

Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft

Eine Einordnung zur Weiterentwicklung der Zukunftsstrategie Ökologischer Landbau

Gerold Rahmann

Trenthorst, 28. Juli 2023



Inhalt

1	EINLEITUNG.....	3
2	STAND DES WISSENS ZU DEN LEISTUNGEN DES ÖKOLOGISCHEN LANDBAUS FÜR UMWELT UND GESELLSCHAFT	5
2.1	KLIMASCHUTZ.....	10
2.1.1	<i>Problem.....</i>	10
2.1.2	<i>Ziel.....</i>	11
2.1.3	<i>Stand des Wissens.....</i>	11
2.1.4	<i>Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030</i>	13
2.2	NATURSCHUTZ.....	14
2.2.1	<i>Problem.....</i>	14
2.2.2	<i>Ziel.....</i>	14
2.2.3	<i>Stand des Wissens.....</i>	14
2.2.4	<i>Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030</i>	18
2.3	GEWÄSSERSCHUTZ.....	19
2.3.1	<i>Problem.....</i>	19
2.3.2	<i>Ziel.....</i>	20
2.3.3	<i>Stand des Wissens.....</i>	20
2.3.4	<i>Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030</i>	22
2.4	TIERSCHUTZ	25
2.4.1	<i>Problem.....</i>	25
2.4.2	<i>Ziel.....</i>	25
2.4.3	<i>Stand des Wissens.....</i>	25
2.4.4	<i>Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030</i>	32
3	GLOBALE HERAUSFORDERUNGEN UND ZENTRALE VORAUSSETZUNGEN FÜR EINE AUSWEITUNG DES ÖKOLOGISCHEN LANDBAUS	32
3.1	WELTERNÄHRUNG.....	33
3.1.1	<i>Problem.....</i>	33
3.1.2	<i>Stand des Wissens.....</i>	34
3.1.3	<i>Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030</i>	38
3.2	ENERGIEEFFIZIENZ	39
3.2.1	<i>Problem.....</i>	39
3.2.2	<i>Ziel.....</i>	39
3.2.3	<i>Stand des Wissens.....</i>	39
3.2.4	<i>Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030</i>	42
4	FAZIT ZU DEN GESELLSCHAFTLICHEN LEISTUNGEN DES ÖKOLOGISCHEN LANDBAUS	42
5	QUELLENVERZEICHNIS.....	44

1 Einleitung

Die Landwirtschaft hat erheblichen Einfluss auf die Umwelt. Sie ist auch in Deutschland zum großen Teil mit verantwortlich für den Rückgang der Biodiversität (UBA 2022a, IPBES 2019), trägt erheblich zu den Treibhausgasemissionen bei (UBA 2022b), belastet Gewässer mit Nähr- und Schadstoffen (Kusche et al. 2019) und hat Wirkungen auf das Landschaftsbild und damit auf die Potenziale der ländlichen Entwicklung (z.B. Tourismus, Lebensqualität im ländlichen Raum).

Die Landwirtschaft und die vor- und nachgelagerte Wertschöpfungskette erbringen ihre Leistungen in einem Entwicklungsraum, der sich zwischen den Erwartungen der Betriebe, der Gesellschaft und der Verbraucherinnen und Verbraucher bewegt. Sie muss sowohl betrieblichen (ökonomischen), Markterwartungen (sozialen) als auch gesellschaftlichen (ökologischen) Erwartungen gemäß den drei Säulen der Nachhaltigkeit gerecht werden (Abbildung 1).



Abbildung 1: Entwicklungsraum für die Landwirtschaft und ihrer vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette

Quelle: Eigene Darstellung

Die ökologische Nachhaltigkeit und ein hohes Maß an Tierwohl sind gesellschaftliche Erwartungen, die immer stärker an die Landwirtschaft allgemein und insbesondere an den Ökologischen Landbau gestellt werden. Alle Landwirte, die nach den Regeln des Ökologischen Landbaus wirtschaften und ihre Produkte auf dem Biolebensmittelmarkt verkaufen, haben sich mit der Umstellung verpflichtet, folgende Ziele gemäß Artikel 4 der EU-Öko-Verordnung (seit 2022 gilt die [EU-Ökoverordnung 848/2018](#)) anzustreben: „Mit der ökologischen/biologischen Produktion werden die folgenden allgemeinen Ziele verfolgt:

- a) Beitrag zum Schutz der Umwelt und des Klimas;
- b) Erhalt der Bodenfruchtbarkeit auf lange Sicht;
- c) Beitrag zu einem hohen Niveau der biologischen Vielfalt;
- d) wesentlicher Beitrag zu einer giftfreien Umwelt;
- e) Beitrag zu hohen Tierschutzstandards und insbesondere zur Erfüllung der artspezifischen verhaltensbedingten Bedürfnisse von Tieren;
- f) Förderung kurzer Vertriebskanäle und der Produktion vor Ort in den verschiedenen Regionen der Union;
- g) Förderung der Haltung seltener und einheimischer Rassen, die vom Aussterben bedroht sind;
- h) Beitrag zum Ausbau des Angebots pflanzengenetischen Materials, das an die spezifischen Bedürfnisse und Ziele der ökologischen/biologischen Landwirtschaft angepasst ist;
- i) Beitrag zu einem hohen Niveau der biologischen Vielfalt, insbesondere durch Verwendung uneinheitlichen pflanzengenetischen Materials wie etwa ökologischen/biologischen heterogenen Materials und für die ökologische/biologische Produktion geeigneter ökologischer/biologischer Sorten;
- j) Förderung des Ausbaus ökologischer/biologischer Pflanzenzuchtstätigkeiten, um einen Beitrag zu günstigen wirtschaftlichen Perspektiven des ökologischen/biologischen Sektors zu leisten.“

Durch Grundsätze und Richtlinien wird versucht, diesem gerecht zu werden. Sie werden durch Kontrollstellen unabhängig geprüft und zertifizieren. Damit soll das Verbraucher:innen-Vertrauen gesichert werden.

Exkurs Anfang

Ökolandbau wurde 1992 zur Marktentlastung gesetzlich eingeführt

Es lohnt sich, für die Bedeutung der gesellschaftlichen Leistungen und die staatlichen Einflussmaßnahmen in Bezug auf die Landwirtschaft und insbesondere dem Ökologischen Landbau einen Blick in die Geschichte der Agrarpolitik der EU zu wagen ([BMEL 2014](#)). Seit dem Zweiten Weltkrieg hat sich die Landwirtschaft und die Landwirtschaftspolitik erheblich verändert. Die Landwirtschaft war mit der Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft 1957 ein zentrales Objekt mit dem Ziel: nie wieder Hunger in Europa (§38 und 39 im Vertrag von Rom 1957; [EWG 1957](#)). Ab Inkrafttreten 1958 wurde die Landwirtschaft erheblich politisch geregelt mit den Zielen der Steigerung der Produktion, ausreichend Einkommen in der Landwirtschaft, der Stabilisierung der Märkte und die Sicherstellung der Versorgung der Menschen in der EWG.

Dieses war so erfolgreich, dass die Kosten für die Marktregulierung in den achtziger Jahren wegen Überproduktion so hoch wurden, dass 1992 mit der McSharry-Reform eine stärkere Marktorientierung eingeleitet wurde. Mit Direktzahlungen und der Integration von Umweltauflagen in die Förderkulisse wurde auch eine Marktentlastung bewirkt. Hiermit hat der Ökologische Landbau Einzug in die Gemeinsame Agrarpolitik erhalten. Um die Überproduktion zu reduzieren und die Umwelt zu entlasten wurde die erste Ökolandbau-Verordnung in Kraft gesetzt ([EG VO 2092/91](#)), die zunächst ausschließlich den Ökologischen Pflanzenbau regelte (erst ab 2000 wurde sie mit der [EG VO 1804/99](#) um die Richtlinien für die Ökologische Tierhaltung erweitert).

Seitdem 1992 haben der Umweltschutz und die Regionalentwicklung immer mehr Gewicht in der gemeinsamen Agrarpolitik bekommen. Staatliche Zahlungen an die Landwirtschaft wurden immer mehr nach der Devise „Öffentliche Gelder für öffentliche Leistungen“ ausgerichtet. Instrumente waren *Cross Compliance*, die Einrichtung der *Zweiten Säule für Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)* und zukünftig auch in der *Ersten Säule* im Rahmen der *Eco-Schemes* ([BMEL 2022](#)). Diese gesellschaftlichen Leistungen werden für von der gesamten Landwirtschaft eingefordert, und die Marktentlastung ist im Rahmen der Herausforderungen für die Welternährung in den Hintergrund getreten. Heute, 30 Jahre nach der McSharry-Reform von 1992, muss sich der Ökologische Landbau nicht nur im Umweltschutz, sondern auch im Flächenertrag mit dem konventionellen Landbau messen.

Exkurs Ende

2 Stand des Wissens zu den Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft

Landwirtschaft hat originär die Funktion der Produktion von ausreichend, gesunden und bezahlbaren Lebensmitteln. Seit 1992 soll dieses im Rahmen gesellschaftlicher und politischer Ziele geschehen. Insbesondere der Umweltschutz und der Tierschutz werden immer wichtiger. Der Wettbewerb der Systeme versucht, diese Multifunktionalität effizient zu erreichen. Wie der ökologische Landbau in diesem Wettbewerb aufgestellt ist, soll hier auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse dargestellt werden. Dabei ist vorab festzustellen, dass trotz der gesellschaftlichen und politischen Erwartungen, der gesetzlichen Regelungen und den finanziellen Unterstützungen seit 30 Jahren eher wenige Studien für eine eindeutige Bewertung vorliegen. Trotzdem lassen sie eine valide und evidenzbasierte Einschätzung zu.

Bei der Bewertung der ökologischen Leistungen des ökologischen Landbaus im Vergleich zum konventionellen Landbau gibt es vergleichsweise wenige Studien, trotz der hohen Bedeutung für die Agrarpolitik. Insbesondere die vergleichende und vor allem dynamische Entwicklung seit der McSharry-Reform 1992 ist als nicht adäquat zur bewerten. Es darf nicht vergessen werden, dass sich beide Systeme in den letzten 30 Jahren seit der McSharry Reform 1992 erheblich verändert haben, sowohl in den Strukturen als auch ihrer Leistungen und Funktionen. Trotzdem können Aussagen aus den vorliegenden Studien gezogen werden.

Tabelle 1: Wissenschaftliche Studien, die für die vergleichende Bewertung ökologisch und konventionell wirtschaftender Betriebe von Sanders, Heß et al. (2019) verwendet wurden

Leistungsbereiche	Anzahl der Studien		Anzahl der verwendeten Indikatoren	Anzahl der verwendeten Vergleichspaar
	identifiziert	verwendet		
Wasserschutz	6.711	98	4	318
Bodenfruchtbarkeit	1.211	56	5	307
Biodiversität	801	75	2	312
Klimaanpassung	372	43	7	278
Klimaschutz	1.617	119	5	311
Ressourceneffizienz	1.986	70	7	892
Tierwohl	474	67	14	473

Quelle: Sanders, Heß et al. (2019)

Verschiedene Autoren und wissenschaftliche Arbeitsgruppen haben in den letzten zwanzig Jahren Metaanalysen zum Vergleich der ökologischen Nachhaltigkeit von ökologisch wirtschaftenden und nicht ökologisch (konventionell) wirtschaftenden Betrieben erstellt.¹ Eine Autorengruppe mit 22 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern hat 2019 eine umfassende Metastudie vorgelegt (Hrsg. Sanders, Heß et al. 2019). Sie haben strenge Auswahlkriterien für die verwendbaren Studien vorgegeben, damit die Bewertung hohen wissenschaftlichen Standards entspricht und evidenzbasierte Aussagen erlaubt. Von insgesamt 13.172 vorgefundenen Studien, die seit 1990 veröffentlicht wurden, flossen 528 (4 %) Studien mit Ergebnissen für

¹ Siehe zum Beispiel: Stolze et al. 2000, Pfiffner et al. 2001, de Boer 2003, Hole et al. 2005, Taube und Verreut 2006, Rahmann 2011, Leifeld 2010, de Ponti et al. 2012, Seufert et al. 2012, Tuomisto et al. 2012, Schneider et al. 2013, Gabriel et al. 2013, Tuck et al. 2014, Meier et al. 2015, van Wagenburg et al. 2017, WBAE 2019.

insgesamt 2.816 Vergleichspaaren (ökologisch – konventionell) in die Auswertung ein. Anhand dieser Studien konnten insgesamt 33 Indikatoren für sieben Leistungsbereiche (Wasserschutz, Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität, Klimaschutz, Klimaanpassung, Ressourceneffizienz und Tierwohl) wissenschaftliche fundierte und vergleichende Bewertungen für die Nachhaltigkeit des Ökolandbaus herausgearbeitet werden (Tabelle 1).

Tabelle 2: Indikatoren und Klassifikationskriterien zur Beurteilung der gesellschaftlichen Leistungen des ökologischen Landbaus im Umweltbereich

Leistungsbereiche	Indikator	Anzahl Studien	Anzahl VGP	Schwellenwerte zur Klassifizierung der gesellschaftlichen Leistung des ökologischen Landbaus (falls keine Signifikanzangaben vorlagen)	
Wasser	Nitrat	79	226	+/- 20%	
	PSM	12	64		
	Phosphor	-	-	<i>nicht quantitativ ausgewertet</i>	
	TAM	-	-		
Boden	Regenwürmer	Abundanz	21	64	+/- 20%
		Biomasse	17	93	
	Phosphor		14	65	
	Eindringwiderstand		4	44	+/- 1%
	Bodenacidität		30	71	
Biodiversität	Ackerflora	Artenzahl	36	99	+/- 20%
		Abundanz	6	11	
	Acker-Samenbank	Artenzahl	5	15	
		Abundanz	2	6	
	Saumvegetation	Artenzahl	8	14	
		Abundanz	1	2	
	Vögel	Artenzahl	13	23	
		Abundanz	14	34	
	Insekten	Artenzahl	20	44	
		Abundanz	16	64	
Klimaschutz	Boden / Pflanze	SOC-Gehalt	103	270	+/- 10%
		SOC-Vorrat	52	131	
		C-Speicherung	17	41	
		Lachgasemissionen	13	35	
		Methanemissionen	3	6	
		THG-Gesamt	-	-	<i>nicht quantitativ ausgewertet</i>
	Milchviehhaltung	Methanemissionen	-	-	
		THG-Gesamt	-	-	
Klimaanpassung	Fruchtfolgeeffekte (C-Faktor)	3	6	+/- 10%	
	Anteil organischer Substanz	24	71		
	Aggregatstabilität	22	76		
	Trockenraumdichte	13	30		
	Infiltration	11	28	+/- 20%	
	Oberflächenabfluss	9	22		
	Bodenabtrag	16	45		
Ressourceneffizienz	N-Input	38	113	+/- 10%	
	N-Effizienz	36	113		
	N-Saldo	38	114		
	Energieinput	55	141		
	Energieeffizienz	37	105		

Quelle: Sanders, Heß et al. (2019)

Tabelle 3: Indikatoren und Klassifikationskriterien zur Beurteilung der gesellschaftlichen Leistungen des ökologischen Landbaus im Bereich Tierwohl

Leistungs-bereiche	Indikator	Anzahl Studien	Anzahl VGP	Schwellenwerte zur Klassifizierung der gesellschaftlichen Leistung des ökologischen Landbaus (falls keine Signifikanzangaben vorlagen)	
Tierwohl	Milchkühe	Tiergesundheit	46	286	Bewertung wurde aus Primärstudien übernommen
		Tierverhalten	3	10	
		Emotionales Befinden	1	3	
	Aufzucht-kälber	Tiergesundheit ^a	5	6	
		Tierverhalten	-	-	
		Emotionales Befinden	1	1	
	Mastrinder	Tiergesundheit	3	49	
		Tierverhalten	-	-	
		Emotionales Befinden	-	-	
	Schweine	Tiergesundheit	8	51	
		Tierverhalten	2	2	
		Emotionales Befinden	-	-	
	Legehennen	Tiergesundheit	6	28	
		Tierverhalten	2	4	
		Emotionales Befinden	3	5	
Schafe Ziegen	Tiergesundheit ^b	5	28		
	Tierverhalten	-	-		
	Emotionales Befinden	-	-		

^{a)} Davon zwei Studien mit 35 VGP zu Schlacht- und Mastrindern (Tiergesundheit) und eine Studie mit 14 VGP zu Mutterkühen und Kälbern

^{b)} Davon vier Studien mit 25 VGP zu Schafen und eine Studie mit 3 VGP zu Ziegen

Quelle: Brinkmann et al. (2019)

Tabelle 4: Gesellschaftliche Leistungen des ökologischen Landbaus im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

Leistungsbereich	Indikator	In Studien gewählte Bezugsgrösse	Anzahl Studien	Anzahl Vergleichspaare	Bewertung der gesellschaftlichen Leistung auf der Basis einer						
					quantitativen Auswertung der Literaturergebnisse			qualitativen Auswertung der Literaturergebnisse			
Wasser	Nitrat	Fläche	71	202							
	Nitrat	Ertrag	8	24							
	PSM	Fläche	12	66							
	TAM	Fläche	-	-							
	Phosphor ^a	Fläche	-	-							
Boden	Regen- Abundanz	Fläche	21	64							
	würmer Biomasse	Fläche	17	93							
	Bodenacidität	Fläche	30	71							
	Phosphor	Fläche	14	65							
	Eindringwiderstand	Fläche	4	44							
Biodiversität	Flora Artenzahl	Fläche	42	128							
	Abundanz ^b	Fläche	8	19							
	Fauna Artenzahl	Fläche	31	67							
	Abundanz	Fläche	28	98							
Klimaschutz	Boden / Pflanze	SOC-Gehalt	Fläche	103	270						
		SOC-Vorrat	Fläche	52	131						
		C-Speicherung	Fläche	17	41						
		N ₂ O-Emissionen	Fläche	13	35						
		CH ₄ -Emissionen	Fläche	3	6						
	Milchkühe	THG-Gesamt	Ertrag	-	-						
		CH ₄ -Emissionen	Ertrag	-	-						
		THG-Gesamt	Ertrag	-	-						
Klima-anpassung	Fruchtfolgeeffekte (C-Faktor)	Fläche	3	5							
	Anteil organischer Substanz	Fläche	24	72							
	Aggregatstabilität	Fläche	22	76							
	Trockenraumdichte	Fläche	13	30							
	Infiltration	Fläche	11	28							
	Oberflächenabfluss	Fläche	9	22							
	Bodenabtrag ^c	Fläche	16	45							
Ressourcen-effizienz	N-Input	Fläche	38	113							
	N-Effizienz	Ertrag	38	113							
	N-Saldo	Fläche	36	114							
	Energieinput	Fläche	55	141							
	Energieeffizienz	Ertrag	37	105							
Tierwohl ^d	Milchkühe	Tiergesundheit	Herde	46	286						
		Tierverhalten	Herde	3	10						
		Emotionen	Herde	1	3						
	Schweine	Tiergesundheit	Herde	8	51						
		Tierverhalten	Herde	2	2						
		Emotionen	Herde	-	-						
	Geflügel	Tiergesundheit	Herde	6	28						
		Tierverhalten	Herde	2	4						
		Emotionen	Herde	3	5						

Ökolandbau erbringt eindeutig höhere Leistungen
 Ökolandbau erbringt erwartbar höhere Leistungen
 Ökolandbau erbringt eindeutig vergleichbare Leistungen
 Ökolandbau erbringt erwartbar vergleichbare Leistungen
 Ökolandbau erbringt eindeutig niedrigere Leistungen
 Ökolandbau erbringt erwartbar niedrigere Leistungen

Quelle: Sanders, Heß et al. (2019)

Die Studie von Sanders, Heß et al. (2019) und der WBAE (2019) kommen zu dem Schluss, dass es eine Vorzüglichkeit des Ökologischen Landbaus für die verschiedenen Ziele der Bundesregierung und der Transformation des Agrar- und Ernährungssektors gibt (Tabelle 4).

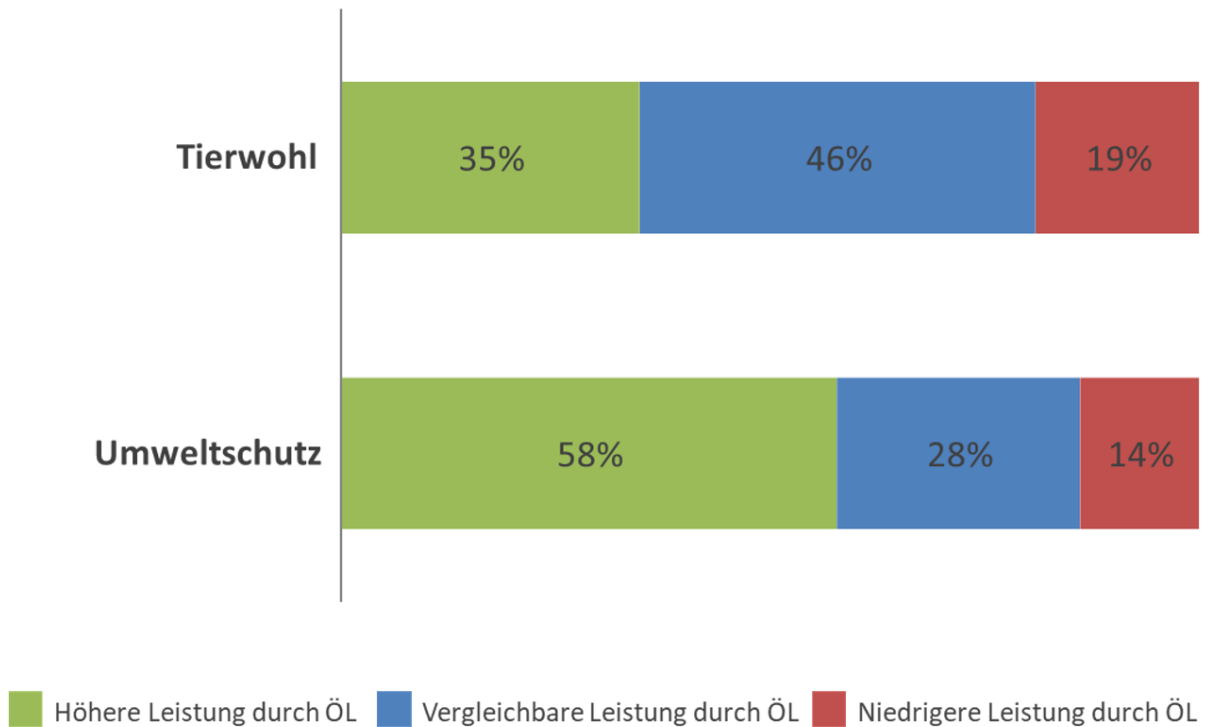


Abbildung 2: Anteil der Vergleichspaare mit einer höheren, vergleichbaren oder niedrigen Leistung der ökologischen im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

Quelle: Sanders, Heß et al. (2019)

Es ist aus den Studien aber ebenfalls erkennbar, dass auch der Ökologische Landbau Verbesserungspotenzial und -notwendigkeit hat (Abbildung 2). Überraschend ist zunächst ein Entwicklungsbedarf für den Tierschutz ableitbar, trotz ihrer hohen Bedeutung in den Richtlinien, dem Kontrollverfahren und letztendlich für den Markt. Tierwohl ist ein prioritäres Kaufmotiv. So muss sich der Ökologische Landbau z.B. klimaneutral entwickeln, die Biodiversität noch besser erhalten, die Gewässer noch weniger zu belasten und letztendlich auch die Landschaft attraktiv für Tourismus und ländliche Lebensqualität erhalten und fördern. Ein Systemwettbewerb für noch ökologisch nachhaltigere Agrar- und Ernährungssysteme ist bei 30 % ökologisch und 70 % konventionell bewirtschafteten Flächen in den verschiedenen Agrarräumen und Betriebstypen „auf Augenhöhe“ stimuliert. Damit können sich beide Systemansätze „auf Augenhöhe“ parallel weiterentwickeln und voneinander lernen, auch und insbesondere, um die übergeordneten politischen Ziele für die ökologische Nachhaltigkeit zu erreichen.

Die [Boston Consult](#) hat 2019 die Umweltwirkungen der deutschen Landwirtschaft in ökonomischen Werten abgebildet und kommt dabei auf einen Betrag von 90 Mrd. Euro, mehr als das doppelte der Wertschöpfung des Sektors, die von der Gesellschaft getragen werden müssen. Diese Zahlen werden auch von der [Zukunftskommission Landwirtschaft](#) (ZKL 2021) zitiert, und damit auch vom Deutschen Bauernverband anerkannt.

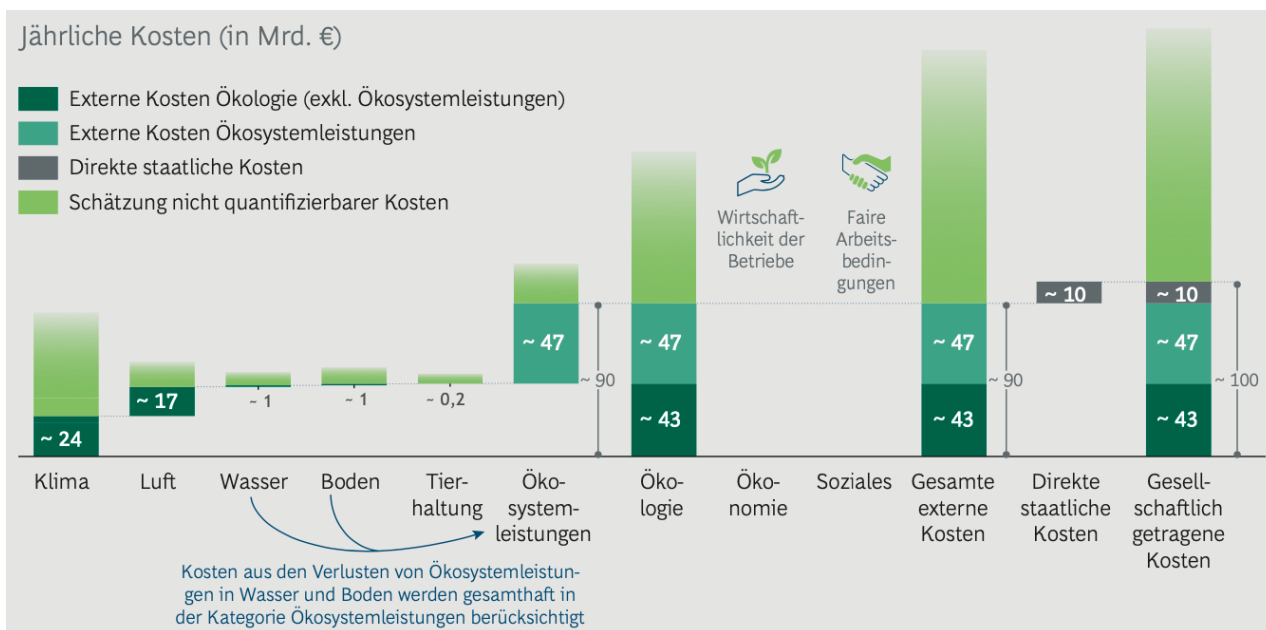


Abbildung 3: Deutsche Landwirtschaft mit gesellschaftlich getragenen Kosten von mindestens 100 Mrd. Euro pro Jahr

Quelle: Boston Consult (2019)

Im Folgenden sollen die Leistungen des Ökolandbaus für spezifische und politische Ziele an den Beispielen Klimaschutz, Naturschutz, Gewässerschutz und Tierschutz sowie der Energieeffizienz (als Reaktion auf die Energiekrise in Folge des Ukrainekrieges) dargestellt werden. Dieses findet im Vergleich des Ökolandbaus mit dem konventionellen Landbau statt. Bewertet werden die Leistungen auch für das Ziel der Bundesregierung mit 30 % Ökolandbau bis 2030.

2.1 Klimaschutz

2.1.1 Problem

Das gesamte Ernährungssystem (Food System) trägt zu einem Drittel an den Emissionen von Treibhausgasen bei (EU 2021). Das wären für Deutschland mit 762 Millionen Tonnen Gesamtemissionen rund 250 Millionen Tonnen. Die direkten Emissionen der Landwirtschaft sind ein Teil davon. So trug die deutsche Landwirtschaft 2021 81 Mio Tonnen Treibhausgase bei, insbesondere durch Methan (CH₄: 31 Mio Tonnen) und Lachgas (N₂O: 21 Mio Tonnen) (UBA 2022a).² Das war ein Anteil von 7,2 % und lag damit höher als im Referenzjahr 1990 mit 5,7 %. Die Emissionen sind seitdem von 71 Mio Tonnen nur um 22 % gesunken, während die Treibhausgasemissionen insgesamt um 39 % zurückgegangen sind (UBA 2022a).

² Würden die Klimagasemissionen durch die Produktion von Mineraldünger und Pflanzenschutzmitteln, die Emissionen von importiertem Soja sowie die Landnutzungsänderung hinzugerechnet, lägen die Klimagasemissionen der Landwirtschaft nach Berechnungen von Boston Consult (2019) sogar bei über 130 Mio Tonnen CO₂eq (Bezugsjahr 2017).

2.1.2 Ziel

Bis 2030 sollen gemäß [Klimaschutzgesetz von 2021](#) (KSG 2021) die deutschen Treibhausgasemissionen von 1.241 (1990) auf 438 Mio Tonnen CO₂eq um 65 % zurückgehen. Damit wird das Ziel maximal +1,5°C Temperaturanstieg gemäß dem Pariser Klimaschutzabkommen von 2015 zu erreichen.

Für die Landwirtschaft sind unterproportional 31 % von 81 auf 56 Mio Tonnen CO₂eq geplant (UBA 2022b,). Bis 2040 sollen die gesamten Emissionen sogar um 88 % gesenkt werden, damit Deutschland im Jahr 2045 klimaneutral ist. Dieses ist auch eine Herausforderung für die Landwirtschaft, die bislang der allgemeinen Emissionssenkungen hinterherläuft (WBAE und WBW 2016). Die ersten Ziele können insbesondere durch die Reduktion von energieaufwändigen Düngermitteln, der Humusaufbau der Böden und die Verringerung der Tierbestände (insbesondere Wiederkäuer). Die weiteren Schritte für 2040 und 2045 sind damit nicht erreichbar. Hier hat der Ökolandbau gute Voraussetzungen, da er auf energieaufwändig produzierte Düngermittel und chemisch-synthetisch hergestellte Pestizide verzichtet, dabei mehr Humus aufbaut (z.B. durch humusaufbauende Fruchtfolgen und Brachesysteme), weniger Kraftfutter einsetzt und weniger Nutztiere pro Hektar hält.

2.1.3 Stand des Wissens

In den Metastudien von Rahmann et al. (2008), Flessa et al. (2012) und Sanders, Heß et al. (2019, Tabelle 5) werden verringerte flächenbezogene Emissionen des ökologischen Landbaus in allen untersuchten Vergleichsstudien ausgewiesen. Wissenschaftlich über mehrere Jahre detailliert erhobene und ausgewertete Daten - insbesondere aus dem Pilotbetriebe-Netzwerk von 40 ökologisch und benachbarten 40 konventionellen Betrieben in vier Regionen Deutschlands (www.pilotbetriebe.de, Hülsbergen und Rahmann 2013, Hülsbergen und Rahmann 2015) - kommen zu dem Schluss, dass der ökologische Landbau in Bezug auf die Fläche erheblich weniger Treibhausgase emittiert als angrenzende konventionelle Betriebe gleicher Produktionsausrichtung.

Tabelle 5: Klassifikation der ökologischen Landwirtschaft hinsichtlich des Klimaschutzes im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
SOC Vorräte	52	67	45	19					
C-Speicherung landw. Böden	17	32	1	8					
C_{org}-Gehalt	22	38 (19)	22 (12)	16 (5)					
Lachgasemissionen	13	20	8	7					
Methanemissionen	3	4	1	1					

- Öko + Niedrigere Methanemissionen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen (< -10 %)
- Öko = Vergleichbare Methanemissionen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen (+/- 10 %)
- Öko - Höhere Methanemissionen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen (> +10 %)

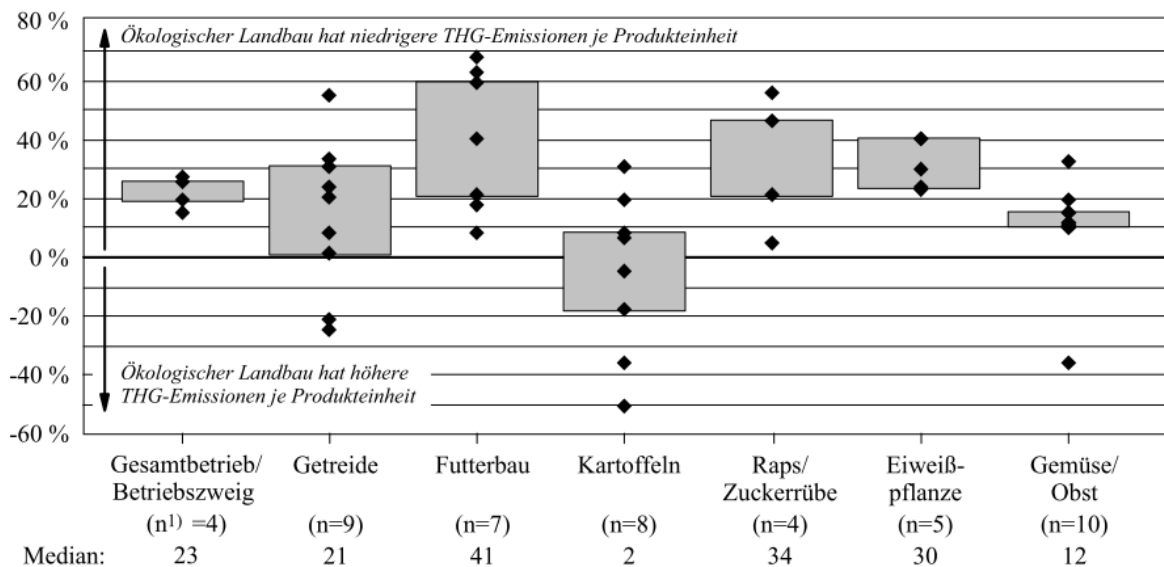
Quelle: zusammengestellt auf der Basis von Weckenbrock et al. (2019)

Die geringeren flächenbezogenen THG-Emissionen im ökologischen Landbau sind in erster Linie auf den Verzicht auf chemisch-synthetische Düngemittel, meistens Stickstoff-Mineraldünger, und auf den geringeren Zukauf von (Import)-Futtermitteln zurückzuführen. Darüber hinaus wird eine erhöhte Kohlenstofffestlegung in ökologisch bewirtschafteten Böden als Grund für verringerte THG-Emissionen angeführt. Die Emissionen aus der Produktion von Stickstoff-Mineraldüngern spielen eine bedeutende Rolle für die Unterschiede der THG-Emissionen im ökologischen und konventionellen Landbau. Wenn es langfristig gelingt, die Produktion dieser Dünger zu „dekarbonisieren“, also emissionsarm zu gestalten, muss auch die Bewertung der Klimaschutzwirkungen eines Verzichts auf diese Dünger neu bewertet werden.

Die Einzelbetriebe zeigen dabei erhebliche Überlappungen und Abweichungen, was auf das Entwicklungspotenzial hinweist (Hülsbergen, Schmidt und Paulsen 2022).

Aufgrund der im ökologischen Landbau geringeren pflanzlichen Erträge und tierischen Leistungen fallen Unterschiede zum konventionellen Landbau bei Betrachtung der produktbezogenen THG-Emissionen deutlich geringer aus. Der Vorteil des ökologischen Landbaus hinsichtlich geringerer THG-Emissionen wird bei Wechseln von der flächen- zur produktbezogenen Betrachtung jedoch in den meisten Fällen nicht aufgehoben (Rahmann et al. 2008, Hülsbergen und Rahmann 2015). Im Vergleich zu „integrierten“ Produktionssystemen treten Rahmann et al. (2008) zufolge allerdings bei produktbezogener Betrachtung keine geringeren Emissionen im ökologischen Landbau auf.

Die Punkte geben die Ergebnisse einzelner Studien wieder, in der schraffierten Box liegen die mittleren 50 % der Ergebnisse.



Box-Plot: Q.5 (0,5-Quantil).

1) n= Anzahl Studien.

Quelle: Eigene Darstellung nach Röver et al. (2000), Fritsche et al. (2007), Haas & Köpke (1994), Hirschfeld et al. (2008), Hülsbergen & Küstermann (2007), Knudsen et al. (2010), Küstermann & Hülsbergen (2008), Lindenthal et al. (2010), Meisterling et al. (2009), Nemecek et al. (2005), Pelletier et al. (2008), Reitmayr (1995), Rogasik et al. (1996), Williams et al. (2006).

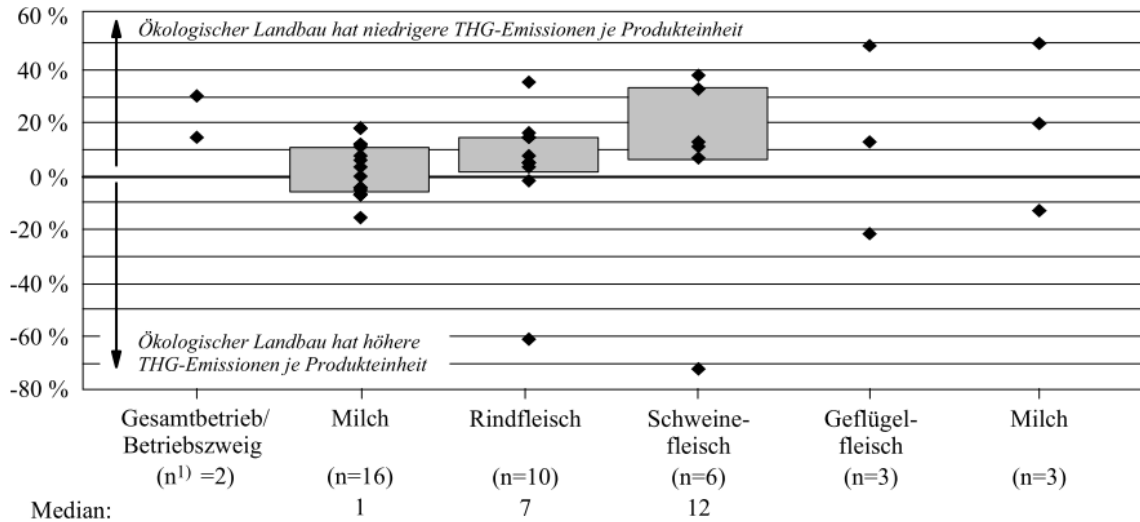
Abbildung 4: Prozentuale Reduzierung produktbezogener THG-Emissionen im Pflanzenbau durch ökologischen Landbau im Vergleich zum konventionellen Landbau

Quelle: Flessa et al. (2012)

Bei einigen Produkten liegen die produktbezogenen THG-Emissionen in verschiedenen Studien in vergleichbarer Höhe wie im konventionellen Landbau, z. B. bei Milch (Abbildung 5), oder fallen sogar höher aus als im konventionellen Landbau, z. B. im Falle von Kartoffeln (Flessa et al., 2012) (Abbildung 4). Bei einzelbetrieblicher

Betrachtung der produktbezogenen THG-Emissionen zeigen sich große Varianzen, die in den aggregierten Abbildungen und Auswertungen nicht erkennbar sind. Daraus folgt, dass das einzelbetriebliche Management in beiden Wirtschaftsformen einen entscheidenderen Einfluss auf die Höhe der ertragsbezogenen Emission hat als die Wahl der Wirtschaftsweise.

Die Punkte geben die Ergebnisse einzelner Studien wieder, in der schraffierten Box liegen die mittleren 50 % der Ergebnisse.



Box-Plot: Q.5 (0,5-Quantil).

1) n= Anzahl Studien.

Quelle: Eigene Darstellung nach Abel (1997), Basset-Mens & van der Werf (2005), Bos et al. (2007), Casey & Holden (2004, 2006a), Cederberg & Flysjö (2004), Cederberg & Mattson (2000), Cederberg & Stadig (2003), Dämmgen & Döhler (2008), Degré et al. (2007), Deittert et al. (2008), Fritsche et al. (2007), Haas et al. (2001), Halberg et al. (2010), Hirschfeld et al. (2008), Hörtenhuber et al. (2010), Küstermann et al. (2008), Lindenthal et al. (2010), Lundström (1997), Müller-Lindenlauf et al. (2010), Smits & Mosquera (2008), Thomassen et al. (2003, 2008), Veysset et al. (2010), Weiske et al. (2006), Williams et al. (2006).

Abbildung 5: Prozentuale Reduzierung produktbezogener THG-Emissionen in der Tierproduktion durch ökologischen Landbau im Vergleich zu konventionellem Landbau

Quelle: Flessa et al. (2012)

2.1.4 Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030

Weckenbrock et al. (2019) haben ausgerechnet, dass durch die Umstellung auf den Ökolandbau in Deutschland rund ein Kilogramm CO₂eq pro ha landwirtschaftlicher Fläche und Jahr erreicht wird:

- C-Speicherung durch Ökolandbau: 256 kg C/ha und Jahr entspricht 939 kg CO₂-Äquivalenten/ha und Jahr
- N₂O-Minderung durch Ökolandbau (GWP_{N₂O} 298): 0,3 kg N₂O-N/ha und Jahr entspricht 140 kg CO₂-Äquivalenten/ha und Jahr
- CH₄-Minderung bzw. -Aufnahme durch Ökolandbau (GWP_{CH₄} 25): 0,09 kg CH₄-C/ha und Jahr entspricht 3,0 kg CO₂-Äquivalenten/ha und Jahr
- Kumulierte Wirkung: 1.082 kg CO₂-Äquivalente/ha und Jahr

Nimmt man diese Werte, so wäre bei einem Anteil von 30 % Ökolandbau eine Klimaschutzleistung von 5 Mio Tonnen CO₂eq erreichbar, was einen Anteil von 20 % an den angestrebten Einsparungen in der Landwirtschaft (25 Mio Tonnen CO₂eq bis 2030) entsprechen würde. Es gibt zwar noch erhebliche Unsicherheiten, aber darüber

hinaus auch erhebliche Verbesserungspotenziale, die auch der Ökolandbau erreichen kann (Hülsbergen et al. 2022). Boston Consult (2019) haben 24 Mrd. Euro gesellschaftliche Kosten pro Jahr durch die Klimagasemissionen für die Landwirtschaft errechnet. Die externen Kosten wurden gemäß dieser Studie mit 130 Euro pro Tonne CO₂eq angenommen. Bei 30 % Ökolandbau würden somit rund 650 Mio Euro pro Jahr weniger an gesellschaftlichen Kosten entstehen. Grundsätzlich sah auch die vorherige Bundesregierung den Ökolandbau als geeignet an, ihren Klimaschutzziele näher zu kommen (Bundesregierung 2020).

2.2 Naturschutz

2.2.1 Problem

Die Biodiversität in Deutschland ist erheblich gefährdet (UBA 2022c). Die Landwirtschaft hat daran einen hohen Anteil. Schon 2007 hat die Bundesregierung ihre [Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt](#) beschlossen. Seit 2011 gibt es beim Bundesamt für Naturschutz ein [Bundesprogramm Biologische Vielfalt](#) (BfN 2011). Trotz all dieser Bemühungen hat sich die Situation der biologischen Vielfalt nicht grundlegend verbessert und ist weiterhin besorgniserregend, wie nicht nur die eher länger werdenden [Roten Listen](#) und der [BfN-Bericht zur Lage der Natur in Deutschland \(2020\)](#) zeigen. 2017 kam es sogar zu einer dramatischen Berichterstattung ([Krefelder Studie](#)), dass die Insekten-Biomasse in 63 deutschen Schutzgebieten in 27 Jahren zwischen 1987 und 2016 um drei Viertel zurückgegangen ist. Dieses hatte enorme Auswirkungen auf die Politik. In Bayern hatte eine [Volksbegehren „Rettet die Bienen!“](#) 2019 mehr als 1,7 Millionen Menschen zur Unterschrift bewegt und mit diesem Erfolg die [bayerische Regierung zu mehr Naturschutz verpflichtet](#). Die Bundesregierung ist ebenfalls aktiv geworden und hat 2019 ein [Aktionsprogramm Insektenschutz](#) beschlossen und mit 100 Mio. Euro jährlich ausgestattet. Seit 2021 gilt sogar ein [Bundesgesetz zum Schutz der Insektenvielfalt](#). Die mit dem Biodiversitätsverlust einhergehenden Verringerungen ihrer Ökosystemleistungen (regulierende, Versorgungs- und kulturelle Leistungen wie Bestäubung, Klimaregulierung, Nahrungsmittel und Tourismus) hat die Boston Consult für die Landwirtschaft in Deutschland auf 47 Mrd. Euro geschätzt, fast der Wert der gesamten landwirtschaftlichen Wertschöpfung. Die Zukunftskommission Landwirtschaft (ZKL 2021) kommt zu ähnlichen Erkenntnissen.

2.2.2 Ziel

2009 hat die Bundesregierung das bis heute geltende Bundesnaturschutzgesetz ([BNatSchG 2009](#)) verabschiedet. Ein wichtiger Teil der Strategie der Bundesregierung ist dabei das Verbot bzw. Reduktion des Pestizideinsatzes in der Landwirtschaft (Neonicotinoid-Verbote, Glyphosat-Verbot ab 2024, EU-Pestizid-50 %-Reduktion im Rahmen der Farm-to-Fork-Strategie). Damit die Politik nicht wieder so wie 2017 mit dem Insektensterben überrascht wird, wurde 2021 das [Nationale Monitoringzentrum zur Biodiversität](#) in Leipzig gegründet. Die Landwirtschaft steht dabei im Fokus der Bemühungen. Das Aktionsprogramm Insektenschutz von 2019 strebt aus diesem Grund 20 % Flächenanteil Ökolandbau bis 2030 an. Die EU ist in ihrer Biodiversitätsstrategie für 2030 mit 25 % Ökolandbauanteil an der Agrarfläche sogar darüber hinausgegangen.

2.2.3 Stand des Wissens

Die erste Metastudie zum Biodiversitätsvergleich hat Pfiffner 2001 anhand von 44 Studien durchgeführt. Es folgten Hole et al. (2005) mit 79 Studien und Bergentsson et al. (2005) mit 66 ausgewerteten Studien. Die umfangreichste Auswertung hat Rahmann 2011 mit 343 ausgewerteten wissenschaftlichen Studien durchgeführt. Stein-Bachinger et al. (2019) haben diese Metastudien gegenübergestellt (Tabelle 6, Tabelle 7) und kommen zu der Erkenntnis, dass der Ökolandbau erheblich mehr zur Erhaltung der Biodiversität beiträgt als der konventionelle Landbau.

Tabelle 6: Metastudien zum Vergleich Ökolandbau und Konventioneller Landbau in Bezug auf die Biodiversität

Studie	Pfiffner (2001) (n = 44) [<1987-1995]			Hole et al. (2005) (n = 76) [1982-2005]			Bengtsson et al. (2005) (n = 66) [bis 2002]			Rahmann (2011) (n = 343) [1991-2011]											
	Indikator			Abundanz			Artenzahl			Abundanz & Artenzahl			Abundanz			Artenzahl			Biodiversität ¹⁾		
Artengruppe	+	=	-	+	=	-	+	=	-	+	=	-	+	=	-	+	=	-	+	=	-
Pflanzen							13	2	0	7	0	22	0			93	9	2			
Wirbeltiere																26	5	0			
Vögel	5	0	0	2	0	0	7	2	0	12	0	3	0								
Säugetiere							2	0	0												
Wirbellose																77	12	7			
Arthropoden												21	7								
Spinnen	6	1	0	0	0	0	7	3	0	4	3										
Insekten	15	3	0	7	3	0	21	6	6	29	13										
Bodenorganismen	23	1	1	6	5	0	16	12	2	44	5	7	3			38	15	0			
Gesamt	49	5	1	15	8	0	66	25	8	96	0	21	53	0	10	131	24	2			

¹⁾ Begriff verwendet für Artenvielfalt und Abundanz. Dargestellt sind nur die Ergebnisse für die in der Tabelle ausgewählten Artengruppen.

Ökologisch größer (+), gleich (=), kleiner (-) im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung, n = Anzahl verwendeter Studien, [Untersuchungszeitraum]

Quelle: Stein-Bachinger et al. (2019)

Tuck et al. (2014) haben in einer weiteren Metastudie festgestellt, dass der Ökolandbau rund 30 % höhere Artenvielfalt aufweist. Stein-Bachinger et al. (2019) haben die Metastudien für Deutschland für die Nachhaltigkeitsstudie von Sanders, Heß et al. (2019) zusammengefasst. Insgesamt wurden 75 von 801 vorliegenden wissenschaftliche Studien für ihre Bewertung herangezogen, die die strengen Kriterien für die Vergleichsbewertungen erlaubten. Für die Segetalflora stellen sie fest, dass die mittlere Artenanzahl von Wildkräutern auf Ökoäckern um 95 % höher war als auf konventionellen Äckern. In den Saumstrukturen waren es immer noch um 21 % und im Ackerinneren sogar um 304 %. Sie zitieren weitere Studien, bei denen die Artenzahl von Feldvögeln um 35 % und die Abundanz um 24 % bei ökologischer Bewirtschaftung höher lag. Mit 23 % bzw. 26 % lagen diese Werte auch bei den blütenbesuchenden Insekten höher. Insgesamt trachteten sich bei 86 % der Flora und 49 % der Fauna bei ökologischer Bewirtschaftung höher. Nur in 2 von 75 Studien bei 12 von 312 Vergleichspaaren war der konventionelle Landbau vorteilhafter (Tabelle 7).

Die größere Biodiversität in ökologisch geführten Betrieben überrascht natürlich nicht, wenn – mit Ausnahmen – auf Herbizide, Insektizide und Fungizide verzichtet wird (Stein-Bachinger et al. 2021b). Beikräuter und -gräser sind auf Bioäckern nicht nur üblich, sondern als Segetalflora auch Ziel. Eine mechanische Bekämpfung versucht nur zu einem gewissen Grad, ihre Dominanz zu kontrollieren, da verschiedene Beikräuter wie z.B. Ampfer und Disteln aber auch verschiedene Ackergräser erhebliche Auswirkungen auf die Flächenerträge haben können (Platz-, Nährstoff-, Wasser- und Lichtkonkurrenz, Saatgutverunreinigung) (Pfiffner 2022).

Tabelle 7: Klassifikation der ökologischen Landwirtschaft hinsichtlich der Artenzahl und Abundanz der Flora und Fauna im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

		Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP					
			Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100	
Flora	Artenzahl	Mittel	45	89 (70)	15 (0)	1 (0)	85% (green), 14% (blue)				
		Gesamt	19 (2)	4 (0)	0 (0)	83% (green), 17% (blue)					
	Abundanz	Mittel	15 (11)	0 (0)	0 (0)	100% (green)					
		Gesamt	4 (0)	0 (0)	0 (0)	100% (green)					
Fauna	Artenzahl	Mittel	36	26 (22)	27 (0)	0 (0)	49% (green), 51% (blue)				
		Gesamt	11 (2)	3 (0)	0 (0)	79% (green), 21% (blue)					
	Abundanz	Mittel	41 (27)	40 (0)	11 (0)	45% (green), 43% (blue), 12% (red)					
		Gesamt	3 (0)	3 (0)	0 (0)	50% (green), 50% (blue)					

- Öko + Höhere Artenzahl und Abundanz in der ökologischen Landwirtschaft (sign. bzw. > +20 %)
- Öko = Vergleichbare Artenzahl und Abundanz in der ökologischen Landwirtschaft (nicht sign. bzw. +/- 20 %)
- Öko - Niedrigere Artenzahl und Abundanz in der ökologischen Landwirtschaft (sign. bzw. < -20 %)

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Vergleichspaare (VGP) mit statistisch signifikanten Ergebnissen. Falls in den Studien keine Angaben zur Signifikanz vorlagen, erfolgte die Klassifizierung mit Hilfe prozentualer Schwellenwerte.

Quelle: Stein-Bachinger et al. (2019)

Auch, dass es mehr Insekten auf ökologisch bewirtschafteten landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Flächen gibt als auf konventionellen Flächen, überrascht nicht (Tabelle 8). Sie finden hier Lebensraum und werden nicht mit Insektiziden kontrolliert. So wichtig Insekten auch sind, so sollte zwischen Schadinsekten und Nützlingen unterschieden werden. Erstere sind ein wichtiger Grund für die geringeren Flächenerträge, insbesondere im Gartenbau (nicht handelsklassenkonforme Ware). Die Schadinsekten sind nicht erwünscht, können aber nur begrenzt kontrolliert werden (pflanzliche Gifte, Öle, Anbaustrategien, Fallen, Nützlinge, Pheromone, Repellents).

Auf der anderen Seite leisten Insekten durch die Bestäubung von Kulturpflanzen einen wichtigen Beitrag für die Landwirtschaft. Rund 84 % der in Europa angebaute Kulturpflanzen sowie rund 70 % der Hauptanbausorten, die für den menschlichen Verzehr weltweit angebaut werden, müssen von Insekten bestäubt werden (CORDIS 2008). Der Wert der Bestäubung liegt bei rund 10 % des Marktwertes der Produkte und hat allein in Deutschland einen Wert von 1,13 Milliarden Euro pro Jahr (Leopoldina 2020). Das sind rund 10 % des Wertes der Produktion. Honigbienen liefern dazu noch wertvolle Lebensmittel. 2021 haben rund eine Million Bienenvölker rund 20.000 Tonnen Honig produziert (33 % des Verbrauchs) (BizL 2022). Vögel werden durch die Insekten angelockt und können helfen, diese zu dezimieren, aber auch, um die angebaute Pflanzen zu schädigen bzw. zu verunreinigen.

Auch pilzliche Infektionen von Kulturpflanzen gehören zur Biodiversität, sind aber auch im Ökolandbau nicht gewollt. Sie können nur begrenzt bekämpft werden (Sortenwahl mit Toleranz, Resistenz, Anbaustrategien, bestimmte fungizid wirkende Substanzen wie Kupferpräparate). Insgesamt ist die Erhaltung der Biodiversität ein Ziel, aber im Vergleich zum konventionellen Landbau auch ein Produktionsnachteil des Ökolandbaus, da er erheblichen Mehraufwand und auch Minderertrag verursacht.

Tabelle 8: Klassifikation der ökologischen Landwirtschaft hinsichtlich der Artenzahl und Abundanz blütenbesuchender Insekten im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

		Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP					
			Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100	
Blütenbesuchende Insekten	Artenzahl	Mittel	18	15 (11)	22 (0)	0 (0)					
		Gesamt	5	6 (1)	1 (0)	0 (0)					
	Abundanz	Mittel ^a	16	27 (13)	26 (0)	11 (0)					
		Mittel ^b	15	16 (13)	16 (0)	0 (0)					
Wild- und Honigbienen	Artenzahl	Mittel	10	9 (7)	12 (0)	0 (0)					
		Gesamt	1	2 (0)	0 (0)	0 (0)					
	Abundanz	Mittel ^a	10	13 (7)	18 (0)	4 (0)					
		Mittel ^b	9	8 (7)	11 (0)	0 (0)					
Tagfalter	Artenzahl	Mittel	6	4 (2)	5 (0)	0 (0)					
		Gesamt	1	0 (0)	1 (0)	0 (0)					
	Abundanz	Mittel ^a	6	11 (4)	4 (0)	0 (0)					
		Mittel ^b	5	5 (4)	2 (0)	0 (0)					

- Öko + Höhere Artenzahl und Abundanz in der ökologischen Landwirtschaft (sign. bzw. > +20 %)
- Öko = Vergleichbare Artenzahl und Abundanz in der ökologischen Landwirtschaft (nicht sign. bzw. +/- 20 %)
- Öko - Niedrigere Artenzahl und Abundanz in der ökologischen Landwirtschaft (sign. bzw. < -20 %)

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Vergleichspaare (VGP) mit statistisch signifikanten Ergebnissen. Falls in den Studien keine Angaben zur Signifikanz vorlagen, erfolgte die Klassifizierung mit Hilfe prozentualer Schwellenwerte.

^{a)} Mit Daten aus Gabriel et al. (2010)

^{b)} Ohne Daten aus Gabriel et al. (2010)

Quelle: Stein-Bachinger et al. (2019)

Leopoldina (2020) stellt zwar fest, dass der Ökolandbau für die Artenvielfalt auf Grünland (BfN 2014, BfN 2019) einen geringeren Vorteil hat als auf intensiv genutzten Ackerbauflächen. Trotzdem wird hier durch die Ökologische Tierhaltung die Biodiversität mehr als im konventionellen Landbau gefördert. Grünlandwirtschaft und Futterbau haben im Ökolandbau eine höhere Bedeutung als im konventionellen Landbau, die Möglichkeiten der Grünlandpflege sind dabei begrenzt (z.B. Herbizideinsatz). Leguminosenanbau für die Tierfütterung ist zu einem gewissen Grad betriebliche Pflicht, während sie in der konventionellen Landwirtschaft gerade erst wieder entdeckt - und durch die europäische und deutsche Eiweißpflanzenstrategie gefördert – wird. Durch den Verzicht auf präventive Tiermedikation und die Pflicht zur Auslauf- und Weidehaltung sind bestimmte Krankheiten (Infektionen) und Schädlinge (z.B. Parasiten, Schadinsekten, Schadinager) und Raubtiere (Raubvögel, Wolf) eher gefördert, auch wenn dieses kein Ziel der Biobetriebe ist. Letztendlich darf nicht vergessen werden, dass im Ökolandbau die genetische Biodiversität (Arten, Sorten und Rassen) größer ist, bzw. dass die vermehrt verwendeten robusten und resilienten Arten, Sorten und Rassen das Spektrum des konventionellen Landbaus erweitern.

Sirami et al. (2019), Tscharnkte (2021) und die Leopoldina (2020) heben hervor, dass eine kleinräumige Landschaftsstruktur wichtiger ist als die Anbauform (ökologisch oder konventionell) (Abbildung 6). Tscharnkte (in top agrar 2021) schlägt z.B. vor, die durchschnittliche Schlaggröße von 6 auf 1 Hektar zu reduzieren, um die Biodiversität zu fördern. Ökolandbau UND kleinstrukturierte Landschaft fördert die Biodiversität logischerweise am meisten, wie Leopoldina (2020), Stein-Bachinger et al. (2021b) daraus ableiten. Wie dieses praktisch erfolgen

kann, haben beispielhafte Forschungen von Rahmann (2000) für geschützte Biotope oder gesamtbetrieblich auf dem Gut Frankenhausen in Hessen (Godt et al. 2007) und Gut Brodowin in Brandenburg gezeigt (Gottwald und Stein-Bachinger 2018).

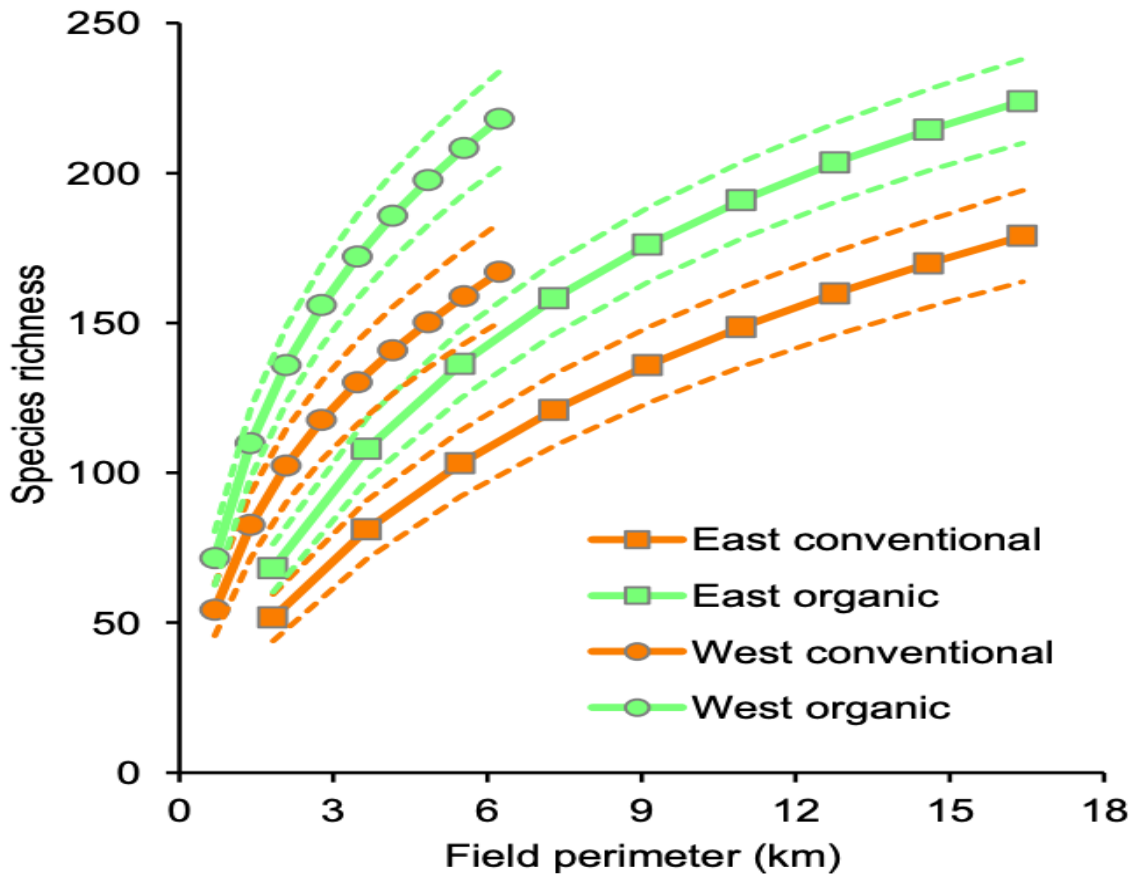


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Anzahl der Arten von Pflanzen, Insekten und Spinnentieren und der Länge der Feldränder (Feldumfang) in konventionell und ökologisch angebautem Winterweizen in großflächig und kleinflächig strukturierter Landschaft (östlich und westlich der ehemaligen innerdeutschen Grenze)

Quelle: Batáry et al. (2017)

Als Fazit lässt sich feststellen, dass der Ökolandbau die Biodiversität besser erhält bzw. fördert als der konventionelle Landbau (Piffner 2022, IPBES 2019), auch wenn eine kleinstrukturierte Landschaft noch wirkungsvoller wäre (Leopoldina 2020). Unbestritten ist aber auch, dass der Ökolandbau noch mehr für die Biodiversität erreichen könnte (z.B. Moos et al. 2016, BfN 2019). Trotzdem hat die Bundesregierung 2019 im Aktionsplan Insektenschutz 20 % Flächenanteil des Ökolandbaus bis 2030 angestrebt. Auch die EU-Kommission hat 2020 die bereits vorliegenden Erkenntnisse so bewertet, dass es von Vorteil ist, bis 2030 den Ökolandbau in der EU auf mindestens 25 % Flächenanteil auszuweiten, um ihre [Biodiversitätsstrategie für 2030](#) zu erreichen. Die Bundesregierung ist mit ihrem Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030 einen Schritt weiter gegangen.

2.2.4 Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030

Natur- und Artenschutz ist im Vergleich zum konventionellen Landbau eines der stärksten gesellschaftlichen Leistungen des Ökolandbaus. Viele geschützte Flächen in Deutschland (BfN 2022) werden nicht nur nach den

Regeln des Naturschutzes (v.a. Vertragsnaturschutz) genutzt und gepflegt, sondern die Betriebe häufig zusätzlich gemäß den Regeln des Ökolandbaus bewirtschaftet. Schutzgebiete gemäß BNatSchG haben einen erheblichen Flächenanteil in Deutschland (über 50 % der Fläche). Gemäß BfN (2021, BfN 2022) gab es 2017 rund 2,6 Mio ha Naturschutzgebiete, 10 Mio ha Landschaftsschutzgebiete, 2 Mio ha Biosphärenreservate, 1 Mio ha Nationalparks und 10 Mio ha Naturparks (Doppelzählungen wegen Überlappungen gegeben). Ein großer Teil davon wurden landwirtschaftlich geprägt und auch heute noch genutzt (Rahmann 2000). Es gibt eine große Synergie von Naturschutzbewirtschaftung und Ökolandbau: a) Ziel ist eine extensive Flächennutzung, b) kumulative Prämien ermöglichen eine wirtschaftliche Nutzung von Grenzertragsstandorten, c) Produkte werden als naturnahe produziert beworben und zu höheren Preisen vermarktet. Die extensive Grünlandnutzungen in Schutzgebieten mit Schafen und Fleischrindern ist hier weit verbreitet. Hinzu kommen noch die Grünlandflächen auf den Deichen, die meistens durch Schafe beweidet werden, da sie durch ihren Tritt diese am besten sichern (Rahmann 2021).

Allein diese Flächen könnten die 30 % Ökolandbau bis 2030 erreichen (rund 5 Mio ha), wenn alle bewirtschafteten Schutzgebiete auch ökologisch zertifiziert würden.

2.3 Gewässerschutz

2.3.1 Problem

Wasser ist eine unverzichtbare Grundlage für die menschliche Existenz. Es kann in ausreichenden Mengen nicht überregional beschafft werden. Die Wasserqualität und auch -quantität müssen deswegen inländisch gesichert werden. Seit den 1950er Jahren ist Gewässerschutz eines der vorrangigen Ziele der Politik, da Oberflächengewässer (Fließgewässer, Seen, Meere) immer verschmutzter (Schad- und Nährstoffe) wurden und damit auch das Grundwasser gefährdet wurde.

Die Landwirtschaft hat einen großen Anteil an der Gewässerbelastung (Steffen et al. 2015), allein schon durch ihren hohen Anteil an der Flächennutzung (>50 %). Zu hohe Nährstoffeinträge (v.a. Stickstoff und Phosphate) in Oberflächengewässer führen z.B. zu Eutrophierung (z.B. ökologisches Umkippen durch Algenwuchs) und im Grundwasser (z.B. zu hohen Nitratbelastungen) (SRU 2015, Seufert und Ramankutty 2017; Gomiero et al. 2011; Meier et al. 2015). Die Landwirtschaft bringt auch Schadstoffe in Gewässer ein (z.B. Pestizide, Tierarzneimittel, Desinfektionsmittel) (LANUV 2007; Hamscher und Mohring 2012, Vidaurre und Lukat 2016, Weiß 2008). Damit kann das Gewässer ökologisch belastet und auch nicht mehr trinkbar werden. Die Kosten für die Trinkwasserreinigung sind hoch und durch die Wasserwerke (Verbrauchsentgelte) zu finanzieren. Bosten Consult (2019) hat die Trinkwasserreinigungskosten wegen landwirtschaftlichen Einträgen auf rund 1 Mrd. Euro pro Jahr geschätzt. Die Herkunft von Nähr- und Schadstoffbelastungen in Gewässern kann nur begrenzt landwirtschaftlichen Einzelbetrieben zugeordnet werden. Es gibt zwar ein dichtes Netz von Messstellen für Gewässerbelastungen gemäß WRRL - und es wird weiter ausgebaut - aber natürlich wird auch in Zukunft nicht auf jeder landwirtschaftlichen Fläche solch eine Anlage vorhanden sein.

Oberflächenwasser von landwirtschaftlichen Flächen fließt über die Entwässerung in Oberflächengewässer und durch den Boden ins Grundwasser. Je nach Entfernung und Fließgeschwindigkeit kann eine Gewässerkontamination sehr schnell gehen (umgehend z.B. in Bächen und Seen angrenzend an den landwirtschaftlichen Flächen, Oberflächennahes Grundwasser auf sandigem Boden) oder auch Jahrzehnte (Grundwasser in über 100 m Tiefe unter Tonmergel, entfernte Großgewässer wie die Ostsee und Nordsee) benötigen. Dabei kann es zu Verdünnungs- aber auch zu kumulativen Effekten kommen. Nur bei direkt angrenzenden Gewässern an landwirtschaftlichen Flächen ist eine Zuordnung von Emissionen und Immissionen möglich (z.B. nach einer Gülleausbringung). Im Grundwasser und entfernte Großgewässer ist eine direkte Zuordnung auf Einzelbetriebe nur noch sehr begrenzt möglich. Hier kann nur die gesamte Landwirtschaft im

Einzugsbereich der Gewässer als Verursacherin feststellgestellt werden. Ordnungsrechtliche kann das Verursacherprinzip nur gesamtschuldnerisch behandelt werden.

2.3.2 Ziel

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL, [EG 2000](#)) hat das Ziel, dass bis 2027 alle Oberflächengewässer einen guten ökologischen und guten chemischen Zustand haben sollen. Das Grundwasser soll in einem guten chemischen und ein guter mengenmäßiger Zustand erreicht sein. Mit dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG 1957, grundlegende Neufassung 2010), der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV 2011), der Abwasserverordnung (AbwV 1987) und der Grundwasserverordnung (GrwV 2010) hat sich die Bundesregierung dazu verpflichtet, diese Ziele zu erreichen ([BMUV/UBA 2022](#)). Für die Landwirtschaft ist insbesondere die EU-Nitratrichtlinie 91/676/EWG relevant, die die Reduzierung der Nährstoffeinträge anstreben. Da die Bemühungen seit 2008 keine Veränderungen bei der Nitratbelastung im Grundwasser erreicht hat, wurden die ordnungsrechtlichen Auflagen strenger, v.a. durch die Düngeverordnung (DüV 2017). Dieses reichte der EU aber noch nicht, und hat 2018 erhebliche Strafgeelder 2018 angedroht. So wurde die Düngeverordnung 2020 noch einmal erheblich verschärft. Es ist die *Guten Fachlichen Praxis* (GFP) mit einer Düngermenge nicht über den Pflanzenbedarf sowie maximal 170 kg N aus der Tierhaltung Kern der Vorschriften. Ist die Gewässerbelastung trotz jahrzehntelanger Bemühungen weiterhin zu hoch, werden nur noch max. 80 % der Düngermengen der GFP vorgeschrieben („Rote Gebiete“-Ausweisung der Bundesländer, [Landwirtschaftskammer 2022](#)). Das Ziel, saubere Gewässer bis 2027 gemäß EU-WRRL, soll damit erreicht werden.

2.3.3 Stand des Wissens

Der Ökolandbau setzt keinen leichtlöslichen mineralischen Stickstoffdünger und keine chemisch-synthetisch hergestellten Pflanzenschutzmittel ein, die gewässerbelastend sein können. Trotzdem ist eine Gewässerkontamination auch durch den Ökolandbau möglich. So kann die unsachgemäße Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger oder die Einarbeitung von nährstoffhaltigen Pflanzen (z.B. Klee grasumbruch im Herbst) zu Belastungen von Gewässern führen. Seit 1992 gilt die Obergrenze von 170 kg N pro ha und Jahr aus Wirtschaftsdünger, also bereits fast 30 Jahre vor der konventionellen Landwirtschaft. Einige Bioverbände liegen sogar noch niedriger und limitieren auch die Phosphormengen aus Wirtschaftsdünger (1,4 Dungeinheiten: rund 112 kg N und 40,5 kg P pro ha und Jahr) (Tabelle 9). Somit ist ein langer Zeitraum für einen Vergleich ökologisch und konventionell wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieben verfügbar (Tabelle 9).

Kusche et al. (2019) haben 71 Studien mit 202 validen Vergleichspaaren für Stickstoff und 12 Studien mit 64 Vergleichspaaren für Pflanzenschutzmittel gefunden. Es wurden keine validen Studien für Phosphor und für Tierarzneimittel gefunden (Tabelle 2). In ihrer Bewertung nehmen sie vor allem Bezug auf neun Metastudien (Tabelle 12) und kommen zu dem Schluss, das rund 50 % der Studien eine geringere Belastung der Gewässer (rund 40 % geringer) mit Stickstoff wissenschaftlich gemessen haben, ein Viertel waren indifferent und je nach Art der Messung und Analysemethode 11 bis 21 % auch nachteilig (Tabelle 10). Für Phosphor gab es keine wissenschaftlich eindeutig aussagekräftigen Studien (Tabelle 11). Diese gehen aber von einem Vorteil für den Ökolandbau aus. Beim Eintrag von Pflanzenschutzmitteln ist das Ergebnis eindeutig und wegen dem Verzicht von PSM auch logisch. Hier waren 91 % der Vergleiche vorteilhaft für den Ökolandbau, 3 % indifferent und nur 5 % der Vergleichspaare negativ (Tabelle 13, Tabelle 14).

In der Summe aller gewässergefährdenden Stoffgruppen kommen Kusche et al. (2019) zu dem Schluss, dass die Umstellung auf den ökologischen Landbau ein effektiver Präventionsansatz zum Schutz der Gewässer gewährleistet und kostengünstiger ist als die Reinigung von Trinkwasser, die durch die Wasserwerke und den Verbraucherinnen und Verbraucher finanziert wird.

Tabelle 9: Produktionsvorschriften der ökologischen Landwirtschaft mit Auswirkungen auf den Wasserschutz im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

Bereich		konventionelle Landwirtschaft	EU-ÖKO-VO	Naturland	Ecoland	Demeter	Biopark	Biokreis	Bioland	GÄA	
Stickstoff & Phosphor	chem.-synth. leichtlösliche Mineraldünger	Einsatz erlaubt	kein Einsatz erlaubt								
	zugelassene Düngemittel	keine Einschränkung über gesetzlichen Rahmen hinaus	Positivliste: nur gelistete Düngemittel sind zulässig, kein Klärschlamm, nicht aus intensiv Tierhaltung								
	Düngermenge / Viehbesatz	Düngebedarfserm. nach DüV; Begrenzung des Einsatzes von Wirtschaftsdünger & Gärsubstraten auf max. 170 kg N/ha und Jahr zuzügl. anrechenb. Verluste	Beschränkung der zugel. Düngemittel	stärkere Einschränkung in der Auswahl (u.a. bzgl. Kompost, Nebenprodukte tierischen Ursprungs)							
			Düngebedarfsermittlung nach DüVO + Limitierung der Düngermenge im Betriebsdurchschnitt								
Zukauf externer Düngemittel	keine Einschränkung über gesetzlichen Rahmen hinaus	keine zusätzliche Beschränkung in der Zukaufsmenge	max. 0,5 DE/ha & a (max. 40 kg Jahreswirkung N)	max. 0,5 DE/ha & a (40 kg Gesamt-N)							
Pflanzenschutzmittel	chem.-synth. Pflanzenschutzmittel	Einsatz erlaubt	kein Einsatz erlaubt								
	zugelassene Pflanzenschutzmittel & Aufwandsmengen	kein Einsatz über gesetzlichen Rahmen hinaus	Positivliste: Anwendung ausgewählter Wirkstoffe; Restriktionen in der Aufwandsmenge und im Anwendungsbereich								
Tierarzneimittel	Einsatz allopathischer Tierarzneimittel	metaphylaktischer Einsatz allopathischer Arzneimittel	Verbot des präventiven Einsatzes allopathischer Arzneimittel								
	homöopathische & phytotherapeutische Wirkstoffe	keine Einschränkungen über gesetzlichen Rahmen hinaus	Priorität liegt beim Einsatz homöopathischer und phytotherapeutischer Wirkstoffe								
	Anzahl der Behandlungen mit allopathischen Tierarzneimitteln	keine Einschränkungen über gesetzlichen Rahmen hinaus	Beschränkung auf 3 Behandlung/Jahr bzw. 1 Behandlung/Jahr bei Tieren mit Lebensdauer < 1 Jahr, bei Überschreiten dieser Behandlungsanzahl Aberkennung der ökologischen Zertifizierung des Tieres und ggf. Neumstellung								
	Wartezeiten nach Anwendung allopathischer Tierarzneimittel	keine Einschränkungen über gesetzlichen Rahmen hinaus	Verdoppelung der gesetzlichen Wartezeiten nach Anwendung allopathischer Arzneimittel (bei einer Wartezeit von bei 0 Tagen gilt dies für die öko. Tierhaltung; bei keinen Angaben zur Wartezeit gelten 48 Stunden)								
	Verbot bestimmter Wirkstoffe	keine Einschränkungen über gesetzlichen Rahmen hinaus	keine Einschränkungen über gesetzlichen Rahmen hinaus	Negativliste für Wirkstoffe und Arzneimittelgruppen					geringere Anzahl an Restriktionen	höhere Anzahl an Restriktionen	

Zunehmende Grünfärbung verdeutlicht stärkere Restriktionen/Auflagen, Orangefärbung hebt allgemein gültige Zusammenhänge hervor.

Quelle: zusammengestellt von Kusche et al. (2019)

2.3.4 Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030

Mehr ökologisch bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen fördern das gesellschaftliche und politische Ziel sauberer Gewässer. Dabei ist die Wirkung größer, je näher diese Flächen im Einzugsbereich der Gewässer liegen, die besser geschützt werden sollen. So ist eine Ausdehnung in Wasserschutzgebieten, so wie es die Stadtwerke München ([Stadtwerke München 2017](#)) im Mangfalltal und die Stadt Leipzig ([Leipziger Wasserwerke 2017](#)) in Canitz und Thallwitz bereits erfolgreich seit Jahrzehnten betreiben. Insbesondere in intensiv agrarisch bewirtschafteten Gebieten ist eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus sinnvoll, um mittel- bis langfristig die Kosten der Gesellschaft und der Wasserwerke für die Gewässerreinigung, insbesondere der Trinkwasseraufbereitung, zu reduzieren (Boston Consult 2017, Bommelaer und Devaux 2011, Oelmann et al. 2017).

Tabelle 10: Klassifikation der ökologischen Landwirtschaft hinsichtlich des N-Austrag pro Hektar (Experimentalstudien, Modell- und LCA-Analysen) sowie nach Ertragsbezug (Modell- und LCA-Analysen) im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP					
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100	
Stickstoff N-Austrag	Alle (Hektar) (Experimental/Modelle/LCA)	71	129 (23)	51 (17)	22 (3)					
	Alle (Hektar) (Experimental)	50	73 (23)	43 (17)	21 (3)					
	Alle (Hektar) (Modelle/LCA)	21	56	8	1					
	Alle (Ertrag) (Modelle/LCA)	8	14	5	5					

- Öko + Niedrigerer N-Austrag in der ökologischen Landwirtschaft (sign. bzw. <-20 %)
- Öko = Vergleichbarer N-Austrag in der ökologischen Landwirtschaft (nicht sign. bzw. +/-20 %)
- Öko - Höherer N-Austrag in der ökologischen Landwirtschaft (sign. bzw. > +20 %)

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Vergleichspaare (VGP) mit statistisch signifikanten Ergebnissen. Falls in den Studien keine Angaben zur Signifikanz vorlagen, erfolgte die Klassifizierung mit Hilfe prozentualer Schwellenwerte.

Quelle: Kusche et al. (2019)

Tabelle 11: Bisherige Metaanalysen und Übersichtsarbeiten für die Stoffgruppe Phosphor

Autor/en	Verwendete Studien	Aussagen/Ergebnis
Seufert & Ramankutty (2017) (Review)	- 2 Metastudien und 1 Review	Aufgrund der geringen Anzahl an Vergleichsstudien ist eine belastbare Aussage zu P-Austrägen nicht möglich
Tuomisto et al. (2012) (Metastudie)	- 10 Studien	Minimal geringere P-Verluste durch ökologischen Landbau
Mondelaers et al. (2009) (Metastudie)	- 12 Studien/66 VGP für P-Input - 9 Studien/62 VGP für P-Output - 8 Studien/78 VGP für P-Bilanz	Es zeigt sich eine Tendenz zu niedrigen P-Austrägen im ökologischen Landbau
Bergström et al. (2008) (Übersicht)	- 3 Studien	Der ökologische Landbau erbringt niedrigere Erträge ohne Vorteile für die Wasserqualität bezüglich Nährstoffausträgen (N & P)
Armstrong-Brown (1993) (Review)	- Keine Angaben über die Anzahl verwandter Studien	Infolge geringerer Erosion Reduzierung der P-Einträge in die Gewässer

Quelle: Kusche et al. (2019)

Tabelle 12: Bisherige Metaanalysen und Übersichtsarbeiten für die Stoffgruppe Stickstoff

Autor/en	Verwendete Studien	Aussagen/Ergebnis
Seufert & Ramankutty (2017) (Review)	- 2 Metastudien und 1 Review	Ergebnis bezogen auf die Fläche: - Große Unsicherheit bezüglich des Einflusses der ökologischen Landwirtschaft auf die Wasserqualität - Durchschnittlich niedrigere N-Austräge → doch Variation ist hoch Ergebnis bezogen auf den Ertrag: - Durchschnittlich höhere Austräge im ökologischen Landbau aufgrund niedrigerer Stickstoffnutzungseffizienz verbunden mit positiven Bilanzsalden
Meier et al. (2015) (Review)	- Nur LCAs - Studienanzahl steht in Klammern hinter Ergebnis - N & P (bzw. Eutrophierungspotenzial)	Ergebnisse bezogen auf die Fläche unterteilt in Produktionszweige: → <u>Relativer Unterschied öko/kon</u> - <i>Ackerbau</i> : -65 bis + 104 % (5) - <i>Schwein P</i> : -54 % (1) - <i>Milch</i> : -76 bis -2 % (7) - <i>Geflügel N</i> : -12 % (1) - <i>Rind N</i> : - 8 % (1) - <i>Geflügel P</i> : -56 % (1) - <i>Rind P</i> : -54 % (1) - <i>Legehennen</i> : -52 % (1) - <i>Schwein N</i> : 0 % (1) Ergebnisse bezogen auf den Ertrag unterteilt in Produktionszweige: → <u>Relativer Unterschied öko/kon</u> - <i>Ackerbau</i> : -62 bis + 210 % (5) - <i>Schwein P</i> : -20 % (1) - <i>Milch</i> : -66 bis +63 % (7) - <i>Geflügel N</i> : +100 % (1) - <i>Rind N</i> : +17 % (1) - <i>Geflügel P</i> : 0 % (1) - <i>Rind P</i> : -6 % (1) - <i>Legehennen</i> : +104 % (1) - <i>Schwein N</i> : +74 % (1)
Tuomisto et al. (2012) (Metastudie)	- 48 Studien (Fläche) - 10 Studien (Ertrag) - Keine Einschränkungen beim Publikationsjahr - Nur peer reviewed - Experimentalstudien & Modellen	Ergebnis bezogen auf die Fläche: - 31 % niedrigere N-Austräge durch ökologischen Landbau (sign. Unterschied) → Nur Feldexperimente: -10,5 % → Nur Modelle: -40,3 % Ergebnis bezogen auf den Ertrag: - 49 % höhere N-Austräge durch ökologischen Landbau
Gomiero et al. (2011) (Review)	- 9 Studien	- Große Variation → von deutlicher Reduzierung bis hin zur Steigerung der N-Austräge durch ökologischen Landbau
Mondelaers et al. (2009) (Metastudie)	- Fläche → 35 ES/316 VGP → 4 MR/28 VGP - Ertrag → 6 Studien/59 VGP - Studien ab 1992 aus 12 versch. Ländern - Nur peer reviewed	Ergebnis bezogen auf die Fläche: - Sign. geringe N-Austräge im öko. Landbau - 29,7 % niedrigere N-Austräge im öko. Landbau → nur Feldexperimente: -26 % → nur Modelle: -42,4 % - Tatsächliche Werte: 20,85 kg N/ha im kon. und 8,93 kg N/ha im öko. Landbau (12 Studien) Ergebnis bezogen auf den Ertrag: - Kein signifikanter Unterschied - Aufgrund der wenigen Studien, nicht belastbare Aussage → es scheint jedoch, dass der N-Austrag/PE in beiden Systemen gleich hoch ist
Bergström et al. (2008) (Overview)	- 3 Studien	- Der ökologische Landbau erbringt niedrigere Erträge ohne Vorteil für die Wasserqualität bezüglich Nährstoffausträgen (N & P)
Haas (2001) (Habilitation)	- 40 Studien	- 70 % der Studien weisen niedrigere N-Austräge im ökologischen Landbau nach - 22,5 % der Studien ergaben keinen Systemunterschied - 7,5 % der Studien weisen niedrigere N-Austräge unter konventioneller Bewirtschaftung nach
Stolze et al. (2000) (Review)	- 5 Studien (Fläche) - 2 Studien (Ertrag)	Ergebnis bezogen auf die Fläche: - Niedrigere oder gleich hohe N-Austräge durch ökologischen Landbau → bis zu 57 % niedrigere N-Austräge
Armstrong-Brown (1993) (Review)	- 3 Studien	- Geringere Nitratbelastungen der Gewässer durch ökologischen Landbau

Abkürzungen: ES = Experimentalstudien; MR = Modellrechnungen; VGP = Vergleichspaare

Quelle: Kusche et al. (2019)

Tabelle 13: Bisherige Metaanalysen und Übersichtsarbeiten für die Stoffgruppe Pflanzenschutzmittel

Autor/en	Verwendete Studien	Aussagen/Ergebnis
Seufert & Ramankutty (2017) (Review)	- 2 Metastudien und 1 Review	- PSM-Austräge sind niedriger im ökologischen Landbau - Im ökologischen Landbau zugelassenen PSM sind weniger toxisch & persistent - Allerdings sollten Schwefel sowie Rotenon ¹⁾ aufgrund der hohen Aufwandsmengen als kritisch betrachtet werden
Meier et al. (2015) (Review)	- Nur LCAs - Studienanzahl steht in Klammern hinter Ergebnis	<p>Ergebnisse bezogen auf den Hektar unterteilt in Produktionszweige:</p> <p>→ <u>Relativer Unterschied öko/kon</u></p> <p>→ PSM-Aufwand:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ackerbau : -100 bis -81 % (2) - Milch : -100 bis -94 % (3) - Rind : - 100 % (1) - Schwein : -100 bis -90 % (2) - Geflügel : -98 bis -96 % (2) - Legehennen : -99 % (1) <p>→ Aquatisches Öko-Toxizität-Potential:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ackerbau : -87 bis -36 % (1) - Ackerbau : -252 bis +38 % (Süßwa.) (1) - Ackerbau : +23 bis +29 % (Meere) (1) - Rind : - 100 bis -99 % (1) - Schwein : -99 (1) - Geflügel : -100 % (1) <p>Ergebnisse bezogen auf den Ertrag unterteilt in Produktionszweige:</p> <p>→ <u>Relativer Unterschied öko/kon</u></p> <p>→ PSM-Aufwand:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ackerbau : -100 bis -72 % (2) - Milch : -100 bis -89 % (3) - Rind : - 100 % (1) - Schwein : -100 bis -83 % (2) - Geflügel : -92 bis -90 % (2) - Legehennen : - 96 % (1) <p>→ Aquatisches Öko-Toxizität-Potential:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ackerbau : -84 bis -25 % (1) - Ackerbau : -0,06 bis +0,03 % (Süßwa.) (1) - Ackerbau : -2 bis +10 % (1) - Rind : -99 % (1) - Schwein : -98 (1) - Geflügel : -99 % (1)
Gomiero et al. (2011) (Review)	- Bezieht sich auf ein generelles Verbot in den Produktionsvorschriften des ökologischen Landbaus	- Deutlich weniger Belastungen von Grund- und Oberflächenwasser durch PSM
De Boer (2003) (Review)	- 2 Studien (2000-2001)	- Niedrigere PSM-Aufwendungen im ökologischen Landbau
Stolze et al. (2000) (Review)	- 1 Studie (1997)	- Reduzierung um 100 % durch ökologischen Landbau
Armstrong-Brown (1993) (Review)	- Bezieht sich auf ein generelles Verbot in den Produktionsvorschriften des ökologischen Landbaus	- PSM-Belastungen durch ökologischen Landbau ist nicht existent

Abkürzungen: PSM = Pflanzenschutzmittel, LCA = Life-Cycle-Assessment / ¹⁾ Wurde 2014 in EU-Öko-Verordnung verboten.

Quelle: Kusche et al. (2019)

Tabelle 14: Klassifikation der ökologischen Landwirtschaft hinsichtlich der Gewässerbelastung durch Pflanzenschutzmittel im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Pflanzenschutzmittel	12	61 (18)	2 (1)	3 (3)	92%				

- Öko + Niedrigerer N-Austrag in der ökologischen Landwirtschaft (sign. bzw. <-20 %)
- Öko = Vergleichbarer N-Austrag in der ökologischen Landwirtschaft (nicht sign. bzw. +/-20 %)
- Öko - Höherer N-Austrag in der ökologischen Landwirtschaft (sign. bzw. > +20 %)

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Vergleichspaare (VGP) mit statistisch signifikanten Ergebnissen. Falls in den Studien keine Angaben zur Signifikanz vorlagen, erfolgte die Klassifizierung mit Hilfe prozentualer Schwellenwerte.

Quelle: Kusche et al. (2019)

2.4 Tierschutz

2.4.1 Problem

Landwirtschaftliche Nutztiere werden für die Produktion von Fleisch, Milch, Eiern, Wolle und Honig aber auch für innerbetriebliche Leistungen wie Düngerproduktion, Biomasseverwertung, Flächenpflege, Bestäubung und Freizeitgestaltung gehalten (Rahmann 2004). Die Nutztierhaltung trug 2020 mehrheitlich (54 %) zum Umsatz der deutschen Landwirtschaft bei (2020: 29,7 von 54,6 Mrd. Euro: Milch 10,7 Mrd. Euro, Schweinefleisch 8,1 Mrd. Euro, Rindfleisch 3,4 Mrd. Euro, Geflügelfleisch 2,5 Mrd. Euro, Eier 1,1 Mrd. Euro und Schaf- und Ziegenfleisch 176 Mio Euro) Wertschöpfung der deutschen Landwirtschaft (2020: 22,5 Mrd. Euro) bei (DBV 2022). Dieses trifft auch für den ökologischen Landbau zu, der im Jahr 2020 Erlöse in Höhe von 2,9 Mrd. Euro erwirtschaftete, wovon 48 % aus der Tierhaltung stammten (1,4 Mrd. Euro: Milch 600 Mio Euro, Eier 331 Mio Euro, Rindfleisch 235 Mio Euro, Schweinefleisch 115 Mio Euro, Geflügelfleisch 66 Mio Euro und Schaf- und Ziegenfleisch 25 Mio Euro (BÖLW 2022).

Seit dem Zweiten Weltkrieg hat sich die Nutztierhaltung erheblich verändert. Die Leistungen der Tiere sind durch verbesserte Zucht, Fütterung, Gesundheit und Haltungsverfahren gestiegen die Bestandsgrößen erheblich gewachsen. Die alleinige Ausrichtung auf Effizienz und Produktivität hat große und intensive Tierhaltungssysteme entstehen lassen, die gesellschaftlich in Kritik geraten sind (WBA 2015).

2.4.2 Ziel

Das Tierwohl ist seit den 1970er Jahren in den Fokus gerückt und hat ab 2000 erhebliche Wirkungen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung erfahren. Im Jahr 2002 wurde der Tierschutz in §20a des Grundgesetzes aufgenommen und zum Staatsziel erklärt. Ordnungsrechtlich zeigt sich die Wirkung z.B. in dem Verbot der Käfighaltung von Legehennen, welches seit 2010 in Deutschland und seit 2012 in der EU gültig ist (BMEL 2015). Dieses war aber nur der Anfang im Umbau der Nutztierhaltung, die aktuell eines der Schwerpunktthemen der Bundesregierung ist und weit in die nächsten Jahrzehnte durch Rahmengesetzgebung, Förderprogramme und Aufklärungskampagnen wirken wird (BMEL 2022).

Der ökologische Landbau ist Vorreiter in Sachen Tierwohl und wird auch von der Bundesregierung als Leitbild für die Transformation der Nutztierhaltung angesehen. Auf privatwirtschaftlicher Ebene war es bereits lange in den Verbandsrichtlinien zu finden (IFOAM 2014). Durch die EU-VO 1804/1999 wurde der Anspruch eines hohen Tierschutzstandards erstmalig gesetzlich geregelt und für den Ökolandbau ab 2000 verpflichtend. In der heute gültigen EU-Ökolandbau-VO 848/2018 nimmt die Tierhaltung den größten Teil ein. Das Tierwohl soll durch die Einhaltung von Produktionsvorschriften und vorbeugende Maßnahmen in der Zucht, Fütterung und dem Herden-Management festgelegt, gesichert und kontrolliert werden können.

2.4.3 Stand des Wissens

Die ersten Metaanalysen zum Vergleich des Tierschutzes in der ökologischen und konventionellen Nutztierhaltung wurde von Sundrum (2001) und Hovi et al. (2003) veröffentlicht. Sie ließen aber wegen dem begrenzten Ausschnitt und Zeitraum keine generelle Aussage zu. Von Wagenberg et al. haben 2017 und umfassendere Metaanalysen verfasst, die neben dem Tierwohl auch die Nachhaltigkeit erfasst. Eine umfassende und aktuelle Darstellung des Tierwohl im Vergleich der ökologischen und der konventionellen Tierhaltung wurde von March et al. (2019) veröffentlicht. Sie haben insgesamt 67 Studien mit 473 Vergleichspaaren ökologischer und konventioneller Tierhaltung identifiziert, die wissenschaftlichen Standards entsprach und ausgewertet werden konnten (Tabelle 15).

Tabelle 15: Übersicht über die Anzahl identifizierter Vergleichsstudien sowie Vergleichspaare je Nutztierart und Produktionsrichtung

Nutztierart	Anzahl Vergleichsstudien^a	Anzahl Vergleichspaare
Rinder	51	355
Milchkühe	47	299
Aufzuchtälber	6	7
Mutterkühe	1	14
Mast-/ Schlachtrinder	2	35
Schweine	8	53
Mastschweine	4	18
Sauen (inkl. Saug- und Aufzuchtferkel)	2 (1)	13 (8)
Schweine (nicht weiter differenziert)	3	22
Kleine Wiederkäuer	5	28
Schafe (inkl. Lämmer)	4 (2)	25 (5)
Ziegen	1	3
Geflügel	6	37
Legehennen	2	6
Masthühner	3	23
Puten	1	8
Gesamtanzahl	67	473

^{a)} Eine Vergleichsstudie kann mehrere Produktionsrichtungen und Vergleichspaare beinhalten.

Quelle: March et al. (2019)

Der Vergleich des Tierwohls kann exemplarisch gut an der Milchproduktion dargestellt werden. Sie ist der wichtigste Einkommensquelle für die Landwirtschaft, sowohl konventionell als auch im Ökolandbau, und hier gibt es bereits viele vergleichende Studien. March et al. (2019) stellen fest, dass Mastitis und Stoffwechselerkrankungen bei Bio-Milchkühen ebenso häufig auftritt wie in der konventionellen Milchproduktion (Tabelle 16, Tabelle 17). Dagegen waren die Klauen- und Gliedmaßengesundheit besser im Ökolandbau (Tabelle 18). Das galt auch für die Fruchtbarkeit und Reproduktion sowie bei den Abgangsursachen (Tabelle 18, Tabelle 19).

Tabelle 16: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich der Eutergesundheit von Milchkühen im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Milchzellgehalt gesamt	26	8 (5)	24	14 (9)	17%	52%		30%	
- Tankmilch		4 (1)	10	4 (2)	22%	56%		22%	
- Milchleistungsprüfung		4 (4)	12	10 (7)	15%	46%		38%	
- Zellzahlklassenbesetzung		0 (0)	2	0 (0)	100%				
Mastitisinzidenzen/-prävalenzen ^a	7	6 (5)	7	2 (2)	40%	47%		13%	
Mastitisbehandlungsinzidenzen	10	9 (7)	7	1 (0)	53%	41%			
Mastitiserreger, Antibiotikaresistenz	10	9 (4)	18	4 (2)	29%	58%		13%	
Gesamt	28	32 (21)	56	21 (13)	29%	51%		19%	

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

^{a)} Häufigkeiten von subklinischen bzw. akuten Mastitiden wurden z. B. anhand des Schalmtests oder Zellgehaltentwicklungen bzw. klinischen Anzeichen ermittelt.

Quelle: March et al. (2019)

Tabelle 17: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich der Stoffwechselgesundheit von Milchkühen im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Körperkondition	4	1 (0)	6	1 (1)	13%	75%		13%	
Versorgungszustand ^a	4	3 (2)	4	7 (3)	21%	29%	50%		
Ketoseinzidenzen/ -behandlungsinzidenzen ^b	8	4 (2)	9	1 (0)	29%	64%			
Hypocalcämie (Behandlungsinzidenzen)	4	2 (2)	6	0 (0)	25%	75%			
Labmagenverlagerung/Indigestion (Behandlungsinzidenzen)	2	1 (1)	1	0 (0)	50%	50%			
Gesamt	11	11 (7)	26	9 (4)	24%	57%		20%	

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

^{a)} Blutgehalte an Harnstoff und Albumin, Milchinhaltstoffverhältnisse, die auf die Eiweißversorgung schließen lassen (Milchharnstoff- und -eiweißgehalt) sowie Fett-Eiweißquotienten < 1,0 als Indikator für Pansenfermentationsstörungen.

^{b)} Inklusiv anhand des Fett-Eiweiß-Quotienten ermittelter Risiken für Energiemangelsituationen

Quelle: March et al. (2019)

Tabelle 18: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich der Klauen- und Gliedmaßen-gesundheit sowie Integumentschäden bei Milchkühen im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Lahmheit	5	8 (7)	2	0 (0)					
Gelenkveränderungen ^a	4	16 (3)	0	1 (0)					
Weitere Integumentschäden ^b	4	3 (3)	2	0 (0)					
Verschmutzung	4	2 (1)	1	1 (1)					
Gesamt	12	29 (14)	5	2 (1)					

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

^{a)} Schwellungen und andere Veränderungen am Vorderfußwurzel- oder Sprunggelenk

^{b)} Weitere Verletzungen, Veränderungen, wie z. B. nicht näher spezifizierte Integumentschäden (ohne Gelenksschäden), gebrochene/verletzte Schwänze, Zitzenverletzungen, aber auch das Welfare Quality®-Kriterium „frei von körperlichen Schäden“ wurde hier berücksichtigt (in welches neben Integumentschäden auch Lahmheiten einfließen).

Quelle: March et al. (2019)

Tabelle 19: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich der Fruchtbarkeit und Reproduktion von Milchkühen im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Gebärmutterentzündung, Nachgeburtsverhaltung, sonstige Fruchtbarkeitsbehandlungen (Behandlungsinzidenzen)	4	3 (2)	7	0 (0)					
Ovarialzystenbehandlungen (Behandlungsinzidenzen)	2	2 (2)	2	0 (0)					
Zwischenkalbezeit	10	2 (2)	8	6 (6)					
Gesamt	11	7 (6)	17	6 (6)					

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

Quelle: March et al. (2019)

Tabelle 20: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich Mortalitäts-, Abgangs- und Remontierungsraten sowie Abgangsalter von Milchkühen im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Mortalitätsraten	3	3 (3)	0	0 (0)	100%				
Abgangs-/Schlachtalter	2	3 (1)	0	0 (0)	100%				
Abgangs-, Remontierungsraten	6	5 (4)	2	0 (0)	71% 29%				
Abgangsraten differenziert nach Gründen	3	9 (9)	7	2 (2)	50% 39% 11%				
Gesamt	13	20 (17)	9	2 (2)	65% 29%				

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

Quelle: March et al. (2019)

Tabelle 21: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich Verhalten und Emotionen von Milchkühen im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Liegeverhalten	3	1 (1)	3	1 (1)	20% 60% 20%				
Sonstiges Verhalten ^a	2	1 (1)	3	1 (1)	20% 60% 20%				
Gesamt (Verhalten)	3	2 (2)	6	2 (2)	20% 60% 20%				
Emotionen ^b	1	2 (2)	1	0 (0)	67% 33%				

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

^{a)} Beispielsweise agonistische Verhaltensweisen; berücksichtigte WQ®-Tierwohlkriterien: „Bewegungsfreiheit“ (Tierwohlprinzip „Gute Haltung“) sowie „Ausleben von Sozialverhalten“ und „Ausleben anderen Verhaltens“ (Tierwohlprinzip „Artgemäßes Verhalten“)

^{b)} WQ®-Tierwohlkriterien: „Gute Mensch-Tier-Beziehung“ und „Emotionales Wohlbefinden“ (Tierwohlprinzip „Artgemäßes Verhalten“) sowie „Abwesenheit schmerzhafter Managementmaßnahmen“

Quelle: March et al. (2019)

Generell gibt es nur wenige vergleichende Studien für Geflügel (Tabelle 22, Tabelle 23), Schweine (Tabelle 24) und Kleine Wiederkäuer. Auch hier hängt es von der Krankheit ab, ob die ökologische oder die konventionelle

Tierhaltung vorteilhaft ist. Das Verhalten und die Emotionen der Nutztiere sind im ökologischen Schweine- und Geflügelhaltung besser zu bewerten. Die Tierhaltungsstandards gemäß der Ökoverordnungen wirken hier vorteilhaft.

Tabelle 22: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich der Tiergesundheit von Geflügel in Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Parasitenbelastung (nur Legehennen)	2	0 (0)	4	2 (0)					
Mortalität	2	0 (0)	1	1 (0)					
Gliedmaßengesundheit, Lahmheit ^a	4	4 (2)	1	3 (1)					
Veränderungen im Brustbereich ^b	4	1 (1)	1	2 (0)					
Sonstige Veränderungen ^c	2	2 (1)	3	2 (2)					
Sonstiges (Tierverschmutzung Masthühner)	1	1 (0)	0	0 (0)					
Gesamt	6	8 (4)	10	10 (3)					

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

^{a)} Lahmheit, Gliedmaßengesundheit, Veränderungen an den Ständern sowie Fußballen, Untaugliche Schlachtkörper bzw. Schlachtbefunde mit Arthritis, Fußballendermatitis, o.ä.

^{b)} Anteil Verwürfe aufgrund infizierter Brustblasen bei Puten, Beurteilung der Brustveränderungen bei Masthühnern an Schlachtkörpern sowie lebenden Tieren.

^{c)} Verwürfe aufgrund von Bauchfellentzündung/Bauchwassersucht, Serositis, Geschwülsten/ Abszessen, unzureichender Ausblutung der Schlachtkörper sowie Beurteilung von Masthühnern bzgl. Aszites (Bauchwassersucht).

Quelle: March et al. (2019)

Tabelle 23: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich Verhalten und Emotionen von Geflügel in Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Aktivität	1	1 (0)	0 (0)	0 (0)	100%				
Welfare Scores ^a	1	3 (0)	0 (0)	0 (0)	100%				
Gesamt (Verhalten)	2	4 (0)	0 (0)	0 (0)	100%				
Stress, Angst	2	1 (0)	1 (0)	0 (0)	50%		50%		
Ausweichdistanz	1	0 (0)	0 (0)	1 (0)	100%				
Scores für das Befinden ^b	1	2 (0)	0 (0)	0 (0)	100%				
Gesamt (Emotionen)	3	3 (0)	1 (0)	1 (0)	60%		20%	20%	

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

^{a)} Welfare Scores zu Liegekomfort, Bewegungsfreiheit und Besatzdichte (Welfare Quality®, 2009 mod. von Gocsik et al., 2016).

^{b)} Temperaturkomfort und „Qualitative behaviour assessment“ (Welfare Quality®, 2009 modifiziert von Gocsik et al., 2016).

Quelle: March et al. (2019)

Tabelle 24: Klassifikation der ökologischen Tierhaltung hinsichtlich der Tiergesundheit von Schweinen in Vergleich zur konventionellen Tierhaltung

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP				
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100
Parasitenbelastung	3	1 (1)	13	4 (4)	72%		22%		
Methicillin-resistente Staphylococcus aureus Stämme (MRSA)	1	2 (0)	0	0 (0)	100%				
Gliedmaßenveränderungen, Arthritis, Arthrosis (Anteil Schlachtkörperbefunde) und Lahmheit (nur Sauen)	4	6 (2)	0	2 (2)	75%		25%		
Sonstige Veränderungen der Schlachtkörper ^a	3	7 (3)	9	7 (3)	30%	39%		30%	
Gesamt	8	16 (6)	22	13 (9)	31%	43%		25%	

Öko + Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen bessere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Öko = Ökologisch wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich nicht von konventioneller Vergleichsgruppe

Öko - Ökologisch wirtschaftende Betriebe weisen schlechtere Werte auf als die konventionelle Vergleichsgruppe

Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Anzahl der Studien mit signifikanten Ergebnissen. Die Klassifizierung basiert auf der in den einzelnen Studien vorgenommenen Bewertung.

^{a)} Anteil geschlachteter Tiere mit Lungen-, Nieren-, Leberveränderungen (verschiedene Schweregrade), Abszessen, Tumoren, Pleuritis

Quelle: March et al. (2019)

March et al. (2019) erklären, warum einige Krankheiten im Ökolandbau weniger oder mehr vorteilhaft im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung sind. Sie liegen höhere Parasitenbelastungen vor allem an dem größeren Umfang der Weidehaltung dieser Tiere und dem Verbot der präventiven Gabe von Anthelmintika begründet liegt. Dagegen schnitt der Ökolandbau besser ab bei Lungenentzündungen, eben weil die Tiere weniger im Stall sind, wo sie einer entsprechenden Luftbelastung (z.B. Staub, Ammoniak) ausgesetzt sind. Auch Lahmheiten und andere Technopathien treten im Ökolandbau weniger auf, da die vermehrte freie Bewegung und weniger Spaltenböden sich hier vorteilhaft auswirken. Dagegen ist die Inzidenz von klassischen Tierkrankheiten wie Mastitis und Stoffwechselerkrankungen indifferent oder sogar negativ für den Ökolandbau, da die medizinische Behandlung und die Fütterungsvorgaben mit mehr Raufutteranteilen bei Wiederkäuern und nicht immer ausgewogenen Futterrationen für Schweine und Geflügel, da die Komponenten und Inhaltsstoffe in der geforderten Qualität und auch Quantität nicht immer und überall ausreichend verfügbar sind. Das Verbot der Verstümmelung von Nutztieren wie Enthornungen, das Stutzen von Schnäbeln und das Kupieren von Schwänzen (Schweine, Schafe) sowie die präventive Gabe von Medikamenten sind im Ökolandbau verboten. Dieses kann auch zu negativen Folgen in der Tiergesundheit führen, zum Beispiel durch Hornstoßverletzungen, Pickwunden bei Legehennen, verkotete Schafschwänze (Infektions- und Fliegeneier-Gefahr) oder Schwanzbeißen bei Schweinen. Ohne die präventive Gabe von Tierarzneimitteln ist ein Krankheitsausbruch bei Tieren wahrscheinlicher.

2.4.4 Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030

Das Staatsziel „Tierschutz“ kann durch die ökologische Tierhaltung erreicht werden, auch wenn auch im Ökolandbau trotz aller Bemühungen bislang noch nicht alle Ziele des Tierwohl erreicht worden sind. Der Tierschutz durch mehr Ökolandbau ist indirekt relevant für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030. Die ökologische Tierhaltung ist flächengebunden und die Tierbestände kleiner als in der konventionellen Haltung. Die Reduktion der Tierbestände ist auch aus Sicht des Klimaschutzes angestrebt (Grethe 2022).

Bei einer Ausdehnung des ökologischen Landbaus auf 30 % kann davon ausgegangen werden, dass weniger Tiere gehalten werden, diese dann aber besser (mehr Tierwohl). Besonders die Anzahl an Schweinen und Geflügel könnte zurückgehen, da ihre ökologische Haltung aufwändiger ist als in der konventionellen Haltung sowie der Absatzmarkt für hochpreisige Produkte dieser beiden Tierarten eher klein ist und bleiben wird. Die Milchrinderhaltung dürfte gleich bleiben, die Mutterkuh- und Schafhaltung sich sogar ausdehnen, wenn die Extensivierung der Grünlandflächen durch die Kombination von Vertragsnaturschutz und ökologische Produktion finanziell attraktiver würde, was empfohlen wird. Das hat Auswirkungen auf die Flächennutzung. Auf der einen Seite werden weniger Ackerflächen für Futterproduktion verwendet, andererseits mehr Grünland und Ackerbrache benötigt. Rasche und Steinhauser (2022) gehen bei einer Ausdehnung auf 30 % Ökofläche bis 2030 von einer Flächenausdehnung der Agrarfläche um 527.000 ha aus (Landnutzungsänderung). Da diese extensiv bewirtschaftet werden, hat diese Ausdehnung Vorteile für den Tier-, Klima- und Biodiversitätsschutz. Damit ist die Ausdehnung des Ökolandbaus nicht nur für das Tierwohl, sondern auch für den Umweltschutz mehrfach leistungsfähig.

3 Globale Herausforderungen und zentrale Voraussetzungen für eine Ausweitung des ökologischen Landbaus

Das Ziel der Bundesregierung, die Landwirtschaft und das gesamte Ernährungssystem (food system) in Deutschland zu transformieren und dafür auch bis 2030 30 % der Agrarfläche ökologisch bewirtschaftet werden soll, muss auch im Kontext internationaler und globaler Ziele und Herausforderungen betrachtet werden. Zum einen ist Deutschland in die EU eingebunden. Durch die Farm-to-Fork Strategie der EU (2021) ist auf dieser Ebene ein Konsistenz gegeben. Auch die EU strebt für die gesamte Gemeinschaft 25 % Flächenanteil für den Ökolandbau bis 2030 an. Global gibt es jedoch für Deutschland und die EU Verpflichtungen und Herausforderungen, die für dieses Ziel beachtet werden müssen.

Die internationalen Verpflichtungen für den Klimaschutz im Rahmen des Pariser Abkommens (2015) und das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD 1993) sind kohärent zu den Zielsetzung der Bundesregierung und der EU, weil beide Vereinbarungen durch die Ausdehnung des Ökolandbaus unterstützt werden. Dieses trifft nicht zu für das Ziel der Vereinten Nationen, bis 2030 keinen Hunger mehr auf der Welt vorzufinden (Sustainable Development Goal SDG 2: „Zero Hunger till 2030“, UN 2012). Die seit dem Ukraine-Krieg eingetretene Energiekrise hat dazu geführt, dass sich Deutschland und die EU in der Energieversorgung der Welt neu aufgestellt. Erneuerbare Energien aus Wasser, Wind und Biomasse sollen bis 2045 die fossilen Brennstoffe ersetzen. Zum Umbau der Energieversorgung kommt die Steigerung der Energieeffizienz in der Produktion. Dieses gilt auch für die Landwirtschaft, und damit dem Ökolandbau. Damit sind die vier wichtigsten globalen Aspekte für die Ausdehnung des Ökolandbaus genannt: der Klimaschutz, die Erhaltung der biologischen Vielfalt, der Umbau der Energieversorgung und die Welternährung.

3.1 Welternährung

3.1.1 Problem

Eine weitere Umstellung auf den ökologischen Landbau auf 30 % der Fläche bis 2030 wird wegen der geringeren Flächenerträge negativ gesehen (Meemken und Qaim 2018), weil die Weltbevölkerung weiterhin steigt und mehr Lebensmittel benötigt werden („food first“). Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass die Weltbevölkerung weiter zunehmen wird, dass der Hunger in den letzten Jahrzehnten nicht zurückgegangen ist und der Ukraine-Krieg gezeigt hat, wie schnell die internationalen Agrarhandelsströme kollabieren und zu noch mehr Hunger führen können. Das eine Ausdehnung des Ökolandbaus deswegen nicht mehr angemessen ist, verkennt die komplexen Abhängigkeiten, Produktionsstrukturen, Märkte und Wirkungsketten in der globalen Lebensmittelproduktion und -versorgung, die zu Hunger führen. Die Welternährung wird mitnichten durch eine Ausdehnung des Ökolandbaus auf 30 % gefährdet. Damit eventuell einhergehende geringere Kraftfutterimporte, z.B. aus Südamerika, können die Welternährung sogar sichern helfen, weil dann Lebensmittel angebaut werden können.

Die Landwirtschaft ist mit 50,6 % (16,6 von 35,7 Mio ha, 2021) der größte Flächennutzer in Deutschland (UBA 2020f, BMEL 2019). Zum Vergleich: allein 14,5 % der bundesdeutschen Fläche sind mit Gebäuden und Verkehrsflächen versiegelt, was 5,2 Mio ha entspricht. Die landwirtschaftliche Lebensmittelproduktion in Deutschland ist auf hohe Flächenproduktivitäten ausgerichtet, um bei knapper werdenden Flächen ausreichend Einkommen zu erwirtschaften. Die Erträge pro Hektar sind in Deutschland hoch, auch im Vergleich zu anderen hoch entwickelten Ländern, die aber mehr Agrarfläche aufweisen, wie z.B. die USA oder Australien (FAO 2022).

Die Verringerung der Flächenerträge war mit Einführung der McSharry-Reform 1992 das Ziel der EU, um die Überproduktion zu reduzieren und die Kosten für die Gemeinsame Agrarpolitik zu reduzieren. Deswegen wurde der Ökolandbau gefördert: weil er geringere Flächenerträge erzielt. Dieses hat sich aber seitdem verändert. Die seit 1992 verstärkte Einbindung der deutschen Landwirtschaft in den internationalen Handel ist auf hohe Flächenerträge und tierischen Leistungen ausgerichtet. Ziel

In Deutschland gibt es eine hohe Flächenkonkurrenz, vor allem in Stadtnähe und dicht besiedelten Gebieten. Die Landwirtschaft gibt üblicherweise Flächen für Verkehrswege, Baugebiete, Natur- und Wasserschutz und auch andere Nutzungen (Wälder, Militär, Freizeitanlagen, erneuerbare Energieanlagen, Deponien, Bodenabbau) ab. Das Ziel der Bundesregierung in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie von 2002 (Bundesregierung 2018), die Bodenversiegelung von 90 ha pro Tag Anfang des Jahrhunderts bis 2020 auf 30 ha pro Tag zu senken, wurde verfehlt. Täglich werden heute noch rund 54 ha in Siedlungs- und Verkehrsflächen umgewidmet (UBA 2022e), meistens handelt es sich dabei um Agrarfläche. Dieses bedeutet nicht nur weniger Lebensmittelproduktionsfläche, sondern auch höhere Risiken beim Hochwasserschutz und (agrarisch geprägte) Biodiversität. Von 2016 bis 2020 nahm die Agrarfläche um 170.000 ha ab (UBA 2022f).

3.1.2 Stand des Wissens

In den letzten zehn Jahren wurden zahlreiche Studien und Metanalysen zu einer vergleichenden Betrachtung der Erträge des ökologischen und konventionellen Landbaus erstellt (Seufert et al. 2012, Ponti et al. 2012, Ponisio et al. 2015, Badgley et al. 2006, Taube und Verreut 2006), die auch heute noch für eine Bewertung herangezogen werden (u.a. Meemken und Qaim 2018, Thünen 2022). Die Ergebnisse unterliegen einer großen Schwankungsbreite und verallgemeinernde Aussagen zu den Ertragsunterschieden pro Hektar gestalten sich als grundsätzlich schwierig. Ein Vergleich der Erträge pro Flächeneinheit wird zudem immer wieder kritisiert, da er der Komplexität der unterschiedlichen Produktionssysteme nicht gerecht werde und insbesondere den Systemansatz des Ökolandbaus unzureichend berücksichtige.

Die AMI erhebt jährlich die Erntemengen im ökologischen Landbau. Dazu werden Erntemengen und Ertragsdaten von Landwirten, Erzeugergemeinschaften, Landesbauernverbänden, Landessortenversuchen und Beratern zusammengestellt und mit den Flächendaten der Öko-Kontrollstellen abgeglichen. Anschließend wird daraus eine Erntemenge hochgerechnet. Die Spannweite der Ertragsmeldungen ist sehr hoch, jedoch können die Mittelwerte zur Feststellung der Produktivität im Ökolandbau herangezogen werden (siehe Tabelle 25).

Eine Annäherung an Ertragsunterschiede zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben ermöglichen auch die Daten aus dem deutschen Testbetriebsnetz (TBN). Das Thünen- Institut erstellt jährlich einen Einkommensvergleich der im Testbetriebsnetz vertretenen Ökobetriebe mit konventionell wirtschaftenden Testbetrieben. Um die Vergleichbarkeit der Betriebe herzustellen, werden den Ökobetrieben so genannte konventionelle Vergleichsgruppen gegenübergestellt, wobei neben dem Standort weitere Faktoren berücksichtigt werden.

Tabelle 25: Durchschnittliche Erträge der ökologisch wirtschaftenden Testbetriebe im Vergleich zu den Betrieben der konventionellen Vergleichsgruppe (WJ 2019/20 in dt/ha)

	Ökobetriebe (n=485)	Konventionelle Vergleichsgruppe (n=2071)	Ertragsabstand der Ökobetriebe zur Vergleichsgruppe
Getreide	31,4	60,6	-48 %
darunter: Weizen	32,6	64,7	-50 %
darunter: Gerste	33,0	61,0	-46 %
Raps	14,8	32,9	-55 %
Kartoffeln	251,3	388,4	-35 %
Zuckerrüben	589,7	691,7	-13 %

Quelle: Thünen-Institut (2022)

Für die Getreidearten Weizen und Gerste beträgt der Ertragsabstand der Ökobetriebe zu den konventionellen Vergleichsbetrieben bei rund -50 %. Die von der AMI ermittelten Durchschnittserträge bei Weizen und Gerste liegen für das Erntejahr 2019 in der Größenordnung von 10 % über den Erträgen der Öko-Testbetriebe.

In der gerade veröffentlichten Studie aus dem Pilotbetriebe-Netzwerk (Hülsbergen et al. 2022) wurden auch pflanzenbauliche Ertragsdaten von 65 Pilotbetrieben, davon 32 ökologische Betriebe (13 Marktfruchtbetriebe, 19 Milchviehbetriebe) und 33 konventionelle Betriebe (13 Marktfruchtbetriebe, 20 Milchviehbetriebe), in dem Untersuchungszeitraum von 2009 bis 2017 ausgewertet. Die Ertragsdaten wurden auf Basis von Betriebsaufzeichnungen und Angaben der Landwirte ermittelt.

Ausgewertet wurden Erträge von den Hauptkulturen Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Triticale, Raps und Silomais, aber auch Ackerfüttererträge wie Luzerne-Klee gras sowie Silomais. Eine Bewertung erfolgte anhand der Ertragsdaten aber auch auf Basis der Getreideeinheiten, sowohl bezogen auf LN als auch AF. Dabei zeigten sich zwischen ökologisch und konventioneller Bewirtschaftung deutliche Unterschiede, aber auch eine

hohe einzelbetriebliche Variabilität. Diese wird insbesondere verursacht durch Standort-, Witterungs- und Managementeinflüsse. Systembedingt haben die ökologisch bewirtschafteten Milchviehbetriebe bei den Ertragsleistungen besser abgeschnitten als die ökologisch bewirtschafteten Marktfruchtbetriebe. So erzielten die ökologisch bewirtschafteten Marktfruchtbetriebe bei Winterweizen 44 % des Ertrages der konventionellen Vergleichsgruppe, während die ökologischen Futterbaubetriebe 49 % der konventionellen Vergleichsgruppe ernteten. Bei Winterroggen betrug der Ertrag bei den ökologischen Marktfruchtbetrieben jedoch 63 % der konventionellen Vergleichsgruppe sowie bei den Futterbaubetrieben lediglich bei 46 %. Im Durchschnitt aller Ertragsdaten für Getreide und Raps ernteten die ökologisch bewirtschafteten Betriebe 51 % der konventionell bewirtschafteten Betriebe. Dies änderte sich auch nur marginal, wenn die Ertragsdaten einschließlich des Futterbaus in Getreideeinheiten umgerechnet wurden. So erreichen die ökologischen Marktfruchtbetriebe 42 %, die ökologischen Milchviehbetriebe 60 % der Getreideeinheitenerträge der konventionellen Pilotbetriebe; diese Ertragsrelationen betragen bei der Energiebindung 50 %.

Die in den Studien erhobenen Daten sind methodisch unterschiedlich. So wird in der Pilotbetriebsstudie (Hülsbergen, Schmidt und Paulsen 2022) darauf verwiesen, dass in der ersten Projektphase des Netzwerks die Ertragsmessungen auf Testflächen durch die wissenschaftlichen Institutionen durchgeführt wurde. In der zweiten Phase aber die Betriebsdaten zugrunde gelegt wurden. Es zeigte sich, dass auf den Testflächen die Weizenerträge höher waren als im Mittel der Betriebe und die Ertragsdifferenzen zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben geringer als im Betriebsvergleich (Hülsbergen und Rahmann 2013). So betragen im Jahr 2009 die Weizenerträge auf den ökologischen Testflächen im Mittel 42 dt/ha (Region Ost) bis 68 dt/ha (Region West), auf den konventionellen Testflächen 87 dt/ha (Region Ost) bis 101 dt/ha (Region Nord). Aufgrund der Auswahlkriterien der Testflächen (ebene homogene Flächen, Abstand von Schlagrand) sind sie gegenüber den Gesamtschlägen im Ertragspotenzial begünstigt.

Die vergleichende Datenlage zu den Erträgen ist gering. Verschiedene Metastudien mit globaler Ausrichtung wurden vor 2018 erstellt, auf die auch heute noch verwiesen wird (u.a. Meemken und Qaim 2018). Bei globaler Betrachtung und damit auch unter Einbeziehung weniger produktiver Standorte und geringerer Produktionsintensitäten wurden deutlich geringere Ertragsunterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung nachgewiesen. So wurde in der Meta-Studie von de Ponti et al. (2012) die Erträge wichtiger Kulturpflanzen aus konventioneller und ökologischer Produktion weltweit verglichen. Im Mittel von 362 Datensätzen waren die Erträge aus ökologischer Produktion um 20 % geringer als die konventionellen Referenzerträge.

Ebenfalls im Jahr 2012 erschien eine weitere Metastudie von Seufert et al. (2012), die die Ergebnisse weitestgehend bestätigte. Ihre Auswertung von 316 Paarvergleichen zeigt, dass die ökologischen Erträge in der Regel niedriger sind als die konventionellen Erträge. Diese Ertragsunterschiede sind jedoch stark kontextabhängig, abhängig von System- und Standorteigenschaften, und reichen von 5 % niedrigeren ökologischen Erträgen (Leguminosen mit ausreichend Niederschlägen und Dauerkulturen auf schwach sauren bis schwach alkalische Böden) bis zu 13 % niedrigeren Erträgen (bei Anwendung der ökologischen best-practice), zu 34 % niedrigeren Erträgen (wenn die konventionellen und organischen Systeme am ehesten vergleichbar sind). Eine Auswertung, die getrennt nach Regionen durchgeführt wurde, zeigte, dass die Ertragsunterschiede in entwickelten Ländern (67 Datensätze) deutlich größer (-43 %) waren. Dennoch können unter bestimmten Bedingungen – das heißt bei guter Bewirtschaftung, bestimmten Kulturarten und Anbaubedingungen – ökologische Systeme nahezu an konventionelle Erträge heranreichen, während dies bei anderen derzeit nicht der Fall ist. Um die ökologische Landwirtschaft als ein wichtiges Instrument der nachhaltigen Lebensmittelproduktion zu etablieren, müssen die Faktoren, die die ökologischen Erträge begrenzen, besser verstanden werden, neben Bewertungen der vielen sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile der ökologischen Landbausysteme.

Die Metastudie von Ponisio et al. (2015) kommt nach Auswertung von 1.071 Datensätzen über 52 Kulturarten zusammenfassend zu dem Schluss, dass die Ertragsunterschiede im Mittel 19,2 % zugunsten des konventionellen

Systems betrogen. Hier konnte jedoch auch gezeigt werden, dass diese durch agroökologische Maßnahmen (wie z.B. Fruchtfolgegestaltung, Gemengeanbau) verringert werden konnten. Die ältere Studie von Badgley et al. (2007) zeigte ebenfalls, dass die Ertragsrelationen von ökologischen zu konventionellen Erträgen in dieser Größenordnung lagen.

Eine etwas ältere Studie der Universität Kiel im Rahmen des Projektes COMPASS (Taube und Verreet 2006) hat Daten für Deutschland, deren Daten in den Jahren 2005 und 2006 im Rahmen einer vergleichenden Analyse von jeweils 8 konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerbau- und Milchvieh-Futterbau-Betrieben in unterschiedlichen Naturräumen in Schleswig-Holstein (Summe 32 Betriebe) erhoben wurden. In den konventionellen Betrieben betrug das durchschnittliche Ertragsniveau (Praxisvariante) bei Winterweizen 114,3 (Sorte Dekan) bzw. 9,8 t/ha (Sorte Bussard), in ökologischen Betrieben 63 (Sorte Dekan, -45 %) bzw. 56 dt/ha (Sorte Bussard, -43 %). Wurde bei den konventionellen Betrieben die Fungizidbehandlung nicht durchgeführt, so reduzierte sich das Ertragsniveau bereits um 11 bis 17 %, wurde sowohl auf die mineralische Düngung als auch auf den chemischen Pflanzenschutz verzichtet, reduzierte sich die Ertragsleistung um 47 bis 54 %. Dies zeigt die starke Abhängigkeit des konventionellen Ertragsniveaus von Düngung und Pflanzenschutz. Im Rahmen der derzeitigen Situation des Krieges in der Ukraine, kann die Versorgung mit mineralischem Stickstoff eingeschränkt und die Kosten für den Nährstoff Stickstoff vor allem deutlich verteuert sein. Hierauf reagieren die Landwirte u.U. mit einer geringeren Düngungsintensität, die sich auch negativ auf das zukünftige Ertragsniveau in der konventionellen Landwirtschaft auswirken könnte.

In Europa besteht der Dauerversuch am FIBL in der Schweiz seit deutlich mehr als 30 Jahren. Eine Auswertung nach 21 Jahren zeigt, dass mit rund 50 Prozent geringerem Einsatz an Düngern und fossiler Energie und dem Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel in den biologischen Anbausystemen durchschnittlich nur 20 Prozent geringere Erträge im Vergleich zum konventionellen System erzielt werden konnten (FIBL 2022). Die größten Ertragsreduzierungen gegenüber dem konventionellen System wurden in den ökologischen Varianten bei den Kartoffeln verzeichnet, wo die Erträge 34 bis 42 Prozent geringer waren als in der konventionellen Variante, was auf den sehr hohen Nährstoffbedarf der Kartoffeln, ihrer kurzen Vegetationszeit und der Krankheitsanfälligkeit zurückzuführen ist. Dagegen lag die Ertragsdifferenz bei Winterweizen im Mittel der Jahre 1985-2005 bei 11 bis 14 %. In der Folgeperiode nahm diese Differenz auf 33 % zu, da die Düngungsintensität im konventionellen System angehoben wurde (FIBL 2022). Dies verdeutlicht, dass die Ertragsdifferenz zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung maßgeblich durch die Düngungs-, insbesondere die N-Düngungsintensität verursacht wird. Dies bestätigt auch die Ergebnisse von Taube und Verreet (2006).

Die Erträge der Sojabohne lagen dagegen im DOK-Versuch im Mittel von 6 Anbaujahren (Zeitraum 1999-2012) in den biologischen und konventionellen Anbausystemen (2,8 t TM/ha) auf gleichem Niveau (FIBL 2022). Bei den Körnerleguminosen, die sich aufgrund ihrer Fähigkeit der biologischen N-Fixierung, selbst mit Stickstoff versorgen können, ist damit der Ertragsunterschied in den Anbausystemen nicht oder deutlich geringer ausgeprägt. Dies wird bestätigt durch eine Auswertung von Daten aus ökologisch und konventionellen Landessortenversuchen der Jahre 2019 und 2020 für Weiße und Blaue Lupinen, in der nur geringe Ertragsunterschiede ausgewiesen wurden (Wegner 2021).

Für die Gesamtbetrachtung der Ertragsunterschiede kann somit festgehalten werden, dass je intensiver das konventionelle Produktionssystem (Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz) gefahren wird, desto höher fällt die Ertragsdifferenz zwischen ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise aus. Dies gilt gleichermaßen auch für die Kulturarten, d.h. die Ertragsunterschiede bei der besonders intensiv geführten Kulturart Winterweizen (hohes N-Düngungsniveau) fallen deutlich höher aus als bei extensiv geführten Kulturarten wie z.B. Hafer oder Triticale.

Auch kommt die AMI (2019) zum Schluss, dass in Ländern mit intensiver Düngung wie Deutschland, aber auch den Niederlanden oder Belgien die Ertragsunterschiede besonders groß sind. In diesen Ländern wird nach Daten der Weltbank im Durchschnitt 258 bzw. 284 Kilogramm Dünger pro Hektar Landwirtschaftsfläche verwendet, in

Deutschland sind es 202 Kilogramm Mineraldünger pro Hektar. In der Ukraine werden nur 44 Kilogramm Dünger pro Hektar verwendet, in Russland 17 Kilogramm.

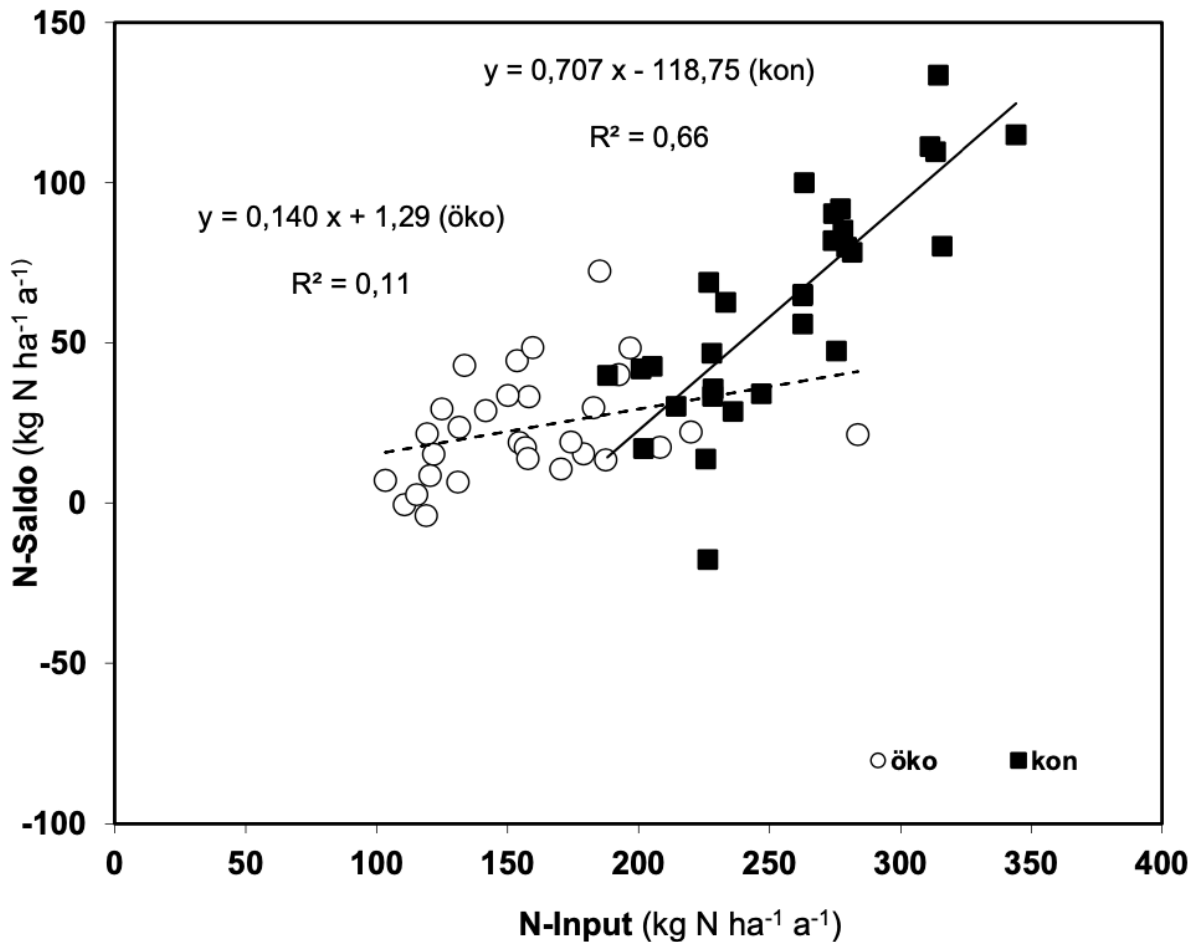


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Stickstoffinput und Stickstoffsaldo im Pflanzenbau, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) (N-Salden ohne ΔN_{org}).

Quelle: Hülsbergen, Schmidt und Paulsen (2022)

Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass sich ökologisch wirtschaftende Betriebe oftmals in Regionen mit extensiverer Landbewirtschaftung bzw. auf Grenzertragsstandorten befinden, wo das Ertragsniveau der konventionell bewirtschafteten Betriebe ebenfalls deutlich niedriger ist und somit voraussichtlich auch die Ertragsunterschiede deutlich geringer ausfallen. Hierzu liegen jedoch bislang keine gesicherten Datenerhebungen und -auswertungen vor.

Deutlich wird bei der Gesamtbetrachtung auch, dass die Ertragsunterschiede bei Körner- als auch bei Futterleguminosen zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung deutlich geringer ausfallen als bei Getreide. Dies liegt an der N-Fixierleistung und der damit verbundenen Selbstversorgung der Leguminosen für den Hauptnährstoff Stickstoff (Abbildung 7). Aufgrund der zunehmenden Verteuerung der Betriebsmittel wie Dünger und Pflanzenschutzmittel ist davon auszugehen, dass die Attraktivität des Anbaus von Körner- und Futterleguminosen im Bereich der konventionellen Landwirtschaft zunehmen wird. Hier deuten auch erste Beschlüsse daraufhin, dass auch Stilllegungsflächen für den Anbau von Leguminosen freigegeben werden. Dies

würde gleichzeitig die Möglichkeit eröffnen, dass insbesondere die Körnerleguminosen nicht nur für die Futternutzung angebaut werden, sondern ebenso für die Verarbeitung für die menschliche Ernährung (Food-Bereich). Hier sollte die Chance ergriffen werden, das Ernährungssystem auf eine mehr auf vegetarische Lebensmittel basierende Ernährungsform umzustellen (Pörtner et al. 2022). Damit würde der Verbrauch von wertvollen Rohstoffen in der Tierfütterung reduziert und gleichzeitig eine gesündere Ernährungsweise auf den Weg gebracht werden.

Die Ertragsunterschiede hängen von der Intensität bzw. dem Management der ökologischen und konventionellen Bewirtschaftung, den Wetterverhältnissen, dem Standort und der Kultur (Sorte) ab. Unter den gegebenen agrarwirtschaftlichen Rahmenbedingungen hat der spezialisierte Ackerbau auf Gunststandorten erhebliche komparative Vorteile gegenüber dem ökologischen Landbau. Eine Umstellung ist für diese Betriebe auf den Ökologischen Landbau unwirtschaftlich. Es sind sogar Rückumstellungen zu erwarten. Neben der Wirtschaftlichkeit reduzieren auch betriebssystemare Zwänge eine Umstellung. So unterscheiden sich die Fruchtfolgen erheblich zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben, wie weitere Datenauswertungen des Testbetriebsnetzes zeigen (Tabelle 25). Da im ökologischen Landbau die Brachewirtschaft (bis zu 30 % der Ackerflächen) in der Regel mit Ackerfutterbau betrieben wird, werden Raufutterverwerter (z.B. Milchkühe) oder Biogasanlagen erforderlich, um wirtschaftlich zu sein. Spezialisierte Ackerbaubetriebe würden für den Ökolandbau wohl nicht in Milchproduktion einsteigen. Gerade in Hinblick auf die Ukraine-Krise und die Folgen kann davon ausgegangen werden, dass es weniger Umstellung auf den ökologischen Landbau gibt. Die wirtschaftlichen Auswirkungen mit a) hohen Getreidepreisen und b) Betriebskostensteigerungen sind noch nicht bewertet, aber es kann davon ausgegangen werden, dass die relative Vorzüglichkeit des konventionellen Landbaus steigen wird.

So kann auch zukünftig davon ausgegangen werden, dass eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus eher nicht auf Gunststandorten mit Spitzenerträgen erfolgen wird.

Die nachhaltige Steigerung der Erträge und Verminderung der „Ertragslücke“ zu konventionellen Systemen ist somit eine große Herausforderung im ökologischen Landbau. Hierzu sind neben der Intensivierung und besseren Nährstoffversorgung weitere Ansätze zu verfolgen. Dazu zählen die Züchtung leistungsfähiger Sorten für den ökologischen Landbau, die Optimierung von Anbauverfahren, die Nutzung agrartechnischer Innovationen (z. B. der Robotik zur effizienten Unkrautregulierung) sowie die Gesunderhaltung der Kulturpflanzen durch resistente Sorten, Optimierung der Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln, Entwicklung neuer Wirkstoffe zur Regulierung von Pflanzenkrankheiten und verbesserter biologischen Pflanzenschutz (Hamm et al. 2017).

3.1.3 Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030

Die Welternährung ist eine globale Herausforderung, die sich auch Deutschland stellen muss. Jede produktive Fläche und leistungsfähige Agrarsysteme sind hierauf auszurichten. Dabei geht es nicht unbedingt um die Flächenerträge, sondern um die Produktion und Verfügbarkeit von ausreichend, gesundes und bezahlbares Essen für alle Menschen auf der Welt. Eine Ausdehnung des Ökolandbaus auf 30 % wird hierauf keine Wirkung haben, da eher weniger produktive und eh geschützte Standorte (Wasser, Natur) umgestellt werden, und nicht die Gunststandorte in Deutschland mit hohen Flächenerträgen. Effektiver für die Sicherstellung der Welternährung ist die Reduzierung der Lebensmittelverschwendung, weniger Nutztiere, Bekämpfung der Armut und eine bessere Verteilung der Lebensmittel als bislang.

Die FAO (2011) schätzt, dass gegenwärtig rund 1,3 Mrd. Tonnen essbare Lebensmittel unnötig weggeworfen werden. Die Hälfte davon wäre leicht vermeidbar (WWF 2015). In Deutschland landen rund 11 Mio Tonnen Lebensmittel pro Jahr in der Biomülltonne, das sind rund 130 kg pro Person. Rund die Hälfte der produzierten Lebensmittel werden also gar nicht konsumiert. Hier zeigt sich, dass die landwirtschaftliche Produktion (Flächenerträge) nicht der Ansatz sind, sondern die Ernährungskette (food-system), die neben der Produktion auch das Lagern, die Verarbeitung, den Handel und den Konsum umfassen.

Rund 50 % der globalen Ackerbauerträge werden verfüttert (in Deutschland sogar 60 %) (Luckmann et al. 2022, Böll-Stiftung 2015). Das hat einen erheblichen Einfluss auf die Welternährung. Die Flächenbindung der Tierhaltung und kleinere Bestände reduziert den Kraftfutterbedarf. Je nach Produktgruppe und Region unterschiedlich, aber erhebliche Anteile der produzierten Lebensmittel werden gar nicht konsumiert. Sie verderben im Lager, erfüllen nicht die Verarbeitungsvoraussetzungen oder Handelsklassen, obwohl werden in der Außerhausverpflegung und auch im Haushalt weggeworfen (EU 2022). Global gesehen kann der ökologische Landbau sogar helfen, den Hunger zu reduzieren. Das BMZ etabliert gerade (2019 – 2026) fünf Wissenszentren Ökologische Landwirtschaft in Afrika (KCOA), wo das gute fachliche Wissen des Ökolandbaus an Kleinbetriebe vermittelt wird (giz 2022) , um zum Beispiel:

- resiliente Fruchtfolgen zu etablieren, die einer besseren Ernährung dienen (weniger Fehlernährung),
- den Boden fruchtbar zu halten, ohne den Einkauf von Betriebsmitteln wie Dünger,
- Saatgut selbst anzubauen und hygienisch einwandfrei mit lokalen Methoden zu halten,
- Ernten sicher zu lagern,
- die Tierhaltung flächengebunden zu betreiben und die Tiere mit betrieblich verfügbaren Biomasseresten (Raufutter, Produktionsabfälle) zu versorgen,
- Produkte teurer als konventionelle Vergleichsprodukte zu vermarkten.

3.2 Energieeffizienz

3.2.1 Problem

Der Ressourcenverbrauch der Landwirtschaft ist durch die Intensivierung und auch Ausdehnung der Agrarproduktion erheblich gestiegen. Neben Boden, Wasser und Nährstoffen ist dieses auch Energie. Die effiziente und nachhaltige Verwendung dieser Ressourcen kommt nicht erst mit der Ukraine-Krise Bedeutung. Begrenzte Ressourcen bei weiter zunehmender Weltbevölkerung, veränderten Essgewohnheiten (mehr Fleisch) aber auch Konkurrenz um diese Ressourcen mit anderen Wirtschaftssektoren werden seit einige Jahrzehnten bereits immer mehr limitierender Faktor für die Agrarproduktion und staatlich reguliert, so auch in Deutschland. Die Ukraine-Krise 2022 hat gezeigt, dass die fossile Energie begrenzender Faktor werden kann. Sie wird indirekt für die Betriebsmittelproduktion (z.B. Maschinen, Düngemittel, Pestizide) und direkt als Treibstoff, Wärme oder elektrische Energie verbraucht.

3.2.2 Ziel

Mit der EEG-Novelle 2022 ist es das Ziel der Bundesregierung, den Anteil erneuerbarer Energien zu verdreifachen. Deutschland soll unabhängiger von fossilen Energieimporten werden (Bundesregierung 2022a). Hierzu muss auch die Landwirtschaft einen Beitrag leisten. Zum einen ist die Energieproduktion seit der Einführung der EEG 2002 ein wichtiger Wirtschaftsfaktor für viele landwirtschaftliche Betriebe geworden (Biogas-, Windkraft-, Solaranlagen). Die Landwirtschaft ist größter Flächennutzer in Deutschland (über 50 %), wird überall praktiziert und hat das erforderliche technische und wirtschaftliche Wissen gewonnen, sich als „Energie-Landwirtschaft“ für die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung anzubieten. Ein erheblicher Ausbau der regenerativen Energie soll auf landwirtschaftlichen Flächen erfolgen (Bundesregierung 2022b), z.B. durch weitere Windkraft-, Solarthermie- und Photovoltaikanlagen. Auf der anderen Seite ist die Landwirtschaft gefordert, ihre Energieeffizienz zu steigern.

3.2.3 Stand des Wissens

Die Energieeffizienz der Produktion kommt damit eine zentrale Rolle in der vergleichenden Bewertung ökologisch und konventionell wirtschaftender Betriebe zu. Das Projekt „Pilotbetriebe“ (www.pilotbetriebe.de) hat sich von

2008 bis 2015 unter anderem dieser Fragestellung gewidmet, als es 40 ökologische und 40 konventionelle Nachbarbetriebe miteinander verglichen hat (Hülsbergen und Rahmann 2013). Sie kommen zu der Erkenntnis, dass der Energieeinsatz auf konventionellen Betrieben in der Regel über 10 GJ pro Hektar und Jahr liegt, im Ökolandbau eher unter 10 GJ (Abbildung 8). Dieses wirkt sich auch auf den Ertrag aus. Ökobetriebe ernten in der Regel weniger pro Hektar als vergleichbare konventionelle Betriebe. Beide Betriebssysteme sind aber in der Energieeffizienz vergleichbar. Ähnlich sieht es bei der Milchproduktion aus, die aber ab 8000 kg ECM pro Kuh und Jahr abknickend ist (Abbildung 9).

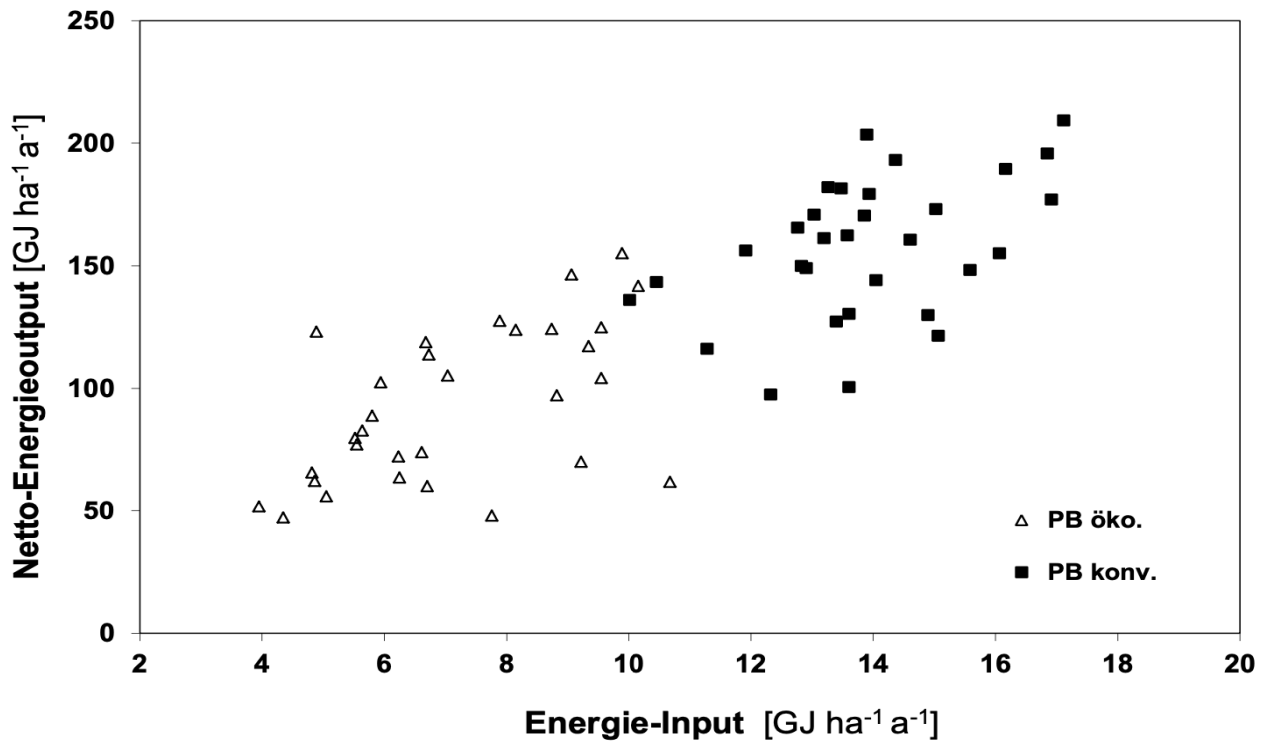


Abbildung 8: Beziehung zwischen dem Energie-Input und dem Netto-Energieoutput im Pflanzenbau

Quelle: Hülsbergen und Rahmann (2013)

Tabelle 26: Klassifikation der ökologischen Landwirtschaft hinsichtlich der Energieeffizienz im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP					
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100	
Energieeffizienz	Fruchtfolge	21	23	8	11					
	Weizen	16	16	5	7					
	Pilotbetriebe	1	22	3	6					

- Öko + Höhere Energieeffizienz im ökologischen Landbau (> +10 %)
- Öko = Vergleichbare Energieeffizienz im ökologischen Landbau (+/-10 %)
- Öko - Niedrigere Energieeffizienz im ökologischen Landbau (< -10 %)

Quelle: Chmelikova und Hülsbergen (2019)

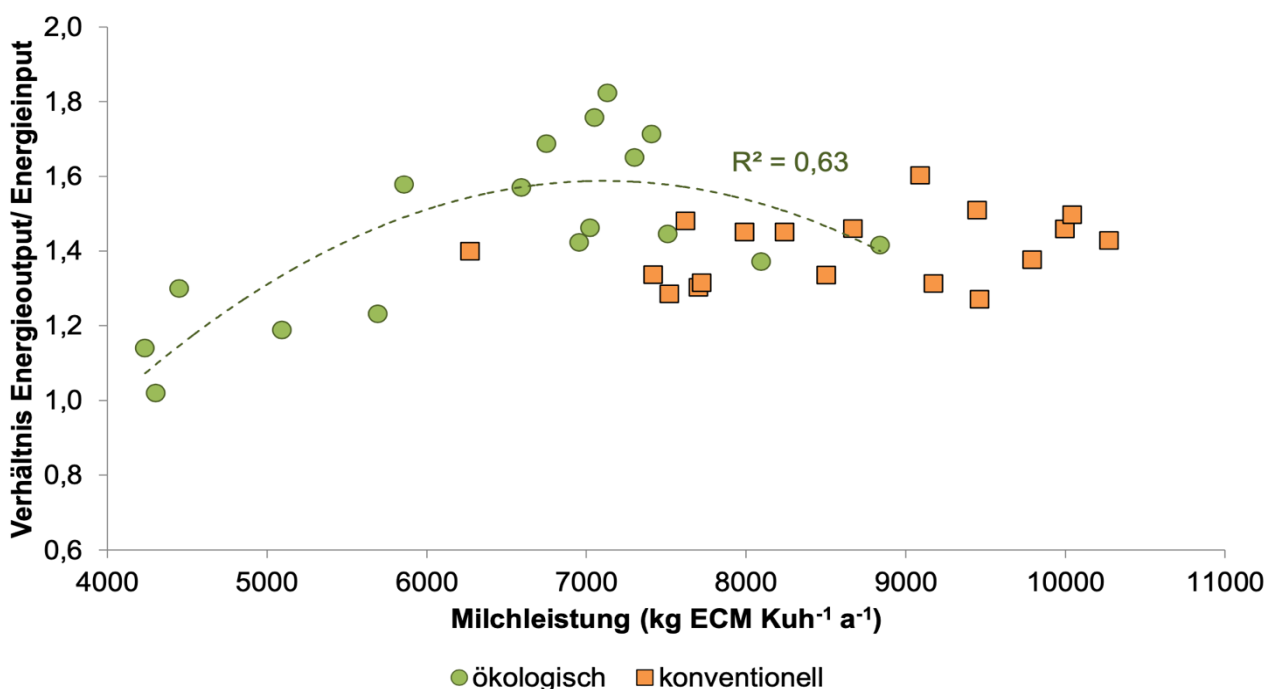


Abbildung 9: Beziehung zwischen dem Energie-Input und dem Netto-Energieoutput in der Milchproduktion

Quelle: Hülsbergen und Rahmann (2013)

In einer Metaanalyse vergleichen Chmelikova und Hülsbergen (2019) die Ergebnisse des Pilotbetrieбенetzes mit anderen Studien. Sie finden auch in anderen Studien einen Vorteil des Ökolandbaus in der Energieeffizienz sowohl auf der Ebene von Fruchtfolgen als auch beim Weizen sowie als Gesamtsystem in den Pilotbetrieben. Es gibt aber auch indifferente Ergebnisse sowie Studien, wo der Ökolandbau weniger energieeffizient ist (Tabelle 26).

Tabelle 27: Klassifikation der ökologischen Landwirtschaft hinsichtlich der N-Effizienz im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

	Anzahl Studien	Anzahl der VGP			Anteil (%) der VGP					
		Öko +	Öko =	Öko -	0	25	50	75	100	
N-Effizienz	Fruchtfolge	26	27	24	14	42%	37%	22%		
	Weizen	9	7	6	5	39%	33%	28%		
	Pilotbetriebe	1	18	12	1	58%	39%			

- Öko + Höhere N-Effizienz im ökologischen Landbau (> +10 %)
- Öko = Vergleichbare N-Effizienz im ökologischen Landbau (+/-10 %)
- Öko - Niedrigere N-Effizienz im ökologischen Landbau (< -10 %)

Quelle: Chmelikova und Hülsbergen (2019)

Stickstoffdünger ist der zentrale Nährstoff in der Pflanzenproduktion. Ein Vergleich der Stickstoff-Effizienz ist deswegen interessant, weil dieser in der konventionellen Landwirtschaft vor allem durch das energieintensive Haber-Bosch-Verfahren als mineralischer Düngemittel (Zukauf), im Ökolandbau dieses aber nicht erlaubt ist, und der Stickstoff betriebsintern über den Anbau von Leguminosen (Bindung des Luftstickstoffs mit Hilfe von Knöllchenbakterien an den Wurzeln) gewonnen wird. Chmelikova und Hülsbergen (2019) stellen fest, dass die

Stickstoffeffizienz in rund 40 % bis 60 % der Vergleichsstudien im Ökolandbau höher war, in rund einem Drittel der Studien indifferent und in 20 % bis 30 % niedriger.

3.2.4 Relevanz für das Ziel 30 % Ökolandbau bis 2030

Der Ökolandbau ist in vielen Studien vorteilhaft in der Energie- und Stickstoffeffizienz, aber erzielt durch geringeren Energieeinsatz auch geringere Erträge. Aus Sicht des politischen Zieles, Energie einzusparen ist der Ökolandbau von Vorteil. Wird dieses jedoch abgewogen mit der Menge an produzierten Lebensmitteln, insbesondere wegen der zunehmenden Weltbevölkerung ist dieser Vorteil nicht mehr gegeben und kann sich auch nachteilig werden. Für den angenommenen Fall, dass die Landwirtschaft Priorität die eigene Region mit Lebensmittel versorgen soll, so ist die Energieeffizienz der Menge an Lebensmittelproduktion vorzuziehen. In Deutschland werden auch bei 30 % Anteil Ökolandbau an der Agrarflächen insgesamt genügend Lebensmittel produziert werden können, insbesondere wenn weniger Fleisch gegessen und weniger Lebensmittel verworfen werden (Wirz et al. 2017).

4 Fazit zu den gesellschaftlichen Leistungen des ökologischen Landbaus

Der Ökologische Landbau hat für die einzelnen Umweltleistungen ähnliche Werte wie der konventionelle Landbau, wenn sie auf die Produktmenge bezogen werden. Der strategische Vorteil ist jedoch, dass die verschiedenen Leistungen im Ökologischen Landbau parallel und zusammenwirken (WBAE 2019). So wird Klimaschutz, Gewässerschutz und Erhaltung der Biodiversität gleichzeitig erreicht, was im konventionellen Landbau meistens nicht der Fall ist. Die Bewertung hängt also davon ab, ob eine oder mehrere positive Umweltwirkungen gleichzeitig erreicht werden sollen. So empfehlen Osterburg et al. (2013) eine Ausweitung des ökologischen Landbaus vornehmlich in Schutzgebieten mit Nutzungsaufgaben (Wasser, Natur, Landschaft), die die Wirkung der erhöhten Flächenansprüche pro Produkteinheit mildern. Hier hat der Ökologische Landbau sowohl für die flächen- als auch einer produktbezogenen Bewertung eine systemare Vorzüglichkeit der Multifunktionalität.

Zu ähnlichen Aussagen kommt der Bericht der Zukunftskommission Landwirtschaft (ZKL 2021), der von Vertretern der Landwirtschaft, des Umweltschutzes und der Wissenschaft im Auftrag der Bundeskanzlerin verfasst wurde. Da die Land- und Forstwirtschaft in Deutschland 80 % der Fläche nutzt, hat sie auch die größte Bedeutung für die ökologische Nachhaltigkeit. Sie erkennt die „Übernutzung von Natur und Umwelt, Tieren und biologischen Kreisläufen bis hin zur gefährlichen Beeinträchtigung des Klimas“. Ebenfalls erkennt die Kommission, dass die Wirtschaftsweise weder ökologisch noch ökonomisch und sozial zukunftsfähig ist. Das sind beeindruckende zusammenfassende Erkenntnisse, wenn man bedenkt, wie die Kommission zusammengesetzt war. Der Transformationsdruck wird von ihnen eindeutig erkannt und der Weg beschrieben, die sie folgendermaßen zusammenfasst: „Die ökologische und (tier-)ethische Verantwortbarkeit der Landwirtschaft ist am effektivsten und dauerhaftesten zu verbessern, indem die Vermeidung ihrer derzeitigen beträchtlichen volkswirtschaftlichen Kosten in betriebswirtschaftlichen Nutzen überführt wird.“ Als gesamtgesellschaftliche Aufgabe sind die Finanzmittel entsprechend der Erhaltung und Förderung öffentlicher Güter auszurichten. Ökologisch nachhaltiger zu wirtschaften ist nach Ansicht der Autoren günstiger als es die bisherigen Kosten der Umweltbelastungen sind. Hier kann der ökologische Landbau ein Weg sein, da er nach der ZKL (2021, Seite 103) nicht die gleichen Pfadabhängigkeiten hat wie der konventionelle Landbau. Um die Ausbauziele der EU, der Bundesregierung und der Länder zu erreichen müssen dafür alle geeigneten Politikinstrumente kohärent eingesetzt werden.

Rasche und Steinhauser (2022) haben die Auswirkung der Ausdehnung des Ökolandbaus auf 30 % der Agrarfläche in Deutschland in der Landnutzung bewertet. Sie kommen zu dem Schluss, dass das Ziel trotz der geringeren Flächenproduktivität keine gravierende Flächenausdehnung bedeuten würde. Sie errechnen maximal mit einem Mehrbedarf von 527.000 ha, insbesondere durch die geringeren Tierbestände pro Hektar, und damit weniger

Futterproduktionsfläche. Durch die Integration statt Segregation von Naturschutz ist hier auch für die Biodiversität ein Gewinn durch die bessere Biotopvernetzung zu erwarten.

Der Wissenschaftliche Beirat Agrarökonomie des BMEL (WBAE (2019) sieht die Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen der Zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (AUK II) als ein zentrales Instrument der Transformation in Richtung höherer ökologischer Nachhaltigkeit, weil sie über das Fachrecht sowie der Guten Landwirtschaftlichen Praxis hinausgehen. Der ökologische Landbau wird wegen seiner vielfältigen Leistungen für die ökologische Nachhaltigkeit herausgestellt. Sie bemängeln in der bisherigen AUK-Förderung die Berücksichtigung der Heterogenität der Standortbedingungen und der betrieblichen Strukturen und Fähigkeiten und das Fehlen von Anreizen für unternehmerischen Handelns. Beides versucht die Zukunftsstrategie Ökologischer Landbau zu berücksichtigen.

Eine Ausdehnung des Ökolandbaus ist aus Sicht der Lieferung von gesellschaftlichen Leistungen als auch eines marktorientierten Wettbewerbs für „öffentliche Gelder für öffentliche Güter“ sinnvoll. Boston Consult (2019) hat errechnet, dass sich die gesellschaftlichen Kosten der Landwirtschaft (ohne Tierschutz) durch die Methoden der nachhaltigen Landwirtschaft durch Kohlenstoffspeicherung, flächengebundene Tierhaltung, Input-Optimierung und Naturschutzstrukturmaßnahmen überproportional um rund ein Viertel (24 von 90 Mrd. Euro gesellschaftliche Kosten) reduzieren ließen (Abbildung 10). Die EU-Kommission hat im März 2021 ihre Farm-to-Fork Strategie vorgestellt, die vorsieht, dass bis 2030 25 % der landwirtschaftlichen Fläche ökologisch bewirtschaftet werden. Ein europäischer Aktionsplan ist dafür entwickelt worden und die Mitgliedsstaaten werden aufgefordert, ihre nationalen Strategien zu entwickeln (EU 2021). Hier ist die deutsche Zukunftsstrategie Ökologischer Landbau 2030 einzuordnen. Die bisherige Zielsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie, die bislang von 20 % Ökoflächenanteil ausgeht (Bundesregierung 2018), muss hier nachgebessert werden, um das EU-Ziel von 25 % zu erreichen und zu übertreffen (30 %).

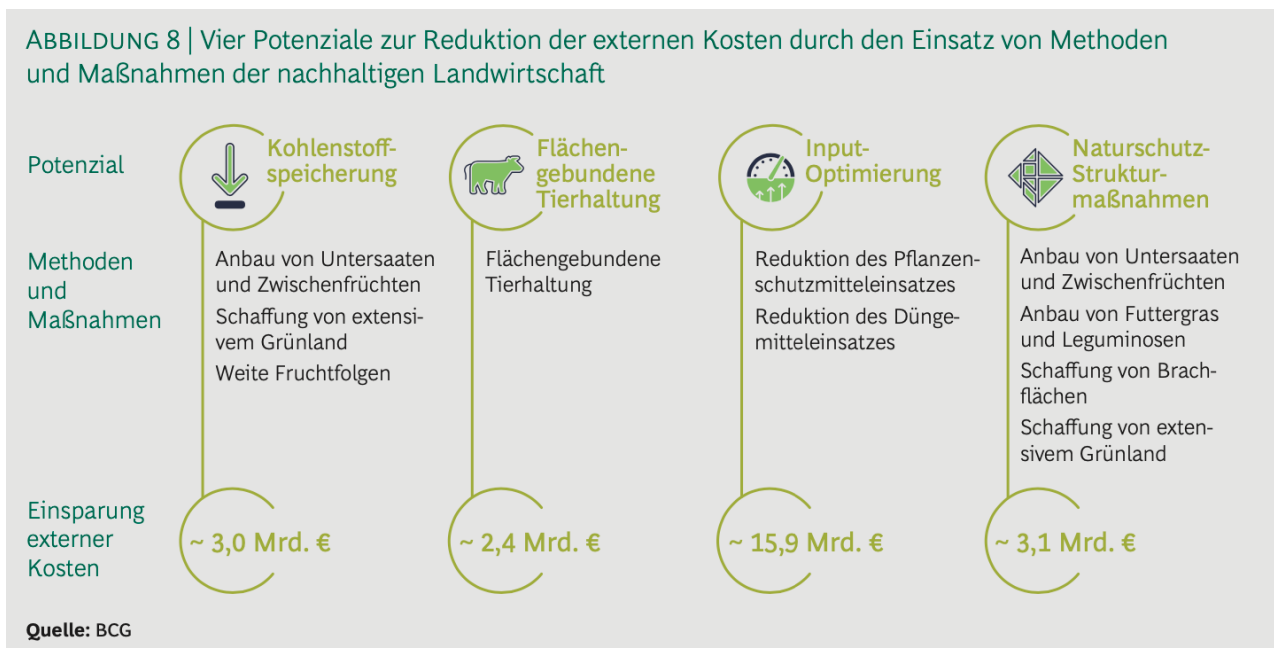


Abbildung 10: Vier Potenziale zur Reduktion der externen Kosten durch den Einsatz von Methoden und Maßnahmen der nachhaltigen Landwirtschaft

Quelle: Boston Consult 2019

5 Quellenverzeichnis

- AMI (2019) Erträge m biologischen und konventionellen Landbau. <https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/der-biomarkt/marktberichte/ertraege-im-biologischen-und-konventionellen-landbau/> [abgerufen am 24.10.2022]
- AMI (2022) AMI Markt Bilanz Öko-Landbau. www.ami-informiert.de/ami-onlinedienste/serviceportal-bund-laender/markt-bilanzen
- Arle J, Blondzik K, Claussen U, Duffek A, Grimm S, Hilliges F, Kirschbaum B, Kirst I, Koch D, Koschorreck J, Lepom P, Leujak W, Mohaupt V, Naumann S, Pirntke U, Rechenberg J, Schilling P, Ullrich A, Wellnitz J, Werner S, Wolter R (2017) Gewässer in Deutschland: -Zustand und Bewertung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, zu finden in <<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen>> [zitiert am 8.3.2018]
- Armstrong-Brown S (1993) Organic farming and water pollution. *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management* (7):586-591
- Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell M J, Avilés-Vázquez K, Samulon A, Perfecto I (2006): Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22:86-108.
- Barbieri P, Pellerin S, Seufert V, Smith L, Ramankutty N, Nesme T (2021) Global option space for organic agriculture is delimited by nitrogen availability. *Nature Food* 2(5):363– 372. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00276-y>
- Batáry P, Gallé R, Riesch F et al. (2017) The former Iron Curtain still drives biodiversity-profit trade-offs in German agriculture. *Nature Ecology and Evolution*, 1, 1279 – 1284. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29046556/>
- Beckmann U, Kolbe H, Model A, Russow R (2002) Ackerbausysteme im ökologischen Landbau – Untersuchungen zur Nmin-, N2O- N- und NH3-N-Dynamik sowie Rückschlüsse zur Anbau-Optimierung. Initiativen zum Umweltschutz 35, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- 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. doi: 10.1111/j.1365- 2664.2005.01005.x
- Bergström L, Kirchmann H, Aronsson H, Torstensson G, Mattsson L (2008) Use Efficiency and Leaching of Nutrients in Organic and Conventional Cropping Systems in Sweden. *Organic Crop Production – Ambitions and Limitations*:143-159
- BfN (2011) Bundesprogramm Biologische Vielfalt. <https://www.bfn.de/thema/bundesprogramm-biologische-vielfalt>
- BfN (2014) Grünland-Report. Alles im Grünen Bereich? https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-04/PK_Gruenlandpapier_30.06.2014_final_layout_barrierefrei_0.pdf
- BfN (2015) Artenschutz-Report 2015. https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-04/Artenschutzreport_Download.pdf
- BfN (2020) Die Lage der Natur in Deutschland. Ergebnisse von EU-Vogelschutz- und FFH-Bericht. https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/natura2000/Dokumente/bericht_lage_natur_2020.pdf
- BfN (2022) Schutzgebiete in Deutschland. WebGIS Karten aller Schutzgebiete. <https://www.bfn.de/daten-und-fakten/kartenanwendung-schutzgebiete-deutschland>
- BfN (2021): Schutzgebiete. <https://www.bfn.de/themen/gebietsschutz-grossschutzgebiete.html>, Bonn
- Birkhofer K, Bezemer TM, Bloem J, Bonkowski M, Christensen S, Dubois D, Ekelund F, Fließbach A, Gunst L, Hedlund K, Mader P, Mikola J, Robin C, Setälä H, Tatin-Froux F, Van der Putten WH, Scheu S (2008) Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity 27. *Soil Biology & Biochemistry* 40(9), 2297-2308

- Birkhofer K, Bezemer TM, Hedlund K, Setälä H, (2012) Community composition of soil organisms under different wheat farming systems. In: Cheeke T, Coleman DC, Wall DH (Eds.), Microbial Ecology in Sustainable Agroecosystems. Advances in Agroecology. CRC Press.
- Birkhofer K, Ekroos J, Corlett EB, Smith HG (2014) Winners and losers of organic cereal farming in animal communities across Central and Northern Europe. Biological Conservation 175, 25–33.
- BizL (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft) (2022) Honig. <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaftliche-produkte/wie-werden-unsere-lebensmittel-erzeugt/tierische-produkte/honig/>
- BMEL (2014) Geschichte der Gemeinsamen Agrarpolitik. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/gap/gap-geschichte.html>
- BMEL (2015) Mehr Tierschutz in der Legehennenhaltung. <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/tierschutz/haltung-legehennen.html>
- BMEL (2019) Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2019. <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/DFB-0010010-2019.pdf> (er wird alle 4 Jahre erstellt).
- BMEL (2021) Statistisches Jahrbuch 2021. www.bmel-statistik.de/archiv/statistisches-jahrbuch
- BMEL (2022a) Umbau der Nutztierhaltung in Deutschland – der Borchert-Prozess. <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/nutztiere/umbau-nutztierhaltung.html>
- BMEL (2022b) Testbetriebsnetz. www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/testbetriebsnetz
- BMEL PM 34/2022 vom 21.3.2022 Ernährungssystem in Deutschland und Europa krisenstabiler ausrichten. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/34-bender-agrarrat-bruessel.html>
- BMEL PM 36/2022 vom 23.3.2022: Özdemir trifft ZKL: An Nachhaltigkeitszielen für die Landwirtschaft festhalten. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/36-oezdemir-zkl-treffen.html>
- BMEL ZÖL (2022) Öko-Landbau stärken: Zukunftsstrategie ökologischer Landbau. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/oekologischer-landbau/zukunftsstrategie-oekologischer-landbau.html>
- BMU (2007) Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. http://www.biologische-vielfalt.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf
- BMUV (2022) Planetare Belastbarkeitsgrenzen. <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/integriertes-umweltprogramm-2030/planetare-belastbarkeitsgrenzen>.
- BMUV/UBA (2022). Die Wasserrahmenrichtlinie – Gewässer in Deutschland 2021. Fortschritte und Herausforderungen. Bonn, Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/221010_uba_fb_wasser_richtlinie_bf.pdf
- BNatSchG (2009) Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG). https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BJNR254210009.html
- Böll-Stiftung (2015) Bodenatlas 2015. https://www.boell.de/sites/default/files/bodenatlas2015_iv.pdf
- BÖLW (2022): Branchenreport 2022. Ökologische Lebensmittelwirtschaft. https://www.boelw.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Zahlen_und_Fakten/Broschuere_2022/BOELW_Branchenreport2022.pdf
- Bommelaer O, Devaux J (2011) Coûts des principales pollutions agricoles de l'eau. Collection « Études et documents » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEIIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) (Etudes & Documents)
- Boston Consult (2019) Die Zukunft der deutschen Landwirtschaft nachhaltig sicher. Denkanstöße und Szenarien für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit. <https://www.bcg.com/de-de/securing-the-future-of-german-agriculture>

- Bredemeier B, Rüter S, von Haaren C, Reich M, Schaarschmidt F (2015) Spatial congruence between organic farming and biodiversity related landscape features in Germany. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 11:4, 330-340.
- Bundesregierung (2018) Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Stand 15. Oktober 2018, Berlin. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/eine-strategie-be-gleitet-uns/die-deutsche-nachhaltigkeitsstrategie>
- Bundesregierung (2020) Klimaschutz mit Biss - Wir stärken den Ökolandbau. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/oekolandbau-staerken-1797840>
- Bundesregierung (2021) Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Weiterentwicklung 2021. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/3d3b15cd92d0261e7a0bc8f43b7839/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-nicht-barrierefrei-data.pdf?download=1>
- Bundesregierung (2022a) Osterpaket für Energiewende vom Bundesrat gebilligt „Wir verdreifachen die Geschwindigkeit beim Ausbau der erneuerbaren Energien“. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/novellierung-des-eeg-gesetzes-2023972>
- Bundesregierung (2022b) „Wind-an-Land-Gesetz“ Mehr Windenergie für Deutschland. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/wind-an-land-gesetz-2052764>
- CBD (1993) Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/>
- Chmelikova L und Hülsbergen K-J (2019) Ressourceneffizienz. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000 https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- CORDIS (2008) Insektenbestäubung hat einen Wert von 153 Milliarden Euro pro Jahr. <https://cordis.europa.eu/article/id/29867-insect-pollination-worth-eur-153-billion-a-year/de>
- Crowder DW, Illan JG (2021) Expansion of Organic Agriculture Nature Food 2(5):324–325. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00288-8>
- DBV (2022): Situationsbericht 2021/22. <https://www.bauernverband.de/situationsbericht>
- DBV (Deutscher Bauernverband) (2022) Situationsbericht 2021/22. Berlin <https://www.bauernverband.de/situationsbericht>
- de Boer IJM (2003) Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. *Livestock Production Science* 80(1-2):69-77. doi: 10.1016/S0301-6226(02)00322-6
- de Ponti T, Rijk B, van Ittersum MK (2012) The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agric Syst* 108:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.004>
- Deike S, Pallutt B, Christen O (2008) Investigations on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity. *European Journal of Agronomy* 28(3), 461-470
- DeStatis (Statistisches Bundesamt): Genesis-Datenbank. Abfrage vom 28.10.2022. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.) (2022). Lebensmittelbezogene Ernährungsempfehlungen der DGE. <https://www.dge.de/wissenschaft/lebensmittelbezogene-ernaehrungsempfehlungen/>
- EG (1991) Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991R2092&from=EN>
- EG (2000) EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0060-20141120&from=DE>
- EU (2017) A European One Health Action Plan against Antimicrobial Resistance (AMR), 24 p

- EU (2018) Verordnung (EU) 2018/848 – Vorschriften über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=DE>
- EU (2020) EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1590574123338&uri=CELEX:52020DC0380>
- EU (2021) Farm-to-Fork Strategie 2030. https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
- EU (2022) Food Waste. https://food.ec.europa.eu/safety/food-waste_en
- EWG (1957) Vertrag zur Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft. Rom, 25. März 1957. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:11957E/TXT&from=DE>
- FAO (2020): The State of Food Security and Nutrition in the World 2020 (SOFI). Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9692en>
- FAO (2022): Crops and livestock products. www.fao.org/faostat/en/#data/QCL
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2011): Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. Rome: FAO
- Faßbender K (1998) Strategien zur Reduzierung von Nitratverlagerungen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben im ersten und zweiten Jahr nach Klee grasumbruch, Universität Bonn. Dissertation
- FIBL (2022) Vergleich biologischer und konventioneller Anbausysteme. <https://www.fibl.org/de/standorte/schweiz/departemente/bodenwissenschaften/bw-projekte/vergleich-biologischer-und-konventioneller-anbausysteme>, [abgerufen am 24.10.2022]
- Fischer J, Böhm H (2012) On-farm evaluation of nitrogen leaching rates from organic crop rotations under consideration of the previous crop, with special emphasis on legumes. In: Stoddard FL (ed) 12th Congress of the European Society for Agronomy: abstracts ; Helsinki, Finland, 20-24 August 2012. Helsinki, 238-239
- Flachowsky G, Brade W (2007) Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskunde, 79(6), 417-465.
- Flessa H, Müller D, Plassmann K, Osterburg B, Techen AK, Nitsch H, Nieberg H, Sanders J, Meyer zu Hartlage O, Beckmann E, Anspach V (2012) Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research. Sonderheft 361.
- Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2015) Energie- und Treibhausgasbilanz der Milchviehhaltung – Untersuchungen im Netzwerk der Pilotbetriebe. In: Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013 - 2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut
- Gabriel D, Sait SM, Kunin WE, Benton TG (2013) Food production vs biodiversity comparing organic and conventional agriculture. J Appl Ecol 50(2):355–364
- Gattinger A, Muller A, Haeni M, Skinner C, Fliessbach A, Buchmann N, Mäder P, Stolze M, Smith P, El-Hage Scialabba N, Niggli U (2012) Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. PNAS Early Edition. Im Internet unter: <http://www.pnas.org/content/early/2012/10/10/1209429109>
- giz (Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit) (2022): Wissenzentrum Ökologischer Landbau in Afrika. Fact sheet. https://www.giz.de/de/downloads/2020_08_BMZ_Factsheet_allgemein_DE.pdf <https://www.giz.de/de/weltweit/80037.html>
- Godt J et al. (2007) E+E-Projekt „Integration von Naturschutzzielen in den Ökologischen Landbau am Beispiel der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen“ - Maßnahmen zur Entwicklung dauerhafter Landschaftsstrukturen. https://orgprints.org/id/eprint/9559/1/9559_Godt_Poster.pdf
- 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):95- 124. doi: 10.1080/07352689.2011.554355

- Gottwald F, Stein-Bachinger K (2018): Farming for Biodiversity – a new model for integrating nature conservation achievements on organic farms in north-eastern Germany; *Org. Agr.* 8, 79- 86. DOI:10.1007/s13165-017-0198-2
- Grethe H (2022) „Wir müssen viel weniger Fleisch und Milchprodukte produzieren und essen“ Spiegel-Interview vom 28.8.2022 (<https://www.spiegel.de/politik/deutschland/klimaschutz-in-der-landwirtschaft-muessen-viel-weniger-fleisch-und-milchprodukte-produzieren-und-essen-a-21175c9d-188d-4442-99c8-10479aa4d259>)
- Gruber N, Galloway J (2008) An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature* **451**, 293–296. <https://doi.org/10.1038/nature06592>
- Haas G (2001) Organischer Landbau in Grundwasserschutzgebieten. Leistungsfähigkeit und Optimierung des pflanzenbaulichen Stickstoffmanagements: Habil.-Schrift 2001. Institut für Organischen Landbau Schriftenreihe 18, 1. Auflage. Berlin: Verlag Köster, 152 p
- Halberg N, Sulser TB, Høgh-Jensen H, Rosegrant MW, Knudsen MT (2006) The impact of organic farming on food security in a regional and global perspective. In: Halberg N, Alrøe HF, Knudsen MT, Kristensen ES (eds) *Global development of organic agriculture: Challenges and prospects*. CABI Publishing, pp 277–322
- Hamm U, Häring AM, Hülsbergen K-J, Isermeyer F, Lange S, Niggli U, Rahmann G, Horn S (2017): Research strategy of the German Agricultural Research Alliance (DAFA) for the development of the organic farming and food sector in Germany. *Organic Agriculture* 7:225-242.
- Hamscher G, Mohring SAI (2012) Tierarzneimittel in Böden und in der aquatischen Umwelt. *Chemie Ingenieur Technik* 84(7):1052-1061. doi: 10.1002/cite.201100255
- Henneron L, Bernard L, Hedde M, Pelosi C, Villenave C, Chenu C, Bertrand M, Girardin C, Blanchart E (2015) Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agronomy for Sustainable Development* 35(1), 169-181
- Heß J et al. (2019) Synthese. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft*. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000 https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- Höhne E, Rücknagel J, Christen O (2013) Bewertung der Bodenstruktur mit Indikatoren der visuellen Gefügeansprache. In: Hülsbergen KJ, Rahmann G. (Hrsg) *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*. Thünen Rep 8: 33-80.
- Hole DG, Perkins AJ, Wilson JD, Alexander IH, Grice PV, Evans AD (2005) Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122(1):113-130. doi: 10.1016/j.biocon.2004.07.018
- Hovi M, Sundrum A, Thamsborg SM (2003) Animal health and welfare in organic livestock production in Europe: current state and future challenges. *Livestock Production Science* 80(1-2):41-53. doi: 10.1016/S0301-6226(02)00320-2
- Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013): *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8, DOI:10.3220/REP_8_2013.
- Hülsbergen KJ, Schmid H, Paulsen HM (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
- Hülsbergen KJ, Schmid H, und Paulsen HM (Hrsg.) (2022): *Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten. Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*. Endbericht des Pilotbetriebe-Projektes der TUM, des Thünen-Institutes. www.pilotbetriebe.de (Thünen-Report 92)
- Hülsbergen und Schmid (2015) Energiebilanzen und Energieeffizienz des Pflanzenbaus. *Untersuchungen in einem Netzwerk der Pilotbetriebe*. *Lebendige Erde* 9:32-34

- Hülsbergen, K-J, Rahmann G (2013) Nachhaltigkeit und Klimawirkungen des Ökolandbaus und vergleichbarer konventioneller Betriebe. Forschungsergebnisse 2008-2012. Thünen-Report 8, Braunschweig
- Hülsbergen, K-J, Rahmann G (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Forschungsergebnisse 2013-2014. Thünen-Report 29
- IFOAM (International Federation of Organic Agricultural Movements) (2014) The IFOAM norms for organic production and processing.: Version 2014, 131 p
- IPBES (2019) Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (Version 1). Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6417333>
- IPCC (2022) Climate Change 2022: Impacts, Adaption and Vulnerability. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Joergensen RG, Mader P, Fliessbach A (2010) Long-term effects of organic farming on fungal and bacterial residues in relation to microbial energy metabolism. *Biol Fert Soils* 46(3), 303-307
- Jung R, Schmidtke K (2019) Bodenfruchtbarkeit. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000
https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- Kolbe H (2004) Wasserschutz und Ökologischer Landbau. SIGÖL-Fortbildungskurs Ökologischer Landbau 29, Bad Düben, Freistaat Sachsen, <http://orgprints.org/2931/>
- Krefelder Studie (2017) Bewertung des BMU. <https://www.bmu.de/faq/was-steht-in-der-krefelder-studie/>
- KSG (Bundes-Klimaschutzgesetz) (2021) <https://www.bmu.de/gesetz/bundes-klimaschutzgesetz/>
- Kusche D, Hoppe J, Hupe A, Heß J (2019): Wasserschutz. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000
https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- Küstermann B, Kainz M, Hülsbergen K-J (2008) Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23(01):38-52. doi: 10.1017/S1742170507002062
- Landwirtschaftskammer (2022): Düngerecht, Düngeverordnung.
<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/duengeverordnung/index.htm>
- LANUV (2007) Eintrag von Arzneimitteln und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt Eintrag von Arzneimitteln und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt - Literaturstudie: LANUV- Fachbericht 2
- Leifeld J, Fuhrer J (2010) Organic Farming and Soil Carbon Sequestration: What Do We Really Know About the Benefits? *AMBIO* (2010) 39:585–599. DOI 10.1007/s13280-010-0082-8
- Leopoldina (2020) Biodiversität und Management von Agrarlandschaften. Stellungnahme.
<https://www.leopoldina.org/publikationen/detailansicht/publication/biodiversitaet-und-management-von-agrarlandschaften-2020/>
- Levin K, Brandhuber R, Freibauer A, Wiesinger K (2019) Klimaanpassung. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000
https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- Luckmann, J, Chemnitz C und Luckmann O (2022) Auswirkungen einer Änderung der Flächenstilllegung in der EU auf den globalen Getreidemarkt. Heinrich-Böll-Stiftung Ökologie, Policy paper.
<https://www.boell.de/de/2022/03/17/auswirkungen-aenderung-der-flaechenstilllegung-der-eu-auf-den-globalen-getreidemarkt>
- March S, Haager D, Brinkmann J (2019) Tierwohl. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000
https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf

- Meemken EM, Qaim M (2018) Organic agriculture, food security, and the environment. *Ann Re Res Econ* 10(10):39–63. <https://doi.org/10.1146/annurev-resou rce-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
- Mondelaers K, Aertsens J, van Huylenbroeck G (2009) A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal* 111(10):1098-1119. doi: 10.1108/00070700910992925
- Moos JH, Schrader S, Paulsen HM, Rahmann G (2016) Occasional reduced tillage in organic farming can promote earthworm performance and resource efficiency. *Appl Soil Ecol* 103, 22-30
- Nemecek T, Dubois D, Huguenin-Elie O, Gaillard G (2011) Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems* 104(3), 217-232
- Niggli U (2022) Wir können nicht in der Bioblase vor uns her träumen. FAZ vom 9.2.2022, <https://www.faz.net/aktuell/wissen/gentechnik-und-oekoanbau-agrarwissenschaftler-im-interview-17779173.html>
- Oelmann M, Czichy C, Scheele U, Zaun S, Dördelmann O, Harms E, Penning M, Kaupe M, Bergmann A, Steenpaß C (2017) Quantifizierung der landwirtschaftlich verursachten Kosten zur Sicherung der Trinkwasserbereitstellung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, zu finden in https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-05-24_texte-43-2017_kosten-trinkwasserversorgung.pdf
- Osterburg B, Kätsch S, Wolff A (2013) Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report 13.
- Osterburg B, Rüter S, Freibauer A, Witte T de, Elsasser P, Kätsch S, Leischner B C, Paulsen H-M, Rock J, Röder N, Sanders J, Schweinle J, Steuk J, Stichnothe H, Stümer W, Welling J, Wolff A (2013) Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report 11
- Paulsen HM, Volkgenannt U, Schnug E (2002) Contribution of organic farming to marine environmental protection. *Landbauforsch Völkenrode* 52(4), 211-218
- Pelletier N, Audsley E, Brodt S, Garnett T, Henriksson P, Kendall A, Kramer KJ, Murphy D, Nemecek T, Troell M (2011) Energy Intensity of Agriculture and Food Systems. *Annu Rev Env Resour* 36, 223-246
- Pfiffner L, Häring AM, Stolze M, Piorr A (2001) Contributions of Organic Farming to a Sustainable Environment. In: Danish Ministry of Food (ed) *Contributions of Organic Farming to a Sustainable Environment*. Copenhagen, pp 115-123
- Pfiffner N (2022) Landwirtschaft und Biodiversität. Auswirkungen unterschiedlicher Anbausysteme auf die biologische Vielfalt. *Faktenblatt Nr., 1524, FiBL*.
- Ponisio LC, M'Gonigle LK, Mace KC, Palomino J, Valpine P de, Kremen C (2015) Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282 (1799). DOI: 10.1098/rspb.2014.1396.
- Ponisio LC, M'Gonigle LK, Mace KC, Palomino J, de Valpine P, Kremen C (2015) Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 282(1799). UNSP 20141396 <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>
- Pörtner L M, Lambrecht N, Springmann M, Bodirsky B L, Gaupp F, Freund F, Lotze-Campen H, Gabrysch S (2022) We need a food system transformation – in the face of the Ukraine war, now more than ever. <https://zenodo.org/record/6366132#.YjSasY-ZOUk> [Abruf am 25.3.2022]

- Qaim M (2022) Der Krieg wird im schlimmsten Fall 100 Millionen Menschen in den Hunger treiben. FAZ vom 11.3.2022. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/der-krieg-wird-bis-zu-100-millionen-menschen-in-den-hunger-treiben-17868516.html>
- Rahmann G (2000) Biotoppflege als neue Funktion und Leistung der Tierhaltung. Habilitationsschrift, Kovac Verlag
- Rahmann G (2004) Ökologische Tierhaltung. Ulmer-Verlag, Stuttgart
- Rahmann G (2011) Biodiversity and Organic farming: What do we know? *Landbauforschung* 61(3):189-208
- Rahmann G (2021): Ökologische Schaf- und Ziegenhaltung. <https://www.uni-kassel.de/fb11agrar/fachgebiete/-einrichtungen/honorarprofessur-kleine-wiederkaeuer/kleine-wiederkaeuer>
- Rahmann G et al. (2017): Organic 3.0 is innovation with research. *Org. Agr* (3)2017:12–31
- Rahmann G et al. (2017): Organic Agriculture 3.0 is innovation with research. *Org. Agr.* (2017) 7:169–197, DOI 10.1007/s13165-016-0171-5
- Rahmann G, Aulrich K, Barth K, Böhm H, Koopmann R, Oppermann R, Paulsen HMM, Weißmann F (2008) Die Klimarelevanz des ökologischen Landbaus – Stand des Wissens. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 1/2 (58), 71-89
- Rasche L, Steinhäuser J (2022) How will an increase in organic agricultural area affect land use in Germany? *Org. Agr.* (2022) 12:513–530 <https://doi.org/10.1007/s13165-022-00405-2>
- Rockström J, Steffen W, Noone K et al. (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475 <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Röös E, Mie A, Wivstad M, Salomon E, Johansson B, Gunnarsson S, Watson CA (2018) Risks and opportunities of increasing yields in organic farming A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38(2):14. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0489-3>
- Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000 https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- Schjonning P, Elmholt S, Munkholm LJ, Debosz K (2002) Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture Ecosystems & Environment* 88(3), 195-214
- Schmid H, Braun M, Hülsbergen K-J (2013) Treibhausgasbilanzen und ökologische Nachhaltigkeit der Pflanzenproduktion – Ergebnisse aus dem Netzwerk der Pilotbetriebe. In Hülsbergen KJ, Rahmann G. (Hrsg) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologische und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. *Thünen Rep* 8: 259-293.
- Schmidtke K (2022) Der Ökolandbau muss produktiver werden. *Agra-Europe* 12/2022.
- Schmutz U, Rayns F, Firth C (2007) Balancing fertility management and economics in organic field vegetable rotations. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(15), 2791-2793
- Schneider MK, Lüscher G, Jeanneret P, Arndorfer M, Bailey D, Balázs K, Choisie J-P, Dennis P, Fjellstad W, Fraser M, Frank T, Friedel JK, Gillingham P, Jerkovich G, Gomiero T, Jongman RHG, Kainz M, Moreno G, Oschatz M-L, Paoletti MG, Pointereau P, Sarthou J-P, Siebrecht N, Sommaggio D, Vale J, Wolfrum S, Herzog F (2013) Artenvielfalt auf biologischen und nicht-biologischen Landwirtschaftsbetrieben in zehn europäischen Regionen. In: Neuhoff D, Stumm C, Ziegler S, Rahmann G, Hamm U, Köpke U (Hrsg.) Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Berlin, Verlag Dr. Köster, 382 - 385.
- Schoof N et al. (2019) Auswirkungen der neuen Rahmenbedingungen der Gemeinsamen Agrarpolitik auf die Grünland-bezogene Biodiversität. *BfN-Skripten* 540
- Seufert and Kamankutty (2017) Seufert V, Ramankutty N (2017) Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture. *Science Advances* 3(3):1-14

- Seufert V, Ramankutty N, Foley JA (2012) Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485(7397):229-232. <https://doi.org/10.1038/nature11069>
- Sirami C et al. (2019) Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *PNAS* Vol 116(13) 16442-16447. DOI:10.1073/pnas.1906419116
- Smith L, Williams A, und Pearce B (2015): The energy efficiency of organic agriculture: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(3), 280-301. doi:10.1017/S1742170513000471
- Smith LG, Williams AG, Pearce BD (2015) The energy efficiency of organic agriculture: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems* 30(3), 280-301
- SRU (2015) Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem: Sondergutachten. Berlin, http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- Stadtwerke München (2016) Ökologischer Landbau: nachhaltiger Trinkwasserschutz. <https://www.swm.de/dam/swm/dokumente/m-wasser/flyer-oeko-landbau-wasserschutz.pdf>
- Stadtwerke München (2017) SWM Förderprogramm Ökobauern. <https://www.swm.de/dam/swm/dokumente/m-wasser/swm-foerderprogramm-oekobauern-flyer>
- Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter SR, Vries W de, Wit CA de, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace GM, Persson LM, Ramanathan V, Reyers B, Sör-lin S (2015) Sustainability. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223):1259855. doi: 10.1126/science.1259855
- Stein-Bachinger K et al. (2021a) To what extent does organic farming promote species richness and abundance in temperate climates? A review. *Org. Agr.* 11: 1-12. Online first: 1 February 2020. DOI:10.1007/s13165-020-00279-2
- Stein-Bachinger K et al. (2021b) Ökolandbau schafft nicht nur mehr Biodiversität, sondern erbringt eine Vielzahl weiterer Umweltleistungen. https://www.topagrar.com/dl/3/8/8/2/9/4/6/Artikel_fuer_top_agrar_Stein-Bachinger_et_al_09Sept_2021.pdf
- Stein-Bachinger K, Haub A, Gottwald F (2019) Biodiversität. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. *Thünen Report* 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000 https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- Stolze M, Piorr A, Häring A, Dabbert S (2000) The environmental impacts of organic farming in Europe. Stuttgart-Hohenheim: Inst. für Landwirtschaftliche Betriebslehre. *Organic farming in Europe economics and policy* 6
- Sundrum A (2001) Organic livestock farming. *Livestock Production Science* 67(3):207-215. doi: 10.1016/S0301-6226(00)00188-3
- Taube F, Verreet, J-A (2006) Compass – Vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion auf ökologisch und konventionellen Praxisbetrieben in Schleswig-Holstein. Endbericht der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau und Institut für Phytopathologie.
- Thünen-Institut (2016) Kurzstellungnahme für das BMEL zur Bewertung des ökologischen Landbaus in Bezug auf den Klimaschutz und andere Umweltleistungen. (Anfrage vom 10.10.2016). Autoren: Jens Dauber, Hans Marten Paulsen, Bernhard Osterburg).
- Thünen-Institut (2020) Beitrag zur Beantwortung der Nachfragen zur Antwort der Bundesregierung auf DS 19/14539 (Stellungnahme des Thünen-Instituts)
- Thünen-Institut (2021) Auswertungen des deutschen Testbetriebsnetzes: Ökologischer Landbau und konventionelle Vergleichsbetriebe (verschiedene Jahrgänge). <https://www.thuenen.de/de/bw/projekte/analyse-der-wirtschaftlichen-lage-oekologisch-wirtschaftender-betriebe/>

- Thünen-Institut (2022) Produktivität des Öko-Landbaus im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft vor dem Hintergrund des Krieges in der Ukraine. Stellungnahme für das BMEL am 1.4.2022) (nicht veröffentlicht)
- Top Agrar (2021) Uni Göttingen: „Kleinräumige Anbauflächen schaffen mehr Biodiversität“. Interview mit Teja Tschardtke. <https://www.topagrar.com/acker/news/uni-goettingen-oekolandbau-schafft-nicht-mehr-biodiversitaet-12644858.html>
- Treu H, Sanders J (2019) Ökonomische Perspektive. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000 https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- Tschardtke T et al. (2021) Beyond organic farming – harnessing biodiversity-friendly landscapes. Trends in Ecology & Evolution 36(10) 919-930. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016953472100183X?via%3Dihub#:~:text=https%3A//doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.010>
- Tuck et al. (2014) Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: A hierarchical meta-analysis. Journal of Applied Ecology, 51, 746 – 755. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25653457/>
- Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW (2012) Comparing global warming potential, energy use and land use of organic, conventional and integrated winter wheat production. Annals of Applied Biology 161(2):116-126. doi: 10.1111/j.1744-7348.2012.00555.x
- UBA (2000) Gewässerschutz mit der Landwirtschaft. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3894.pdf>
- UBA (2020) Earth Overshoot Day 2020: Ressourcenbudget verbraucht. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/earth-overshoot-day-2020-ressourcenbudget>
- UBA (2022a) Treibhausgas-Emissionen in Deutschland 2021. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#treibhausgas-emissionen-nach-kategorien>
- UBA (2022b) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022. Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990-2022. ISSN 1862-4359, <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- UBA (2022c) Gefährdung der Biodiversität. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/gefaehrung-der-biodiversitaet>
- UBA (2022d) Treibhausgasminderungsziele Deutschlands. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands>
- UBA (2022e) Flächenverbrauch – Worum geht es? <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/flaechenverbrauch-worum-geht-es>
- UBA (2022f) Struktur der Flächennutzung. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung#die-wichtigsten-flaechennutzungen>
- UN (2012) Sustainable Development goals. <https://sdgs.un.org/>
- van Wagenberg CPA, Haas Y de, Hogeveen H, van Krimpen MM, Meuwissen MPM, van Middelaar CE, Rodenburg TB (2017) Animal Board Invited Review: Comparing conventional and organic livestock production systems on different aspects of sustainability. Animal 11(10):1839-1851. doi: 10.1017/S175173111700115X
- Vidaurre R, Lukat E (2016) Konzepte zur Minderung von Arzneimittelnträgen. Konzepte zur Minderung der Arzneimittelnträge aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, zu finden in https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/fachbroschuere_tam

- WBAE (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2015) Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung: Gutachten. Berlin, 425 p
- WBAE (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2020) Politik für eine nachhaltigere Ernährung. Gutachten Juni 2020.
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/wbae-gutachten-nachhaltige-ernaehrung.html
- WBAE (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2019) Zur effektiven Gestaltung der Agrarumwelt- und Klimaschutzpolitik im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU nah 2020.
https://www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/_Texte/AgrVeroeffentlichungen.html
- WBAE und WBW (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik) (2016) Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/Klimaschutzgutachten_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Weckenbrock P, Sanchez-Gellert HL, Gattinger A (2019) Klimaschutz. In: Sanders J, Heß J (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S., DOI: 10.3220/REP1547040572000 https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061821.pdf
- Wegner C (2020) Ergebnisse der Landessortenversuche – Blaue und Weiße Lupine. Vortrag Jahrestagung der Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V. https://lupinenverein.de/wp-content/uploads/2021/04/2_Wegner_Sortenversuche_JT21.pdf
- Weiss K (2008) Austrag von Tierarzneimitteln aus Wirtschaftsdünger in Sickerwasser, Grundwasser und oberirdische Gewässer. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/tierarzneimittel_im_sickerwasser/doc/abschluss_bericht.pdf
- Wirz A, Kasperczyk N, Thomas F (2017) Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland – 2050. Abschlussbericht für den Auftraggeber Greenpeace. Frankfurt, pp 110 (www.fibl.de)
- Wolter R (2014) Nitrat im Grundwasser - Wo steht Deutschland?
http://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/hydrogeologie/Fortbildungen-_und_Vortragsveranstaltungen/Grundwassertag2014/Nitrat_im_Grundwasser_Wolter.pdf
- WWF (2015) Das grosse Wegschmeissen. Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Das_grosse_Wegschmeissen.pdf
- ZKL (Zukunftskommission Landwirtschaft) (2021) Zukunft der Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=16