gewährleisten. Seit den 90iger Jahren des vergangenen Jahrhunderts wäre sie auch angehalten, den ökologischen Fußabdruck der Landwirtschaft zu verkleinern und zur Entwicklung ländlicher Räume beizutragen. Die Agrar- und Ernährungspolitik war bisher Politik für einen einzelnen Wirtschaftsbereich, flankiert durch Ansätze der Agrarumweltpolitik und der regionalen Entwicklung in den ländlichen Räumen, jedoch auch dies vornehmlich aus agrarischer Perspektive^[1].

Die Einbettung von Landwirtschaft und Ernährung, des gesamten Agrar- und Ernährungssystems, in den Prozess gesamtgesellschaftlicher Veränderungen war kein vorrangiges Ziel einer Mehrheit der Agrar- und Verbandspolitiker*innen. Agrarpolitik war ein sektorales Betätigungsfeld von Expert*innen mit agrarischem Hintergrund. Heute – so der wissenschaftliche Beirat für Agrar- und Ernährungspolitik – sei jedoch eine integrierte Agrar- und Ernährungspolitik unabdingbar, wenn globale, europäische und deutsche Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, Klimaschutzziele) erreicht werden sollen^[2]. Anstöße für die Einbettung agrarpolitischen Denkens in die gesamtgesellschaftliche Entwicklung kommen aus dem Agrar- und Ernährungssystem selbst^[3] und von zahlreichen Vordenker*innen, u.a. im Ökolandbau, von Thinktanks, Verbraucherschutz sowie aus den Kreisen des Natur- und Umweltschutzes, des Klimaschutzes und der Wissenschaft^[4].

Der bislang in Deutschland eher hermetische agrarpolitische Diskurs wird allmählich aufgebrochen. Die wegweisenden Beschlüsse und Initiativen multilateraler und europäischer Institutionen geben den Rahmen auch für die deutsche Agrar- und Ernährungspolitik vor^[8-10]. Angestoßen von kritischen Nichtregierungsorganisationen und medialer Aufmerksamkeit wurden diverse für die zukünftige Entwicklung unserer Gesellschaft und Wirtschaft notwendigen Veränderungen in der Landwirtschaft von der deutschen Politik aufgegriffen. Ausgehend von der Überzeugung, dass die Veränderungsprozesse in Landwirtschaft und Ernährung nur durch Konsensbildung erfolgreich sein können, hat das BMEL seit 2010 diverse Diskurs- und Konsultationsprozesse initiiert, deren Ergebnisse in unterschiedlichem Maß in das politische Handeln einfließen^[11-13]. Mit dem Koalitionsvertrag des Deutschen Bundestages für die 20. Legislaturperiode seit 2021 hat sich die Bundesregierung den Auftrag zur Gestaltung des Veränderungsprozesses des Agrar- und Ernährungssystems gegeben, darunter prominent das Ziel von 30% Ökolandbauflächen bis 2030^[14]. Ein Schritt zu einer integrierten Agrar- und Ernährungspolitik sind die Eckpunkte des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), die das Bundeskabinett am 21.12.2022 verabschiedet hat. Auch hier wird auf den Austausch und die Ideen vieler Beteiligter aus der Gesellschaft gesetzt^[15]. Die Zukunftskommission Landwirtschaft soll als Forum des Interessenausgleichs fortgeführt werden^[16]. Kooperative Lösungsfindung im Diskurs ist eine der Konstanten im agrar- und ernährungspolitischen Handeln geworden.

Kernanforderungen an das künftige Agrar- und Ernährungssystem

Mehr Gerechtigkeit zwischen den Generationen, zwischen gut- und geringverdienenden Menschen, zwischen Stadt und Land, für Menschen des Globalen Südens und für die Umwelt mit Blick auf die planetaren Belastungsgrenzen herzustellen, sind große Aufgaben, die aus Sicht vieler Expert*innen energischer als bisher angegangen werden müssen. Für unser Agrar- und Ernährungssystem, insbesondere für unsere Ernährungsweise und -stile, ist dies mit einem tiefgreifenden Veränderungsprozess verbunden. Auf andere Weise ist eine Verringerung des sozialen und

2 Gesellschaftliche Leistungen des Ökolandbaus und die politische Debatte über die Zukunft der Landwirtschaft

ökologischen Fußabdrucks unserer Ernährung nicht möglich^[17]. Die Rolle des Staates und die Eigenverantwortung der Bürger*innen müssen dafür neu justiert werden^[18].

Landwirt*innen sind mit Blick auf die globalen Verflechtungen und Abhängigkeiten der Agrarmärkte^[19] und auf die vielfältigen, wachsenden Anforderungen an nachhaltige Erzeugungsweisen jedoch besorgt, dass sie wirtschaftlich und sozial auf der Strecke bleiben^[20]. Andererseits reagieren Konsument*innen reserviert auf Ansinnen des Staates, ihre Ernährungsweisen zu verändern, und sorgen sich um die Bezahlbarkeit ihrer Lebensmittel.

Dementsprechend müssen für Landwirtschaft und Ernährung Begründungen und Ziele der Anpassung und der Anpassungsprozess selbst durch die politischen Entscheidungsträger konkreter beschrieben werden, wie z.B. durch die Zukunftskommission Landwirtschaft geschehen ist^[21]. Die Zukunftskommission ist ein gutes Beispiel für die neue Form des Diskurses, in dem in gegenseitigem Respekt der Beteiligten Lösungen für die anstehenden komplexen Herausforderungen kooperativ gesucht werden. Dafür kann es sich lohnen, sich auf die überwiegend positive Einstellung zur Landwirtschaft in unserer Gesellschaft und ihre unverzichtbare Aufgabe, die regionale und globale Ernährung zu sichern und nachwachsende Rohstoffe zu erzeugen, zu besinnen. Dabei ist auf den jeweiligen Standorten eine möglichst an die bodenklimatischen Bedingungen angepasste hohe Erzeugung mit möglichst geringem ökologischem Fußabdruck anzustreben, um den großen Herausforderungen des sich ändernden Klimas zu begegnen, mit denen unser aktuelles Ernährungssystem konfrontiert ist. Nachhaltige Landwirtschaft in Europa braucht angesichts schwankender und tendenziell sinkender Einkommen in der Landwirtschaft sowie weltweit unterschiedlicher Anforderungen an Produktqualität, Tier- und Umweltschutz Innovationen, neue Regeln und unterstützende Instrumente. Insbesondere ist es notwendig, einen wirtschaftlichen Anreiz zu schaffen für die von den Bürger*innen gewünschten, aber nicht über die Preise der Erzeugnisse entlohnten Leistungen. Dabei muss eine Agrarförderung für die Einführung und die Beibehaltung nachhaltiger Landwirtschaftspraktiken für Landwirt*innen langfristig planbar gestaltet werden und eine finanzielle Absicherung bieten^[22].

Auf der Nachfrageseite ist der Veränderungsprozess untrennbar mit einer Ernährungsumstellung und einem veränderten Konsum von Lebensmitteln verbunden – insbesondere durch den Übergang zu einer fleischarmeren Ernährung und durch die konsequente Vermeidung von Lebensmittelverlusten^[23]. Diese Veränderungen zu erreichen und tragfähig auszugestalten, ist eine Aufgabe, die Zeit benötigt. Denn angesichts der erforderlichen tiefgreifenden Veränderungen der Produktion, der Änderungen im Konsumverhalten und der offenen Frage, wer dafür die Richtung vorgeben soll und will, ist sie ein komplexes Unterfangen. Wie die Erfahrung lehrt, erreichen staatliche Vorgaben und Kampagnen nur selten den gewünschten Effekt^[24]. Eine von lokalen und regionalen Gruppen geführte Diskussion und anschließend getragene Entwicklung unter Einbeziehung von Stakeholdern aus Landwirtschaft, Ernährungswirtschaft und Verbraucherseite, verspricht dabei zusätzlichen Erfolg.

3 Ökolandbau steht für nachhaltige Erträge

Ökolandwirt*innen verzichten zugunsten der Umwelt auf Höchstserträge. Eine ausreichende Lebensmittelversorgung ist dennoch global möglich, wenn die Menschheit weniger Fleisch essen würde und weniger Lebensmittel verloren gehen würden. Höhere Erträge werden aber auch im Ökolandbau angestrebt – auf eine nachhaltige Weise.

Die Erträge im ökologischen Landbau fallen im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung niedriger aus. Ein wesentlicher Grund hierfür ist der Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und leicht lösliche mineralische Düngemittel^[1,2]. Im Durchschnitt liegt das Ertragsniveau bei Ackerkulturen in Mittel- und Westeuropa zwischen 10 und 40 % unter dem der konventionellen Landwirtschaft^[3-5]. Dabei schwanken die Ertragsunterschiede erheblich und hängen stark von der Intensität bzw. dem Management der ökologischen und konventionellen Bewirtschaftung, dem Standort und der Kultur ab. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Ertragsdifferenz umso größer ist, je intensiver der konventionelle Landbau betrieben wird^[3]. Zudem ist zu berücksichtigen, dass ökologisch wirtschaftende Betriebe einen Teil ihrer Fläche für den Anbau von Stickstoff fixierenden Leguminosen wie beispielsweise Klee gras verwenden. Diese Flächen stehen dann für die Erzeugung von Lebensmitteln nur sehr eingeschränkt zur Verfügung^[6,7].

Höchstserträge belasten die Umwelt durch hohen Betriebsmitteleinsatz

In der Diskussion über die Ertragsunterschiede wird bisher zu wenig berücksichtigt, dass die hohen Erträge in der Landwirtschaft die Umwelt teils in erheblicher Weise beeinträchtigen.^[8,9] Hier zeigt sich ein Vorteil der ökologischen Produktion. Da der ökologische Landbau weniger externe Betriebsmittel einsetzt und die Produktionsintensität insgesamt niedriger ist, wird die Umwelt im Vergleich zur konventionellen Produktion weniger belastet^[10-13]. Konkret: Es werden systembedingt weniger Treibhausgasemissionen und Schadstoffe emittiert, es entstehen weniger Nährstoffüberschüsse, und die biologische Vielfalt wird gefördert (siehe hierzu auch die Kapitel 3-9). Im Hinblick auf die gegenwärtige Überschreitung der planetaren Belastungsgrenzen kann der ökologische Landbau demnach dazu beitragen, die natürlichen Ressourcen und die Umwelt zu schützen, was eine Voraussetzung für eine nachhaltige und resiliente Lebensmittelerzeugung ist^[14,15].

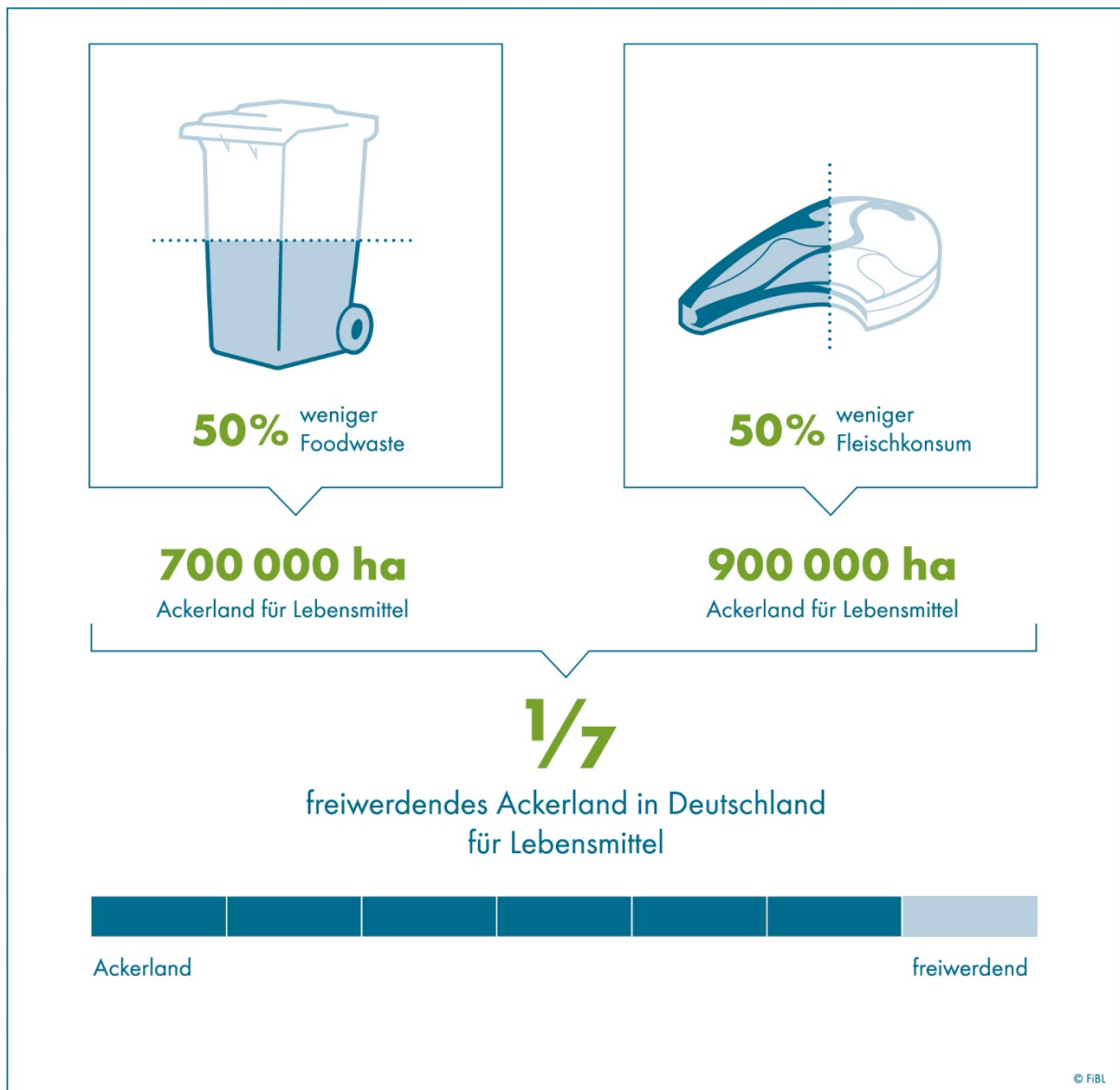
Sicherung der Welternährung braucht Änderung des Lebensmittelkonsums

Um eine globale Ernährungssicherheit bei gleichzeitig steigender Weltbevölkerung sicherstellen zu können, wird die globale Nachfrage nach Lebensmitteln bis 2050 gegenüber 2010 ohne eine Anpassung unserer Konsumgewohnheiten schätzungsweise um 35 bis zu 55% zunehmen^[16]. Aus dieser Perspektive müssten die niedrigeren Erträge im Ökolandbau kritisch beurteilt werden. Allerdings ist eine Fortsetzung der bestehenden Konsummuster der Industrieländer nicht anzustreben. Aus gesundheitlichen Gründen wäre es sinnvoller, weniger tierische Lebensmittel zu konsumieren^[17]. Zudem werden gegenwärtig global rund ein Drittel der produzierten Lebensmittel weggeworfen bzw. gehen durch schlechte Infrastruktur bei Lagerung, Transport oder Kühlketten verloren^[18]. Durch eine Halbierung des Fleischverzehr entsprechend der Ernährungsempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung^[19] würden alleine in Deutschland 900 000 Hektar Ackerfläche frei, die bisher für den Anbau von Futtermitteln verwendet werden^[20]. Darüber hinaus könnte der Flächenbedarf in Deutschland um weitere 700 000 Hektar Ackerland reduziert werden, wenn 50 % weniger Lebensmittel weggeworfen werden^[20]. Wenn es zu einer entsprechenden Umstellung der Ernährungs- und Konsumgewohnheiten auf globaler Ebene käme, wäre es möglich, die globale Nachfrage nach Lebensmitteln durch ökologische Produktionsmethoden zu decken^[21].

Auch der Ökolandbau will höhere Erträge, aber nachhaltig

Auch im Ökolandbau ist man bestrebt, die Erträge durch die Entwicklung und Anwendung innovativer Verfahren zu erhöhen. In diesem Zusammenhang werden verschiedene produktionstechnische Ansätze diskutiert: weitere Fortschritte in der Züchtung, besseres Nährstoffmanagement, Misanbau von Kulturen oder Entwicklung neuer Maschinen und ökologischer Düngemittel^[22]. Zudem bieten IT-Anwendungen zur Verbesserung des systemischen Managements^[22] sowie branchenspezifische Informations- und Weiterbildungsangebote zum ökologischen Landbau Möglichkeiten, die Erträge zu erhöhen. Wichtig dabei: Ertragssteigerungen im Ökolandbau sollen nicht zu Lasten der Umwelt gehen, sondern unter Berücksichtigung der planetaren Grenzen erfolgen.

Flächenpotentiale durch veränderte Konsumgewohnheiten



Durch eine Halbierung des Fleischkonsums und der Lebensmittelverluste würden rechnerisch 1/7 der Ackerfläche in Deutschland frei, die bisher für den Anbau von Futtermitteln verwendet werden.

Berechnung auf der Grundlage von Daten des BMEL und Wirz (2017).

4 Vorteile des Ökolandbaus beim Klimaschutz

Der Ökolandbau verwendet weniger mineralischen Stickstoffdünger. Dadurch werden weniger Treibhausgasemissionen emittiert. Zudem fördern ökologische Bewirtschaftungspraktiken den Humusaufbau, wodurch CO₂ aus der Atmosphäre im Boden gebunden werden kann. Zusammen mit einer klimafreundlichen Ernährung trägt der Ökolandbau deshalb zum Klimaschutz bei.

Landwirtschaft muss Treibhausgasemissionen senken und binden

Um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen,^[1] müssen die Treibhausgasemissionen in sämtlichen Sektoren drastisch und schnell reduziert sowie alle Möglichkeiten zur Kompensation verbleibender Emissionen genutzt werden. Das betrifft auch die Landwirtschaft, die sowohl zum Klimawandel beiträgt als auch von dessen Folgen stark betroffen ist.

Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes hat die deutsche Landwirtschaft im Jahr 2022 gut 55 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalente (CO₂-Äq.) emittiert^[2]. Dies entspricht rund 7 % der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland. Die Emissionen entstehen in der Landwirtschaft insbesondere durch Verdauungsvorgänge in der Tierhaltung (Methan) sowie durch die Düngung und Bearbeitung landwirtschaftlicher Böden (Lachgas). Zusätzlich fallen Treibhausgase im vorgelagerten Bereich der landwirtschaftlichen Produktion an, vor allem bei der energieintensiven Herstellung von Stickstoffdüngern und Pflanzenschutzmitteln^[3]. Bezieht man auch diese Emissionen in die Betrachtung ein, ist die Landwirtschaft für rund 13 % der deutschen Treibhausgase verantwortlich^[4].

Ökolandbau vermindert Treibhausgasemissionen

Die ökologische Wirtschaftsweise trägt in vielfältiger Weise zum Klimaschutz bei. Insbesondere durch die Reduzierung des Stickstoffeinsatzes, den Verzicht auf leicht lösliche mineralische Stickstoffdünger (bei dessen Herstellung große Mengen an CO₂ emittiert werden) und die höhere Kohlenstoffbindung können die flächenbezogenen Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau durch eine ökologische Bewirtschaftung halbiert werden. Das Minderungspotenzial wird auf rund eine Tonne CO₂-Äquivalente pro Hektar und Jahr geschätzt^[5-7].

Reduzierte Stickstoffüberschüsse führen zu weniger Lachgasemissionen

Im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft sind die bodenbürtigen Lachgasemissionen im Ökolandbau pro Hektar in den gemäßigten Klimaten rund 25 % tiefer^[5]. Ein wesentlicher Grund hierfür sind die geringeren Stickstoffmengen, die auf Ökoflächen ausgebracht werden. So haben wissenschaftliche Untersuchungen gezeigt, dass bei einer organischen Düngung, wie sie im ökologischen Landbau praktiziert wird, der Anteil des Stickstoffs, der als Lachgas verloren geht, fast zwei Drittel niedriger sein kann als bei chemisch-synthetischen Mineraldüngern^[8].

Der Ökolandbau fördert die Bindung von Kohlenstoff im Boden

Der Ökolandbau fördert den Klimaschutz zudem durch verschiedene Maßnahmen, die zum Humusaufbau beitragen. Hierzu zählen beispielsweise vielfältige Fruchtfolgen, eine dauerhafte Bodenbedeckung, organische Düngung und eine möglichst angepasste Bodenbearbeitung. Im Ganzen führt dies zu tendenziell höheren Gehalten an organischem Kohlenstoff in den Böden und einer positiven Klimaschutzwirkung durch die Bindung von Kohlenstoff^[9]. Im Durchschnitt werden in den gemäßigten Klimazonen im Ökolandbau etwa 250 kg C/ha/Jahr (oder etwa 900 kg CO₂-Äquivalente/ha/Jahr) mehr CO₂ als im konventionellen Landbau gebunden^[5]. Die Kohlenstoffgehalte ökologisch bewirtschafteter Böden liegen damit etwa 10 % höher als jene konventionell bewirtschafteter Böden^[5]. Bei Studien, die auch Untersuchungen in anderen Klimazonen berücksichtigt haben, lag der Unterschied bei rund einer halben Tonne Kohlenstoff pro Hektar und Jahr^[10,11].

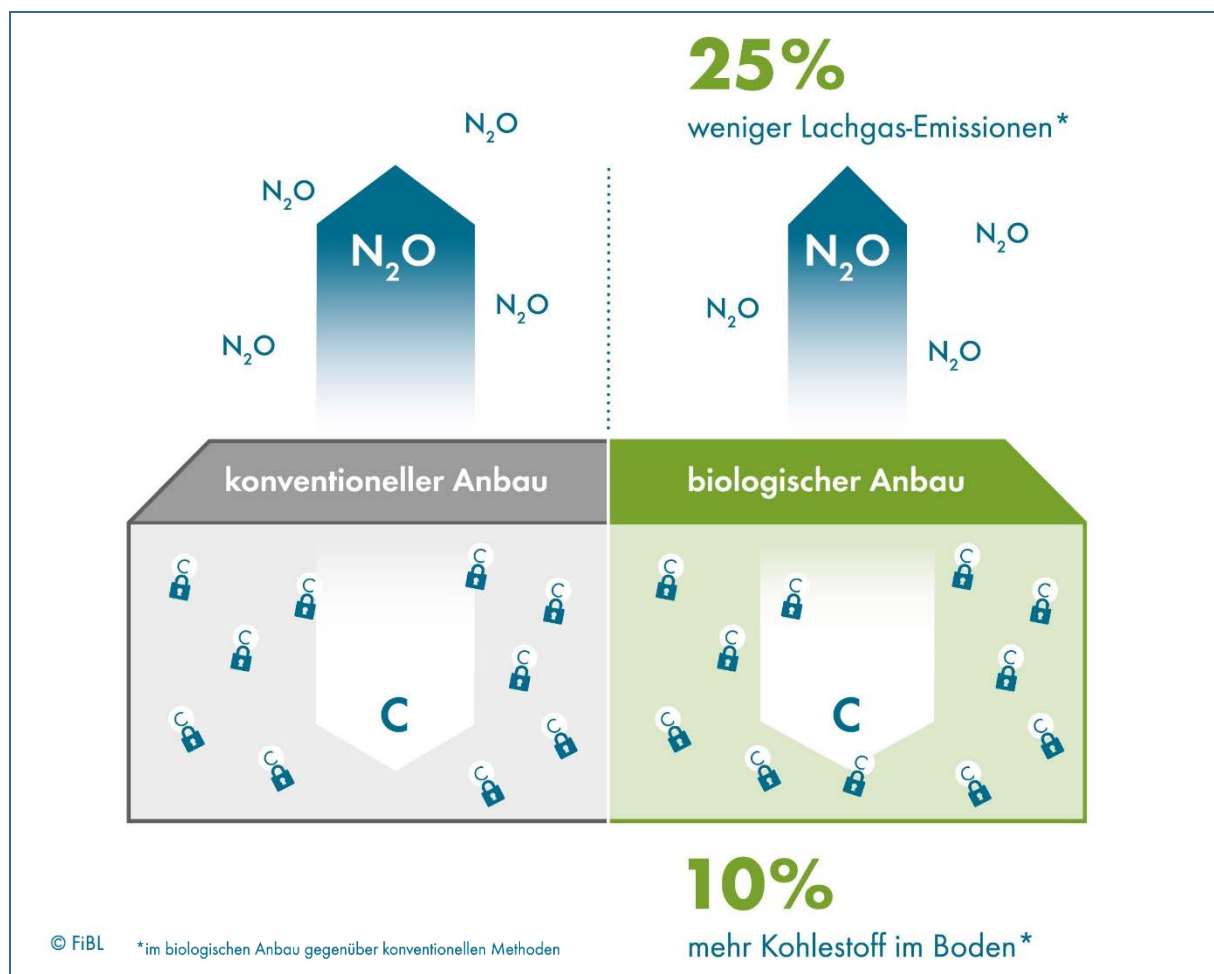
Weniger Futtermittel vom Acker, weniger Futtermittelimporte – eine Reduktion der Anzahl Tiere hilft dem Klima

Vergleichsdaten zur Klimawirkung der konventionellen und ökologischen Tierhaltung gibt es bislang erst wenige. Die zum Teil widersprüchlichen Resultate lassen nur bedingt eine fundierte Bewertung zu. [5,6,12] Grundsätzlich sehen viele Expert*innen den größten Hebel für mehr Klimaschutz in der Tierhaltung in einer Verminderung der Anzahl der gehaltenen Tiere. Die im Ökolandbau vorgeschriebene Begrenzung des Tierbesatzes auf rund zwei Großvieheinheiten je Hektar^[13] ist eine Maßnahme, die auch dem Klima hilft.

Weniger Abfall, weniger tierische Produkte – Klimaschutz ist nur mit einer Veränderung der Konsummuster möglich

Die zentralen Möglichkeiten zur Verminderung der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft sind bekannt: weniger Stickstoffmineraldünger, weniger (importierte) Acker-Futtermittel (wie Getreide oder Soja), weniger Nutztiere. Nicht vermeidbare Emissionen können durch Humusaufbau im Boden kompensiert werden. Ein wirksamer Klimaschutz setzt dabei jedoch eine Änderung der Konsummuster voraus. Wenn eine Reduktion der Anzahl Tiere zu Mehrimporten tierischer Produkte führt, ist nichts gewonnen. Dasselbe gilt auch für Verlagerungseffekte durch niedrigere Erträge im Ökolandbau.

Wie der Ökolandbau dem Klima hilft



Im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft sind die Lachgasemissionen im Ökolandbau pro Hektar durchschnittlich rund 25% niedriger. Zudem ist in ökologisch bewirtschafteten Böden 10% mehr Kohlenstoff vorhanden. Insgesamt können durch Ökolandbau rund eine Tonne CO₂ Äquivalente pro Hektar und Jahr eingespart werden.

5 Wasserwirtschaft will Ökolandbau

Der Ökolandbau weist in Bezug auf den Trink- und Grundwasserschutz erhebliche Vorteile auf. Denn er nutzt potenziell ins Grundwasser austretende schädliche Stoffe gar nicht oder nur stark reduziert, da der Einsatz von Düngemitteln einer strengen Limitierung unterliegt. Stickstoff ist damit ein sehr knappes Gut. Ein sorgsamer Umgang ist deshalb systemimmanent. Ein weiteres Plus: chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel sind im Ökolandbau nicht erlaubt und der Einsatz von Tierarzneimitteln unterliegt starken Restriktionen. Die Wasserwirtschaft und der ökologische Landbau verfolgen beim Wasserschutz die gleichen Ziele.

Landwirtschaft gefährdet die Trinkwasserqualität

Die Kosten für die Trinkwasseraufbereitung in Deutschland steigen aufgrund zunehmender Belastungen, vor allem auch durch die Landwirtschaft^[1,2]. Im Jahr 2017 lagen sie bei zirka 633 Millionen Euro pro Jahr^[3]. Ein wesentlicher Grund für die hohen Kosten ist die hohe Nitratkonzentration im Grundwasser. Diese ist wiederum eine Folge des hohen Stickstoff-Überschusses in der Landwirtschaft, der trotz vielfältiger Maßnahmen nur langsam zurückgeht und aktuell bei zirka 80 kg pro Hektar und Jahr liegt^[4]. An rund einem Viertel der bundesweiten Messstellen wird die zulässige Nitratkonzentration von 50 Milligramm pro Liter regelmäßig überschritten^[5].

Eine weitere Herausforderung für die Trinkwasserqualität ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln mit einer hohen Toxizität. Das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit fand im Zeitraum 2009 bis 2018 an 114 Messstellen zehn Wirkstoffe über dem Grenzwert von 0,1 Mikrogramm je Liter und drei nicht relevante Metabolite (Zwischenprodukte eines biochemischen Stoffwechselforgangs) über dem Leitwert von 10 Mikrogramm je Liter^[6]. Auch der Einsatz von Tierarzneimitteln in der Landwirtschaft trägt über die Ausscheidungen der behandelten Tiere zur Gewässerbelastung bei^[7].

Nitratbelastung durch Ökolandbau senken

Ökologische Wirtschaftsweise ist eine wirksame Möglichkeit, um die Belastung der Gewässer zu vermindern. Durch die niedrigere Düngeintensität im Ökolandbau ergibt sich eine geringere Nitratbelastung. Während der Einsatz von stickstoffhaltigen Düngemitteln im ökologischen Landbau auf maximal 170 kg pro Hektar und Jahr über Wirtschaftsdünger begrenzt ist, für die strenge Restriktionen bezüglich Art und Herkunft gelten^[8], werden in der konventionellen Landwirtschaft zusätzlich mineralische Stickstoffdünger eingesetzt. Stickstoff ist im Ökolandbau ein sehr knappes Gut. Ökolandwirt*innen sind deshalb besonders bestrebt, den Stickstoff im System zu halten und Verluste u.a. durch Auswaschung zu vermeiden^[9]. Mittels einer ausgewogenen Fruchtfolge mit Untersaaten und Zwischenfrüchten wird ein möglichst effizienter und damit verlustarmer Transfer von Stickstoff von den Leguminosen und Wirtschaftsdüngern zu den Kulturpflanzen angestrebt^[8-10]. Aufgrund der Restriktionen, u.a. durch die flächengebundene Tierhaltung, ist eine Überdüngung weniger wahrscheinlich^[11-14]. Alle Faktoren zusammengenommen führen dazu, dass die Nitratbelastung des Wasserkörpers im Zeitverlauf nach einer Umstellung der darüberliegenden Flächen auf ökologische Wirtschaftsweise deutlich abnimmt. Eine umfassende Auswertung der bestehenden wissenschaftlichen Literatur zu diesem Thema hat ergeben, dass eine ökologische Bewirtschaftung zu einer Verminderung des Nitrataustrags um durchschnittlich knapp 40 % führt^[11].

Keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel und weniger Tierarzneimittel

Auch beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist der Ökolandbau klar im Vorteil. Eine Grundwasserbelastung durch aus der Landwirtschaft ausgetragene chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel kann ausgeschlossen werden. Der Einsatz von Herbiziden ist im Ökolandbau nicht zugelassen. Der Pflanzenschutz wird im Ökolandbau vorrangig durch systembezogene indirekte Maßnahmen wie ausgewogene Fruchtfolgen und den Anbau von Wildkräuter unterdrückenden Kulturen (wie Klee gras) sichergestellt und durch mechanische und thermische Maßnahmen

ergänzt^[8,10,11]. Auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zur direkten Bekämpfung von Schaderregern wird weitgehend verzichtet. Der Systemansatz, aber auch speziell der Wasserschutz, sind gemäß der EU-Öko-Verordnung explizite Ziele des ökologischen Landbaus^[8]. Zudem ist das Risiko einer Belastung des Grund- und Trinkwassers mit Tierarzneimittelspuren im ökologischen Landbau aufgrund der flächenabhängigen Viehhaltung (Verdünnungseffekt) und des sehr restriktiven Einsatzes von Antibiotika deutlich herabgesetzt^[8,15].

Wasserwirtschaft und Ökolandbau gehen Hand in Hand

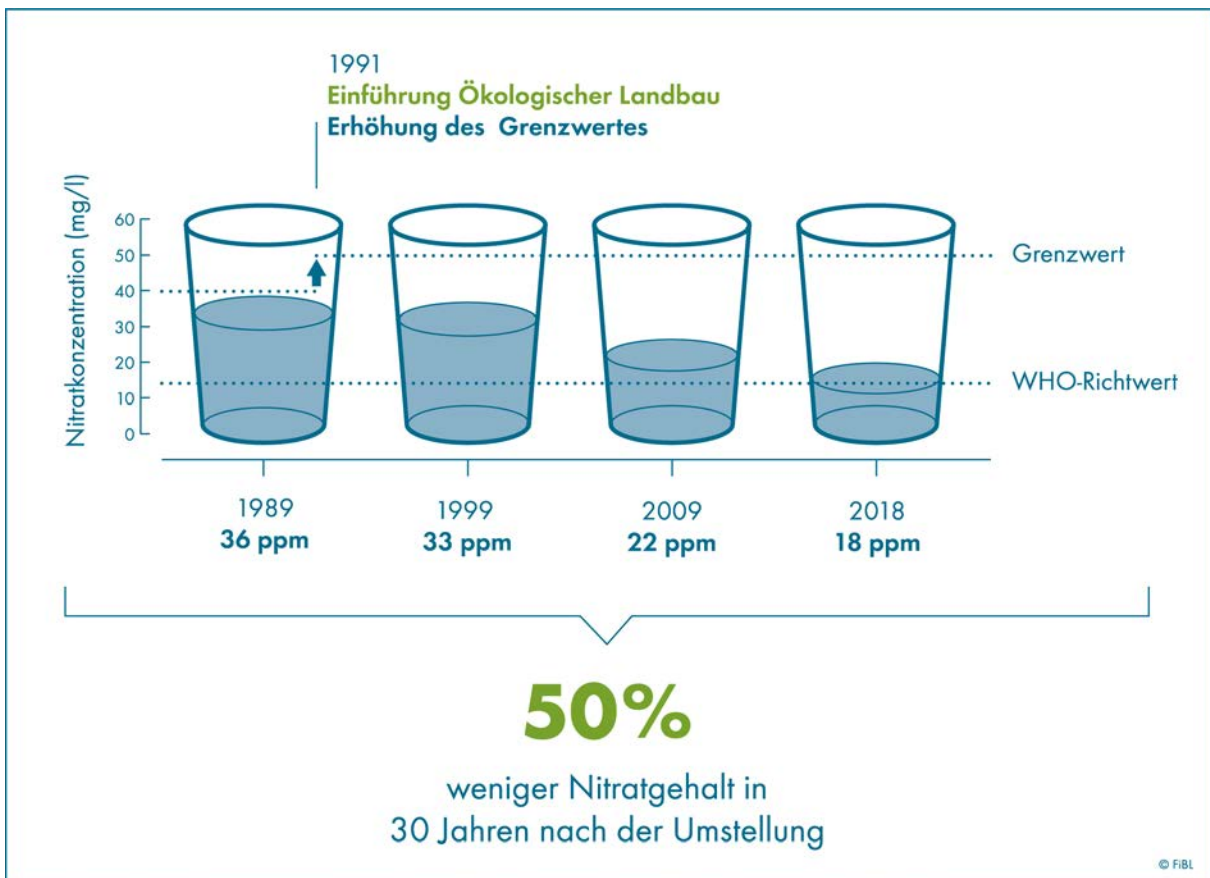
Die Wasserwirtschaft und der Ökolandbau verfolgen beim Wasserschutz dieselben Ziele. Die Wasserwirtschaft ist daran interessiert, dass qualitätsgefährdende Stoffe (Stickstoff, Pflanzenschutzmittel, Tierarzneimittel) möglichst gar nicht erst in Grund- und Oberflächengewässer eindringen. Der Ökolandbau schließt ihre Verwendung entweder grundsätzlich aus (chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel), pflegt einen restriktiven Umgang mit ihnen (Tierarzneimittel) oder ist durch systembedingte Verknappung (Stickstoff) zu einem sorgsamem Umgang mit ihnen angehalten^[11].

Zunehmend mehr Verantwortliche in der Wasserwirtschaft erkennen diese Win-Win-Situation und fördern die ökologische Landwirtschaft in ihren Wasserschutz- bzw. Wassereinzugsgebieten und dies zum Teil bereits seit Jahrzehnten. Beispielhaft anzuführen sind die Stadtwerke München (Mangfalltal) und Leipzig (Wassergut Canitz) sowie die Bezirksregierung Unterfranken.

Auch der Ökolandbau kann sich verbessern

Trotz der genannten Vorteile ist auch der Ökolandbau mit Herausforderungen konfrontiert, die im Hinblick auf den Grundwasserschutz optimiert werden können. So gilt es beispielsweise, die Mineralisierung organischer Stickstoffvorräte im Boden über Bodenbearbeitung, Fruchtfolgegestaltung, Anbautechnik und Bewässerungsmanagement so zu steuern, dass der Stickstoff möglichst effizient für das Pflanzenwachstum genutzt wird. Auch beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln besteht noch Optimierungspotenzial. Obwohl der Einsatz für den Gewässerschutz problematischer, chemisch-synthetischer Wirkstoffe nicht erlaubt ist, sind im Ökolandbau zugelassene Wirkstoffe nicht per se unproblematisch für die Grundwasserqualität. So kann zum Beispiel der in Sonderkulturen und Kartoffeln in begrenztem Umfang zugelassene Kupfer bei niedrigen pH-Werten (<5) mit dem Sickerwasser ausgetragen werden. Hier gilt es kurzfristig einen entsprechend ausreichend hohen Boden-pH-Wert sicherzustellen. Mittel- und langfristig muss mittels der Züchtung resistenter Sorten Abhilfe geschaffen werden, wie es beispielsweise im ökologischen Weinbau mit den PIWI-Sorten (pilzwiderstandsfähige Sorten) bereits gelungen ist.

Entwicklung der Nitratgehalte im Rohwasser des Wassergutes Canitz nach erfolgter Umstellung auf Ökologischen Landbau



Die Nitratbelastung in Gewässern kann durch Ökolandbau gesenkt werden. Wie das Beispiel des Wassergutes Canitz zeigt, führt eine ökologische Bewirtschaftung zu einer deutlichen Verminderung des Nitrataustrages in Grund- und Oberflächengewässer.

6 Mehr Biodiversität durch ökologischen Landbau

Der Verlust der biologischen Vielfalt ist folgenschwer für Mensch und Umwelt. Die umfangreichen Biodiversitätsverluste in vielen Regionen beeinträchtigen zunehmend zentrale Ökosystemleistungen wie die Bestäubung von Wild- und Kulturpflanzen. Der Verzicht auf chemische Pflanzenschutz- und Düngemittel und ein hoher Anteil an naturnahen Flächen auf Ökobetrieben wirken sich positiv auf die (funktionale) Biodiversität aus – und dies nicht nur auf den Feldern, sondern insgesamt in der Agrarlandschaft.

Die hohe Produktionsintensität in der Landwirtschaft trägt zu einer massiven Abnahme der Biodiversität im Agrarland bei^[1]. Hauptursachen sind ein hoher Einsatz an Agrochemikalien, ein hoher Tierbesatz, enge Fruchtfolgen, der Verlust wertvoller naturnaher Flächen wie Trockenwiesen, Hecken oder Bäumen sowie die Überbauung, Fragmentierung und Homogenisierung der Landschaft. Weiter verstärken der Klimawandel, invasive Arten und Lichtverschmutzung das Problem^[2].

Als Folge davon hat beispielsweise der Gesamtbestand der Insekten – einer sehr artenreichen, wichtigen Tiergruppe in Agrarökosystemen – in den letzten Jahrzehnten stark abgenommen. Innerhalb von drei Jahrzehnten wurde in 63 von Agrarland umgebenen Naturschutzflächen in Deutschland eine Reduktion der Insektenbiomasse um 75% festgestellt^[3]. Im Grünland wurde mit einer Abnahme der Biomasse um 67% und der Anzahl Arten um 34% in 10 Jahren ebenso dramatischer Rückgang der Insekten beobachtet^[4]. Ein Schwund der Insektenbiomasse und -anzahl ist in vieler Hinsicht problematisch, da Insekten vielen Tierarten (z.B. Amphibien, Vögeln und Fledermäusen) als Nahrungsgrundlage dienen^[2,5]. Eine Veränderung der ökologischen Nahrungsnetze beeinträchtigt zudem zentrale Ökosystemdienstleistungen in der Landwirtschaft^[6,7], wie z. B. die natürliche Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen (Kaskadeneffekt). Um das Ausmaß des Artensterbens besser abschätzen zu können, sind langjährige Monitoring-Programme dringend nötig.

Ökolandbau steigert Artenvielfalt und Häufigkeiten von Flora und Fauna

Da im ökologischen Landbau chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel verboten sind, weniger gedüngt wird, eine größere Vielfalt an Kulturen angebaut wird und der Anteil an naturnahen Flächen auf den Betrieben höher ist, unterscheidet sich die ökologische Wirtschaftsweise in ihrer Biodiversitätswirkung erheblich von der konventionellen Produktionsweise^[6-18].

Zahlreiche Vergleichsstudien zwischen ökologischen und konventionellen Anbausystemen belegen, dass der Ökolandbau eine positive Wirkung auf die Vielfalt von Flora und Fauna nicht nur auf dem Feld, sondern auch in der umgebenden Natur und auf Betriebsebene hat^[10]. Globale Metastudien weisen für Ökolandbauflächen im Durchschnitt ein Drittel mehr Arten und 50% mehr Individuen aus^[11]. Die festgestellten Unterschiede waren über die letzten 30 Jahre stabil^[12]. Dabei unterscheiden sich die Effekte der Anbausysteme je nach Organismengruppe und variieren auch mit der Ausstattung der Landschaft, dem Kultursystem und der Anbauintensität. Am größten ist die Wirkung des ökologischen Anbaus in Ackerkulturen, gefolgt von Spezialkulturen (Wein- und Obstbau). Die geringsten Unterschiede wurden im Grünland festgestellt.

Diese positiven Effekte wirken sich nicht nur lokal, sondern auch auf Landschaftsebene aus^[6,7,12]. Ein breites Spektrum an Tiergruppen und viele Pflanzenarten werden dabei gefördert: Bodenorganismen, diverse seltene ebenso wie weit verbreitete Insektengruppen, Spinnen, Vögel, und Säugetiere profitieren je nach Kultur überdurchschnittlich von einer ökologischen Bewirtschaftung. Eine globale Metastudie zeigt zudem, dass der Ökolandbau im Vergleich zum konventionellen Anbau seltene Insekten und Spinnen fördern kann (Abundanz +55%, Vielfalt +27%)^[13]. Die Feldlerche, eine typische Vogelart der offenen Kulturlandschaft, die durch die Intensivierung der Landwirtschaft stark zurückgedrängt wurde, sowie die selten gewordenen Kiebitze und Rebhühner erreichen bei ökologischer Bewirtschaftung höhere Siedlungsdichten^[14]. Dies trifft auch auf zahlreiche seltene Pflanzenarten im Acker zu^[15,16]. Schädlingsorganismen hingegen kommen meist in den unterschiedlichen Anbausystemen in ähnlicher

Anzahl vor^[17]. Eine globale Metastudie über Mikroorganismen im Boden bestätigte, dass Indikatoren zur mikrobiellen Biomasseaktivität durch ökologischen Anbau im Mittel um 32 bis 85 % erhöht werden^[18].

Gestärkte funktionelle Gruppen verbessern zentrale Ökosystemleistungen

Der Erhalt von Ökosystemdienstleistungen ist für nachhaltige, ressourcenschonende Anbausysteme essenziell. Für ihr Funktionieren sind vielfältige und individuenreiche funktionelle Gruppen wie Bestäuber, Nützlinge, Zersetzer und Produzenten (Vielfalt der Pflanzen) eine wichtige Grundlage. Diese funktionellen Gruppen werden durch den Ökolandbau begünstigt^[9]. Drei globale Metastudien zeigen auf, dass sich der Ökolandbau im Vergleich zur konventionellen Produktion positiv auf die Vielfalt und Dichte der Bestäuber, Nützlinge, Zersetzer (nur Dichte), Herbivoren (nur Vielfalt) und Pflanzen auswirkt^[10, 20]. Anhand der erhöhten Dichten zeigt sich, dass Bestäuber (+90%), Nützlinge (+38%) und seltene Arthropoden (+55%) am meisten profitieren^[14].

Eine höhere Vielfalt (von Nützlingen, Zersetzern, Mycophagen und Phytophagen) wurde auch in Ökoweinbergen festgestellt^[19]. Die natürliche Regulierung bestimmter Schädlingarten (z.B. Traubenwickler) kann auf lokaler wie auch auf Landschaftsebene stärker als im konventionellen Weinbau sein^[11]. Zudem werden wichtige Nützlingsgruppen durch einen steigenden Anteil an Ökoweinbauflächen in einer vom Weinbau geprägten Landschaft sogar stärker gefördert als durch naturnahe Flächen^[20].

Die auf Ökobetrieben festgestellte höhere Artenvielfalt und die größeren Populationsdichten bestimmter Arten fördern wichtige Ökosystemdienstleistungen. Nachweislich kann der ökologische Landbau die natürliche Bestäubung^[16,21,22], die natürliche Reduktion von Schadorganismen^[11,17,23,24] und den Dungabbau in Weiden^[25] signifikant begünstigen.

Mehr naturnahe Flächen

Vergleiche von Ökobetrieben mit konventionellen Betrieben in der Schweiz^[27], in Dänemark^[28] und in England^[29] zeigen, dass der Anteil an naturnahen Flächen (Biodiversitätsflächen) auf Ökobetrieben höher ist als auf konventionellen Betrieben. Vielfach weisen Ökobetriebe geringere Schlaggrößen, eine höhere Vielfalt der Nutzflächen und eine vielfältigere Landnutzung auf^[30]. Eine Analyse sämtlicher Schweizer Landwirtschaftsbetriebe ergab, dass die Ökobetriebe im Durchschnitt 22% und die Nicht-Ökobetriebe 13% ihrer Nutzfläche als naturnahe Fläche ausweisen. Ökobetriebe setzen damit zwei Drittel mehr naturschutzrelevante Maßnahmen um. In sehr produktiven Gunstlagen besteht jedoch auch bei Ökobetrieben ein klares Defizit an wertvollen Biodiversitätsflächen.

Positive Effekte auch auf Landschaftsebene

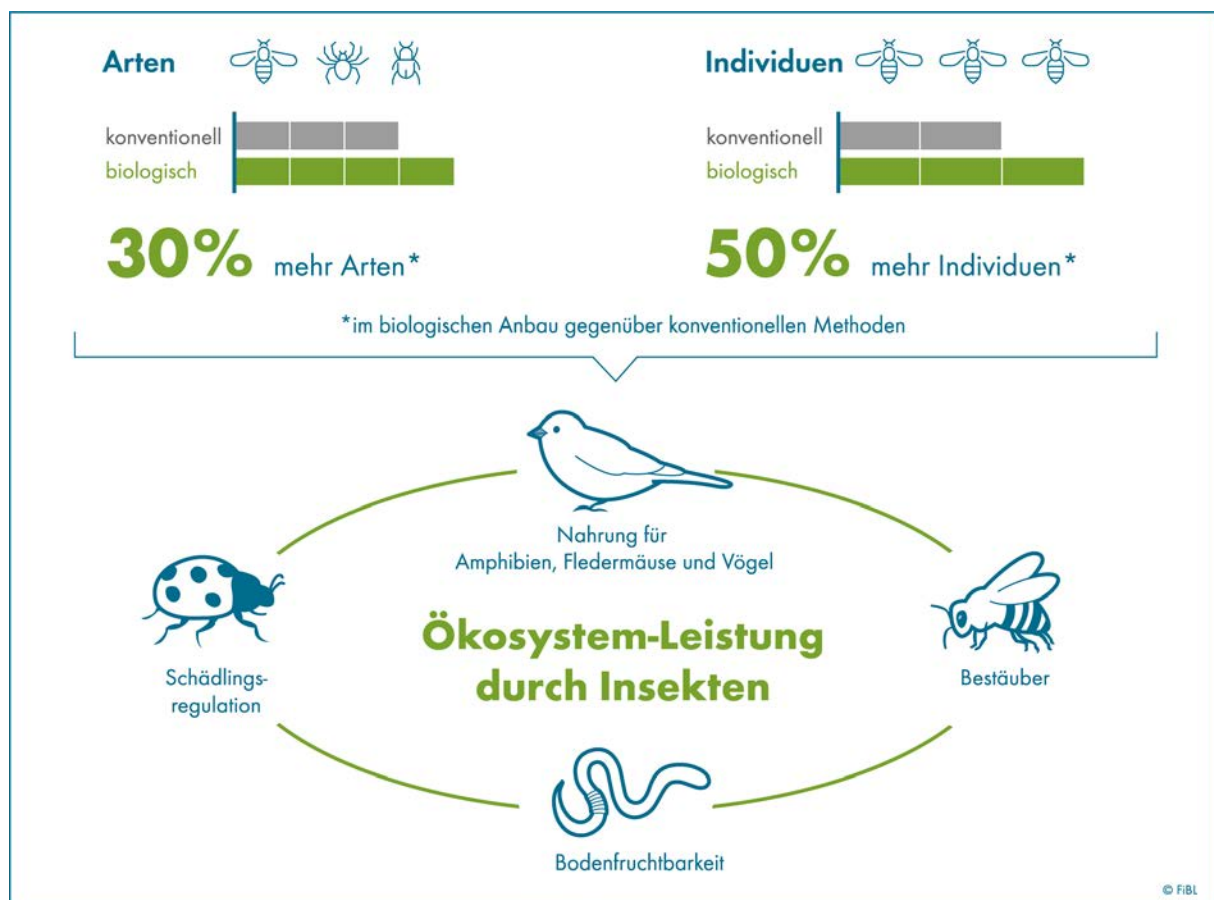
Der Ökolandbau fördert die Biodiversität nicht nur lokal, sondern in der gesamten Landschaft. Mit einem zunehmenden Anteil an bewirtschafteter Ökofläche in der Landschaft steigen die multiplen Leistungen für die Biodiversität. Dieser sehr bemerkenswerte, positive Landschaftseffekt wurde für die Ackerflora^[10], die Bestäuber^[13,21] und verschiedene Nützlingsgruppen wie Prädatoren und Parasitoide^[6,7,13] festgestellt. Generell kommen in eher mäßig strukturierten Landschaften die positiven Auswirkungen ökologischer Anbausysteme am stärksten zum Tragen^[21,23,31-33]. Der Ökolandbau übernimmt dadurch in der Förderung der Flora und Fauna im Kontext der Agrarumweltprogramme eine komplementäre und synergistische Rolle^[9,34,39,41]. Durch die Strukturierung der Landschaft in Kombination mit der Umstellung auf Ökolandbau ist somit eine beträchtliche Verbesserung der biologischen Vielfalt zu erwarten^[39,41].

Die starke Stoffbelastung der Landschaft insbesondere mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln ist ein anthropogener Schlüsselfaktor für den Biodiversitätsverlust^[35,37]. Die ubiquitäre, langjährige Belastung der Landschaft mit synthetischen Pflanzenschutzmitteln hat nicht nur in Produktionsflächen, sondern auch durch die Abdrift in umliegende naturnahe Flächen, Waldränder und Gewässer gravierende Folgen für Flora, Fauna und ökologische Netzwerke^[35,36,37].

Potenziale gezielt nutzen

Auch wenn der ökologische Landbau per se zu einer höheren biologischen Vielfalt beiträgt, gibt es auf vielen Ökobetrieben ein Entwicklungs- und Verbesserungspotenzial. Eine übermäßige Intensivierung der ökologischen Produktion und die Spezialisierung auf wenige Kulturen können diverse ökologische Vorteile gefährden^[41,43]. Um die geringeren Erträge im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft auszugleichen bzw. zu reduzieren, ist eine agrarökologische Diversifizierung und Verbesserung der funktionellen Biodiversität in den Kulturen notwendig^[42,43]. Eine Weiterentwicklung des biologischen Pflanzenschutzes und der Biozucht spielen dabei eine wichtige Rolle. Zudem können die ökologischen Leistungen durch eine gesamtbetriebliche Fachberatung und eine angemessene Honorierung agrarökologischer Maßnahmen weiter verbessert werden^[44].

Wirkung des Ökolandbau auf die Biodiversität



Ökolandbau steigert die biologische Vielfalt und funktionelle Biodiversität - sowohl auf dem Feld als auch in der gesamten Landschaft. Auf Ökobetrieben kommen im Vergleich zu konventionellen Betrieben im Durchschnitt 30% mehr Arten und 50 % mehr Individuen vor. Dadurch verbessert der Ökolandbau wichtige Ökosystemleistungen wie natürliche Bestäubung oder Schädlingsregulation.

7 Ökolandbau spart Energie

Ökolandwirt*innen verwenden keine energieintensiv produzierten Mineraldünger und synthetischen Pflanzenschutzmittel. Deshalb verbrauchen Ökobetriebe im Schnitt deutlich weniger Energie als konventionelle Betriebe, obwohl der direkte Energieverbrauch durch den häufigeren Einsatz von Maschinen in Ökobetrieben üblicherweise höher ist.

Die Landwirtschaft muss energieeffizienter werden

Die Abkehr von der Nutzung fossiler Energien und die Dekarbonisierung der Gesellschaft sind für einen erfolgreichen Klimaschutz von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig braucht es einen sparsamen Gebrauch der Energie, unabhängig von der Klimawirkung der verwendeten Energie, um die Versorgungssicherheit im Energiebereich zu gewährleisten und Situationen mit Energiemangel meistern zu können. Deshalb muss auch in der Landwirtschaft die Energieeffizienz erhöht und der Energieverbrauch reduziert werden.

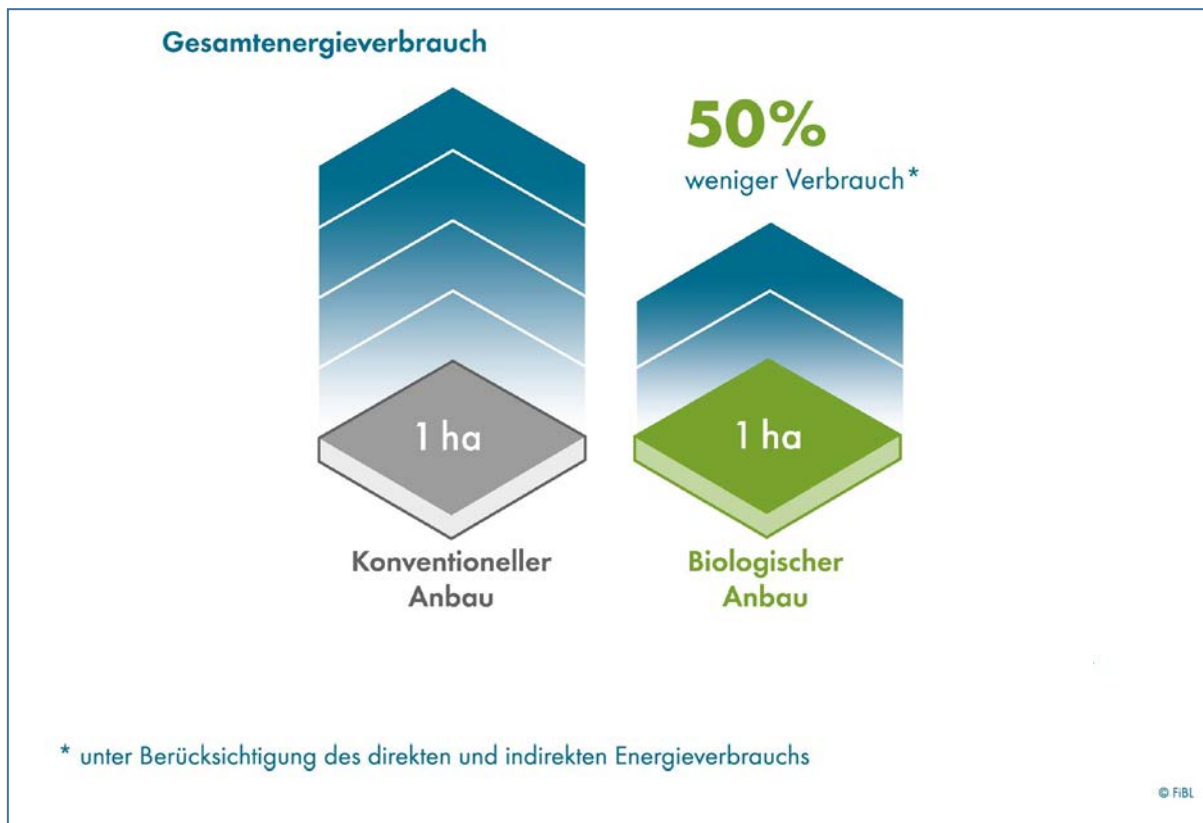
Vorteile durch den Verzicht auf mineralische Stickstoffdünger und synthetische Pestizide

Ökobetriebe bearbeiten den Boden häufig intensiver, regulieren die Beikräuter mechanisch und benötigen für gewisse Pflanzenschutzmaßnahmen mehr Überfahrten als konventionell wirtschaftende Betriebe. Dies führt vor allem beim Pflanzenschutz zu einem höheren direkten Energieverbrauch in Form von Diesel. Um den Energieeinsatz angemessen beurteilen zu können, gilt es aber auch, die Energiemengen zu berücksichtigen, die für die Herstellung und Bereitstellung der Betriebsmittel benötigt werden. Hier zeigen sich klare Vorteile für den Ökolandbau. Zum einen sparen Ökobetriebe Energie durch den Verzicht auf energieintensive mineralische Stickstoffdünger und synthetische Pflanzenschutzmittel^[1], zum anderen punktet der Ökolandbau durch die Vorgabe, dass Futtermittel primär auf dem eigenen Betrieb oder in derselben Region erzeugt werden müssen^[1]. Dies spart Energie beim Transport, vor allem wenn Futtermittel zum Einsatz kommen, die im Ausland produziert wurden.

Niedriger Gesamtenergieverbrauch und höhere Energieeffizienz

Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass unter Berücksichtigung des direkten und indirekten Energieverbrauchs der Gesamtenergieverbrauch von ökologisch wirtschaftenden Betrieben pro Hektar knapp 50% niedriger ist als jener von konventionell wirtschaftenden Betrieben^[2,3]. Expert*innen gehen deshalb davon aus, dass eine flächendeckende Umstellung auf ökologischen Landbau zu substantiellen Energieeinsparungen führen würde^[4,5] und damit CO₂-Emissionen reduziert und die Abhängigkeit der deutschen Landwirtschaft vom Einsatz fossiler Energie verringert werden kann^[3]. Bemerkenswert ist zudem, dass auch die Energieeffizienz (also das Verhältnis von Energie-Input zu Energie-Output) in Ökobetrieben üblicherweise höher ist, obwohl im ökologischen Landbau niedrigere Erträge erzielt werden^[3,6].

Ökolandbau halbiert den Energieverbrauch



Der Gesamtenergieverbrauch von ökologisch wirtschaftenden Betrieben ist pro Hektar im Durchschnitt etwa 50% niedriger als der Energieverbrauch von konventionell wirtschaftenden Betrieben.

8 Ökologische Lebensmittel weisen zahlreiche Vorteile für die Ernährung auf

Mehr sekundäre Pflanzenstoffe, mehr ungesättigte Fettsäuren: ökologisch erzeugte Lebensmittel weisen zahlreiche Vorteile für die Ernährung auf. Ökolebensmittel enthalten zudem kaum Pflanzenschutzmittel- und Nitratrückstände. Ein weiteres Plus: In verarbeiteten Lebensmitteln werden weniger Zusatzstoffe verwendet. Für eine gesunde Ernährung kommt es jedoch auch darauf an, zu welchen Anteilen wir welche Lebensmittel zu uns nehmen.

Höhere Gehalte an wertvollen Nähr- und Inhaltsstoffen

Mikronährstoffe wie Vitamine und Mineralstoffe sind für viele Stoffwechselprozesse im menschlichen Körper notwendig. Sie kommen in einer Vielzahl von Lebensmitteln wie Obst, Gemüse, Hülsenfrüchten und tierischen Produkten vor. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass sich ökologische und konventionelle Produktionsmethoden auf die Zusammensetzung von Lebensmitteln auswirken^[1-7]. So weisen Ökoprodukte höhere Gehalte an Nähr- und Inhaltsstoffen auf. Ökologisch produziertes Obst und Gemüse weist beispielsweise höhere Vitamin C-Gehalte auf^[2], Obst höhere Gehalte an Vitamin A und E^[4] und Milchprodukte höhere Gehalte an α -Tocopherol (eine Form von Vitamin E)^[5]. Höhere Gehalte an Mineralien wurden zudem in ökologischem Obst, Gemüse und Getreide nachgewiesen^[1]. Tierische Ökoprodukten weisen wiederum höhere Gehalte an ungesättigten Fettsäuren (Omega-3 bei Milchprodukten und Fleisch^[3,5,6], Linolsäure bei Milchprodukten^[6]) auf. Dies kann auf die Verfütterung von höheren Anteilen an Grünfütter im Ökolandbau zurückgeführt werden^[5,6,8].

Sekundäre Pflanzenstoffe wie Antioxidantien sind für viele Stoffwechselprozesse wichtig und kommen beispielsweise in Gemüse, Obst, Hülsenfrüchten, Nüssen und Vollkornprodukten vor^[9]. In Bezug auf den Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen schneiden Ökolebensmittel durchwegs besser ab. Dies liegt daran, dass sich Pflanzen im Ökolandbau durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel mit sekundären Pflanzenstoffen vor Krankheiten und Schädlingen schützen^[3]. So wurden höhere Gesamtgehalte an sekundären Pflanzenstoffen in ökologisch produziertem Gemüse und Obst gemessen^[2]. Höhere Gehalte an Antioxidantien^[4] und ein höherer Phenolgehalt^[3] wurden zudem bei Ökogemüse, -obst und -getreide gefunden.

Die erwähnten Unterschiede sind Indizien für eine höhere Qualität von Ökolebensmitteln. Es gilt jedoch zu beachten, dass die dahinterliegenden Studien die Nähr- und Inhaltsstoffe meist nur stichprobenartig untersucht haben^[8]. Zudem wirken sich viele Faktoren im Anbau wie Bodenbeschaffenheit, Sorte und klimatische Bedingungen entscheidend auf die Qualitätsindikatoren der Endprodukte aus.

Weniger Rückstände und Zusatzstoffe

Die Qualität von Lebensmitteln hängt nicht nur von ihren Nährstoffgehalten, sondern auch von den Schadstoffgehalten ab. Da im ökologischen Landbau keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, sind die nachweisbaren Rückstände dieser Substanzen in Ökolebensmitteln bedeutend geringer als bei konventionell produzierten Lebensmitteln^[3,4,10].

Im Ökolandbau wird auch auf leichtlösliche, synthetische Stickstoffdünger verzichtet, die zu einer höheren Aufnahme von Nitrat in Lebensmittel führen können. Stattdessen düngen Ökolandwirt*innen vor allem über organische Stickstoffquellen wie Hofdünger, Kompost und Leguminosen, was zu einer geringeren Nitrataufnahme und somit zu einer geringeren Nitratkonzentration in Lebensmitteln beiträgt^[1].

Darüber hinaus unterscheiden sich ökologische und konventionelle Verarbeitungsverfahren durch die Anzahl zugelassener Zusatzstoffe. So sind für die Verarbeitung ökologischer Lebensmittel bis zu sechs Mal weniger Zusatzstoffe zugelassen als in der konventionellen Lebensmittelverarbeitung^[9]. Eine

geringere Anzahl von Zusatzstoffen in verarbeiteten Lebensmitteln kann sich vorteilhaft auf die menschliche Gesundheit auswirken.

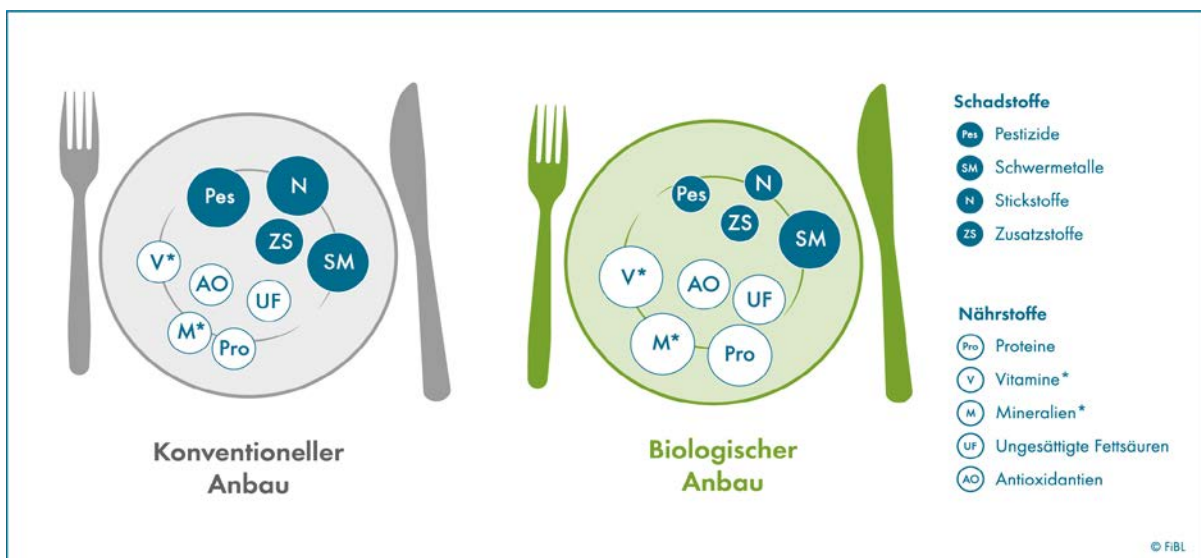
Ökokonsument*innen leben und ernähren sich gesünder

Auch wenn sich ökologisch und konventionell erzeugte Lebensmittel in ihrer Zusammensetzung unterscheiden, konnte bisher empirisch nicht eindeutig belegt werden, wie sich diese Unterschiede auf die menschliche Gesundheit auswirken^[12]. Hierfür wäre es notwendig, in Ernährungs-Beobachtungsstudien den Effekt von ökologischen Lebensmitteln isoliert zu untersuchen. Dies würde einen unverhältnismäßig hohen Aufwand erfordern. Bemerkenswert ist jedoch, dass Ökokonsument*innen im Vergleich zu Nicht-Ökokonsument*innen Ernährungsmuster und Lebensstile aufweisen, die sich positiv auf die Gesundheit auswirken^[12,13]. Menschen, die mehr Öko-Lebensmittel konsumieren, haben zudem ein geringeres Risiko für Übergewicht^[12]. Auch in der nationalen Verzehrsstudie konnten für Deutschland deutliche Unterschiede zwischen Ökokonsument*innen und Nicht-Ökokonsument*innen festgestellt werden. Ökokonsument*innen konsumierten mehr Gemüse und Früchte, weniger Fleischprodukte und zuckerhaltige Getränke als Menschen mit einer rein konventionellen Ernährung^[14]. Allerdings ist anzumerken, dass Konsument*innen von Ökoprodukten auch ein höheres Einkommen und höhere Schulabschlüsse hatten, sich generell gesünder fühlten und sich sportlich mehr betätigten^[14].

Augenmerk auf die gesamte Ernährungsweise legen

Wissenschaftliche Studien zeigen also, dass ökologische Lebensmittel zahlreiche Vorteile für die Ernährung aufweisen, und dass Vergleiche zwischen Öko- und Nicht-Öko-Produkten nicht immer alle Faktoren ausreichend berücksichtigen, die für die menschliche Gesundheit relevant sind. Das Augenmerk sollte deshalb auf die gesamte Ernährungsweise liegen. So ist eine vorwiegend pflanzenbasierte Ernährung, die hauptsächlich aus Gemüse und Früchten, Vollkornprodukten, Hülsenfrüchten, Nüssen und Samen besteht, aus gesundheitlicher Sicht empfehlenswert^[15]. Tierische Lebensmittel sollten seltener konsumiert werden, obwohl sie für die Grundversorgung der Menschen mit wichtigen Nährstoffen eine Rolle spielen^[15]. Eine Kombination von vorwiegend pflanzlichen Lebensmitteln und wenigen tierischen Lebensmitteln bildet eine gute Grundlage für eine gesunde Ernährung.

Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell hergestellten Lebensmitteln



Zahlreiche Ökoprodukte weisen höhere Gehalte an wertvollen Nähr- und Inhaltsstoffen auf. Zudem sind in Ökoprodukten deutlich weniger Rückständen und Zusatzstoffe enthalten. Die Auswirkungen dieser Unterschiede auf die menschliche Gesundheit sind allerdings nur schwierig eindeutig zu belegen. Zudem ist es wichtig, das Augenmerk auf die gesamte Ernährungsweise zu legen.

9 Öko muss nicht teurer sein

Das hochpreisige Image von Öko-Lebensmitteln stimmt nur zum Teil, denn im Handel variieren die Preise für gleiche Artikel erheblich. Dass viele konventionelle Lebensmittel zu noch höheren Preisen erfolgreich verkauft werden zeigt, dass für Öko-Lebensmittel in breiten Bevölkerungskreisen eine höhere Zahlungsbereitschaft vorhanden wäre. Dies setzt aber Kommunikationsanstrengungen voraus, bei denen die besonderen Leistungen der Öko-Landwirtschaft und -lebensmittel herausgestellt werden.

Teures Preisimage stimmt nur bedingt

Befragungen unter Verbraucher*innen in Deutschland^[1-6] und im benachbarten Ausland^[2,7-9] weisen darauf hin, dass die als hoch angesehenen Preise für Ökolebensmittel das Haupthemmnis für eine größere Nachfrage sind. Dies gilt nicht nur für Verbraucher*innen allgemein, sondern auch für regelmäßige Käufer*innen von Ökolebensmitteln^[10,11]. Erstaunlicherweise haben die meisten Verbraucher*innen unzureichende Preiskenntnisse sowohl zur absoluten Höhe von Ökolebensmittelpreisen als auch zu den Preisaufschlägen von Ökolebensmitteln gegenüber konventionellen Lebensmitteln^[8,12].

Preisstatistiken, in denen Durchschnittspreise für ökologische und konventionelle Lebensmittel miteinander verglichen werden^[13], zeigen dass Ökolebensmittel teilweise nur bis zu 20 % höhere Durchschnittspreise aufweisen. Insbesondere das verstärkte Engagement der Discounter im Ökolebensmittelmarkt hat die durchschnittlichen Ökopreise in Deutschland gesenkt. Wer Ökolebensmittel kaufen möchte, kann heute zwischen zahlreichen Artikeln und Einkaufsstätten auswählen. So haben Ökokonsument*innen ihre 2022 durch hohe Inflation gesunkene Kaufkraft teilweise dadurch kompensiert, dass sie Ökolebensmittel vermehrt in Discountern und eher preiswerte Handels- als teurere Herstellermarken gekauft haben^[14].

Bei Preisvergleichen nicht Äpfel mit Birnen vergleichen

Bei der Bewertung des Preisniveaus ist zudem zu berücksichtigen, dass Durchschnittspreise nur eine begrenzte Aussagekraft haben. In den Blick zu nehmen ist die starke Preisdifferenzierung zwischen unterschiedlichen Marken und Geschäftsstätten^[15,16]. Hier ist zu beobachten, dass der Preisunterschied sowohl im Lebensmittelhandel allgemein als auch im Ökolebensmittelmarkt häufig weit mehr als hundert Prozent zwischen dem billigsten und dem teuersten Artikel eines Lebensmittels beträgt. Auch werden zahlreiche konventionelle Markenartikel zu deutlich höheren Preisen als vergleichbare Ökolebensmittel angeboten. Wäre es also nicht korrekter, die Preise der an sich als höherwertig geltenden Ökolebensmittel mit den Preisen höherpreisiger konventioneller Markenprodukte zu vergleichen?

Ein entsprechender Vergleich wurde in Deutschland zuletzt 2006 durchgeführt^[17]. Aus der Analyse der Preisstellungen ging hervor, dass die Spannweite zwischen dem tiefsten und dem höchsten Preis bei konventionellen Lebensmitteln bis Faktor 10 (für 250 g Erdbeermarmelade) und bei Ökolebensmitteln bis Faktor 4 (für 500 g Tomatenketchup) erreichte. Außerdem überschritten sich die Preise zwischen ökologischen und konventionellen Produkten in weiten Bereichen. Vergleicht man die Preise von Ökoprodukten nur mit den 25% teuersten konventionellen Produkten, dann waren die konventionellen hochpreisigen Markenprodukte bei Spaghetti, Früchtemüsli, Marmelade, Apfelsaft und Milch sogar teurer als Ökoprodukte.

Leistungen des Ökolandbaus müssen besser kommuniziert werden

Die teilweise höheren Preise für bestimmte konventionelle Markenprodukte zeigen, dass deren Hersteller*innen erfolgreicher als Hersteller*innen von Ökoprodukten sind, eine besondere Wertschätzung und Zahlungsbereitschaft bei den Verbraucher*innen für ihre Markenprodukte aufzubauen. Ökolebensmittel verdienen unter Einbeziehung der gesellschaftlichen Kosten einer

konventionellen Lebensmittelerzeugung durch Umweltverschmutzung und Verlust an Biodiversität eine höhere Wertschätzung und Zahlungsbereitschaft der Verbraucher*innen. Um die Zahlungsbereitschaft für Produkte des Ökolandbaus zu erhöhen, müssen deshalb dessen besondere Leistungen stärker und besser kommuniziert werden. Viele Studien zeigen, dass die Zahlungsbereitschaft durch besondere Kommunikationsanstrengungen für besondere (Zusatz-) Leistungen des Ökolandbaus deutlich gesteigert werden kann^[18-24].

Vertrauen in die Echtheit muss wachsen

In großen Teilen der Bevölkerung besteht (immer noch) ein unzureichendes Vertrauen in Ökosiegel. So hatten 35 % der Deutschen 2021 nur ein eher oder sehr geringes Vertrauen in die Auslobung von Ökolebensmitteln und 10 % überhaupt kein Vertrauen^[4]. Deshalb müssen die in großen Teilen der Bevölkerung immer noch vorhandenen Zweifel, ob die im Lebensmittelhandel angebotenen Ökoprodukte tatsächlich ökologisch erzeugt wurden, mithilfe breit angelegter Informationskampagnen beseitigt werden. Wer mag schon höhere Preise für Qualitätsversprechen bezahlen, denen man nicht traut?

Konventionelle Markenprodukte sind häufig teurer als Ökoprodukte



Für qualitätsbewusste Konsument*innen muss Bio nicht teurer sein. Ein Warenkorb mit konventionellen Markenprodukten kann sogar teurer sein wie das vergleichbare Bio-Sortiment, wie der Vergleich des Unternehmens Netto zeigt (Juli 2023)

Literatur und Anmerkungen

Kapitel I - Hintergrund

- [1] Spiller, A. und Iweala, A. (2022) Ist Bio die Zukunft? Politik für eine nachhaltigere Landwirtschaft. Verfügbar unter: <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/landwirtschaft-2022/507087/ist-bio-die-zukunft/>
- [2] Kunze A. (2021). Die Bio-Lüge. Verfügbar unter: https://www.zeit.de/2021/47/tierhaltung-bio-huehner-lebensmittel-kontrolle?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
- [3] Rat für nachhaltige Entwicklung (2011). „Gold-Standard Ökolandbau“: Für eine nachhaltige Gestaltung der Agrarwende. Berlin: RNE. Verfügbar unter: https://www.nachhaltigkeitsrat.de/wp-content/uploads/migration/documents/RNE_Gold-Standard_Oekolandbau_texte_Nr_40_Juli_2011.pdf
- [4] Deutschlandfunk Kultur (2022). Kann Ökolandbau die Welt ernähren? Verfügbar unter: <https://www.deutschlandfunkkultur.de/landwirtschaft-der-zukunft-kann-oekolandbau-die-welt-100.html>
- [5] Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2018). Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates.
- [6] Hauschild, M., Chmelikova, L., Ebertseder, F., Freibauer, A., Gattinger, A., Haub, A., Heß, J., Hoppe, Hülsbergen, K.J., Lampkin, N., Levin, K., Sanders, J., Stein-Bachinger, K. (2023). Beitrag ökologischer Bewirtschaftungsmethoden zum Schutz der Umwelt. Frankfurt: FiBL.
- [7] Debuschewitz, E., Sanders, J. (2022). Environmental impacts of organic agriculture and the controversial scientific debates. *Org. Agr.* 12, 1–15 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13165-021-00381-z>
- [8] Sanders, J., & Heß, J. (Hrsg.). (2019). Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 Seiten. Thünen Rep 65. DOI: 10.3220/REPI576488624000

Kapitel 2 - Gesellschaftliche Leistungen des ökologischen Landbaus und die politische Debatte über die Zukunft der Landwirtschaft

- [1] Weingarten, P. (2010). Agrarpolitik in Deutschland. Aus Politik und Zeitgeschichte, 5-6, 6-17.
- [2] Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL (2020). Politik für eine nachhaltige Ernährung. Kurzfassung des Gutachtens. Berlin.
- [3] DLG. (2017). Landwirtschaft 2030 - 10 Thesen. Frankfurt am Main.
- [4] Wirz, A., Kasperczyk, N., & Thomas, F. (2017). Kursbuch Agrarwende 2017. Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland. Hamburg: Greenpeace.

- [5] Kurth, T., u.a. (2019). Die Zukunft der deutschen Landwirtschaft nachhaltig sichern. München: Boston Consulting Group.
- [6] Plattform Landwirtschaftliche Sozioökonomie. (2021). Soziale Aspekte einer nachhaltigen Landwirtschaft. Halle.
- [7] Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (VBAE). (2018). Für eine gemeinwohlorientierte Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2020. Grundsatzfragen und Empfehlungen. Berlin.
- [8] UN. (2015). Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. A/RES/70/1, New York. FAO. (2022). Food and Agriculture for Sustainable Transformation Initiative FAST. CC2186EN/1/09.22, Rome.
- [9] CBD. (2022). Biodiversity and agriculture, CBD/COP/15/L.16, Montreal.
- [10] European Commission. (2020). A Farm to Fork Strategy or a fair, healthy and environmentally-friendly food system. COM(2020) 381 final, Brussels.
- [11] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). (2012). Charta für Landwirtschaft und Verbraucher. Berlin.
- [12] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (2016). Grünbuch Ernährung, Landwirtschaft, ländliche Räume. Berlin.
- [13] Zukunftskommission Landwirtschaft. (2021). Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Rangsdorf.
- [14] SPD, Bündnis90/DIE GRÜNEN und SPD. (2021). Mehr Fortschritt wagen. Koalitionsvertrag. Berlin, S. 43 – 48.
- [15] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (2022). Eckpunktepapier Weg zur Ernährungsstrategie der Bundesregierung. Abrufbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ernaehrung/ernaehrungsstrategie-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- [16] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (2022). Pressemitteilung Nr. 133/2022. Özdemir: ZKL wichtiger Ratgeber für nachhaltiges Agrar- und Ernährungssystem. Abrufbar unter: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/133-zkl.html>
- [17] Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (WBAE). (2020). Politik für eine nachhaltige Ernährung. Kurzfassung des Gutachtens. Berlin.
- [18] Die Frage mit welchen Formen des Diskurses, mit welchen politischen Anstößen, in welchen Schritten dies unter den Bedingungen der derzeitigen Ausprägung des globalen Kapitalismus gelingen kann, ist jedoch noch offen^[18a, 18b].
- [18a] Collier, P. (2021). Sozialer Kapitalismus. Mein Manifest gegen den Zerfall unserer Gesellschaft
- [18b] Herrmann, U. (2022). Das Ende des Kapitalismus. Warum Wachstum und Klimaschutz nicht vereinbar sind – und wie wir in Zukunft leben werden.

- [19] Glauben, T., et al. (2022). Der Ukrainekrieg offenbart angespannte Versorgungslagen auf den Weltagarmärkten: Gefordert sind wettbewerblich agierende globale Handelsstrukturen zur Krisenbewältigung. Iamo Policy Brief 44, Halle.
- [20] Boston Consulting Group. (2019). Die Zukunft der deutschen Landwirtschaft nachhaltig sichern. Denkanstöße und Szenarien für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit. München, S. 8f.
- [21] Zukunftskommission Landwirtschaft. (2021). Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Rangsdorf.
- [22] Ebda: S. 78ff.
- [23] Wirz, A., Kasperczyk, N., & Thomas, F. (2017). Zusammenfassung Kursbuch Agrarwende 2050. Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland. Greenpeace, Hamburg, S. 15.
- [24] von Philipsborn, P. (2021). Politik für eine gesunde Ernährung: Ausgangslage und Reformvorschläge. Der Food Environment Policy Index (Food-EPI) Ergebnisbericht für Deutschland. München.

Kapitel 3 - Ökolandbau steht für nachhaltige Erträge

- [1] Der ökologische Landbau steht für ein ganzheitliches Konzept der Landbewirtschaftung mit dem Anspruch, in besonderer Weise die Belastungsgrenzen der Natur zu berücksichtigen^[2]. Die Nutzung ökologischer Systemzusammenhänge, möglichst geschlossene Nährstoffkreisläufe im Sinne von Verlustminimierung und Nährstoffrecycling sowie die vorrangige Nutzung betriebsinterner und regionaler Produktionsmittel stellen dabei wichtige Eckpfeiler des Produktionssystems dar. Als Konsequenz daraus kommen anstelle des ressourcen- und energieaufwändigen externen Faktoreinsatzes, wie z. B. chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und leicht lösliche mineralische Düngemittel, systemorientierte Strategieansätze zum Einsatz. Hierzu zählen die Integration von Leguminosen und der Anbau weniger krankheits- und schädlinganfälliger Sorten in angepassten Fruchtfolgen, die Förderung von Nützlingen und die mechanische Beikrautregulierung. Fungizide oder Insektizide sind nur auf naturstofflicher Basis zugelassen. Herbizide werden im ökologischen Landbau nicht verwendet.
- [2] Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2018). Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates.
- [3] de Ponti, T., Rijk, B., & van Ittersum, M. K. (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108, 1-9.
- [4] Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485, 229-232.
- [5] Ponsio, L. C. (2014). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings B*, 282(2), 2014396.
- [6] Kirchman, H. (2019). Organic farming is not the way forward. *Outlook on agriculture*, 48(1) 22-27.

- [7] 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>
- [8] Heißenhuber, A., Haber, W., & Krämer, C. (2015). *30 Jahre SRU-Sondergutachten "Umweltprobleme der Landwirtschaft" - eine Bilanz*. Publisher: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. *TEXTE 28/2015: Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Forschungskennzahl 3712 88 288, UBA-FB 002092.9*.
- [9] Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2022). Environmental Impacts of Food Production. Published online at OurWorldInData.org. <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food> [Online Resource]
- [10] Sanders, J., & Heß, J. (Hrsg.). (2019). *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 Seiten. Thünen Rep 65. DOI: 10.3220/REPI576488624000
- [11] Stolze, M., Piorr, A., Häring, A., & Dabbert, S. (2000). *The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe*. Stuttgart-Hohenheim. (Organic Farming in Europe: Economics and Policy; 6). ISBN 3-933403-05-7
- [12] Gomiero, T., Pimentel, D., & Paoletti, M. G. (2011). Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1-2), 95-124. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554355>
- [13] Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2, 15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
- [14] Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., & Foley, J. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475.
- [15] Eyhorn, F., Muller, A., Reganold, J. P., Frison, E., Herren, H. R., Luttikholt, L., Mueller, A., Sanders, J., Scialabba, N., Seufert, V., & Smith, P. (2019). Sustainability in global agriculture driven by organic farming. *Nature Sustainability*, 2, 253-255. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0266-6>
- [16] van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L., & Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*, 2, 494-501.
- [17] Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Sibanda, L. M., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S. E., Reddy, K. S., Narain, S., Nishtar, S., & Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447.
- [18] Schmidt, T., Schneider, F., Leverenz, D., & Hafner, G. (2019). *Lebensmittelabfälle in Deutschland - Baseline 2015*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 71. DOI: 10.3220/REPI563519883000

- [19] Deutschen Gesellschaft für Ernährung (2023). *DGE-Ernährungsempfehlungen*. Verfügbar unter: <https://www.dge.de/gesunde-ernaehrung/dge-ernaehrungsempfehlungen>.
- [20] Wirz, A., Kasperczyk, N., & Thomas, F. (2017). *Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland - 2050*.
- [21] Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K. H., Smith, P., Klocke, P., 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
- [22] EIP-AGRI Focus Group on Organic Farming - Optimising Arable Yields: Final Report https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/fgl_organic_farming_final_report_2013_en.pdf

Kapitel 4 - Vorteile des Ökolandbaus beim Klimaschutz

- [1] Mit dem Klimaschutzgesetz wurden 2019 jährliche sektorspezifische Emissionszielwerte verbindlich festgelegt, die 2021 nochmals verschärft wurden^[1a,1b]. Demnach müssen in der Landwirtschaft die Emissionen bis 2030 um 10 % auf 56 Millionen Tonnen CO₂-Äq. reduziert werden^[1c,1d]. Bis 2045 soll in Deutschland sektorübergreifend eine ausgeglichene Klimabilanz erzielt werden^[1d]. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, die externen Nährstoffeinträge über Mineraldünger und Futtermittelimporte, die Anzahl der gehaltenen Nutztiere sowie Nahrungsmittelabfälle zu reduzieren. Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch die Bindung von Kohlenstoff im Boden, d.h. durch den Aufbau von Humus, den Erhalt von Dauergrünland und einer klimafreundlichen Bewirtschaftung von Mooren.
- [1a] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019). Fact Sheet Klimaschutzgesetz. Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/fact_sheet_klimaschutzgesetz_bf.pdf
- [1b] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021). Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG). Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>
- [1c] Umweltbundesamt (2023). Klimaschutz in der Landwirtschaft. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-umweltfreundlich-gestalten/klimaschutz-in-der-landwirtschaft#landwirtschaft-und-klimaschutz>.
- [1d] Im Juni 2023 hat das Bundeskabinett eine Neufassung des Klimaschutzgesetzes vereinbart. Ziel der Novelle ist es, den Klimaschutz vorausschauender und effektiver zu machen. Der Entwurf der Regierung sieht vor, dass künftig eine auf das Jahr 2045 bezogene, mehrjährige und sektorübergreifende Gesamtrechnung ausschlaggebend für weitere Maßnahmen ist^[1e]. Sektorspezifische Ziele sollen demnach zugunsten einer Gesamtbetrachtung werden.
- [1e] Bundesministerium Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (2023). Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/entwurf-eines-zweiten-gesetzes-zur-aenderung-des-bundes-klimaschutzgesetzes.pdf?__blob=publicationFile&v=6

- [2] Umweltbundesamt (2023). Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft. Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft>
- [3] Umweltbundesamt (Hr.). (2022). Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022 Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020. Dessau: UBA. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-05-31_climate-change_24-2022_nir-2022_de.pdf.
- [4] Lünenbürger, B. (2022). Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft. Dessau: UBA Verfügbar unter: <http://www.uba.de/uba-info-medien/4397.html>
- [5] Weckenbrock, P., Sanchez-Gellert H.L. und Gattinger, A. (2019) Klimaschutz. In: Sanders, J., & Heß, J. (Hr.). Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Report 65. DOI: 10.3220/REPI576488624000
- [6] Hülsbergen K.-J., Schmid H., Chmelikova L., Rahmann G., Paulsen H. M., Köpke U. (2022) Umwelt- und Klimawirkungen des ökologischen Landbaus, Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme, Band 16
- [7] Chiriaco M V, Castaldi S, Valentin R (2022) Determining organic versus conventional food emissions to foster the transition to sustainable food systems and diets: Insights from a systematic review. *Journal of Cleaner Production* 380 (2022) 134937.
- [8] IPCC 2022 (2019). *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11. Verfügbar unter: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>.
- [9] Auch beim Bodenkohlenstoff hängen die Werte stark von den lokalen Gegebenheiten ab. Zudem unterliegt die Kohlenstoffspeicherung im Boden einer Sättigungsdynamik. Je nach Ausgangssituation nimmt die Kohlenstoffspeicherung nach 20 bis 40 Jahren nach einer Umstellung auf den Biolandbau ohne weitere Bewirtschaftungsänderungen nicht mehr weiter zu^[12a]. Der Bodenkohlenstoff kann bei einer nicht nachhaltigen Bewirtschaftungsänderung auch wieder verloren gehen, weshalb die entsprechenden Praktiken langfristig beibehalten werden müssen. Schließlich müssen auch Verlagerungseffekte vermieden werden, welche zum Beispiel eintreten können, wenn eine hohe Kohlenstoffbindung durch Importe organischen Materials von anderen Flächen erreicht wird, auf denen dieses dann fehlt, was dort zu Bodenkohlenstoffverlusten führen kann.
- [9a] Leifeld J., Fuhrer J. (2010). Organic farming and soil carbon sequestration: what do we really know about the benefits? *Ambio* 39(8):585-599
- [10] Gattinger A., Muller A., Haeni M., Skinner C., Fliessbach A., Buchmann N., Mäder P., Stolze M., Smith P., Scialabba N.E.-H., Niggli U. (2012). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. In: PNAS, 15. Oktober 2012, [doi: 10.1073/pnas.1209429109](https://doi.org/10.1073/pnas.1209429109)
- [11] Freibauer A., Rounsevell M.D.A., Smith P., Verhagen J. (2004). Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122(1):1-23. [doi: 10.1016/j.geoderma.2004.01.021](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.021).

- [12] Frank H., Schmid H., Hülsbergen K.-J. (2022) Energie- und Treibhausgasbilanzen der Milchviehhaltung. In: Hülsbergen K-J, Schmid H, Paulsen HM (Hrsg.) Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, p 133-159, Thünen Rep 92, DOI:10.3220/REPI646034190000
- [13] Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2018). Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates.

Kapitel 5 - Wasserwirtschaft will Ökolandbau

- [1] Sundermann, G., Annen, M., Hamm, S., Krause, A. & von Hirschhausen, C. (2021). Agrar- und Nährstoffwende: Vergessene Transformationen. FES impuls. <https://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/18838.pdf>
- [2] Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2012). Monetary costs and benefits of agriculture's impact on water systems. In: OECD (Hrsg.), *Water Quality and Agriculture: Meeting the Policy Challenge*, OECD Publishing. https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/water-quality-and-agriculture_9789264168060-en#page71
- [3] Kurth, T., Rubel, H., Meyer zum Felde, A., Krüger, J.-A., Zielcke, S., Günther, M. & Kemmerling, B. (2019). Die Zukunft der deutschen Landwirtschaft nachhaltig sichern. Denkanstöße und Szenarien für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit. Boston Consulting Group, München.
- [4] UBA. (2022). Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft und Stickstoffüberschuss. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/stickstoffeintrag-aus-der-landwirtschaft#stick-stoffuberschuss-der-landwirtschaft>
- [5] BMEL & BMU. (2020). Nitratbericht 2020. Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft. <https://www.bmu.de/download/nitratberichte>
- [6] Bereits eine einmalige Überschreitung des Grenz- oder Leitwertes führt zu der Veranlassung eines Fundaufklärungsverfahrens. Bei einer Überschreitung des im Trinkwasserrrecht geltenden Gesundheitlichen Orientierungswertes (GOW) für nicht relevante Metaboliten, die jedoch unter dem Leitwert von 10,0 µg/L verbleibt, empfiehlt das BVL dem Zulassungsinhaber ein Fundaufklärungsverfahren.
- Siehe: BVL. (2023). Fundaufklärung bei Grenz- und Leitwertüberschreitungen von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen bzw. deren relevanter und nicht relevanter Metaboliten im Grundwasser. https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/09_GesundheitNaturhaushalt/02_SchutzNaturhaushalt/03_Fundaufklaerung/Fundaufklaerung_node.html

- [7] Umweltbundesamt (UBA). (2014). Tierarzneimittel - ein neues Problem für das Grundwasser? <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/tierarzneimittel-ein-neues-problem-fuer-das>
- [8] Europäische Union (EU). (2018). Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32018R0848>
- [9] Shepherd, M., Pearce, B. D., Cormack, B., Philipps, L., Cuttle, S. P., Bhogal, A., Costigan, P., & Unwin, R. (2003). An assessment of the environmental impacts of organic farming. A review for Defra-funded project OF 0405.
- [10] BDEW-DVGW-VKU-Beirat Nitrat für Wasserversorgungsunternehmen (2021). Ökolandbau in Wassergewinnungsgebieten Information des BDEW-DVGW-VKU-Beirat Nitrat für Wasserversorgungsunternehmen.
- [11] Kusche, D., Hoppe, J., Hupe, A. & Heß, J. (2019). Wasserschutz. In J. Heß & J. Sanders (Hrsg.), *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65 (2. überarbeitete und ergänzte Auflage)*. https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_65.pdf
- [12] Kirchmann, H., & Bergström, L. (2001). Do Organic Farming Practices Reduce Nitrate Leaching? *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7-8), 997-1028. DOI: 10.1081/CSS-100104101
- [13] Bloch, R., Wechsung, F., Heß, J. & Bachinger, J. (2014). Climate change Impacts of legume-grass swards: Implications for organic farming in the Federal State of Brandenburg, Germany. *Regional Environmental Change*. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0656-2>
- [14] BDEW-DVGW-VKU-Beirat Nitrat für Wasserversorgungsunternehmen. (2021). Ökolandbau in Wassergewinnungsgebieten. Information des BDEW-DVGW-VKU-Beirat Nitrat für Wasserversorgungsunternehmen. https://www.bdew.de/media/documents/2021-05-04_Verb%C3%A4nde-Beirat_Nitrat_Information_%C3%96kolandbau.pdf
- [15] Thapa, R. B., Mirsky, S. B. & Tully, K. L. (2018). Cover Crops Reduce Nitrate Leaching in Agroecosystems: A Global Meta-Analysis. *Journal of Environmental Quality*, 47(6), 1400–1411. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.03.0107>
- [16] Hülsbergen, K.-J., Schmid, H., Paulsen, H. (Hrsg.) (2022). Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. *Thünen Report 92*. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn064672.pdf

Kapitel 6 - Mehr Biodiversität durch ökologischen Landbau

- [1] Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., ... & Purvis, A. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science*, 353(6296), 288-291.

- [2] Fischer, M. (Ed.). (2015). Zustand der Biodiversität in der Schweiz 2014-Die Analyse der Wissenschaft. Forum Biodiversität Schweiz.
- [3] Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... & Goulson, D. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One*, 12(10), e0185809.
- [4] Seibold, S., Gossner, M. M., Simons, N. K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarlı, D., et al. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, 574(7780), 671-674.
- [5] Wagner, D. L. (2020). Insect declines in the Anthropocene. *Annual Review of Entomology*, 65, 457-480.
- [6] Muneret, L., Auriol, A., Thiéry, D., & Rusch, A. (2019). Organic farming at local and landscape scales fosters biological pest control in vineyards. *Ecological Applications*, 29(1), e01818.
- [7] Inclan, D. J., Cerretti, P., Gabriel, D., Benton, T. G., Sait, S. M., Kunin, W. E., ... & Grass, I. (2015). Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 1102-1109.
- [8] Hole, D. G., Perkins, A. J., Wilson, J. D., Alexander, I. H., Grice, P. V., & Evans, A. D. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122, 113-130.
- [9] Bengtsson, J., Ahnström, J., & Weibull, A.-C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 261-269.
- [10] Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(3), 746-755.
- [11] Smith, O. M., Cohen, A. L., Rieser, C. J., Davis, A. G., Taylor, J. M., Adesanya, A. W., ... & Räsänen, T. A. (2019). Organic farming provides reliable environmental benefits but increases variability in crop yields: a global meta-analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 82.
- [12] Henckel, L., Börger, L., Meiss, H., Gaba, S., & Bretagnolle, V. (2015). Organic fields sustain weed metacommunity dynamics in farmland landscapes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1808), 20150002.
- [13] Lichtenberg, E. M., Kennedy, C. M., Kremen, C., Batáry, P., Berendse, F., Bommarco, R., ... & Tscharrntke, T. (2017). A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology*, 23(11), 4946-4957.
- [14] NABU. (2004). Vögel der Agrarlandschaft - Bestand, Gefährdung, Schutz. Naturschutzverbund Deutschland e.V., Berlin.
- [15] Gabriel, D., Roschewitz, I., Tscharrntke, T., & Thies, C. (2006). Beta diversity at different spatial scales: plant communities in organic and conventional agriculture. *Ecological Applications*, 16, 2011-2021.
- [16] Gabriel, D., & Tscharrntke, T. (2007). Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 43-48.

- [17] Muneret, L., Mitchell, M., Seufert, V., Aviron, S., Pétilion, J., Plantegenest, M., et al. (2018). Evidence that organic farming promotes pest control. *Nature Sustainability*, 1(7), 361-368.
- [18] Lori, M., Symnaczik, S., Mäder, P., De Deyn, G., & Gattinger, A. (2017). Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression. *PLoS One*, 12(7), e0180442.
- [19] Miguel-Aristu, J., Pérez-Guerrero, S., Avivar-Lozano, L., Giráldez-Sánchez, V., & Pastor-Sepúlveda, O. (2019). Efectos del manejo del viñedo sobre la biodiversidad de artrópodos epiedáfcos en Andalucía oriental (España). *Ecosistemas*, 28(3), 115-125.
- [20] Muneret, L., Auriol, A., Bonnard, O., Richart-Cervera, S., Thiéry, D., & Rusch, A. (2019). Organic farming expansion drives natural enemy abundance but not diversity in vineyard-dominated landscapes. *Ecology and Evolution*, 9(23), 13532-13542.
- [21] Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2008). Agricultural landscapes with organic crop support higher pollinator diversity. *Oikos*, 117, 354-361.
- [22] Morandin, L. A., & Winston, M. (2005). Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological Applications*, 15, 871-881.
- [23] Porcel, M., Andersson, G. K. S., Palsson, J., & Tasin, M. (2018). Organic management in apple orchards: Higher impacts on biological control than on pollination. *Journal of Applied Ecology*, 55(6), 2779-2789.
- [24] Navntoft, S., Wratten, S., Kristensen, K., & Esbjerg, P. (2009). Weed seed predation in organic and conventional fields. *Biological Control*, 49(1), 11-16.
- [25] Hutton, S. A., & Giller, P. A. (2003). The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology*, 40, 994-1007.
- [26] Lotter, D. W., Seidel, R., & Liebhardt, W. (2003). The performance of organic and conventional cropping systems in an extreme climate year. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(3), 146-154.
- [27] Schader, C., Schlatter, C., & Stolze, M. (2008). Umsetzung von Ökomassnahmen auf Bio- und ÖLN-Betrieben. *Agrarforschung*, 15(10), 506-511.
- [28] Aude, E., Tybirk, K., Michelsen, A., Ejrnaes, R., Hald, A. B., & Mark, S. (2004). Conservation value of the herbaceous vegetation in hedgerows – does organic farming make a difference? *Biological Conservation*, 118, 467-478.
- [29] Gibson, R. H., Pearce, S., Morris, R. J., Symondson, W. O. C., & Memmott, J. (2007). Plant diversity and land use under organic and conventional agriculture: a whole-farm approach. *Journal of Applied Ecology*, 44(4), 792-803.
- [30] Norton, L., Johnson, P., Joys, A., Stuart, R., Chamberlain, D., Feber, R., ... & Firbank, L. (2009). Consequences of organic and non-organic farming practices for field, farm and landscape complexity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(1-3), 221-227.
- [31] Gabriel, D., & Tschardtke, T. (2006). Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118, 43-48.

- [32] Rundlof, M., & Smith, H. G. (2006). The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1121-1127.
- [33] Holzschuh, A., Stefan-Dewenter, I., Kleijn, D., & Tscharntke, T. (2007). Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology*, 44, 41-49.
- [34] Seufert, V., & Ramankutty, N. (2017). Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture. *Science advances*, 3(3), e1602638.
- [35] Zaller JG, Kruse-Platz M, Schlechtriemen U, Gruber E, Peer M, Nadeem I, et al. Pesticides in ambient air, influenced by surrounding land use and weather, pose a potential threat to biodiversity and humans. *Science of the Total Environment*. 2022;838:156012.
- [36] Guilleminot, S. H. (2019). A nationwide survey of neonicotinoid insecticides in agricultural land with implications for agricultural-and with implications for agri-environment schemes. *Journal of Applied Ecology*, 56, 1502-1514.
- [37] Humann-Guilleminot, S., Clément, S., Desprat, J., Binkowski, Ł. J., Glauser, G., & Helfenstein, F. (2019). A large-scale survey of house sparrows feathers reveals ubiquitous presence of neonicotinoids in farmlands. *Science of the Total Environment*, 660, 1091-1107.
- [38] Rosa-Schleich, J., Loos, J., Mußhoff, O., & Tscharntke, T. (2019). Ecological-economic trade-offs of diversified farming systems—a review. *Ecological Economics*, 160, 251-263.
- [39] Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2, 1-8.
- [40] Schäffer, A., Filser, J., Frische, T., Gessner, M., Köck, W., Kratz, W., ... Scheringer, M. (2018). The Silent Spring – On the need for sustainable plant protection. Discussion No. 16. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V.-Nationale Akademie der Wissenschaften.
- [41] Pfiffner, L., & Armengot, L. (2018). Biodiversity as a prerequisite of sustainable organic farming. In *Improving Organic Crop Production*. Burleigh Dodds Science Publishing.
- [42] Ponisio LC, M'Gonigle LK, Mace KC, Palomino J, de Valpine P, Kremen C. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of The Royal Society B*. 2014;282(1798):20141396.
- [43] Crowder, D. W., & Reganold, J. P. (2015). Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7611-7616.
- [44] Chevillat, V., Stöckli, S., Birrer, S., Jenny, M., Graf, R., Pfiffner, L., et al. (2017). Mehr und qualitativ wertvollere Biodiversitätsförderflächen dank Beratung. *Agrarforschung Schweiz*, 8(6), 232-239.

Kapitel 7 - Ökolandbau spart Energie

- [1] Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2018). Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates.

- [2] Hülsbergen K.-J., Schmid H., Chmelikova L., Rahmann G., Paulsen H. M., Köpke U. (2022) Umwelt- und Klimawirkungen des ökologischen Landbaus, Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme, Band 16
- [3] Chmelikova L. und Hülsbergen K.J. (2022). Ressourceneffizienz. In: Sanders, J., & Heß, J. (Hr.). (2019). Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Report 65. DOI: 10.3220/REP1576488624000
- [4] Dalgaard T., Halberg N., Fenger J. (2000). Simulering af fossilt energiforbrug og emission af drivhusgasser Trescenarier for omlægning til 100% økologisk jordbrug i Danmark. FØJO-rapport, Nr. 5. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug.
- [5] Hansen B, Alrøe HF, Kristensen ES (2001) Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 83(1-2):11-26. doi: 10.1016/S0167-8809(00)00257-7
- [6] Gomiero T, Pimentel D, Paoletti MG (2011) Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30(1-2):95124. doi: 10.1080/07352689.2011.554355

Kapitel 8 - Ökologische Lebensmittel weisen zahlreiche Vorteile auf

- [1] Hunter, D.; Foster, M.; McArthur, J. O.; Ojha, R.; Petocz, P.; Samman, S. (2011). Evaluation of the Micronutrient Composition of Plant Foods Produced by Organic and Conventional Agricultural Methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(6), 571–582.
- [2] Brandt, K.; Leifert, C.; Sanderson, R.; Seal, C. (2011). Agroecosystem Management and Nutritional Quality of Plant Foods: The Case of Organic Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1–2), 177–197.
- [3] Smith-Spangler, C.; Brandeau, M. L.; Hunter, G. E.; Bavinger, J. C.; Pearson, M.; Eschbach, P. J.; Sundaram, V.; Liu, H.; Schirmer, P.; Stave, C. (2012). Are Organic Foods Safer or Healthier than Conventional Alternatives?: A Systematic Review. *Annals of Internal Medicine*, 157(5), 348–366.
- [4] Barański, M.; Średnicka-Tober, D.; Volakakis, N.; Seal, C.; Sanderson, R.; Stewart, G. B.; Benbrook, C.; Biavati, B.; Markellou, E.; Giotis, C. (2014). Higher Antioxidant and Lower Cadmium Concentrations and Lower Incidence of Pesticide Residues in Organically Grown Crops: A Systematic Literature Review and Meta-Analyses. *British Journal of Nutrition*, 112(05), 794–811.
- [5] Średnicka-Tober, D.; Barański, M.; Seal, C.; Sanderson, R.; Benbrook, C.; Steinshamn, H.; Gromadzka-Ostrowska, J.; Rembiałkowska, E.; Skwarło-Sońta, K.; Eyre, M. (2016). Composition Differences between Organic and Conventional Meat: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *British Journal of Nutrition*, 115(6), 994–1011.
- [6] Średnicka-Tober, D.; Barański, M.; Seal, C. J.; Sanderson, R.; Benbrook, C.; Steinshamn, H.; Gromadzka-Ostrowska, J.; Rembiałkowska, E.; Skwarło-Sońta, K.; Eyre, M. (2016). Higher PUFA and N-3 PUFA, Conjugated Linoleic Acid, α -Tocopherol and Iron, but Lower Iodine and

- Selenium Concentrations in Organic Milk: A Systematic Literature Review and Meta- and Redundancy Analyses. *British Journal of Nutrition*, 115(6), 1043–1060.
- [7] Mditshwa, A.; Magwaza, L. S.; Tesfay, S. Z.; Mbili, N. (2017). Postharvest Quality and Composition of Organically and Conventionally Produced Fruits: A Review. *Scientia Horticulturae*, 216, 148–159.
- [8] Kretzschmar, U.; Schleiffer, M.; Curran, M.; Dierauer, H.; Frehner, A.; Leiber, F.; Oehen, B.; Speiser, B.; Mäder, R.; Cezanne, M.-L. *Nachhaltigkeit Und Qualität Biologischer Lebensmittel*; Forschungsinstitut für biologischen Landbau FIBL, 2021.
- [9] DGE. (2012). Sekundäre Pflanzenstoffe Und Ihre Wirkung Auf Die Gesundheit; Ernährungsbericht.
<https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/fachinformationen/sekundaere-pflanzenstoffe-und-ihre-wirkung/>
- [10] Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2023). Ökomonitoring 2022 – Ergebnisse der Untersuchung von Lebensmitteln aus ökologischem Landbau. Stuttgart, https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mlr/intern/dateien/publikationen/Verbraucherschutz/Oekomonitoring_2022.pdf
- [11] Rembiałkowska, E. Organic Food: Effect on Nutrient Composition. 2016.
- [12] Mie, A.; Andersen, H. R.; Gunnarsson, S.; Kahl, J.; Kesse-Guyot, E.; Rembiałkowska, E.; Quaglio, G.; Grandjean, P. (2017). Human Health Implications of Organic Food and Organic Agriculture: A Comprehensive Review. *Environmental Health*, 16(1), 1–22.
- [13] Brantsæter, A. L.; Ydersbond, T. A.; Hoppin, J. A.; Haugen, M.; Meltzer, H. M. (2017). Organic Food in the Diet: Exposure and Health Implications.
- [14] Hoffmann, I.; Spiller, A. Auswertung Der Daten Der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) (2010). Eine Integrierte Verhaltens-Und Lebensstilbasierte Analyse Des Bio-Konsums.
- [15] Willett, W.; Rockström, J.; Loken, B.; Springmann, M.; Lang, T.; Vermeulen, S.; Garnett, T.; Tilman, D.; DeClerck, F.; Wood, A.; Jonell, M.; Clark, M.; Gordon, L. J.; Fanzo, J.; Hawkes, C.; Zurayk, R.; Rivera, J. A.; De Vries, W.; Sibanda, L. M.; Afshin, A.; Chaudhary, A.; Herrero, M.; Agustina, R.; Branca, F.; Lartey, A.; Fan, S.; Crona, B.; Fox, E.; Bignet, V.; Troell, M.; Lindahl, T.; Singh, S.; Cornell, S. E.; Reddy, S. K.; Narain, S.; Nishtar, S.; Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492.

Kapitel 9 - Öko muss nicht teuer sein

- [1] Brümmer, N., Klawitter, M. & Zander, K. (2019): Werthaltungen, Einstellungen und Präferenzen junger Erwachsener zum ökologischen Landbau und seinen Produkten. Abschlussbericht BLE-BÖLN Projekt 2815OE001, Braunschweig. <https://orgprints.org/37784/>
- [2] Hemmerling, S., Hamm, U. & Spiller, A. (2015): Consumption behavior regarding organic food from a marketing perspective – a literature review. *Organic Agriculture*, 5 (4), 277-313. <https://doi.org/10.1007/s13165-015-0109-3>

- [3] Janssen, M. (2018): Determinants of organic food purchases: Evidence from household panel data. *Food Quality and Preference*, 68, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.02.002>
- [4] PwC PricewaterhouseCoopers Deutschland. (2021). Bio im Aufwind. Abrufbar unter. <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/pwc-bio-im-aufwind.pdf>
- [5] Schipmann-Schwarze, C. & Hamm, U. (2020): Exploring drivers and barriers for organic poultry consumption. *British Food Journal*, 122, 3679-3693. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2018-0787>
- [6] Staudigel, M. & Trubnikov, A. (2022): High price premiums as barriers to organic meat demand? A hedonic analysis considering species, cut and retail outlet. *Australian Journal of Agriculture and Resource Economics*, 66, 309-336. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12472>
- [7] Aschemann-Witzel, J. & Aagaard, E.M.N. (2014). Elaborating on the attitude-behavior gap regarding organic products: young Danish consumers and instore food choice. *International Journal of Consumer Studies*, 38, 550-558. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12115>
- [8] Aschemann-Witzel, J. & Zielke, S. (2017): Can't buy me green? A review of consumer perceptions and behavior toward the price of organic food. *Journal of Consumer Affairs*, 51, 211-251. <https://doi.org/10.1111/joca.12092>
- [9] Bryla, P. (2016): Organic food consumption in Poland: Motives and barriers. *Appetite*, 105, 737-746. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.07.012>
- [10] Buder, F., Feldmann, C. & Hamm, U. (2014): Why regular buyers of organic food still buy many conventional products – Product-specific purchase barriers for organic food consumers. *British Food Journal*, 116, 390-404. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2012-0087>
- [11] Schäufele, I. & Hamm, U. (2018): Organic wine purchase behavior in Germany: Exploring the attitude-behaviour-gap with data from a household panel. *Food Quality and Preference*, 63, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.010>
- [12] Rödiger, M., Plaßmann, S. & Hamm, U. (2016): Organic consumers' price knowledge, willingness-to-pay and purchase decision. *British Food Journal*, 118, 2732-2743. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2016-0164>
- [13] AMI Agrarmarkt-Informationsgesellschaft laufend: Ökomarkt Jahrbuch. Bonn
- [14] Oekolandbau.de (2022): Wie reagieren Konsumierende in Krisenzeiten? <https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/konsumverhalten-in-krisenzeiten/>
- [15] Hamm, U. & Wild, S. (2014): Der Preis bestimmt den Absatz. *Biohandel*, Jg. 2014, Nr. 1, S. 8-13.
- [16] Staudigel, M. & Trubnikov, A. (2022): High price premiums as barriers to organic meat demand? A hedonic analysis considering species, cut and retail outlet. *Australian Journal of Agriculture and Resource Economics*, 66, 309-336. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12472>
- [17] Hamm, U., Aschemann, J. & Riefer, A. (2007): Sind die hohen Preise für Öko-Lebensmittel wirklich das zentrale Problem für den Absatz? *Berichte über Landwirtschaft* Bd. 85, S. 252-271. http://www.bmelv.de/cln_182/cae/servlet/contentblob/1068842/publicationFile/65323/2007_Heft2_Band85.pdf

- [18] Schulze, M., Spiller, A. & Risius, A. (2021): Do consumers prefer pasture-raised dual-purpose cattle when considering meat products? A hypothetical discrete choice experiment for the case of minced beef. *Meat Science*, 177, 108494. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108494>
- [19] Stampa, E., Schipmann-Schwarze, C. & Hamm, U. (2020): Consumer perceptions, preferences, and behavior regarding pasture-raised livestock products: A review. *Food Quality and Preference*, 82, 103872. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103872>
- [20] Profeta, A. & Hamm, U. (2019): Do consumers prefer local animal products produced with local feed? Results from a Discrete-Choice experiment. *Food Quality and Preference*, 71, 217-227. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.07.007>
- [21] Risius, A. & Hamm, U. (2017): The effect of information on beef husbandry systems on consumers' preferences and willingness to pay. *Meat Science*, 124, 9-14. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.008>
- [22] Wägeli, S., Janssen, M. & Hamm, U. (2016): Organic consumers' preferences and willingness-to-pay for locally produced animal products. *International Journal of Consumer Studies*, 40, 357-367. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12262>
- [23] Heid, A. & Hamm, U. (2013): Animal welfare versus food quality: Factors influencing organic consumers' preferences for alternatives to piglet castration without anaesthesia. *Meat Science*, 95, 203-211. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.052>
- [24] Kiefer, A., Elsässer, M., Grant, K., Lindner, R., Trček, U., Risius, A., Schulze, M., Spiller, A., Dentler, J., Wacker, K., Sponagel, C., Weber, J. & Bahrs, E. (2020): Grünlandschutz in benachteiligten Mittelgebirgsregionen durch ein Bio-Weiderindkonzept am Beispiel des Südschwarzwalds. *Berichte über Landwirtschaft*, 98, 3. <https://doi.org/10.12767/buel.v98i3.311>