Der Ökolandbau aus dem Blickwinkel des Natur- und Umweltschutzes



Kontakt

NABU Bundesgeschäftsstelle
Cäcilia von Hagenow
Referentin Agrarpolitik & ländliche Räume

Tel. +49 (0)173.75 29 209
Caecilia.vonHagenow@NABU.de

Die Herausforderungen in der Landwirtschaft sind groß. Die Auswirkungen der Klimakrise und des Biodiversitätsverlustes treffen sie immer deutlicher, auf der anderen Seite trägt sie selbst erheblich zur Verschärfung dieser Krisen bei. So ist beispielsweise der dramatische Rückgang der Feldvögel laut Studien eindeutig auf die Intensivierung der Landwirtschaft zurückzuführen (Rigal et al., 2023). Entsprechend steht sie vor der Herausforderung, bei sich wandelnden Umweltbedingungen weiterhin nachhaltige Erträge zu sichern und gleichzeitig ihre Umweltwirkungen massiv zu verbessern.

Der Ökolandbau gilt als eine besonders umweltschonende Anbauform und nimmt eine zentrale Rolle in den Nachhaltigkeitszielen der Bundesregierung ein, die bis 2030 anstrebt, 30 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche ökologisch zu bewirtschaften. Derzeit macht der Ökolandbau etwa elf Prozent der Anbaufläche in Deutschland aus und spielt somit bislang eine eher untergeordnete Rolle im Agrarsystem. Politisch ist der Ausbau des Ökolandbaus jedoch gewünscht, und auch der NABU unterstützt und fördert die Ausweitung des Ökolandbaus, z. B. durch Projekte wie "Gemeinsam Boden gut machen" sowie durch öffentlichkeitswirksame Informationen über diese Anbauform.

Die positiven Leistungen des Ökolandbaus stehen jedoch regelmäßig in der Diskussion, insbesondere hinsichtlich der Klimawirkungen oder der Bodennutzung werden die Vorteile des ökologischen Landbaus auch wissenschaftlich teilweise kontrovers diskutiert. Da es sich um einen Systemansatz handelt, ist der Blick auf einzelne Aspekte der Anbauform wie auch einzelne Produkte jedoch oft nicht sinnvoll. Seine komplexe Struktur erfordert eine ganzheitliche Betrachtung, nur so kann eine Bewertung vorgenommen werden, welche Rolle der Ökolandbau aus Sicht des Naturschutzes in einem nachhaltigen Landwirtschaftssystem haben kann und sollte.

Was ist Ökolandbau?

Eine pauschale Einteilung der Landwirtschaft in Kategorien fällt schwer, denn sie ist keineswegs homogen. Jeder Landwirtschaftsbetrieb, ob konventionell oder biologisch bewirtschaftet, ist individuell, und seine Bewirtschaftung hängt stark von den jeweiligen Landwirt*innen und den regional oft sehr unterschiedlichen Standortbedingungen ab. Trotzdem lassen sich landwirtschaftliche Betriebe in die am meisten verbreiteten Anbausysteme einteilen. Hier wird vor allem konventioneller und ökologischer Landbau unterschieden[1]. Als konventioneller Landbau wird die sich im letzten Jahrhundert überwiegend durchgesetzte Form der Landwirtschaft bezeichnet. Ausgehend von dem Ziel, die Produktivität zu steigern, wurde vor allem mit Hilfe von technischen Innovationen, dem intensiven Einsatz mineralischen Stickstoffdüngers und chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel sowie der Flurbereinigung die Produktion intensiviert und stark spezialisiert, was zu hohen Erträgen führte. Dies brachte jedoch gleichzeitig eine Vielzahl an unerwünschten ökologischen Effekten mit sich, wie das dramatische Artensterben oder der übermäßige Eintrag von beispielsweise Nitrat in Gewässer (Moakes et al., 2020). Die Entstehung des ökologischen Landbaus kann als eine Reaktion auf diese Entwicklung gewertet werden.

Der Ökolandbau versteht sich als ein auf natürlichen Prozessen und ökologischen Belastungsgrenzen beruhendes System. Dabei wird ein geschlossener Betriebskreislauf angestrebt, der möglichst alle Betriebsbereiche, wie Pflanzenbau, Futtermittel, Tierhaltung und Düngung, umfasst. Die Internationale Vereinigung der ökologischen Landbaubewegung (IFOAM) definiert für den ökologischen Landbau vier Prinzipien: die Prinzipien der Gesundheit, Ökologie, Gerechtigkeit und Sorgfalt. Das Prominenteste ist dabei das Prinzip der Ökologie, was auch in den jeweiligen Kriterien seinen Niederschlag findet.

Im Bestreben nach einer Festlegung auf eine Definition von verbindlichen Mindeststandards und zum Schutz des Begriffs „Ökolandbau“ ist ein System der Regulation, Kontrolle und Zertifizierung entstanden, das in der Europäischen Union in der gesetzlichen Festlegung der EU-Ökoverordnung Niederschlag findet. Parallel entwickelten sich verschiedene private Anbauverbände, wie Bioland, Naturland oder Demeter, die in ihren Richtlinien über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgehen. Damit ist es im Ökolandbau gelungen, einen fest definierten Standard mit klar definierten Kriterien zu etablieren, der bei Konsument*innen bekannt und angenommen und somit am Markt etabliert ist. Dies stellt eine enorme Leistung des Ökolandbaus dar, die sie anderen alternativen Anbauformen voraushat.

Besonders ausschlaggebend für die positive Umweltwirkung des Ökolandbaus sind die folgenden, in der EU-Ökoverordnung vorgeschriebenen Maßnahmen:

- kein Einsatz von chemisch-synthetischem Pflanzenschutz
- keine Verwendung leicht löslicher mineralischer Düngemittel
- angepasste Fruchtfolgen mit hohem Leguminosenanteil
- Ausbringung von organischem Stickstoff vorwiegend als Mist oder Mistkompost oder Gründüngungen
- Auswahl angepasster Sorten
- flächengebundene Tierhaltung
- Fütterung der Tiere möglichst mit hofeigenem Futter
- Begrenzung des Einsatzes von Antibiotika in der Tierhaltung

[1] Neben dem Ökolandbau haben sich auch verschiedene andere Anbauformen etabliert, die eine nachhaltige Alternative für die Landwirtschaft darstellen. Eine Auflistung findet sich hier: https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/landnutzung/landwirtschaft/anbaumethoden/34277.html
Im vorliegen Papier wird jedoch, ohne anderen Konzepten die Relevanz abzusprechen, im Speziellen der Ökolandbau beleuchtet.

Wie jede Form der Landwirtschaft ist auch der Ökolandbau ein Arbeiten in und mit der Natur und hat somit zwingend Auswirkungen auf die natürliche Umwelt. Auch im Ökolandbau ist für eine nachhaltige Produktion der Einsatz von Betriebsmitteln wie Dünger und Pflanzenschutzmitteln nötig. Strenge Bewirtschaftungsauflagen, z. B. dass Pflanzenschutzmittel nicht als vorbeugende Maßnahme, sondern nur bei nachgewiesenem Bedarf und ausschließlich explizit für den Ökolandbau zugelassene Mittel verwendet werden dürfen, verringern jedoch die potenziell schädliche Wirkung. Es ist dennoch – unabhängig von den unbestrittenen Vorzügen des Ökolandbaus – sinnvoll, die Umweltwirkungen des Ökolandbaus auch kritisch zu betrachten und dessen Weiterentwicklung konstruktiv zu begleiten.

Welche ökologischen Leistungen erbringt der Ökolandbau?

Die Diskussion über die Mehrleistungen des ökologischen Landbaus für die Umwelt im Vergleich zur konventionellen Produktion ist kontrovers. Dies liegt hauptsächlich an drei Aspekten. Zum einen bildet die EU-Öko-Verordnung einen einheitlichen Rechtsrahmen für die ökologische Produktion in Europa, dennoch haben Betriebe einen gewissen Spielraum bei der Umsetzung. Knapp zwei Drittel der ökologisch wirtschaftenden Betriebe in Deutschland werden zusätzlich nach Richtlinien eines Anbauverbands bewirtschaftet, die unterschiedliche, meist strengere Anforderungen an die Betriebe stellen. Deshalb kann auch nicht von „dem Ökobetrieb“ die Rede sein. Die Spanne reicht von stark spezialisierten Ackerbaubetrieben bis zu vielfältigen Anbausystemen mit Tierhaltung, Gemüsebau und Verarbeitung. Wie auch im konventionellen Anbau, hängt dies stark mit agrarstrukturellen Gegebenheiten und Standortfaktoren sowie der Betriebsleitung zusammen. Aus diesem Grund variieren die Umweltleistungen auch innerhalb der Gruppe der ökologischen wie auch bei den konventionellen Landwirt*innen stark. Zweitens variieren die Bewertungen der Umwelteffekte je nach betrachteter räumlicher Ebene (lokal, regional, global) und der Bezugseinheit, das heißt abhängig davon, ob sich die Bewertung auf das Produkt oder die Fläche bezieht (wie später noch näher erläutert wird). Und drittens resultieren die Umweltwirkungen im Ökolandbau nicht nur aus einzelnen Maßnahmen, wie dem Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel, sondern auch aus komplexen Wechselbeziehungen zwischen verschiedenen Praktiken und den Standortfaktoren vor Ort. Der Verzicht auf Pflanzenschutzmittel beispielsweise wirkt sich in einer Landschaft mit hoher Strukturvielfalt anders aus als in einer ausgeräumten Landschaft. Diese hohe Komplexität und Variabilität führen zu unterschiedlichen Bewertungen der Umweltleistungen und machen den Unterschied zur konventionellen Produktion nicht immer eindeutig. Dennoch kann im Durchschnitt eine positivere Umweltleistung der ökologischen Betriebe festgestellt werden (Sanders et al., 2023).

Der entscheidende Faktor für die Unsicherheiten bezüglich der Leistungen des Ökolandbaus sind die Ertragsunterschiede zwischen dem ökologischen und konventionellen Landbau, die zwischen 10 und 40 Prozent liegen und vornehmlich durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel zu erklären sind. Die wissenschaftliche und gesellschaftliche Diskussion entspinnt sich vor diesem Hintergrund an zwei Punkten. Zum einen wird der Ertragsunterschied im Kontext der Debatte über Ernährungssicherheit diskutiert, zum anderen mögliche Verlagerungseffekte von Umweltbelastungen ins Ausland aufgrund der geringeren Flächeneffizienz (Debuschewitz und Sanders, 2022). Dabei wird die Debatte oft verkürzt auf zwei scheinbar entgegengesetzte Möglichkeiten geführt: intensive konventionelle Landwirtschaft mit wenig “Flächenverbrauch” (land sparing) versus umweltschonendere, extensivere Formen der Landwirtschaft, sowie weiter wie der Ökolandbau mit höherem Flächenverbrauch in Bezug auf die produzierte Menge je Flächeneinheit und damit insgesamt höherem Flächenverbrauch (land sharing). Diese Debatte muss jedoch in einem Abwägen von regionalen und globalen Umweltwirkungen sowie einem größeren Kontext von Ernährungsgewohnheiten und Lebensmittelverschwendung geführt werden, denn auch diese Faktoren wirken sich maßgeblich auf den Verbrauch von Fläche aus. Die

Debatte zielt häufig auf eine Entweder-Oder-Antwort ab, was das Bild der festgefahrenen Diskussion verdeutlicht. Ziel muss es jedoch sein, diese Dualität zu überwinden (Moackes et al., 2020).

Unternimmt man entsprechend den Versuch eines differenzierten Systemvergleichs, ist die Wahl der Bezugseinheit relevant und ausschlaggebend für die Ergebnisse. Die Debatte über die richtige Bezugseinheit wird auch wissenschaftlich kontrovers geführt, woraus sich die unterschiedlichen Standpunkte zu den Umweltleistungen des Ökolandbaus erklären lassen (Debuschewitz und Sanders, 2022). Bei Einordnung der Studienlage sollte also immer beachtet werden, ob sich der Vergleich auf die Fläche oder auf die Menge des produzierten Gutes bezieht. Die passende Bezugseinheit ist dabei immer in Bezug zum jeweiligen Schutzzweck zu betrachten, z. B. ist es sinnvoll, wenn es lokal um die Bereitstellung von Ökosystemleistungen geht, die Umweltwirkungen auf die Fläche zu beziehen. Am Beispiel der Biodiversität wird dies besonders deutlich – eine lokal verschwundene Art lässt sich nicht gegen eine hohe Produktivität gegenrechnen. Bei Treibhausgasemissionen ergibt der Bezug zum produzierten Gut hingegen Sinn, da sich die Folgen des Klimawandels global auswirken, es demnach sinnvoll ist, pro Produkteinheit möglichst wenig Emissionen zu produzieren. Auf die Fläche bezogen schneidet der Ökolandbau in fast allen Fällen deutlich besser ab, auf die Produktionseinheit bezogen sind die Ergebnisse aufgrund der allgemein geringeren Produktivität jedoch nicht immer eindeutig. Hier zeigt sich der generelle Zielkonflikt im Ökolandbau: Eine hohe lokale Umweltleistung (Umweltleistung pro Hektar) bedeutet nicht zwangsläufig auch eine globale Ökoeffizienz (Umweltleistung pro Kilogramm Lebensmittel). Je nach Zielstellung sollten die Leistungen also unterschiedlich bewertet werden, dies macht jedoch Aussagen über die Gesamtleistung des Ökolandbaus schwieriger (Moackes et al., 2020).

Nichtsdestotrotz soll hier der Versuch unternommen werden, die Leistungen des Ökolandbaus im Hinblick auf verschiedene Schutzgüter zu bewerten. Diese Aufstellung ist nicht umfassend und stellt lediglich eine Annäherung dar. Daran anschließend wird ein Blick auf die systemischen Aspekte des Ökolandbaus geworfen, welche maßgeblich für die Ergebnisse sind.

Boden

Bodenfruchtbarkeit ist ein zentraler Baustein für die Produktivität der Landwirtschaft. Die Art und Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung entscheidet darüber, ob es zu Erosion, Auswaschung, Kontamination oder Verdichtung des Bodens kommt oder ob die Bodenqualität auf lange Sicht erhalten bleibt. Ein gesunder Boden fungiert als Lebensraum, Schadstofffilter, Wasser- und Nährstoffspeicher, Erosions- und Hochwasserschutz und ist eine wichtige Grundlage zur Anpassung an den Klimawandel.

Das Verbot der Anwendung von chemisch-synthetischen Düngemitteln im Ökolandbau schränkt die kurzfristigen Möglichkeiten der Nährstoffversorgung zunächst ein, was eine intensive Beschäftigung mit dem Thema Bodenfruchtbarkeit unabdingbar macht. In den verschiedenen Regelwerken, sowohl den gesetzlichen als auch denen der Anbauverbände, wird deshalb die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit als zentrales Ziel genannt und es werden Maßnahmen in unterschiedlicher Detailliertheit beschrieben. Besonders hervorgehoben werden schonende Bodenbearbeitung, angepasste Düngung und vielfältige Fruchtfolgen. Der Anteil von Leguminosen wird besonders betont, bei vielen Anbauverbänden wird ein Mindestanteil von 20 Prozent Leguminosen in der Fruchtfolge empfohlen.

Vergleichende Studien zeigen die daraus resultierenden Vorteile des ökologischen Landbaus in Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit. Die Literaturanalyse von Jung und Schmidtke (2019) betrachtet für ihre Aussagen die Parameter Gehalt an organischem Bodenkohlenstoff (SOC), Abundanz und Biomasse der Regenwürmer, Bodenacidität (pH-Wert), Phosphorgehalt und Eindringwiderstand als ein Maß für die Verdichtung des Bodens. Die Ergebnisse zeigen bei fast allen Parametern bessere Werte der ökologischen Landwirtschaft oder gleiche Werte beider Systeme.

Häufigkeit und Biomasse von Regenwürmern sind bei ökologischer Bewirtschaftung beispielsweise im Durchschnitt um 78 bzw. 94 Prozent höher (Sanders und Heß, 2019). Auch hinsichtlich der Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Algen, Protozoen) wurde eine höhere Abundanz und Aktivität festgestellt. Durch die verschiedenen Maßnahmen im ökologischen Landbau wird der Humusaufbau gefördert, so weisen Böden, die ökologisch bewirtschaftet werden, im Mittel höhere Gehalte an organischem Kohlenstoff auf und können pro Jahr mehr Kohlenstoff speichern als vergleichbare konventionell bewirtschaftete Böden (Gattinger et al., 2012). Grund dafür sind vor allem die vielfältigen Fruchtfolgen, eine dauerhafte Bodenbedeckung, organische Düngung und eine möglichst angepasste Bodenbearbeitung (Sanders et al., 2023).

Ein einschränkender Punkt in Bezug auf Bodenfruchtbarkeit im ökologischen Landbau ist die Bodenbearbeitung. Hier zeigt sich noch einiges an Potenzial. Förderlich für die Bodengesundheit ist eine möglichst schonende Bodenbearbeitung, bei der nicht gewendet und weniger tief bearbeitet wird. Im Ökolandbau stellt sich dies durch den Verzicht auf Pflanzenschutzmittel als eine größere Herausforderung dar als im konventionellen Landbau, da die Unkrautbekämpfung vornehmlich durch die mechanische Bodenbearbeitung, unter anderem mit dem Pflug, geschieht. Die dadurch resultierende hohe Intensität kann das Bodenleben negativ beeinflussen (Williams und Hedlund, 2013). Immer mehr Studien zeigen die positiven Wirkungen auf die Qualität des Bodens, die eine Kombination aus reduzierter Bodenbearbeitung und Ökolandbau haben kann, auch wenn dies herausfordernd umzusetzen ist. (Cooper et al., 2016; Krauss et al., 2020).

Die vorgestellten Ergebnisse gelten vor allem für den Ackerbau, für Grünland ist die Datenlage noch gering, weswegen hier keine Aussagen getroffen werden können.

Wasser

In Deutschland ist die Landwirtschaft der größte Verursacher von Nähr- und Schadstoffeinträgen in Gewässer (Haas, 2010). Hier spielen vor allem Einträge von Nitrat, Phosphor, Pflanzenschutzmitteln und Tierarzneimitteln eine Rolle. Der Ökolandbau hat Vorschriften bzw. teilweise Verbote für alle diese Schadstoffe, was die Einträge in Gewässer beeinflusst und den Unterschied zu konventioneller Bewirtschaftungsweise erklärt.

Unter diesem Punkt hervorzuheben ist die maßgeblich durch die Landwirtschaft bedingt hohe Nitratbelastung der Gewässer. Durch den Verzicht auf den Einsatz von chemisch-synthetischen Düngemitteln und die Vorschriften zur flächengebundenen Tierhaltung kommt es im Ökolandbau zu einer Verknappung von Stickstoff, was eine effiziente Nutzung nötig macht. Viele Beispiele zeigen entsprechend die dadurch bedingten geringeren Stickstoffüberschüsse des ökologischen Landbaus. So wurde in dem 20-jährigen Systemvergleich von Hülsenberger et al. (2022) im Mittel 60 Prozent geringere Stickstoffüberschüsse im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden Betrieben nachgewiesen. Ein weiteres Beispiel ist das Wassergut Canitz. Hier konnte der Nitratgehalt in Grund- und Oberflächengewässern durch die Umstellung auf ökologischen Landbau innerhalb von 30 Jahren um 50 Prozent gesenkt werden.

Auch in der Landwirtschaft ausgebrachte Pestizide werden besonders bei Regen in Gewässer eingetragen und sorgen dort für erhebliche ökologische Schäden (Liess et al., 2023). Durch die strengen Regeln zur Nutzung von Pflanzenschutzmitteln im Ökolandbau, mit einem weitgehenden Verbot von chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel, ist dieses Risiko im Ökolandbau deutlich geringer.

Nichtsdestotrotz kann sich auch der Ökolandbau in Bezug auf den Gewässerschutz verbessern. Die Mineralisierung organischer Stickstoffvorräte muss durch Bodenbearbeitung, Fruchtfolge, Anbautechnik und Bewässerungsmanagement so gesteuert werden, dass der Stickstoff effizienter genutzt wird. Auch beim Pflanzenschutz besteht Optimierungspotenzial. Zwar sind chemisch-synthetische Wirkstoffe verboten, aber im Ökolandbau zugelassene Mittel, wie Kupfer oder

Spinosad, können trotzdem problematisch für Gewässer und die Biodiversität sein (Sanders et al., 2023).

Biodiversität

Immer wieder wird die große Verantwortung der Landwirtschaft im Hinblick auf den dramatischen Zustand der Biodiversität beschrieben und wissenschaftlich nachgewiesen (IPBES, 2019; Rigal et al., 2023). Dabei ist die Agrarlandschaft Lebensraum für viele Arten, die von einer bestimmten landwirtschaftlichen Nutzung abhängen.

Verschiedene Vergleichsstudien zwischen ökologischen und konventionellen Anbausystemen zeigen, dass der Ökolandbau positive Auswirkungen auf die Vielfalt von Flora und Fauna hat. Stein-Bachinger und Kollegen haben in ihrer Metastudie 2021 die Unterschiede in der Anzahl und Häufigkeit von Pflanzen- und Tierarten auf ökologischen und konventionellen Betrieben untersucht. Insgesamt wurden 474 Vergleichspaare betrachtet. Dabei zeigte sich, dass auf ökologischen Betrieben in 58 Prozent der Fälle mehr Arten und Individuen vorkommen. Bei 38 Prozent gab es keine Unterschiede, und in 4 Prozent schnitt der ökologische Anbau schlechter ab. So gab es auf ökologisch bewirtschafteten Feldern im Durchschnitt 95 Prozent mehr Pflanzenarten. Bei Feldvögeln war die Artenvielfalt um 35 Prozent und die Häufigkeit um 24 Prozent höher. Bei Insekten waren es 22 Prozent mehr Arten und 36 Prozent mehr Individuen, und auch bei Spinnentieren zeigte sich ein Effekt von 15 Prozent mehr Arten und 55 Prozent mehr Individuen. Auch die Mikroorganismen im Boden können profitieren. Studien zeigen, dass Indikatoren zur mikrobiellen Biomasseaktivität durch ökologischen Anbau im Mittel um 32 bis 85 Prozent erhöht werden (Sanders et al., 2023).

Gründe für das bessere Abschneiden des Ökolandbaus im Bereich der Biodiversität sind die geringere Nährstoffbelastung und die geringere Produktionsintensität durch den weitgehenden Verzicht auf Pflanzenschutzmittel und eine geringere Düngung. Der Zustand der Biodiversität ist jedoch auch stark vom Vorhandensein von naturnahen Flächen in der Umgebung abhängig. Zum Beispiel profitieren blütenbesuchende Insekten, wie Solitärbienen und Hummeln, von den vielen Blüten auf ökologischen Feldern, brauchen aber auch Nistplätze, etwa auf brachliegenden Streifen oder an Feldrändern. Die Kombination dieser Lebensräume kann die Artenvielfalt und Dichte dieser Insekten stark erhöhen (Holzschuh et al., 2008). Ebenso werden Feldvögel wie Hänflinge oder Goldammern bereits durch das größere Angebot an Samen und Insekten auf ökologischen Feldern unterstützt, benötigen aber auch Hecken als Brutplätze. Daher kann die maximale Artenvielfalt auf ökologisch bewirtschaftetem Land nur in reich strukturierten Landschaften erreicht werden (Batáry et al., 2010).

Vergleiche zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben in der Schweiz, Dänemark und England zeigen, dass Ökobetriebe im Durchschnitt einen höheren Anteil an naturnahen Flächen haben. Dies liegt oft daran, dass sie geringere Schlaggrößen haben und eine vielfältigere Landnutzung betreiben (Sanders et al., 2023). Dieser Aspekt ist jedoch nicht in den Vorschriften festgeschrieben und eher von den generellen agrarstrukturellen Faktoren beeinflusst. Da feste Vorgaben fehlen, könnten diese Flächen also auch einem zukünftigen Intensivierungsdruck zum Opfer fallen.

Klima

Laut Schätzungen des Umweltbundesamtes beliefen sich die deutschen Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft im Jahr 2022 auf etwa 55 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalente, was etwa sieben Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland entspricht. Diese Emissionen resultieren hauptsächlich aus Verdauungsvorgängen in der Tierhaltung (Methan) sowie aus Düngung und Bodenbearbeitung (Lachgas). Darüber hinaus entstehen Treibhausgase im Vorfeld der landwirtschaftlichen Produktion, insbesondere durch die energieintensive Herstellung von Stickstoffdüngern und Pflanzenschutzmitteln. Wenn man diese Emissionen

einbezieht, trägt die Landwirtschaft etwa 13 Prozent zu den deutschen Treibhausgasemissionen bei (Sanders et al., 2023).

Das Klimaschutzpotenzial der ökologischen Landwirtschaft ergibt sich durch den Verzicht auf Mineraldünger und synthetische Pflanzenschutzmittel, den geringen Zukauf von Futtermitteln, die eingeschränkte Nutzung von torfbasierten Substraten und den Fokus auf Humusaufbau, unter anderem durch den Anbau humusfördernder Pflanzen (Gattinger et al., 2012; Freibauer et al., 2004).

Auf die Fläche bezogen besteht Einigkeit, dass der Ökolandbau aufgrund seiner Ressourceneffizienz in Bezug auf seine Klimawirkung besser abschneidet. Im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft sind die Lachgasemissionen im ökologischen Ackerbau pro Hektar durchschnittlich rund 25 Prozent niedriger. Zudem ist in ökologisch bewirtschafteten Böden im Schnitt 10 Prozent mehr Kohlenstoff vorhanden, die Böden nehmen auch mehr Methan auf als Böden unter konventioneller Bewirtschaftung. Insgesamt kann so, einerseits durch die Ressourceneffizienz, andererseits durch das erhöhte Potential der Speicherung von Kohlenstoff im Boden, durch Ökolandbau durchschnittlich rund eine Tonne CO2-Äquivalente pro Hektar und Jahr eingespart werden (Sanders et al., 2023).

Da Treibhausgase weltweit wirken, ist – anders als bei den vorangegangenen Betrachtungen über Boden, Wasser und Biodiversität – besonders im Hinblick auf die Klimawirkung der Landwirtschaft auch eine Betrachtung in Abhängigkeit des Ertrags sinnvoll. Hier liegen bisher leider nur wenige Daten vor, und die vorliegenden Ergebnisse sind häufig aufgrund der Ertragsunterschiede hinsichtlich der Vorteile eines Anbausystems nicht eindeutig.

Bezüglich der Klimawirkungen des Ökolandbaus muss zudem die Tierhaltung gesondert betrachtet werden, da vor allem die Methanemissionen aus der Tierhaltung zu einem großen Teil zu den Gesamtemissionen der Landwirtschaft beitragen. Fokussiert man sich auf die Milchproduktion, sind jedoch sehr unterschiedliche Ergebnisse vorhanden. Bezogen wird sich meist auf die Emissionen pro Liter Milch, diese weisen in viele Studien dem Ökolandbau eine schlechtere Bilanz nach. Dies ist vor allem mit der geringeren Milchleistung der Tiere zu erklären. Werden jedoch weitere Kriterien miteinbezogen, ist das Bild nicht so eindeutig, und der Ökolandbau steht genauso gut oder sogar besser da. Die Faktoren können hier Einschränkungen im Futterzukauf, eine längere Lebensdauer der Tiere, ein Fokus auf Raufutter und Verpflichtungen zum Weidegang sein, da eine angepasste Beweidung wiederum das Potenzial der Böden zur Speicherung von Kohlenstoff erhöht (vgl. Frank et al., 2022; Meier et al., 2015; Knudsen, 2011).

Tierhaltung

Neben positiven Effekten für den Tierschutz aufgrund höherer Tierwohlstandards haben die Bestimmungen der Ökoverordnung und die Richtlinien der Anbauverbände in der Tierhaltung auch positive Umweltwirkungen. Hervorzuheben sind hier die Flächenbindung und die Beschränkung von zugekauften Futtermitteln. Die Flächenbindung begrenzt die Anzahl der Tiere, was sich positiv auf den Flächenverbrauch für Tierfutter auswirkt. Die Beschränkung des Zukaufs von betriebsfernen Futtermitteln ergänzt dies und verhindert zusätzlich eine übermäßige Nährstoffzufuhr in den Betrieb, was die Gefahr von Nährstoffüberschüssen und somit Einträgen in die Natur mindert. Das Prinzip von geschlossenen Stoffströmen wird so gefördert. Auch die Einschränkungen der Nutzung von Tierarzneimitteln mindern die Umweltbelastung. So verliert im konventionellen Landbau der Dung bei einer prophylaktischen Behandlung der Tiere mit Tierarzneimitteln seine Funktion als Lebensraum für eine Vielzahl von Arten, wie Mistkäfern und Dungfliegen, was im Ökolandbau verboten ist.

Ökolandbau als System (Synergie-Koppeleffekte)

Das zentrale Element des Systems Ökolandbau ist die Nutzung ökologischer Wechselwirkungen. Dazu gehört der Aufbau nahezu geschlossener Nährstoffkreisläufe zur Minimierung von Verlusten sowie das Recycling von Nährstoffen. Vorrangig werden dabei betriebsinterne und regionale Ressourcen genutzt. Statt aufwändige externe Ressourcen, wie chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und leicht lösliche Mineraldünger, einzusetzen, werden systemorientierte Ansätze verfolgt. Dazu gehören die Einbindung von Leguminosen, der Anbau angepasster Sorten in breiten Fruchtfolgen, die Verbindung von Tierhaltung und Ackerbau, die Förderung nützlicher Organismen und die mechanische Unkrautregulierung. Die Umweltwirkungen des Ökolandbaus lassen sich dementsprechend auch nicht auf eine einzelne Maßnahme reduzieren, sondern kommen vornehmlich aus den Synergieeffekten des gesamten Systems zustande.

Aus diesem Grund kann die Bewertung von Einzelkriterien, wie beispielsweise Emissionen pro Produktionseinheit, oft nicht das gesamte Bild zeichnen. Zusätzlich werden häufig negative externe Effekte der anderen Systeme, die über die gesetzten Grenzen hinausgehen, nicht mitbedacht, wie zum Beispiel die durch die Produktion der synthetischen Betriebsmittel oder des Kraftfutters entstehenden Emissionen (Müller et al., 2016). Der Bericht des IPBES-Food (2016) stellt diesbezüglich fest, dass klassische Maßstäbe der landwirtschaftlichen Produktivität die Vorteile diversifizierter Systeme systematisch unterschätzen, und fordert neue „Erfolgskriterien“, die beispielsweise die gesamten Ressourcenflüsse und die Wechselwirkungen zwischen dem Agrarsektor und der gesamten Wirtschaft berücksichtigen (Debuschewitz und Sanders, 2022).

Bei der Fokussierung auf die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen kann der Ökolandbau schlechter abschneiden, denn die Umsetzung von Einzelmaßnahmen, wie z. B. dem Verzicht auf den Einsatz des Pflugs, kann häufig eine Teilwirkung effizienter erzielen, wie in diesem Fall eine Verbesserung der Bodenqualität, ist aber im Ökolandbau schwerer umsetzbar, da Nutzung von Herbiziden für den Umgang mit Begleitvegetation nicht zur Verfügung steht und insbesondere auch den Anbau von mehrjährigem Kleegras erschwert. Ein anderes Beispiel ist die Klimawirkung einzelner Produkte, wie das bereits beschriebene Beispiel der Milch zeigt. Jedoch werden bei dieser Betrachtung Konflikte mit anderen Umweltgütern oft nicht beachtet bzw. eine Abwägung zwischen verschiedenen Zielen ist nur schwer quantifizierbar. Dies bedeutet nicht, dass zusätzliche Maßnahmen zur Förderung einzelner Schutzgüter im Ökolandbau keine Wirkung erzeugen, gerade eine Kombination von Ökolandbau und einzelnen Maßnahmen zeigt sich als besonders wirksam (Sutcliffe et al., 2024).

Grenzen und Potentiale des Ökolandbaus

Wie in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt, ist die Bewertung des Ökolandbaus anhand von einzelnen Faktoren schwierig. Wissenschaftliche Quellen geben je nach ihrer normativen Ausrichtung verschiedene Aussagen zu den Umweltwirkungen des Ökolandbaus ab (Debuschewitz und Sanders, 2022). Es konnte beschrieben werden, welche Vorzüge der Ökolandbau als System bietet. Dennoch ist auch der Ökolandbau aus Sicht des Naturschutzes nicht perfekt, da auch hier Zielkonflikte bestehen und die Mindestansprüche der gesetzlichen Verordnungen keineswegs vollumfänglich sind. So gibt es auch im Ökolandbau noch Potential, sich in Sachen Natur- und Umweltschutz zu verbessen. Die Benennung der Grenzen und Entwicklungspotentiale des Ökolandbaus soll jedoch keineswegs seine generellen Vorzüge schmälern. Ziel ist vielmehr, aus Sicht des Naturschutzes den Ökolandbau dabei zu unterstützen, seine Potenziale als eine nachhaltige Landnutzung für die dringend notwendige Transformation der Landwirtschaft zu entfalten.

Besonders mit Blick auf die Biodiversität fällt auf, dass die positiven Aspekte vor allem aus dem Zusammenwirken der Maßnahmen entstehen und die Biodiversität als einzelnes Schutzgut weniger in den Richtlinien verankert ist. So fehlen Vorgaben zu einer strukturreichen Landschaft, die genügend Habitate und deren Vernetzung gewährleisten. Besonders die privaten Ökoanbauverbände versuchen jedoch in den letzten Jahren, diese Lücke zu schließen. So hat beispielsweise Bioland eine Biodiversitätsrichtlinie eingeführt. Hier müssen Betriebe über bestimmte Maßnahmen

eine bestimmte Punktzahl erreichen. Auch wenn dies bisher noch recht einfach zu erlangen ist, ist dies ein richtiger Schritt im Ökolandbau. Andere Anbauverbände gehen momentan in eine ähnliche Richtung.

Wie bereits dargestellt, überwiegt im Ökolandbau die Tendenz zu einer relativ intensiven Bodenbearbeitung. Intensives Pflügen und häufige Überfahrten können sich negativ auf das Bodenleben und andere Bodeneigenschaften wie die Wasserhaltekapazität auswirken oder verstärken die Gefahr von Bodenerosion. Hier besteht weiterhin Potenzial, den Ökolandbau weiterzuentwickeln, damit eine schonende Bodenbearbeitung und der Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel keinen Gegensatz mehr darstellen. Innovationen und Anbaustrategien, welche eine reduzierte bzw. pfluglose Bodenbearbeitung auch im Ökolandbau ermöglichen, haben daher großes Potenzial (Cooper et al., 2016). Viele Landwirt*innen gehen diesen Weg bereits – hier sind meist Standortverhältnisse und Wissen ausschlaggebend für den Erfolg.

Der Schutz von artenreichem Grünland ist auch im Ökolandbau leider keine Selbstverständlichkeit. Auch hier wird aus wirtschaftlichem Zwang das Grünland häufig zu intensiv genutzt. Die frühe und häufige Nutzung durch Beweidung und Mahd führt auch hier dazu, dass die Wiesen und Weiden weniger Arten aufweisen und trägt damit zum schlechten Zustand dieses Lebensraums bei. Gerade hier kann eine Kombination aus Ökolandbau und angepassten Agrarumweltmaßnahmen, wie beispielsweise verschiedenen Schnittzeitpunkten oder einer reduzierten Düngung, sinnvoll sein.

Wie bereits geschildert, ist der Gebrauch von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln im Ökolandbau verboten, dennoch ist der Einsatz von bestimmten Mitteln erlaubt. Zum Schutz vor Pflanzenkrankheiten und Schädlingen werden z. B. Wirkstoffe wie Kupfer und Spinosad angewandt. Doch auch diese Mittel können negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. Hier muss weiterhin die Auswirkung beobachtet, nach Alternativen gesucht und die Anwendung kritisch begleitet werden.

Ein weiterer Punkt ist die generelle Intensivierung des Ökolandbaus. Mit dem Ziel, das Ertragsdefizit auszugleichen, gibt es einen anhaltenden Trend zur Intensivierung und Spezialisierung von ökologischen Betrieben. Oft wird argumentiert, dass so die Wirkungen pro Produkteinheit verbessert werden können. Die Maßnahmen zur angestrebten Ertragssteigerung können dabei aber negative Effekte haben, die die positive Wirkung des Ökolandbaus schmälern. Erhöhte Nährstoffzufuhren, die nötig sind, um die Ertragslücke zum konventionellen Landbau zu schließen, führen häufig zu erhöhten Nährstoffüberschüssen. Zusätzlich stiegt durch eine erhöhte Düngung die Anfälligkeit der Pflanzen beispielsweise für einen Pilzbefall und erhöht somit die Notwendigkeit des Einsatzes von Pflanzenschutz. Um dies zu vermeiden, sollte der Fokus im ökologischen Ackerbau vielmehr auf der Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit und der Steigerung der Bodenfruchtbarkeit liegen. Bezüglich der Fruchtfolge kann es durch die Intensivierung zu ihrer Verengung kommen, denn hierzu finden sich in den gesetzlichen Mindestanforderungen keine konkreten Angaben, beispielsweise hinsichtlich der Mindestanteile von Leguminosen oder der Bodenbedeckung.

Und auch in der Tierhaltung und deren Umweltwirkungen gibt es noch Luft nach oben im Ökolandbau. Hervorzuheben ist das generelle Problem eines hohen Kraftfuttereinsatzes in der Rinderhaltung, wie auch bei Schweinen und Geflügel, der in direkter Konkurrenz zur menschlichen Ernährung steht. Der Ökolandbau geht diesbezüglich durch Vorgaben zur Fütterung mit gutem Beispiel voran. In Bezug auf Milchkühe ist das Beispiel von Naturland zu nennen, hier wurde der verpflichtende Grünfutteranteil in den Richtlinien erhöht. Besonders in der Rinderhaltung besteht das Potenzial, den Fokus auf eine grünlandbasierte Fütterung zu stärken, hier ist vor allem ein Umdenken in der Züchtung wichtig. Bei Milchkühen können sich auch die Langlebigkeit und Gesundheit der Tiere auf die Umweltwirkungen, in diesem Fall die Klimawirkung der Milch, niederschlagen (Meier, 2017). Eine weitere potenzielle Verbesserung ergäbe sich durch die Weidenutzung einzelner Fruchtfolgeglieder (Sanders und Heß, 2019).

Da sich das wissenschaftliche Verständnis ständig erweitert, entstehen fortlaufend neue Grundlagen und Potenziale für eine nachhaltigere Landwirtschaft, die versucht, die Produktivität mit geringeren negativen Umweltwirkungen zu vereinen. Zur Beschreibung einer nachhaltigen Ernährung innerhalb der planetaren Grenzen werden immer präzisere quantitative und qualitative Indikatoren und Messgrößen entwickelt. Dadurch rücken die Ergebnisse einzelner Maßnahmen stärker in den Vordergrund, dieses Vorgehen bietet somit auch Entwicklungspotenziale für den Ökolandbau.

Bewertung der Rolle, die der Ökolandbau in einem nachhaltigen Landwirtschaftssystem einnehmen kann

Debatten über den ökologischen und konventionellen Landbau werden – sei es in der Wissenschaft oder Politik, wie auch in der Landwirtschaft – zumeist sehr polarisiert geführt, und sind dadurch im Hinblick darauf, die Landwirtschaft als Ganzes nachhaltig auszurichten, zumeist wenig zielführend. Die Diskutierenden teilen sich dabei häufig in zwei Lager: Zum einen diejenigen, die den ökologischen Landbau als einzige Lösung für die Herausforderungen einer nachhaltigen Ernährungssicherheit sehen, zum anderen jene, die ihn als rückschrittliche und romantisierte Version der Landwirtschaft beschreiben, die letztlich zu Hunger und Umweltzerstörung führen würde. Klar ist, dass eine Debatte wie diese nicht hilfreich ist, um den anstehenden Herausforderungen in der Landwirtschaft zu begegnen (Debuschewitz und Sanders, 2022).

Denn eine weitaus größere Relevanz kommt der Frage zu, welche Rolle die ökologische Landwirtschaft in einem nachhaltigen landwirtschaftlichen System einnehmen kann und muss. Um wichtige Umweltziele, wie den Schutz und die Wiederherstellung der Artenvielfalt, die Verbesserung der Bodenqualität, die Verringerung der Schadstoffbelastung, die Reduzierung von Nährstoffüberschüssen und die Senkung der Anzahl von Tieren durch eine Flächenbindung, zu erreichen, ist die Ausweitung der ökologischen Landwirtschaft sowohl sinnvoll wie auch notwendig. Denn auch wenn der Ökolandbau in Teilaspekten keine Spitzenleistungen erbringt, zeigt er doch als Gesamtsystem konstant gute Ergebnisse in Bezug auf Ertrag und Umweltleistungen. Zusätzlich spielt er in einem nachhaltigen Landwirtschaftssystem eine gewichtige Rolle als Innovationstreiber für die konventionelle Landwirtschaft. Gleichzeitig bieten jedoch auch andere alternative Formen der Landwirtschaft eine Inspirationsquelle für den Ökolandbau, damit dieser sich weiterentwickeln kann. Hier sind vor allem die regenerative Landwirtschaft sowie agrarökologische Praktiken zu nennen. Doch auch technologische Entwicklungen aus der konventionellen Landwirtschaft, die den Zielen der ökologischen Landwirtschaft nicht entgegenstehen, sollten von dieser nicht ausgeschlossen und ihre Vorteile im Gegenteil integriert werden.

Zudem muss die Diskussion um die Flächenkonkurrenzen hinsichtlich unserer Ernährung unbedingt gemeinsam mit der Notwendigkeit einer Änderung der Konsummuster, der Reduktion des Konsums von tierischen Lebensmitteln sowie der Reduktion von Lebensmittelabfällen erfolgen. Würden diese Probleme angegangen, könnten auch Ertragsminderungen durch den Ökolandbau anders diskutiert werden. So würde auch das ambitionierte politische Ziel von einer Steigerung des Ökolandbaus auf 30 Prozent bis 2030 realisierbar, und sollte daher mit Nachdruck weiterverfolgt werden.

Dementsprechend ist die – staatliche – Förderung des Ökolandbaus auch unbedingt sinnvoll und begrüßenswert. Dazu gehört die Honorierung von Gemeinwohlleistungen, die der Ökolandbau bereits erfüllt, sowie zusätzliche Anreize, damit die Entwicklungspotentiale voll ausgeschöpft werden können.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Ökolandbau erbringt – auch aufgrund seines fest definierten Regelwerks – diverse wertvolle Umweltleistungen und nimmt somit aus Sicht des Naturschutzes eine wichtige Rolle in der Transformation der Landwirtschaft ein. Doch birgt auch er Potenziale zur Weiterentwicklung,

entsprechend sind die Verordnung und die Richtlinien der Anbauverbände weiterzuentwickeln. Die wünschenswerte weitere Ausweitung des Ökolandbaus sollte jedoch verstärkt auch im Kontext sich ändernder Ernährungsgewohnheiten sowie der notwendigen Minderung von Lebensmittelabfällen betrachtet und umgesetzt werden, um Verlagerungseffekte zu vermeiden.

Daher fordert der NABU:

- Das 30-Prozent-Ziel der Bundesregierung muss konsequent weiterverfolgt werden, da-für sind ausreichend öffentliche Mittel für den Ökolandbau und die Ökolandbauforschung sowie der Ausbau von Vermarktungsoptionen erforderlich, wobei die öffentliche Beschaffung eine wichtige Rolle einnehmen kann.

- Eine signifikante Ausweitung des Ökolandbaus muss in Kombination mit einer Ernährungswende, einer deutlichen Reduktion des Fleischkonsums sowie der Lebensmittelverschwendung einhergehen. Dies erfordert eine aktive Umgestaltung der Ernährungsumgebungen.

- Der Ökolandbau muss im Zuge seiner Ausweitung konsequent seine Umweltwirkungen monitoren, seine Ansprüche weiterentwickeln sowie Zielkonflikte zwischen Ertragssteigerung und Umweltwirkungen sinnvoll abwägen. Besonders die Förderung der Struktur-vielfalt muss in den Anforderungen verbessert werden.

- Eine Betrachtung der Umweltwirkungen des Ökolandbau muss immer im Kontext des Gesamtsystem erfolgen, die Fokussierung auf einzelne Aspekte, wie beispielsweise die Klimawirkungen, ist nur bedingt sinnvoll und kann zu Verschlechterungen anderer Umweltwirkungen führen, was es unbedingt zu vermeiden gilt.

Literaturverzeichnis

Batáry P, Matthiesen T, Tscharntke T (2010). Landscape-moderated importance of hedges in conserving farmland bird diversity of organic vs. conventional croplands and grasslands. Biological Conservation 143(9):2020-2027. doi: 10.1016/j.biocon.2010.05.005

Clark, M., & Tilman, D. (2017). Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. Environmental Research Letters, 12(6), 064016. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6cd5

Cooper, J., Baranski, M., Stewart, G., Nobel-de Lange, M., Bàrberi, P., Fließbach, A., Peigné, J., Berner, A., Brock, C., Casagrande, M., Crowley, O., David, C., De Vliegher, A., Döring, T. F., Dupont, A., Entz, M., Grosse, M., Haase, T., Halde, C., … Mäder, P. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: A meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development, 36(1), 22. https://doi.org/10.1007/s13593-016-0354-1

Debuschewitz, E., & Sanders, J. (2022). Environmental impacts of organic agriculture and the controversial scientific debates. Organic Agriculture, 12(1), 1–15. https://doi.org/10.1007/s13165-021-00381-z

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/REP1646034190000

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. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(44), 18226–18231. https://doi.org/10.1073/pnas.1209429109

Haas G (2010). Wasserschutz im Ökologischen Landbau – Leitfaden für Land- und Wasserwirtschaft. Bundesprogramm Ökologischen Landbau.

Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2008). Agricultural landscapes with organic crop support higher pollinator diversity. Oikos, 117, 354-361

Hülsbergen, K.-J. (2022). Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten—Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Johann Heinrich von Thünen-Institut. https://doi.org/10.1073/pnas.1209429109

IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services (summary for policy makers). Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.3553579

Knudsen MT, Hermansen JE, Halberg N, Andreasen L, Williams A (eds) (2011). Life cycle assessment of organic food and farming systems: methodological challenges related to greenhouse gas emissions and carbon sequestration, p 33-62

Krauss, M., Berner, A., Perrochet, F., Frei, R., Niggli, U., & Mäder, P. (2020). Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming – a synthesis of 15 years. Scientific Reports, 10(1), 4403. https://doi.org/10.1038/s41598-020-61320-8

Lampkin, N. (2023). Honorierung von Umweltleistungen unter besonderer Berücksichtigung des ökologischen Landbaus.

Liess, M., Böhme, A., Gröning, J., Liebmann, L., Lück, M., Römerscheid, M., Schade, U., Schwarz, B., Vormeier, P., & Weisner, O. (2023). Belastung von kleinen Gewässern in der Agrarlandschaft mit Pflanzenschutzmittel-Rückständen – TV1 Datenanalyse zur Pilotstudie Kleingewässermonitoring 2018/2019.

Meemken, E.-M., & Qaim, M. (2018). Organic Agriculture, Food Security, and the Environment. Annual Review of Resource Economics, 10(1), 39–63. https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-023252

Meier MS, Stoessel F, Jungbluth N, Juraske R, Schader C & Stolze M (2015). Environmental impacts of organic and conventional agricultural products - are the differences captured by life cycle assessment? Journal of Environmental Management 149:193-208. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.10.006.

Moakes, S., Riedel, J., & Stolze, M. (2020). Entwicklungsperspektiven der ökologischen Landwirtschaft in Deutschland.

Müller A, Bautze L, Meier M, Gattinger A, Gall E, Chatzinikolaou E, Meredith S, Ukas T, Ullmann L (2016). Organic farming, climate change mitigation and beyond: Reducing the environmental impacts of EU agriculture, Brussels. https://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/ifoameu_advocacy_climate_change_report_2016.pdf. Accessed 3 May 2020

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(1), 1290. https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w

Rigal, S., Dakos, V., Alonso, H., Auniņš, A., Benkő, Z., Brotons, L., Chodkiewicz, T., Chylarecki, P., De Carli, E., Del Moral, J. C., Domşa, C., Escandell, V., Fontaine, B., Foppen, R., Gregory, R., Harris, S., Herrando, S., Husby, M., Ieronymidou, C., … Devictor, V. (2023). Farmland practices are driving bird population decline across Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences, 120(21), e2216573120. https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120

Sanders, J., & Heß, J. (Hrsg.). (2019). Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft [2. Überarbeitete und ergänzte Auflage]. Johann Heinrich von Thünen-Institut. https://doi.org/10.3220/REP1576488624000

Sanders, J., Albus, J., Frehner, A., Hamm, U., Hermanowski, R., Heß, J., Müller, A., Oberländer, S., Oehen, B., & Pfiffner, L. (2023). Auf den Punkt gebracht – gesellschaftliche Leistungen des ökologischen Landbaus.

Stein-Bachinger, K., Gottwald, F., Haub, A., & Schmidt, E. (2021). To what extent does organic farming promote species richness and abundance in temperate climates? A review. Organic Agriculture, 11(1), 1–12. https://doi.org/10.1007/s13165-020-00279-2

Sutcliffe, L. M. E., Schellenberg, J., Meyer, S., & Leuschner, C. (2024). Close to the edge: Spatial variation in plant diversity, biomass and floral resources in conventional and agri-environment cereal fields. Journal of Applied Ecology, 1365-2664.14737. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14737

Williams, A., & Hedlund, K. (2013). Indicators of soil ecosystem services in conventional and organic arable fields along a gradient of landscape heterogeneity in southern Sweden. Applied Soil Ecology, 65, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.12.019

Impressum: © 08/2024, Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V.
Charitéstraße 3, 10117 Berlin, www.NABU.de. Text: Cäcilia von Hagenow,
Foto: NABU/Kasulke