

100% Biolandbau in Österreich – Machbarkeit und Auswirkungen

**Auswirkungen einer kompletten Umstellung auf
biologische Landwirtschaft in Österreich auf die Ernährungssituation
sowie auf ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte**

Endbericht

22.5.2018

Martin Schlatzer, Thomas Lindenthal

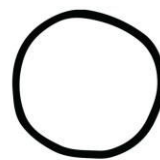
Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich und
Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit,
Universität für Bodenkultur, Wien



ZENTRUM FÜR
GLOBALEN WANDEL
UND NACHHALTIGKEIT



Auftraggeber: **Umweltinitiative Wir für die Welt**
DI Dr. Hildegard Aichberger
c/o Österreichischer Rundfunk ORF
Würzburggasse 30
A-1136 Wien



**MUTTER
ERDE**

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis.....	6
1. Kurzfassung / Zusammenfassung	7
2. Einleitung und Problemstellung	11
3. Ziele und Fragestellungen	16
3.1 Fragestellungen	16
3.2 Ziele	16
4. Status Quo – Referenzszenario.....	18
4.1 Stand der Wissenschaft.....	18
4.1.1 Bisherige Studien	18
4.1.2 Konventionelle und biologische Erträge im Vergleich	21
4.2 Methodische Beschreibung der Szenarien	25
4.3 Bilanzierung der Nahrungsmittelströme in dieser Studie	25
4.3.1 Datengrundlage	27
4.3.2 Landwirtschaftliche Nutzfläche in Österreich	28
4.4 Der Nahrungsenergiebedarf der österreichischen Bevölkerung	31
4.5 Verfügbare Energie aus Lebensmitteln im Referenzszenario	33
4.5.1 Gesamtenergieproduktion in Österreich.....	33
4.5.2 Lebensmittelabfall	36
4.5.3 Ergebnis Saatgutflächen und Restfläche	39
4.5.4 Nahrungsmittel für die Industrie und Exkurs zu Nahrungsmittelimporten.....	40
4.5.5 Ernährungsbilanz Status Quo – Gegenüberstellung der Nahrungsenergieproduktion in der österreichischen Landwirtschaft mit dem Nahrungsmittelbedarf in Österreich	44

4.5.6 Gegenüberstellung der Ergebnisse der Berechnungen mit dem gegenwärtigen Selbstversorgungsgrad.....	46
4.5.7 Nahrungsmittelenergieproduktion – nach Zuschlägen und Abschlägen.....	48
5. Szenario 1 – Ernährung gemäß Empfehlungen der ÖGE	
– um 64% reduzierter Fleischkonsum	50
5.1 Annahmen	50
5.2 Auswirkungen auf die Kilokalorienbilanz	51
5.3 Zusammenhang mit der (teilweisen) Schließung der österreichischen Eiweißlücke	53
6. Szenario 2 – reduzierter Lebensmittelabfall	55
6.1 Annahmen	55
6.2 Ergebnisse.....	55
7. Szenario 3 – Kombiniertes Szenario.....	56
7. 1 Ergebnisse.....	56
7.2 Conclusio	57
8. Auswirkungen einer großflächigen Umstellung auf Biolandbau auf Umwelt / Ökologie	58
8.1 Biolandbau und Bodenfruchtbarkeit	58
8.1.1 Höhere Humusgehalte im Biolandbau	58
8.1.2 Förderung des Bodenlebens	59
8.1.3 Verringerung der Bodenerosion	60
8.1.4 Vermeiden von Bodenverdichtungen	61
8.1.5 Vermeidung von Schadstoffeinträgen in die Böden.....	62
8.1.6 Bedeutung des Humusgehaltes im Zusammenhang mit dem Klimawandel	62
8.2 Biolandbau und Klimaschutz	63
8.2.1 Landwirtschaft und Klimawandel	63
8.2.2 Klimaschutzwirkung des Biolandbaus.....	64

8.2.3 Treibhausgasreduktionspotenziale durch flächendeckende Umstellung auf Biolandbau	65
8.3 Reduktion der Gewässerverschmutzung durch Biolandbau	66
8.3.1 Nitratbelastung des Grundwassers	66
8.3.2 Schutz von Oberflächengewässer / Verringerung der Eutrophierung	67
8.3.3 Einträge von Pestiziden in Grund- und Oberflächengewässer	67
8.4 Biodiversitätsvorteile durch Biolandbau	69
8.4.1 Allgemeine Biodiversitätswirkungen	69
8.4.2 Pflanzenbestäubung durch höhere Abundanz und Vielfalt der Pflanzenbestäuber	70
8.4.3 Schäden der Pestizide an der Biodiversität	70
8.4.4 Bienensterben durch Pestizideinsatz	70
9. Gesundheit	71
9.1 Auswirkungen auf den Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung	71
9.2 Bioprodukte und Gesundheit	72
9.3 Gesundheit und Ernährungsweisen	73
10. Ökonomie	74
10.1 Volkswirtschaftliche Vorteile einer flächendeckenden Umstellung auf Biolandbau	74
10.2 Mögliche volkswirtschaftliche Einsparungen im Falle eines 100%-Bio-Szenarios	76
10.3 Zusammenfassung der ökonomischen sowie der ökologischen und gesundheitlichen Vorteile der biologischen Landwirtschaft	77
11. Anhang	80
12. Quellenverzeichnis	86

Abkürzungsverzeichnis

CO ₂ -Äq	Kohlendioxid-Äquivalente
d	Tag
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
t	Tonnen
THG	Treibhausgase

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Prozentuelle Veränderung der Ackerflächen in Bezug auf das Referenzszenario	19
Abb. 2: Nahrungsmittelströme in Österreich sowie ausgewählte relevante Inputs und Outputs für das Ernährungssystem bzw. die gesamte landwirtschaftliche Produktion	26
Abb. 3: Landwirtschaftliche Produktion in Österreich in einem Jahr	34
Abb. 4: Vermeidbare und unvermeidbare Lebensmittelabfälle in den unterschiedlichen Stufen des Ernährungssystems in Österreich.....	37
Abb. 5: Gesamte Lebensmittelabfälle in den unterschiedlichen Sektoren entlang der Ernährungskette	39
Abb. 6: Überblick über das Szenario 1 eines reduzierten Fleischkonsums gemäß ÖGE auf Grundlage einer vollständigen biologischen Landwirtschaft in Österreich.....	52
Abb. 7: Prozentuelle Anteile der Abgabemenge von Antibiotika nach Tierart im Jahr 2016 in Österreich	71

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vergleich ausgewählter Kennzahlen zwischen Sikkim, Österreich und den Bundesländern Vorarlberg und Tirol	14
Tab. 2: Ertragsunterschiede zwischen der biologischen und konventionellen Landwirtschaft	22
Tab. 3: Verteilung der Kulturarten auf der gesamten Ackerfläche in Österreich.....	29
Tab. 4: Bevölkerungszahl und Nahrungsenergiebedarf in den zwei definierten Varianten	32
Tab. 5: Produktion und Anteil der Saatgutproduktion an der Gesamterzeugung der jeweiligen Anbaukultur	40
Tab. 6: Produktion und Anteil der industriellen Verwendung an der Gesamterzeugung der jeweiligen Kulturart	41
Tab. 7: Handelsbilanzüberschuss und Handelsbilanzdefizit der jeweiligen Anbaukultur	43
Tab. 8: Selbstversorgungsgrad von Getreide mit und ohne Berücksichtigung der industriellen Verwendung.....	43
Tab. 9: Handelsbilanzdefizit und Industrieanteil von wichtigen Bilanzposten	44
Tab. 10: Gesamte österreichische Erzeugung und gesamter gegenwärtiger Bedarf an Nahrungsenergie.	45
Tab. 11: Selbstversorgungsgrad Österreichs bei pflanzlichen und tierischen Produkten.....	47
Tab. 12: Gesamter österreichischer Bedarf und Erzeugung von Nahrungsenergie in der konventionellen/Status Quo-Variante und in der Variante 100% Biolandbau	49
Tab. 13: Annahmen bezüglich eines verringerten Konsums tierischer Produkte und ihre Bedeutung für die Reduzierung des Kraftfuttermiteinsatzes	50
Tab. 14: Gegenüberstellung der gesamten Erzeugung von Nahrungsenergie auf Grundlage einer 100% biologischen Landwirtschaft mit dem gegenwärtigen Energiebedarf der österreichischen Bevölkerung sowie den drei ausgewählten Szenarien betreffend Fleischkonsum und vermeidbarem Lebensmittelabfall	56
Tab. 15: Reduktionspotenziale hinsichtlich Treibhausgas-Emissionen (THG) durch Ernährungsumstellung und vollständiger Biolandwirtschaft	65
Tab. 16: Zusammenfassung der ökologischen, gesundheitlichen und ökonomischen Vorteile der biologischen Landwirtschaft im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft	77

1. Kurzfassung / Zusammenfassung

Die Landwirtschaft in Österreich aber auch europaweit und global ist mit einer Reihe großer ökologischer und sozialer Probleme konfrontiert, die zudem von der Landwirtschaft selbst (mit-) verursacht werden. Hierzu gehören u.a. Gewässerbelastungen mit Stickstoff und Phosphor, Biodiversitätsverluste, Bodenerosion sowie Humusabbau, Klimawandel, internationaler Wettbewerbsdruck und die Verschlechterung der wirtschaftlichen Situation in ländlichen Räumen/Regionen. Die biologische Landwirtschaft wird als eine wichtige Lösungsstrategie zur Reduzierung dieser Probleme bzw. zur nachhaltigen Ausrichtung der Landwirtschaft diskutiert. In diesem Kontext stellt sich die Frage, welche Auswirkungen eine flächendeckende Umstellung auf die Ernährungssituation sowie auf ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte in Österreich haben würde. Die vorliegende Studie hat das Ziel Beiträge zur Beantwortung dieser Frage zu liefern.

Methode und Ergebnisse zur Nahrungsmittelversorgung

In der vorliegenden Studie wurden die produzierten Energiemengen in der Landwirtschaft dem Kilokalorienbedarf der österreichischen Bevölkerung gegenübergestellt.

Groß angelegte Vergleichsstudien und Metaanalysen haben gezeigt, dass die pflanzenbaulichen Erträge in der biologischen Landwirtschaft – insbesondere in den Industrieländern – im Schnitt um 8 bis 25% niedriger sind als in der konventionellen Landwirtschaft. Auf Basis der langjährigen österreichischen Ertragsdaten wurde als Berechnungsgrundlage (durchschnittlich) um 34% geringere Erträge in der biologischen Landwirtschaft (Ackerbau) im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft angenommen. Die tierischen Leistungen wurden im Biolandbau auf Basis von Literaturdaten und Betriebsdaten im Durchschnitt aller Tierarten um 10% geringer angenommen.

Anhand der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Ackerbau, Grünland), der Erträge bzw. der Menge an tierischen Produkten sowie mittels der Kilokaloriengehalte, in den relevanten pflanzlichen und tierischen Produkten wurde die gesamte produzierte Nahrungsenergiemenge der österreichischen Landwirtschaft in einer Näherung berechnet. Dabei wurde der

Lebensmittelabfall, der Saatgutanteil und der relevante Industrieanteil, die gegenwärtig nicht für die menschliche Ernährung zur Verfügung stehen, abgezogen. Zudem wurden Szenarien zu reduziertem Fleischkonsum und zu einer Verringerung der vermeidbaren Lebensmittelabfälle gerechnet.

Die Berechnung zeigen:

- a) Die **gegenwärtige überwiegend konventionelle Landwirtschaft** (Status Quo-Szenario) produziert eine gesamte Energiemenge für die Nahrungsmittelversorgung von **10.827 Mrd. kcal pro Jahr**. Nachdem der Kilokalorienbedarf der österreichischen Bevölkerung (8,77 Mio. EinwohnerInnen) 6.816 Mrd. kcal beträgt, **kann die gegenwärtige Landwirtschaft den Kilokalorienbedarf der Bevölkerung** (gegenwärtiger Ernährungsstil) **mehr als decken**.
- b) Eine **flächendeckende biologische Landwirtschaft** (Szenario 100% Biolandbau) würde demgegenüber heute eine Energiemenge **von 6.599 Mrd. kcal. pro Jahr** in Österreich produzieren. Damit könnte eine flächendeckende biologische Landwirtschaft mit dem gegenwärtigen Ernährungsstil (deutlich zu hoher Fleischkonsum und sehr hohe Lebensmittelabfälle) **knapp nicht decken**. Bereits eine **geringfügige Verringerung des gegenwärtigen Fleischkonsums um 10% oder eine 25%ige Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelabfälle** könnte den gegenwärtigen Nahrungsmittelbedarf bei 100% Biolandbau **decken**.
- c) **Bei einer gesunden Ernährung** – die nach Empfehlungen der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung eine **Verringerung des Fleischkonsums um 64%** erfordern würde – ergibt sich eine **markante Steigerung der verfügbaren Nahrungsenergie** (zusätzliche 1.641 Mrd. kcal bei 100% Biolandbau). Dies liegt an der wesentlich effizienteren pflanzlichen Ernährung (mind. 4mal effizienter) und dass gegenwärtig in Österreich die Hälfte aller Ackerflächen für Futtermittel wie Körnermais und Weizen verwendet werden. Bei einer gesunden Ernährung könnte eine **flächendeckende biologische Landwirtschaft den gegenwärtigen Nahrungsmittelbedarf der österreichischen Bevölkerung mehr als decken**.
- d) Durch eine **Reduzierung der vermeidbaren Lebensmittelabfälle um 25 bis 50%** könnten für die österreichische Bevölkerung – auch bei gegenwärtigem Ernährungsstil – **mehr als**

ausreichend Kilokalorien von der gegenwärtigen Landwirtschaft, aber auch bei einer flächendeckender biologischen Landwirtschaft produziert werden.

- e) Im Jahr 2080, wenn die österreichische Bevölkerung laut Prognosen der Statistik Austria auf über 10 Mio. Menschen angestiegen ist, könnte die Ernährung der österreichischen Bevölkerung – wenn die **Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelabfälle um 50% und des Fleischkonsums um 25%** gelingen würde – **auch bei flächendeckender biologischer Landwirtschaft** sichergestellt werden. Mittel- bis langfristig wird aufgrund von Klimawandel, Bodenerosion und -versiegelung jedoch wichtig sein, dass eine größere Reduktion des Fleischkonsums angestrebt wird.

Eine flächendeckende Umstellung auf biologische Landwirtschaft hätte eine Reihe von positiven Einflüssen auf ökologische, gesundheitliche und ökonomische Aspekte, die in folgender Tabelle kurz zusammengefasst sind:

Indikatoren	Auswirkungen
Ökologische Vorteile	Biolandbau im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft
<i>Bodenfruchtbarkeit</i>	
Humusgehalt im Ackerbau	signifikant höher nach langjährigem Biolandbau
Bodenerosion im Ackerbau	signifikant höher nach langjährigem Biolandbau
Bodenleben und bodenbiologische Aktivität	signifikant höher infolge höherer Humusgehalte
<i>Gewässer</i>	
Pestizideinträge	weitgehend reduziert
Phosphor-Eutrophierung	deutlich geringer
Nitratauswaschung	um 40-60% verringert
<i>Biodiversität</i>	
Artenvielfalt auf landwirtschaftlichen Nutzflächen	signifikant bzw. um ein Vielfaches erhöht: Pflanzenartenvielfalt, Anteil an Arthropoden, Anzahl und Vielfalt an Regenwürmern in Böden
Vielfalt an Sorten und Rassen	häufig deutlich höher
<i>Klimawandel</i>	
Treibhausgas-Emissionen	13 bis 39% Einsparung bei 100% Biolandbau in Österreich
CO ₂ -Bindung	höhere CO ₂ -Rückbindung infolge höherer Humusgehalte in Bioackerböden
Tropenwaldzerstörung	Beitrag zum Tropenwaldschutz durch weitgehender Verzicht auf direkte oder indirekte Sojaimporte aus Südamerika
Abhängigkeit von fossilen Energieträgern	deutlich reduziert durch Verzicht auf Anwendung mineralischer N-Dünger und geringere Dünge- und Futtermittelimporte
<i>Weitere ökologische Vorteile</i>	
Gentechnikverbot	in allen Bereichen der Landwirtschaft (nicht nur in der Milchproduktion)
Tiergerechtigkeit	generell höhere Standards bezüglich Platzangebot und Auslauf

Indikatoren	Auswirkungen
Gesundheitliche Vorteile	
Höhere Nahrungsmittelqualität	reduzierte Pestizidrückstände in Lebensmitteln höherer Antioxidantiengehalt in Lebensmitteln 50% höherer Anteil an Omega-3-Fettsäuren in biologischem Fleisch sowie biologischer Milch
geringerer Fleischkonsum	höhere Fleischpreise im Biolandbau -> reduzierter Fleischkonsum -> Beitrag zur Reduktion von Zivilisationskrankheiten
Antibiotika	geringerer Einsatz durch EU-Bio-Verordnung -40% Antibiotikaeinsatz bei Reduzierung des Fleischkonsumes um 50%
Wirtschaftliche Vorteile	
Einkommen	höhere Profitabilität um 22-35% und ein um 20-24% besseres Kosten/Nutzen-Verhältnis um mindestens ein Drittel der externen Kosten der österreichischen Landwirtschaft werden durch 100% Biolandbau eingespart, d.h. zumindest 425 Mio. € pro Jahr, u.a.
Externe Kosten	➔ durch Vermeidung der Kosten der Trinkwasseraufbereitung durch Pestizideinträge um 100% ➔ durch geringeren Verlust an Bienenkolonien ➔ durch Vermeidung der Kosten der Trinkwasseraufbereitung durch Reduzierung der Nitrat- und Phosphateinträge um 40% bzw. 20% ➔ durch geringere Treibhausgasemissionen/Hektar
Weitere Vorteile	
Multifunktionalität	durch Umweltleistungen (u.a. in den Bereichen Boden, Wasser, Luft, Biodiversität; s. oben) und verstärkte Regionalinitiativen Synergien mit Tourismus

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass eine flächendeckende Umstellung auf biologische Landwirtschaft die Versorgung der gegenwärtigen österreichischen Bevölkerung sicherstellen kann, wenn Lebensmittelabfälle und/oder der Fleischkonsum reduziert wird. Eine Umstellung auf 100% Biolandbau in Österreich könnte wichtige ökologische, ökonomische sowie soziale Beiträge für die nachhaltige Entwicklung und für die langfristige Ernährungssicherung in Österreich leisten. Dies ist auch angesichts der stetig steigenden Flächenversiegelung sowie Bodenerosion und potentiell negativer Einflüsse des Klimawandels auf die Erträge in der Landwirtschaft erforderlich. Eine komplett biologische Landwirtschaft würde zudem, wie auch bei einer Reduktion des Fleischkonsums sowie der Lebensmittelabfälle, große Vorteile u.a. für Treibhausgasbilanz, Stickstoff- und Phosphorbilanzen, Artenvielfalt, Humusaufbau sowie hinsichtlich der Abhängigkeit fossiler Energien und Futtermittelimporten mit sich bringen, die bislang wesentliche „Achillesversen“ der Landwirtschaft darstellen.

2. Einleitung und Problemstellung

Die Landwirtschaft in Österreich, aber auch europaweit und global, ist mit einer Reihe **großer ökologischer und sozialer Probleme** konfrontiert, die als **Grand Challenges** international verstärkt diskutiert werden (Rockström et al., 2009; Dearing et al., 2014; Steffen et al., 2015). Hierzu zählen u.a. folgende Herausforderungen bzw. Probleme, die insbesondere auch die österreichische Landwirtschaft betreffen:

- Klimawandel und Klimawandelanpassung
- Zunahme von Bodenerosion, Humusabbau und Bodenversiegelung
- Verlust der Biodiversität
- Hoher Wasserverbrauch und Gewässerverschmutzung (mit Pestiziden und Belastung mit Stickstoff und Phosphor)
- Soziale Ungleichheiten
- Rückgang der landwirtschaftlichen Betriebe, unsichere Hofnachfolge und Verschlechterung der wirtschaftlichen Situation in ländlichen Räumen/Regionen
- Globalisierung, internationaler Wettbewerbsdruck und der Verlust von Handlungsspielräumen von Regionen

Die biologische Landwirtschaft wird als eine wichtige Lösungsstrategie zur Reduzierung dieser Probleme bzw. zur nachhaltigen Ausrichtung der Landwirtschaft vor dem Hintergrund dieser Gefahren und Herausforderungen national und international diskutiert (Freyer und Dorninger 2008, Schader et al., 2013; Zessner et al., 2011; Muller et al., 2017). Dabei stellt sich die Frage, welche Auswirkungen eine flächendeckende Umstellung auf die Ernährungssituation sowie auf ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte hat. Diese Frage ist für die österreichische Landwirtschaft von großer Bedeutung, da sie im internationalen Vergleich kleinstrukturiert ist und einen hohen Anteil an alpinen Flächen bzw. ertragsschwächeren Standorten aufweist. Nicht zuletzt aufgrund dieser spezifischen Situation der österreichischen Landwirtschaft und der Potenziale des Biolandbaus wurden für Österreich mehrere Studien zur flächendeckenden Umstellung auf biologische Landwirtschaft mit unterschiedlichen Methoden und Fragestellungen durchgeführt (Freyer und Dorninger, 2008; Schader et al., 2013; Zessner et al., 2011).

Die gegenständliche Studie soll – aufbauend auf diesen Arbeiten – mit einer erweiterten Methode ebenfalls der Frage nachgehen, welche Auswirkungen in Österreich eine 100% Bio-Landwirtschaft auf die Nahrungsmittelversorgung sowie auf ausgewählte ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte hat.

Ende letzten Jahres (2017) hat eine internationale Studie für Aufsehen gesorgt, die zeigte, dass eine globale, vollständig auf biologisch umgestellte Landwirtschaft eine weiter wachsende Weltbevölkerung, das heißt 9,6 Mrd. Menschen im Jahre 2050, ernähren kann. Grundvoraussetzung hierfür sind allerdings laut den AutorInnen eine 50%ige Reduktion des Fleischkonsums und eine Senkung des Lebensmittelabfalls in ähnlichem Ausmaß (Muller et al., 2017).

Österreich ist nach wie vor eines der Vorreiterländer was die Anzahl der Biobetriebe und die bewirtschaftete Biofläche betrifft. Der Anteil der Bioflächen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche betrug im Jahr 2017 bereits 23,9%, der von mehr als 23.000 Biobetrieben bewirtschaftet wird (APA, 2018). Im Kontext mit einer nachhaltigen Landwirtschaft und einer nachhaltigen Ernährung in Österreich stellt sich somit auch aufgrund dieser großen Verbreitung des Biolandbaus die Frage, inwieweit eine vollständige Umstellung auf biologische Landwirtschaft die Ernährung der österreichischen Bevölkerung sicherstellen kann.

100% Bio – Fiktion oder gangbarer Weg? – Ein internationaler Vergleich und Best Practice Beispiele

In einigen Ländern und Regionen der Welt wird eine gänzliche Umstellung auf eine biologische Landwirtschaft zumindest ernsthaft erwogen.

International gab es in jüngster Zeit einige ambitionierte Vorhaben zur Ausweitung der biologischen Landwirtschaft. So hat sich die dänische Regierung zum Ziel gesetzt, bis 2020 den biologisch bewirtschafteten Flächenanteil, ausgehend vom Jahr 2007, zu verdoppeln. Für dieses und weitere Unterfangen, um den Bio-Anbau zu forcieren, wurde auch ein diesbezüglicher Action Plan für Dänemark ins Leben gerufen (Dänisches Ministerium für Lebensmittel, Landwirtschaft und Fischerei, 2015).

Derartige Action Plans haben einige Länder der EU ins Leben gerufen, wie beispielsweise: Österreich, Kroatien, Tschechien, Dänemark, Estland, Finnland, Frankreich, Ungarn, Irland, Luxemburg, Polen und Slowenien – jedoch gibt es eine eigene Budgetallokation für den Ausbau des Biolandbaues lediglich in Dänemark (IFOAM, 2015).

In Dänemark hat man sich zudem das politische Ziel gesetzt, 60% Bio-Anteil in Kantinen, Schulen und Großküchen zu etablieren. Der heutige Bio-Anteil liegt in der dänischen Gemeinschaftsverpflegung bei 17% und in Kopenhagen bereits bei fast 90% (Lauridsen, 2015; IFOAM, 2017). Darüber hinaus gibt es die Ankündigung des dänischen Verteidigungsministers, die 1,1 Mio. Mahlzeiten, die in den dänischen Militärbasen serviert werden, künftig biologisch bereit stellen zu wollen – so wie es bereits bei 40% der konsumierten Speisen der Streitkräfte im Westen von Dänemark der Fall ist (Magni, 2015).

In Österreich gibt es eine solche Initiative in Wien, wo der Bio-Anteil in der Gemeinschaftsverpflegung deutlich angehoben werden konnte (und der Fleischanteil wurde ebenso reduziert). Es handelt sich dabei um das 2009 bis 2020 fortgeschriebene Wiener Klimaschutzprogramm (Klip II). Der derzeit geltende Mindestanteil von 30 bzw. 50% Bio-Anteil wird fortgeschrieben und soll – wenn möglich – weiter erhöht werden (Schlatzer et al., 2017).

In Indien ist Sikkim der erste Bundesstaat weltweit, der, nach seiner Deklaration zur Umsetzung im Jahr 2003, auf eine 100% biologische Landwirtschaft im Jahr 2016 umgestellt hat (für einen Vergleich – gemäß Wlcek, 2017 – zwischen Sikkim und Österreich siehe Tab. 1) (Regierung von Sikkim, 2015; Wlcek, 2017; Organic-market.info, 2017). In zwei Schritten sollen zudem in den Jahren 2018 und 2019 alle nicht biologischen Importe ausgeschlossen werden (Telegraph India, 2017).

Eine rein biologische Lebensmittelversorgung der 1,5 Millionen TouristInnen, die jährlich nach Sikkim reisen, ist für den 610.000 EinwohnerInnen zählenden Bundesstaat jedoch klarerweise eine sehr große Herausforderung, die ohne Importe nicht zu gewährleisten ist. Bereits jetzt dürfte der Selbstversorgungsgrad der einheimischen Bevölkerung nicht ausreichen, um die gesamte Bevölkerung zu versorgen. Es geht Sikkim jedoch laut offiziellen Aussagen primär nicht um die Selbstversorgung des Bundesstaates, sondern um eine nachhaltige Landwirtschaft (Wlcek, 2017). Nichtsdestotrotz versucht Sikkim bis 2020 (neben Getreide und Fleisch) mit Milch selbst versorgt zu sein (Sikkim Express, 2017).

Andere indische Bundesstaaten wollen sich an Sikkim ein Beispiel nehmen und haben in der Zwischenzeit an der Umsetzung einer Vollumstellung auf Biolandbau gearbeitet, wie beispielsweise: Goa, Karnataka, Kerala, Madhya Pradesh, Maharashtra, Meghalaya, Mizoram, Rajasthan, Tamil Nadu, Uttar Pradesh und Uttarakhand.

Tab. 1: Vergleich ausgewählter Kennzahlen zwischen Sikkim, Österreich und den Bundesländern Vorarlberg und Tirol (gemäß Wlcek, 2017). Anmerkung: Tirol und Vorarlberg liegen hinsichtlich vieler Kennzahlen zwischen denen von Sikkim.

	Sikkim	Österreich	Vorarlberg	Tirol
Staatsfläche (km ²)	7.096	83.879	2.601	12.640
Einwohner (Anzahl)	608.000	8.773.000	389.000	746.000
Bevölkerungsdichte (EW/km ²)	86	105	149	59
Höhenlage von-bis (m ü.d.M.)	280-8586		395-3312	465-3798
Landwirtschaftl. Nutzfläche (ha)	75.000	2.728.600	77.800	259.000
Landwirtschaftl. Betriebe (Anzahl)	64.000	146.100	3.400	12.200
Fläche/Betrieb (ha)	1,2	18,7	22,9	21,2

Bhutan postulierte bereits 2006, dass es das erste Land sein könnte, das bis 2020 komplett auf biologischen Anbau umgestellt haben könnte (Department des Landwirtschaftsministeriums der königlichen Regierung von Bhutan, 2006; Paull, 2017). Die Regierung von Bhutan hat hierfür eine Phase Out Phase von Agrochemikalien beschlossen (RGoB, 2010).

Im Jahr 2012 haben ca. 37% der bhutanesischen Bäuerinnen und Bauern Agrochemikalien auf ca. 19% der Ackerfläche eingesetzt (MoAF, 2013).

Die Entwicklung Bhutans in Richtung eines 100% biologischen Anbaus ist seitdem eher langsam vorangeschritten.¹

Es gibt auch Inselstaaten, die sich auf den biologischen Anbau von einzelnen Anbaukulturen fokussiert haben, wie die Dominikanische Republik im Hinblick auf den Bananenanbau (Bio-Anteil: 55%) (Paull, 2017). Es gibt auch Inselgruppen wie die pazifischen Inseln Cicia (in Fiji) und Abaiang (in Kiribati), die sich zu einem 100% biologischen Anbau bekannt und im Jahr 2013 bereits komplett umgestellt haben (Paull, 2017).

¹ Im Jahr 2012 wurden fast 14.000 ha konventionell bewirtschaftet und ca. 40.000 ha biologisch, von denen ca. 38.500 ha zertifiziert biologisch sind und ca. 1.400 ha fallen unter nicht zertifizierte biologische Landwirtschaft (ohne den Einsatz von Pestiziden) (MoAF, 2013; NOP, 2016). Die Regierung von Bhutan besteht dabei nicht auf eine lückenlose Zertifizierung von biologischen Produkten, außer für die Lebensmittel, die in den Export gehen (Neuhoff et al., 2014).

3. Ziele und Fragestellungen

3.1 Fragestellungen

Die vorliegende Studie verfolgt folgende Fragestellungen: Welche Folgen hätte es, wenn Österreich seine Landwirtschaft zu 100% auf eine biologische Landwirtschaft umstellen würde? Wäre es dann überhaupt noch möglich, die österreichische Bevölkerung zu ernähren? Welche weiteren Faktoren wie Ernährungsstil, Höhe des Fleischkonsums, Lebensmittelabfall, Produktion von NawaRo², müssen berücksichtigt werden? Was wären mögliche Vorteile, und was wären mögliche Risiken einer solchen großflächigen Umstellung?

3.2 Ziele

Die Studie verfolgt folgende Ziele:

- 1) Berechnung eines „100% biologische Landwirtschaft“-Szenarios für Österreich im Hinblick auf die Auswirkungen auf pflanzliche Erträge und tierische Leistungen sowie auf die Ernährungsbilanzen in Österreich
- 2) Darstellung der Auswirkungen eines 100% Bio-Szenarios für Österreich bei verschiedenen Fleischkonsum- und Lebensmittelabfall-Szenarien (unter Einbezug internationaler Studien) auf die Ernährungssicherung
- 3) Darstellung der Auswirkungen der Vollumstellung auf biologische Landwirtschaft und den in Punkt 2 angeführten Szenarien auf Veränderungen hinsichtlich Landinanspruchnahme, Abhängigkeiten und Ernährungsresilienz,
- 4) Überblickshafte Darstellung der Auswirkungen einer Vollumstellung Österreichs auf biologische Landwirtschaft auf ausgewählte Aspekte der Umwelt (u.a. Bodenschutz, Gewässerschutz, Klima- und Artenvielfalt)

² Nachwachsende Rohstoffe sind organische Rohstoffe, die ihren Ursprung in der land- und forstwirtschaftlichen Produktion haben und für weiterführende Anwendungszwecke außerhalb des Nahrungs- und Futterbereiches verwendet werden (beispielsweise für die Herstellung von Biokraftstoff, Biogas und zur stofflichen Nutzung).

- 5) Überblickshafte Darstellung der Auswirkungen der Rahmenfaktoren einer Vollumstellung Österreichs auf biologische Landwirtschaft auf ausgewählte Aspekte der Gesundheit, Auswirkungen einer optimierten Ernährung (entsprechend den Empfehlungen des BMG bzw. der ÖGE im Sinne eines deutlich reduzierten Fleischkonsums) auf die Gesundheit
- 6) Überblickshafte Darstellung der ökonomischen Auswirkungen einer Vollumstellung Österreichs insbesondere auf ausgewählte volkswirtschaftliche Aspekte

4. Status Quo – Referenzszenario

4.1 Stand der Wissenschaft

4.1.1 Bisherige Studien

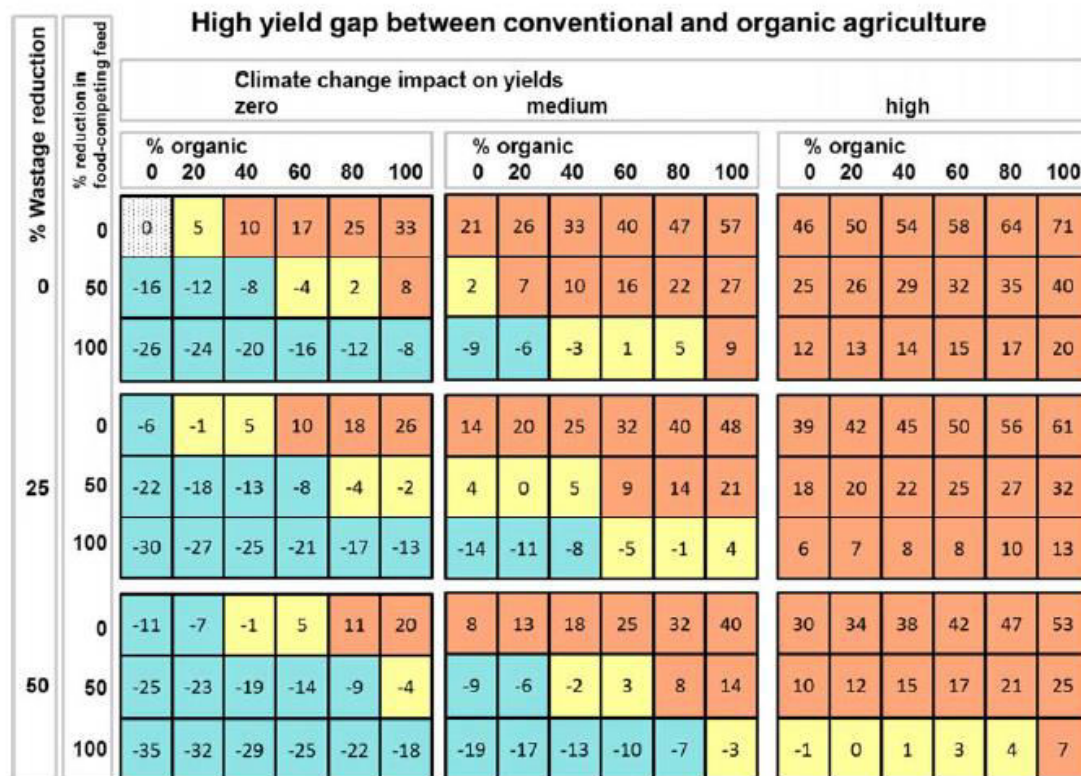
Eine aktuelle, im Journal „Nature Communications“ publizierte Studie von Muller et al. (2017) zeigte, dass eine globale Umstellung auf 100% biologischen Anbau mehr Fläche benötigen würde. Es würden damit jedoch die Stickstoff-Überschüsse und der Pestizideinsatz sinken. Die AutorInnen kamen zu dem Ergebnis, dass der Landbedarf in einem komplett biologischen Szenario **kombiniert mit einer Reduzierung des Lebensmittelabfalls und des Futtermiteinsatzes³**, mit einer simultan reduzierten Produktion und dem damit verbundenen entsprechenden Konsum von tierischen Produkten, unter dem Referenzszenario bleibt (solange der Klimawandel sich nicht stark negativ auf die Erträge auswirkt) (siehe Abb. 4).⁴ So konnten das AutorInnenteam um Muller et al. (2017) zeigen, dass eine künftig stark ansteigende Weltbevölkerung – auch eine Bevölkerung von 9,6 Mrd. Menschen im Jahr 2050 – basierend auf 100% biologischen Anbau, ausreichend mit Nahrung versorgt werden kann.

Eine 2016 von Erb et al. (2016) in „Nature Communications“ publizierte Arbeit zeigte, dass es möglich ist, dass der biologische Anbau **eine geschätzte Weltbevölkerung von 9,6 Mrd. Menschen** im Jahr 2050 ernähren kann, ohne zusätzliche landwirtschaftliche Nutzfläche gewinnen zu müssen. Naturreservate würden damit auch geschützt bleiben. Die Ernährungssicherung durch biologische Landwirtschaft ist aber für 9,6 Mrd. Menschen gesichert nur **dann realisierbar**, wenn die Menschen auf eine **vegetarische Ernährung oder eine pflanzlich betonte Ernährung** mit einem geringen Fleischkonsum umstellen. So können mithilfe der verfügbaren Flächen in sämtlichen 500 untersuchten Szenarien, die sich u.a. durch Anbaumethode sowie unterschiedliche Ernährungsweisen bzw. Ernährungsempfehlungen unterscheiden, alle Menschen ernährt werden, wenn eine durchgängig eine vegane Ernährung

³ Futtermittel, die eigens auf Ackerflächen angebaut werden und in Konkurrenz mit dem Lebensmittelanbau für den direkten Verzehr stehen.

⁴ Wenn davon ausgegangen wird, dass der Klimawandel in Summe negative Auswirkungen auf die Erträge bis 2050 mit sich bringt, würde sich der Flächenbedarf gemäß der Modellierung bis zu 55% im Falle eines 100% konventionellen Szenarios und um 71-81% gegeben des Falles eines 100% biologischen Anbausystems erhöhen.

adaptiert wird. Bei einer ovo-lacto-vegetarischen Ernährung ist die Ernährungssicherung in 94% der Szenarien realisierbar (in 71% mit hohen konventionellen Erträgen) und in 39% der Szenarien mit einer komplett biologischen Ernährungsweise (bei gleichbleibendem Fleischkonsum) (Erb et al., 2016).



Anm.: Die Szenarien unterscheiden sich hinsichtlich des Anteils des biologischen Anbaus, der Klimawandelimpacts auf die Erträge, der Abnahme der (in Konkurrenz zu direkten Humanernährung stehenden) Futtermittel und des Lebensmittelabfalls. Rot bedeutet eine Zunahme des Flächenbedarfs von mehr als 5%, blau eine Abnahme von mehr als -5% und gelb den Bereich zwischen -5 und +5% gegenüber dem Referenzszenario (grau/ 0).

Abb. 1: Prozentuelle Veränderung der Ackerflächen in Bezug auf das Referenzszenario (Muller et al., 2017)

Die Ergänzung der Umstellung auf biologische Landwirtschaft mit dem Aspekt eines **reduzierten Fleischkonsums um 50%** kann laut einer weiteren Studie zu einer deutlichen Steigerung der gesamten globalen, pflanzlichen Produktion und damit der verfügbaren pflanzlichen Nahrungsmittel führen (Seibold, 2012). Damit könnte gemäß Seibold (2012) die gegenwärtige Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln versorgt und sogar der Nahrungsmittelbedarf um 4% (konservative Berechnung) bis 8% überschritten werden.

Ein Ernährungsstil mit einem deutlich geringeren Fleischanteil hat nicht nur einen positiven Impact auf die Landverfügbarkeit und Nahrungsmittelverfügbarkeit, sondern auch auf Wasserverbrauch, Artenvielfalt, Regenwaldabholzung und Klimawandel (Schlatzer, 2011). Ebenso hat eine Ernährungsweise mit weniger Fleisch oder eine vegetarische bzw. vegane Ernährungsweise positive Auswirkungen auf die Gesundheit (siehe weiters Anhang).

In einer Studie von Zessner et al. (2011) wurde berechnet, ob es möglich ist, die österreichische Bevölkerung mit dem verfügbaren Land zu ernähren. Es wurde dabei – wie bei der vorliegenden Studie – von Daten des österreichischen Ernährungsberichtes für die Kilokalorienaufnahme der ÖsterreicherInnen ausgegangen. Im Unterschied zu dieser Studie, die von den realen Erträgen mit ihren damit produzierten Kilokalorien ausgeht, wurde jedoch von Zessner et al. (2011) die Flächeninanspruchnahme bzw. die nötige Fläche für die jeweiligen Lebensmittel errechnet (es gab dabei auch weitere Szenarien zu Import/Export, Bio/konv). Zessner et al. (2011) ermittelten, dass die Flächen, die in Österreich zur Verfügung stehen, für den aktuellen Nahrungsmittelbedarf gemäß ihrem Referenzszenario nicht ausreichen. Dabei wurden jedoch die vermeidbare Lebensmittelabfälle als gegeben hingenommen, also im Gegensatz zu dieser vorliegenden Studie, keine Reduktionsszenarien beim Lebensmittelabfall gerechnet, was eine gravierende Schwäche der Arbeit von Zessner et al. (2011) darstellt.

In dem Referenzszenario von Zessner et al. (2011) wurde von dem bestehenden Ernährungsstil in Österreich mit dem gegenwärtigen (aus Sicht einer gesunden Ernährung deutlich zu hohen) Fleischkonsum ausgegangen. Zessner et al. (2011) und weiterführend Thaler et al. (2015) berechneten jedoch unter anderem auch ein zweites Szenario, in dem eine gesündere Ernährung modelliert wurde (mit einem, entsprechend der ÖGE-Empfehlung, um fast $\frac{2}{3}$ geringeren Fleischkonsum). In dem Referenzszenario (durchschnittliche österreichische Ertragsdaten) waren schließlich die Flächen in Österreich für die Ernährung der Bevölkerung ausreichend. Gemäß Zessner et al. (2011) würde jedoch eine flächendeckende biologische Landwirtschaft, auch bei deutlich reduziertem Fleischkonsum um zwei Drittel, aufgrund der geringeren Erträge (und gewisser Importabhängigkeiten) nicht einfach umzusetzen sein.

Seibold (2012) errechnete auf Basis der verfügbaren Flächen, ob eine biologische Ernährungsweise die Weltbevölkerung ernähren könnte. Das Ergebnis war, dass eine biologische Ernährung prinzipiell möglich ist, sofern der Fleischkonsum sinkt.

Der entscheidende Faktor Fleischkonsum generiert sich aus der Tatsache, dass es bei der Umwandlung mithilfe von pflanzlichen Ressourcen zu tierischen Produkten zu einem Verlust, dem sog. Veredelungsverlust, an Kilokalorien kommt. Für 1 Kilokalorie aus Fleisch benötigt man im Schnitt 7 Kilokalorien aus pflanzlichen Ressourcen.⁵ In der hier vorliegenden Studie wurde ein konservativerer **Faktor von 1:4 angenommen**, der auch im Einklang mit Seibold (2012) steht. Dieser geringere Umwandlungsfaktor (andere Arbeiten gehen von 1:5 bis 1:7 aus) berücksichtigt die Verteilung des gegenwärtigen Fleischkonsums in Österreich auf Schweine-, Hühner-, und Rindfleisch mit ihren sehr unterschiedlichen Umwandlungsfaktoren. So wird beispielsweise Schweinefleisch in Österreich mit einem Nettokonsum von ca. 38 kg pro Person und Jahr weitaus am häufigsten gegessen und weist einen Umwandlungsfaktor von 1:3,5 auf, womit dieser unter dem angenommen Verhältnis von 1:4 liegt (siehe auch Seibold, 2012, AMA, 2017a). Zudem wird bei dem gewählten Faktor von 1:4 berücksichtigt, dass Rindfleisch und Milch in Österreich in einer vielfach auf Grünlandwirtschaft basierten Landwirtschaft produziert wird. Ein weiterer Grund ist die teilweise Mitberücksichtigung von Schlachtabfällen in den weiteren Berechnungen der unvermeidbaren Lebensmittelabfälle (siehe weiters Kap. 4.5.2 zu Lebensmittelabfall).

Der Umwandlungsverlust von pflanzliche auf tierische Kilokalorien geht auf mehrere Faktoren zurück: Das Tier benötigt für die Aufrechterhaltung basaler Körper- und Organfunktionen bzw. für den Stoffwechsel Energie und ein gewisser Teil wird von dem Tier ausgeschieden – hinzu kommt ein geringerer Ausschachtungsgrad. Daraus ergibt sich auch eine höhere Landinanspruchnahme. Laut Zessner et al. (2016) benötigen tierische Produkte um das 6,5fache mehr Fläche als pflanzliche Produkte (siehe weiters Kap. 4 sowie Anhang).

4.1.2 Konventionelle und biologische Erträge im Vergleich

Groß angelegte Studien und Metaanalysen (Lotter, 2003; Seufert et al. 2012, Stanhill, 1990; Ponisio et al., 2014; de Ponti et al., 2012; Badgley et al., 2007; Kniss et al., 2016) haben gezeigt, dass die Erträge im biologischen Anbau – insbesondere in den Industrieländern – oftmals niedriger sind – im Schnitt um 8 bis 25% gegenüber dem konventionellen (siehe Tab. 2).⁶

⁵ Es kommt hierbei auch darauf an, ob sich die Umwandlungsrate auf das Schlacht- oder Lebendgewicht bezieht (siehe weiters Smil, 2002).

⁶ Die Ertragsunterschiede zwischen biologischen und konventionellen Systemen sind prinzipiell sehr stark kontextbezogen. Einer im Nature publizierten Metaanalyse von Seufert et al. (2012) zufolge sind die Ertragsdifferenzen

Tab. 2: Ertragsunterschiede zwischen der biologischen und konventionellen Landwirtschaft (Lotter, 2003; Seufert et al. 2012, Stanhill, 1990; Ponisio et al., 2014; de Ponti et al., 2012; Badgley et al., 2007; Kniss et al., 2016; Caldbeck und Sumption, 2016) (eigene Darstellung)

Studie	Anbaukultur	Ertragsunterschied
		Bio. / Konv. (%)
Lotter (2003)	Alle	-10 bis -15
Seufert et al. (2012)	Alle	-25
Stanhill (1990)	Alle	-9
Ponisio et al. (2014)	Alle (global)	-19
de Ponti et al. (2012)	Alle	-20*
Badgley et al. (2007)	Alle (Industrienationen)	-8
Badgley et al. (2007)	Alle (Entwicklungsländer)	+80
Badgley et al. (2007)	Alle (global)	+32,5
Kniss et al. (2016)	Alle	-20
Caldbeck und Sumption (2016)	Ausgewählte Kulturen	-8 bis -25

*Ertragsunterschied konnte im biologischen Anbau durch Anwendung zweier Diversifikationspraktiken, Mehrfachernten und Rotation, substantiell reduziert werden (auf -9 resp. -8%).

Anm.: Falls nicht anders angegeben, gelten die Ertragsunterschiede für den Vergleich zwischen den konventionellen und biologischen Erträgen in den sog. Industrieländern.

Einen Ausreißer bildet die Studie von Badgley et al. (2007), die von deutlich höheren Erträgen in der biologischen Landwirtschaft ausgeht. Nach Badgley et al. (2007) könnte die biologische Landwirtschaft in den Industrieländern im Durchschnitt über alle Kulturen (inkl. tierischer Produkte) ca. 92% der aktuell produzierten Nahrung gewährleisten. In Entwicklungsländern

zwischen 5% (auf Regen basierender Hülsenfrüchteanbau, mehrjährig, auf schwach sauren und schwach basischen Böden), 13% (unter Einsatz der bestmöglichen biologischen Praktiken) und 34% (bei optimaler Vergleichbarkeit des Studiendesigns bzw. von ausgewählten Kulturen und derzeit üblichen Praktiken in der konventionellen sowie biologischen Landwirtschaft). Unter bestimmten Voraussetzungen (gute Managementpraktiken, besondere Kulturarten und Anbaubedingungen) kann jedoch der biologische Landbau beinahe denselben Ertrag erzielen. Wenn die konventionellen Erträge in Industrieländern, die auch repräsentativ für die jeweiligen regionalen Erträge sind, zum Vergleich herangezogen werden, liegt der Ertragsunterschied zwischen vergleichbaren konventionellen und biologischen Systemen bei lediglich 8-13%. Um den biologischen Anbau als wichtiges Instrument einer nachhaltigen Lebensmittelproduktion zu etablieren, müssen die limitierenden Faktoren des biologischen Anbaus besser verstanden werden und eine Bewertung der vielen sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Benefits des biologischen Anbaus miteinbezogen werden (Seufert et al., 2012).

ergaben die Berechnungen von Badgley et al. (2007), dass die Umstellung auf biologischen Landbau sogar Mehrerträge in der Höhe von bis zu 173% der konventionellen Erträge generiert. Gesamtheitlich gesehen würde demnach eine weltweite Umstellung auf die ökologische Landwirtschaft Mehrerträge in der Höhe von 132,5% mit sich bringen (Badgley et al., 2007).

Anhand von landwirtschaftlichen Daten (kein Feldversuch wie bei den meisten Studien) von US-Anbausystemen wurde in der Studie von Kniss et al. (2016) gezeigt, dass der Ertragsunterschied beim Vergleich zwischen den beiden Anbauformen im biologischen System im Schnitt um ca. 20% geringer war (Kniss et al., 2016).

Eine Metaanalyse von Ponisio et al. (2014), in der 115 Studien und mehr als 1.000 Beobachtungen berücksichtigt wurden (globale Betrachtung), zeigte, dass die Erträge im Bio-Anbau im Gegensatz zum konventionellen Anbau um ca. 19,2% (+/-3,7%) niedriger lagen. Die Studie zeigte weiters, dass der Ertragsunterschied im Bio-Landbau durch Anwendung vielfältiger Fruchtfolgen, Mischkulturen und Rotation substanziell auf -9 (+/-4%) resp. -8 (+/-5%) reduziert werden konnte (Ponisio et al., 2014).

In einer groß angelegten Metastudie von Ponti et al. (2012) wurden 362 Datensätze aus 150 Publikationen zu den Erträgen aus biologischer und konventioneller Landwirtschaft ausgewertet.⁷ Dabei wurde gezeigt, dass der relative Ertrag aus biologischer Landwirtschaft im Durchschnitt aller Kulturen 80% beträgt (mit einer großen Standardabweichung von 21%). Zudem ergaben die Auswertungen, dass sich die relativen Erträge je nach Region signifikant unterscheiden. So sind die relativen Bio-Erträge am niedrigsten in Nordeuropa (70%) und am höchsten in Asien (89%). Die Ertragsunterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft waren bei Weizen und Soja signifikant höher – diese nahmen umso mehr zu, je höher die konventionellen Erträge waren. Das AutorInnenteam konstatierte abschließend, dass mehr Forschung zur Weiterentwicklung des Ökolandbau beitragen könnte, die Ertragsunterschiede zu verringern (Ponti et al., 2012).

Auf Basis von Ertragsdaten aus den Jahren 2003 bis 2007 lagen die Erträge in Österreich im ökologischen Landbau im langjährigen Durchschnitt um 20 bis 35% niedriger als in der

⁷ Diese wurden mit verschiedenen quantitativen, statistischen Analysen ausgewertet (Varianzanalyse, Kruskal-Wallis Test, lineare und exponentielle Regressionsanalysen). Von den ausgewählten Daten stammten 85% aus Europa sowie Nordamerika, 9% aus sog. Entwicklungsländern, wobei zwei Drittel der Daten von Versuchsstationen und ein Drittel von kommerziellen Betrieben stammten.

konventionellen Landwirtschaft (Lindenthal et al., 2009). Bemerkenswert war, dass sich die Erträge der biologischen Landwirtschaft im Trockenjahr 2003 (Hitzewelle in Europa) bei einigen Feldfrüchten jenen des konventionellen Landbaus annäherten.

Die relativen Unterschiede zwischen den Erträgen bei konventioneller bzw. biologischer Bewirtschaftung sind u.a. abhängig von mehreren Faktoren (Padel und Lampkin 1994, Nieberg 1999, Offermann und Nieberg 2000):

- Intensitätsniveau vor der Umstellung
- Dauer der biologischen Bewirtschaftung
- Niveau der konventionellen Erträge
- Betriebstyp/-form, standörtlichen Voraussetzungen bzw. Bodenbonität
- Sortenwahl und Fruchtfolge
- Fähigkeiten sowie Erfahrung des Betriebsleiters/der Betriebsleiterin

Zusammenfassung und Schlussfolgerung aus den internationalen und nationalen Ertragsdaten für diese Studie

In der Literatur, basierend auf den verschiedenen Metaanalysen und Reviews, lässt sich zusammenfassen, dass der durchschnittliche Ertrag im biologischen Landbau um 8-25% geringer ist (Stanhill, 1990; Badgley et al., 2007; de Ponti et al., 2012; Seufert et al., 2012; Ponisio et al.; 2014; Lotter, 2003). Einzelne AutorInnen sind der Ansicht, dass der Ertragsunterschied in einigen Fällen prinzipiell minimiert bzw. vollständig ausgeglichen werden kann, indem u.a. Verbesserungen bei Managementtechniken und Sortenvielfalt eingesetzt werden (siehe weiters Reganold und Wachter, 2016). Dies kann für österreichische Verhältnisse nicht nachvollzogen werden, da diese Faktoren in den bisher publizierten Vergleichsversuchen nicht betrachtet wurden. Konsequenterweise werden potentielle Ertragspotenzialsteigerungen durch entsprechende Methoden in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Für die **vorliegende Studie** wurden **die österreichischen Ertragsdaten** von Resl und Brückler (2016) basierend auf Daten der Statistik Austria als Berechnungsgrundlage gewählt, d.h. es wurden durchschnittlich **um 34% geringere Erträge in der biologischen Landwirtschaft** im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft angenommen (siehe weiters Kap. 4.2.1). Das

bedeutet weiters, dass der Ertragsunterschied bei pflanzlichen Produkten auch um durchschnittlich 6% höher angenommen wurde als bei Zessner et al. (2011).

4.2 Methodische Beschreibung der Szenarien

Für die Berechnung des Status Quo/konventionellen Szenarios (inkl. eines gegebenen biologischen Anteils von ca. 22% im Jahr 2015) dienten als Datengrundlage für die Berechnung der Flächen sowie der Erträge die vorhandenen Daten des Grünen Berichtes (2017) des BMLFUW sowie längere Ertragsreihen der Statistik Austria. Fehlende Daten wurden anhand entsprechender Literaturquellen ergänzt. Für die Berechnung der Fläche wurden die 12 wichtigsten Anbaukulturen in Österreich herangezogen (weiterführende Details zu den Methoden werden in den entsprechenden Kapiteln genauer beschrieben).

Für die Berechnung des Szenarios eines reduzierten Fleischkonsums wurden als Grundlage die Empfehlungen der ÖGE (Österreichischen Gesellschaft für Ernährung) verwendet. Im Lebensmittelabfallszenario wurden bestehende Erhebungen zu den vermeidbaren Lebensmittelabfällen herangezogen.

Die Vorteile der biologischen Landwirtschaft wurden anhand der Szenarien sowie bestehender Literatur herausgearbeitet.

Methodische Einschränkungen:

- Versorgungsbilanz ohne Berücksichtigung von Importen sowie Exporten (Sojafuttermittel sowie Anteil der Industrie zum Teil berücksichtigt bzw. diskutiert)
- Nicht berücksichtigt sind Veränderung der landwirtschaftlichen Nutzung
- Nicht berücksichtigt sind mögliche Ertrags- und Effizienzsteigerungen in der Landwirtschaft
- Die Einflüsse des Klimawandels auf die Erträge wurden nicht betrachtet.

4.3 Bilanzierung der Nahrungsmittelströme in dieser Studie

Eine Übersicht der in dieser Studie berücksichtigten Bereiche im Status Quo Szenario der österreichischen Ernährungswirtschaft bzw. der Nahrungsmittelströme gibt die folgende Darstellung in Form eines Flussdiagramms (siehe Abb. 1).

Nahrungsmittelströme in Österreich

Flussdiagramm

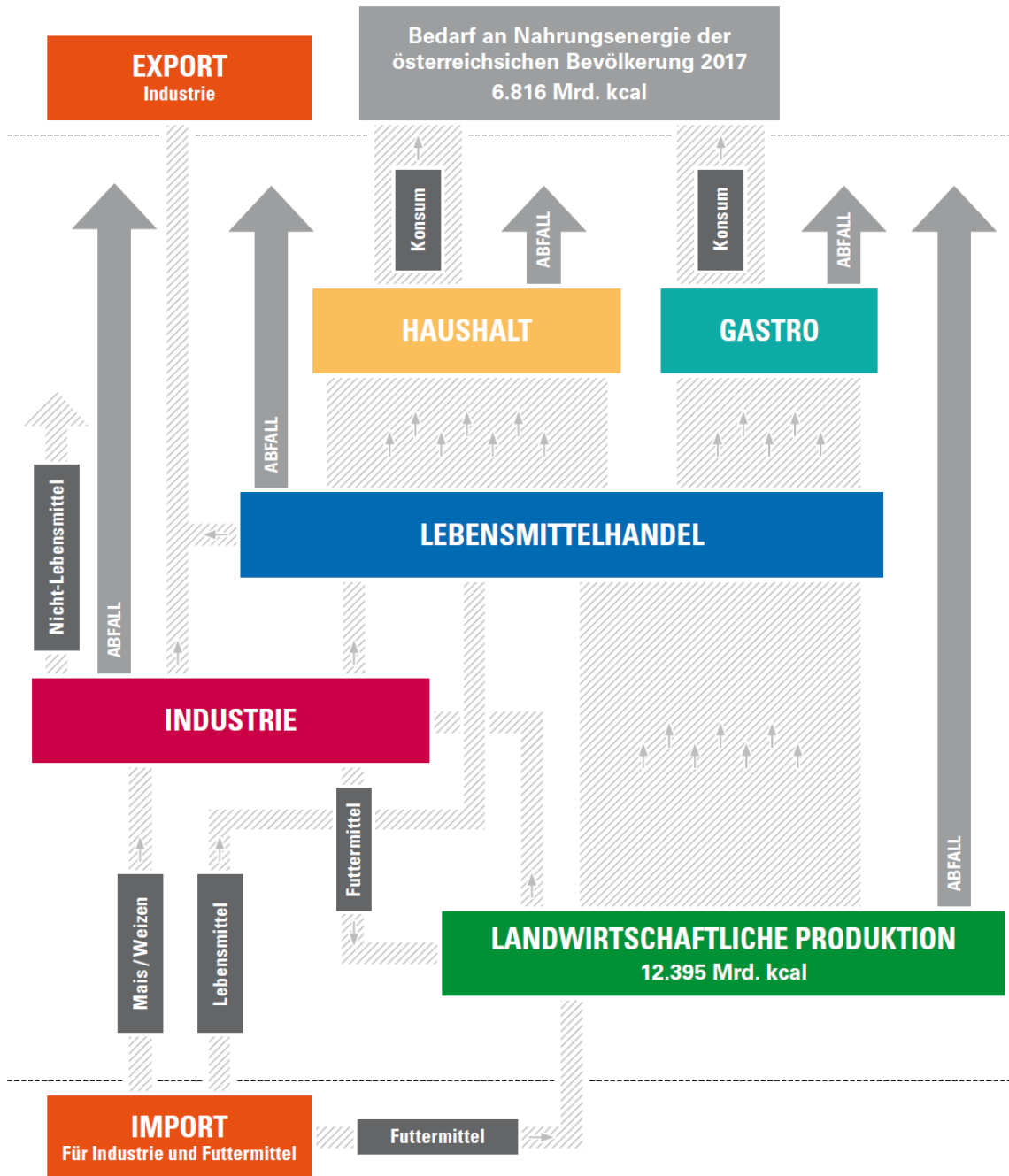


Abb. 2: Nahrungsmittelströme in Österreich sowie ausgewählte relevante Inputs und Outputs für das Ernährungssystem bzw. die gesamte landwirtschaftliche Produktion (Eigene Darstellung, vereinfacht)

Das Zentrale an den vorliegenden Berechnungen ist die landwirtschaftliche Produktion und der Bedarf der österreichischen Bevölkerung. Da es in dieser Studie um eine reine Bilanzierungsstudie zwischen Produktion und Bedarf der österreichischen Bevölkerung geht, wurden Nahrungsmittelimporte und -exporte prinzipiell nicht berücksichtigt. Jedoch sind in der Berechnung der zur Verfügung stehenden Kilokalorien durch die eigene Produktion importierte Sojafuttermittel enthalten, und der Bedarf der Industrie und Import/Exportbilanzen werden in diesem Kontext gesondert diskutiert (siehe weiters Kap. 4.5.4).

4.3.1 Datengrundlage

a) Daten für die pflanzlichen Erträge in Österreich

Internationale Studien haben zum Ersten gezeigt, dass eine große Schwankungsbreite hinsichtlich der unterschiedlichen Kulturen und Anbauregionen gegeben ist (Seufert et al. 2012; Ponisio et al., 2014; de Ponti et al., 2012; Badgley et al., 2007; Kniss et al., 2016). Zum Zweiten sind die Ertragsunterschiede zwischen konventionellem und biologischen Anbau in gewissen Fällen weniger relevant (siehe weiters Kap. 3.1).

In der vorliegenden Studie wurden großteils die Ertragsdaten von der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (Resl und Brückler, 2016) als Grundlage genommen. Diese Ertragsdaten bei den meisten Kulturen entsprechen einem 12-jährigen Durchschnitt (2003-2015) und basieren auf den Daten der Statistik Austria (2003-2015). Diese Daten wurden noch geringfügig um Ertragsdaten des FiBL (2018) ergänzt.

Die für diese Studie – auf Resl und Brückler (2016) basierenden Ertragsdaten – angenommenen verminderten, **relativen Mengenerträge in der biologischen Landwirtschaft** bzw. das geringere Ertragspotential betragen:

- **im Schnitt 66%⁸** (100% = konventionell)
- bei einer Bandbreite der Annahmen von 50,9% für Kartoffel bis 91,2% für Soja

⁸ Muller et al. (2017) gingen hingegen in ihrer Studie von den internationalen, anerkannten Durchschnittswerten für den Ertragsunterschied zwischen konventionellem und biologischen Anbau aus (**-8% Reduktion in einem ersten Szenario und -25% in einem zweiten Ertragsszenario**).

Diese verwendeten **Mindererträge** der biologischen Landwirtschaft sind **als sehr hoch angenommen worden, sprich die hier angenommenen Erträge ergeben ein sehr konservatives Szenario.**

Da die Erträge in Abhängigkeit von Region und klimatischen Bedingungen sehr verschieden sind und mehr oder weniger schwanken können, wurden die unterschiedlichen Erträge in den verschiedenen Anbaugebieten (trocken, gelegentlich trocken und feucht) berücksichtigt und entsprechend gewichtet. Das bedeutet, dass die Erträge der jeweiligen klimatischen Anbauregionen grob nach ihrem Anteil gewichtet wurden: Trockengebiete mit 6/10, gelegentlich trockene Gebiete mit 3/10 und feuchte Gebiete mit 1/10.

b) Daten für tierische Leistungen in Österreich

Im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung wurde bei den biologischen Tierprodukten ein **um 10% vermindertes Produktionsniveau** aufgrund des tendenziell geringeren Leistungsniveaus angenommen (Lindenthal et al., 2010). Der Ertragsunterschied ist somit generell in der biologischen Tierhaltung wesentlich geringer als im biologischen Ackerbau.

Ausgehend von der österreichischen Erzeugung (Gesamtmenge der in Österreich geschlachteten Tiere⁹; inkl. Einfuhren von Futtermitteln, siehe weiters Diskussion zur Eiweißlücke bzw. Kap. 4.3.1) der wichtigsten tierischen Produkte – Fleisch durch Rinder, Kälber, Schafe, Schweine, Hühner und Puten (AMA, 2017b) sowie Milch und Eier – wurde die gesamte in Österreich produzierte Nahrungsenergie auf Basis der Energiewerte der GU-Nährwerttabelle von Rust et al. (2015) berechnet.

4.3.2 Landwirtschaftliche Nutzfläche in Österreich

In Österreich gibt es zum einen **Grünlandflächen**, die in Summe ca. **1,36 Mio. ha** betragen, wobei der Großteil als Mähwiesen/-weiden und Almen mit einem Anteil von ca. zwei Drittel genutzt wird (Grüner Bericht, 2017). Das auf den Grünlandflächen produzierte Grundfutter geht in die tierische Produktion (dabei primär in die Milch- und Rindfleischproduktion) und bleibt in der vorliegenden Studie unverändert, d.h. diese werden nicht in die Berechnungen

⁹ Es wurde in einem nächsten Schritt ein Reduktionsfaktor von -25% aufgrund von Sehnen und Knochen, die bei der Produktion anfallen und für die verfügbare Kilokalorienmenge weniger bis nicht relevant sind, berücksichtigt.

miteinbezogen (siehe Kap. 3.3.1 zur Pflanzen- sowie Tierproduktion). Wenn man Ackerland und Grünlandflächen berücksichtigt nehmen tierische Produkte laut De Schutter und Bruckner (2016) einen Anteil von 75% der Flächen für die Nahrungsproduktion in Österreich ein.

Zum anderen gibt es landwirtschaftliche **Ackerflächen** (inkl. Gemüse- und Erdbeeranbau), die in Österreich im Jahr 2016 ca. **1,34 Mio. ha** betrugen (Grüner Bericht, 2017). Den Hauptanteil daran hatten:

- Futtergetreideanbau (32%)
- Brotgetreideflächen (27%)
- Feldfutterbauflächen (17%)

Diese drei Kulturartengruppen machten gemeinsam ca. **drei Viertel (76%) der gesamten Ackerflächen** Österreichs aus.

Auf den restlichen Ackerflächen wurden Ölpflanzen (12%), Hackfrüchte (5%) Körnerleguminosen (2%) sowie sonstige Kulturarten (6%; u.a. Brache, Gemüse, Heil- und Gewürzpflanzen, Erdbeeren, Energiegräser, Hanf) angebaut (siehe Tabelle 3).

Tab. 3: Verteilung der Kulturarten auf der gesamten Ackerfläche in Österreich (in ha bzw. Prozentanteilen) (Eigene Darstellung nach Grüner Bericht, 2017) Anm.: Prozentwerte leicht gerundet.

Feldfrüchte	Fläche	
	Hektar	Anteil
Getreide	784.314	59%
Brotgetreide	355.086	27%
Futtergetreide	429.228	32%
Körnerleguminosen (Eiweißpflanzen)	24.792	2%
Hackfrüchte	64.851	5%
Ölfrüchte	152.929	11%
Feldfutterbau (Grünfutterpflanzen)	233.432	17%
Sonstige Ackerfrüchte	76.175	6%
Gesamtackerland	1.336.492	100%

Für diese Studie wurde zur Berechnung der Produktion der Nahrungsenergie (in kcal) die gesamte derzeit genutzte Ackerfläche, abzüglich der Feldfutterflächen von ca. 0,23 Mio. ha berücksichtigt, da diese als (Grund-)Futtermittel (Klee gras, Luzerne, Ackerwiese sowie Silo- und Grünmais) weitgehend in die Tierhaltung resp. in die Fleischproduktion eingehen.

Die hier betrachtete Fläche mit den wichtigsten Anbaukulturen beträgt:

$$\begin{array}{l} 1,34 \text{ Mio. ha (Gesamtackerland)} \\ - 0,23 \text{ Mio. ha (Feldfutterflächen)} \\ \hline \mathbf{1,1 \text{ Mio. ha (exklusive Feldfutterflächen)}} \end{array}$$

In diesen 1,1 Mio. ha sind u.a. 0,10 Mio. ha „**Restflächen**“ enthalten (Fläche mit einer Vielzahl verschiedenster Kulturarten, z.B. Öllein, Linsen, Kichererbsen, Sorghum, Mohn, die nur relativ kleine Anbauflächen umfassen).

Der Anbau der **17 wichtigsten Anbaukulturen** verteilt sich auf ca. 1,00 Mio. ha, womit diese den Großteil der österreichischen Ackerflächen einnehmen. Diese 17 Kulturarten sind: Weichweizen, Dinkel, Roggen, Wintergerste, Sommergerste, Hafer, Triticale, Körnermais, Sojabohnen, Ölkürbis, Speiseerdäpfel, Körnererbsen, Ackerbohnen, Zuckerrüben, Ölraps, Ölsonnenblume und Hirse.

Diese 17 wichtigsten Anbaukulturen werden derzeit auf 75% der gesamten Ackerfläche angebaut. Weitere 17% entfallen auf Feldfutterflächen (die wie beschrieben nicht betrachtet werden und vollständig bei den Berechnungen ausgeklammert werden) und die restlichen 8% machen sonstige Ackerflächen und übrige Anbaukulturen aus („Restflächen“, insg. 0,10 Mio. ha, siehe oben). Dauerkulturen wie oftmals Obst und Gemüse machen gemeinsam einen geringfügigen Anteil aus, daher ist diese Fläche bei den sog. „Restflächen“ enthalten. So hat Gemüse (Freiland inklusive Glashau- bzw. Folienanbau) lediglich einen Anteil von 1,2% an der gesamten Ackerfläche in Österreich (Grüner Bericht, 2017).

Aufgrund der Tatsache, dass in Österreich mehr als die Hälfte (52%) aller Ackerflächen zur Erzeugung von Futtermitteln (Mais und vor allem Weizen) genutzt wird, wird als Grundlage für die Ertragsberechnung für pflanzliche Nahrungsmittel etwas weniger als die **Hälfte (48%) der Fläche** ausgegangen. Dies erfolgt deswegen, weil sich die Kilokalorien in den Futtermitteln, die

auf den 52% der Ackerflächen produziert werden (also neben den auf Grünlandflächen generierten Futtermitteln) nach der Verfütterung in tierischen Produkten wiederfinden (ansonsten würden diese Flächen doppelt einberechnet werden).

Die **Restflächen** wurden hinsichtlich der Kulturarten in dieser Studie modelliert, d.h. es wurde für diese Fläche von einer Kultivierung der wichtigsten 8 Anbaukulturen ausgegangen. Dabei wurden diese 100.000 ha aufgeteilt auf:

- a) Weizen, Gerste (Wintergerste, Sommergerste) und Mais zu je einem Drittel auf 80.000 ha Restflächen
- b) Sojabohnen, Raps inkl. Rübsen, Ölkürbis, Roggen, Triticale gleichermaßen auf 20.000 ha Restflächen

4.4 Der Nahrungsenergiebedarf der österreichischen Bevölkerung

Die Bevölkerungszahl Österreichs betrug im Jahr 2017 in Summe ca. **8,77 Mio. EinwohnerInnen**, wobei der Anteil der Frauen und Männer bei 4,31 Mio. bzw. 4,46 Mio. Menschen lag (Statistik Austria, 2017). Ausgehend von dem österreichischen Ernährungsbericht wurde der entsprechende Energiebedarf der österreichischen Bevölkerung gerechnet, d.h. der **Energiebedarf** der österreichischen Bevölkerung berechnet **auf Basis des österreichischen Ernährungsberichtes** (Elmadfa et al., 2017).

Der Bedarf eines Mannes beträgt hierbei 2.453 kcal und der einer Frau 1.815 kcal pro Tag (was einem durchschnittlichen Bedarf einer Person von 2.134 kcal/d entspricht), was sich ausgehend von Elmadfa et al. (2017) auf die Altersgruppe von 18 bis 64 bezieht. Wenn man die Altersstruktur in Österreich berücksichtigen würde und den Bedarf anhand der Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE, 2017) für die Kilokalorienmenge in den entsprechenden Altersgruppen errechnet, wäre der Bedarf der österreichischen Bevölkerung geringer (6.394 Mrd. kcal). Dies hätte dann auch einen Einfluss auf die Versorgungsbilanz, d.h. eine komplett biologische Landwirtschaft würde diesen Bedarf ohne Reduktionsszenarien in Folge bereits decken.

Es gibt auch Konsumzahlen, die von der FAO (Ernährungs-, und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen) regelmäßig publiziert werden (Food Balance Sheets). Diese fallen bezüglich Österreich mit einer Nahrungsenergiemenge von ca. 3.800 kcal pro Tag und Person deutlich höher aus. In den 3.800 kcal sind jedoch, wie auch die FAO einräumt, Lebensmittelabfall sowie Lebensmittelverluste enthalten, d.h. dass dieser Wert nicht der tatsächlich verzehrten, geringeren Netto-Nahrungsenergieaufnahme entspricht.¹⁰

Es wurden auch keine Protokolle über die tatsächliche Aufnahme an Lebensmittel bzw. Kilokalorien geführt. Die in der vorliegenden Studie verwendeten, wesentlich geringeren Werte entsprechen auch der Energieaufnahme, die im Rahmen der 2. Nationalen Verzehrsstudie in Deutschland ermittelt wurden (2.413 kcal/d für Männer und 1.833 kcal/d für Frauen) (BMEL, 2008). Die gewählten Varianten reihen sich ebenso in die Bandbreite der ermittelten Energieaufnahmen, die im Rahmen der EPIC-Studie für 10 Länder eruiert wurde (Ocké et al., 2009).¹¹

Tab. 4: Bevölkerungszahl und Nahrungsenergiebedarf in den zwei definierten Varianten (eigene Darstellung und Berechnungen basierend auf Elmadfa et al., 2017 und Zessner et al., 2011)

Bevölkerung Österreich 2017 (Mio.)	Insgesamt	8,77
	Männer	4,31
	Frauen	4,46
Energiebedarf/Person (kcal/d)	Männer	2 453
	Frauen	1 815
Energiebedarf Bevölkerung (Mrd. kcal/Jahr)	Gesamt	6 816

(Mio. ...Millionen; kcal...Kilokalorien; d...Tag)

Der **errechnete Nahrungsenergiebedarf der gesamten österreichischen Bevölkerung** beträgt auf Grundlage des letzten österreichischen Ernährungsberichtes in Summe ca. 17 Mrd. kcal/d bzw. **6.816 Mrd. kcal pro Jahr**.

¹⁰ siehe weiters FAO (2009) bzw.

(http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/food_security_statistics/FoodConsumptionNutrients_en.xls)

¹¹ siehe weiters Ocké et al. (2009) bzw. <https://www.nature.com/articles/ejcn200972/tables/1>

4.5 Verfügbare Energie aus Lebensmitteln im Referenzszenario

4.5.1 Gesamtenergieproduktion in Österreich

Diese Studie basiert auf dem Energiegehalt der produzierten Lebensmittel. Die errechneten Kilokalorien wurden anhand der Durchschnittserträge (2003-2015) der wichtigsten Anbaukulturen auf den jeweiligen vorhandenen Flächen (47% der gesamten Ackerfläche; **zunächst exklusive der modellierten Restflächen**) berechnet. Mit den durchschnittlichen Kilokaloriengehaltsangaben der entsprechenden rohen sowie unverarbeiteten Lebensmittel von Rust et al. (2015) konnte so die gesamte Energie, die auf den jeweiligen Flächen (kcal/ha) und gesamtheitlich produziert wurde, berechnet werden. Für eine Übersicht über die wichtigen Bereiche in der landwirtschaftlichen Produktion siehe Abb. 3.

Bei der Berechnung werden letztendlich die pflanzlichen sowie die tierischen Kilokalorien zusammengerechnet und in einem nächsten Schritt die Kilokalorien der definierten bzw. modellierten Restfläche sowie der modellierten bzw. umgewidmeten Bioenergiefläche addiert und die Kilokalorien von den Saatgutflächen und dem Lebensmittelabfall abgezogen (siehe auch Tab. 12 für eine Übersicht). Die Industrie wird ebenso, soweit in diesem Rahmen möglich, berücksichtigt und in die Bilanz miteinbezogen (siehe Kap. 4.5.4).

a) Energieproduktion der pflanzlichen Nahrungsmittel

Die aktuelle Energieproduktion der pflanzlichen Nahrungsmittel (exklusive der sog. Restfläche, siehe Kap. 3.3.3) beträgt für 1 Jahr auf Basis der Durchschnittserträge (2003-2015):

- ➔ berechnet mit Erträgen der großteils konventionellen/**Status Quo Landwirtschaft** (88% konventionell, 22% biologisch; Stand 2015): ca. **9.650 Mrd. kcal**
- ➔ berechnet mit Erträgen aus 100% **biologischer Landwirtschaft**: ca. **6.539 Mrd. kcal**

b) Energieproduktion der tierischen Nahrungsmittel

In der Tierhaltung wurden die jeweiligen Energiegehalte von Fleisch durch Kälber, Schafe, Schweine, Hühner und Puten sowie Milch und Eier anhand des Fleischanfalls in Österreich kalkuliert (AMA, 2017b).

Fleisch 65 kg/Kopf/Jahr

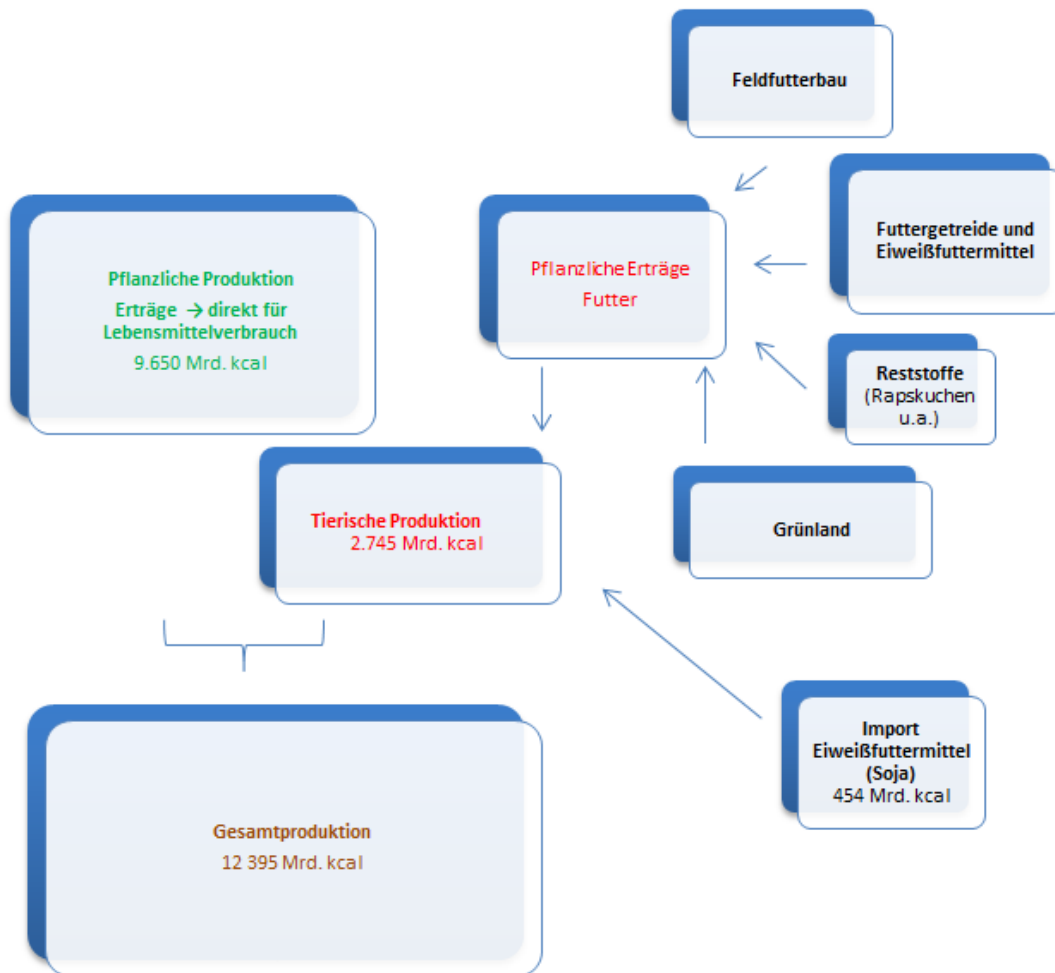


Abb. 3: Landwirtschaftliche Produktion in Österreich in einem Jahr (konventionell; ohne Berücksichtigung von Saatflächen, Lebensmittelabfall und „Restflächen“) (Eigene Darstellung)

Die Gesamtkilokalorien ergaben 3.660 Mrd. kcal in der konventionellen Variante sowie ca. 3.294 Mrd. kcal im Falle der biologischen Variante. Diese Mengen wurden um einen Faktor von -25% reduziert, um den Anteil der Schlachtabfälle bzw. der Knochen und Sehnen herauszurechnen. Im Gegensatz zu Zessner et al. (2011), die für den durchschnittlichen Schlachtabfall bei Schwein, Rind und Huhn -35% (plus 15% der Verluste u.a. im Haushalt) annahmen, wird in dieser Studie somit ein konservativerer Ansatz gewählt.

Die gesamte erbrachte Energieleistung der tierischen Nahrungsmittel lag somit in Summe

- ➔ für die **konventionelle Variante / Status Quo** bei ca. **2 745 Mrd. kcal**
- ➔ in der **biologischen Variante (100% Biolandbau)** bei ca. **2 471 Mrd. kcal**.

c) Gesamtenergieproduktion (pflanzliche und tierischen Nahrungsmittel)

In Summe ergibt sich eine Gesamtkilokalorienmenge (ohne Zuschläge sowie Abzüge) von **12.395 Mrd. bzw. 9.010 Mrd. kcal** für die konventionelle Variante / Status Quo bzw. die 100% Biolandbau-Variante.

Bei der Gesamtberechnung wurde bei der pflanzlichen Nahrungsenergieproduktion berücksichtigt, dass die für Futtermittel eingesetzten Mengen von der pflanzlichen Gesamtenergieproduktion abzuziehen sind. **In Österreich werden 58% des gesamten Getreides, 86% der Hülsenfrüchte und 22% der Ölsaaten an Tiere verfüttert** (Grüner Bericht, 2017).

d) Import von Eiweißfuttermitteln

Bei der tierischen Nahrungsenergieproduktion kommt zur österreichischen Futtermittelproduktion noch der **Import von Sojafuttermittel**¹² hinzu, die auch einen großen Impact auf die Landinanspruchnahme, Regenwälder und Klimawandel haben (siehe weiters Schlatzer, 2011). So stammt der Großteil der in Österreich benötigten Sojamengen aus dem Ausland. Österreich importiert **pro Jahr im Schnitt ca. 550.000 t** Sojaschrote und -kuchen sowie andere Sojaprodukte in Form ganzer Bohnen oder Mehl (AGES, 2015). Im Referenzszenario sind diese Importströme (wie auch andere Import-/Exportströme) wie auch in den anderen Szenarien nicht berücksichtigt. Diese Importabhängigkeit würde sich jedoch in einem reduzierten Kraftfuttermittelszenario reduzieren und sich folgerichtig auf die Importmengen auswirken (siehe Kap. 5.3.1 zur sog. Eiweißlücke sowie punktuelle Diskussion in Kap. 4.5.4 zu Industrie).

¹² Die Daten zu den Sojaimporten für Futtermittel sind im Grünen Bericht (2017) nicht zu finden.

4.5.2 Lebensmittelabfall

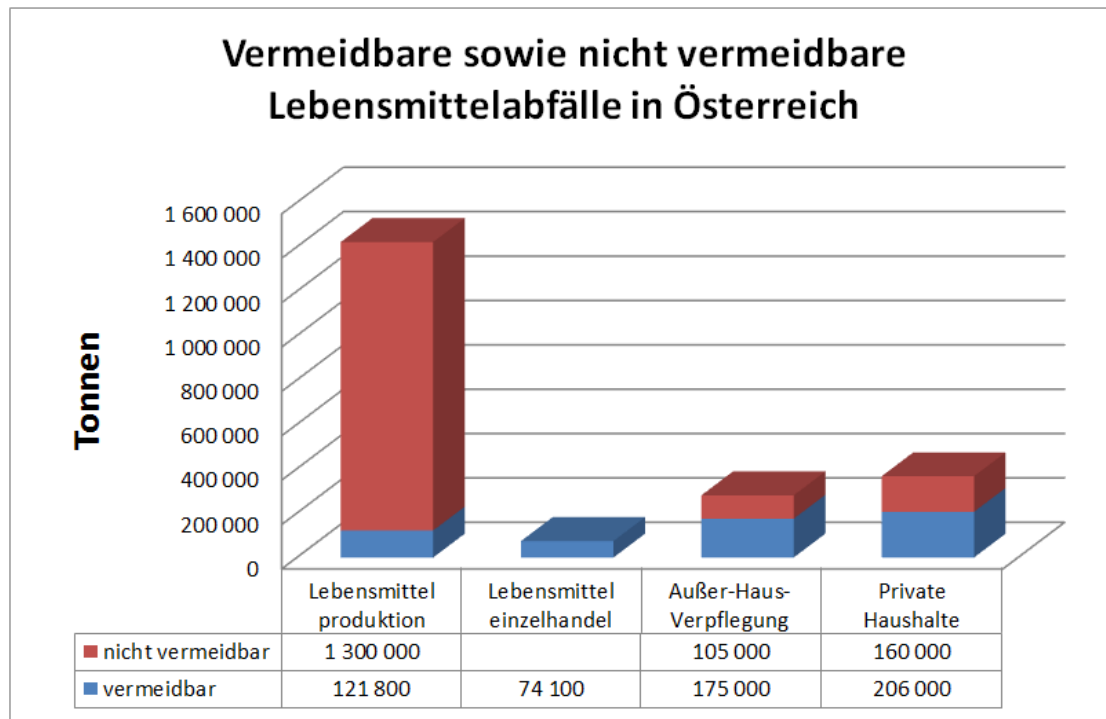
Laut Schätzungen der FAO, der Landwirtschafts- und Ernährungsorganisation der Vereinten Nationen, wird ein Drittel (1,4 Mrd. t) der global produzierten Lebensmittel weggeworfen oder resultiert aus Verlusten in der Lebensmittelwertschöpfungskette (FAO, 2013).^{13,14} Das entspricht ca. der 4fachen Menge, die nötig wäre, um die global hungernden 795 Mio. Menschen (im Jahre 2016) mit Lebensmittel zu versorgen (EU-Fusions, 2016). Die für den Anbau von produzierten, aber nicht konsumierten Lebensmitteln benötigte Fläche beläuft sich auf fast 30% der weltweiten Agrarfläche (1,4 Mrd. ha).

Die mit dem Lebensmittelabfall verbundenen direkten finanziellen Einbußen (ohne Meeresfrüchte und Fisch) belaufen sich jährlich auf 750 Mrd. \$ (565 Mrd. €) (FAO, 2013). Der weltweite Lebensmittelabfall entspricht zudem einem Anteil von 3,3 Gigatonnen an CO₂-Äquivalenten, womit dieser im Vergleich zu den gesamten, nationalen CO₂-Emissionswerten aller Länder an 3. Stelle nach den USA und China rangieren würde (EU-Fusions, 2016).

Weggeworfene Lebensmittel in den Haushalten und der Gastronomie sowie Abfälle aus der Lagerung und Lebensmittelverarbeitung (u.a. Molkereien, Bäckereien sowie Gemüseverarbeitung) machen einen nicht unerheblichen Anteil an der Gesamtproduktion in Österreich aus. Der **Anteil der gesamten Lebensmittelabfälle** liegt gemäß Erhebungen sowie Berechnungen und Schätzungen für Österreich entlang der (gesamten) Produktkette in Summe **zwischen 577.000 t (vermeidbare Lebensmittelabfälle insbes. im Haushalt und Gastronomie) und 2.163.000 t** (Summe aus vermeidbaren und unvermeidbaren Lebensmittelabfällen) (Scholz, 2017; Hietler und Pladerer, 2017; Pladerer et al., 2016). Zu den unvermeidbaren Lebensmittelabfällen gehören u.a. Reststoffe und Abfallprodukte aus der Lebensmittelverarbeitung (s. Ausführung unten).

¹³ Gemäß *Gustavsson (2011)* beläuft sich die Menge an weggeworfenen Nahrungsmitteln auf 30-50%.

¹⁴ Für einen Literaturüberblick siehe weiters *Schneider (2013)*.



Anm.: Lebensmittelproduktion bezieht sich auf die verarbeitende Industrie, d.h. die landwirtschaftliche Produktion ist darin nicht enthalten.

Abb. 4: Vermeidbare und unvermeidbare Lebensmittelabfälle in den unterschiedlichen Stufen des Ernährungssystems in Österreich (t) (Eigene Darstellung auf Basis von Pladerer et al., 2016; WWF, 2017; Hietler und Pladerer, 2017)

Aus **ca. 2,16 Mio. t an gesamtem (unvermeidbarem und vermeidbarem) Lebensmittelabfall** (s Abb. 4) ergibt sich, umgerechnet anhand der Kilokalorienmenge, die in den jeweiligen Lebensmittelproduktgruppen enthalten ist, eine theoretische Gesamtkalorienmenge von ca. 5.429 Mrd. kcal. Wie erwähnt handelt es sich hinsichtlich der nicht vermeidbaren Lebensmittelabfälle jedoch vielfach um Bestandteile, die einen wesentlich niedrigeren Kilokaloriengehalt aufweisen und vielfach nicht für den menschlichen Verzehr geeignet sind.

Darunter fallen:

- Reststoffe bei Getreide- und Backwaren (Spelzen, Schalen¹⁵)
- Reststoffe bei Gemüse und Kartoffeln (Schalen, Schälreste)

¹⁵ Hier fällt ein großer Teil in den Bäckereien sowie Mühlen an.

- Abfallprodukte in der Milchproduktion (Molke¹⁶)
- Schlachtnebenprodukte (Knochen, Sehnen)
- Schalen von Eiern

Da konkrete Kilokalorienangaben bezüglich dieser nicht vermeidbaren (wie auch häufig bei den vermeidbaren) Lebensmittelabfälle fehlen, wurde eine vereinfachte Annahme gemäß ExpertInnenschätzung getroffen: So wird der **Energiegehalt** (in kcal), **mit Berücksichtigung eines geringeren Energiegehaltes** der oben beschriebenen Bestandteile von unvermeidbaren Lebensmittelabfällen, in Summe auf **die Hälfte der Energiemengen**, die in den jeweiligen verzehrbaren Lebensmittelproduktgruppen enthalten sind, geschätzt. Das bedeutet, dass eine Gesamtenergiemenge **von ca. 2.715 Mrd. kcal an Lebensmittelabfällen** entlang der gesamten Lebensmittelwertschöpfungskette verloren geht und von der gesamten landwirtschaftlichen Produktion (gemäß der Berechnungen anhand der Angaben im Grünen Bericht, 2017) abzuziehen ist.

Basierend auf den Arbeiten von Pladerer et al. (2016), WWF (2017) sowie Hietler und Pladerer (2017) wird in dieser Studie von einem Anteil an **vermeidbaren Lebensmittelabfällen** von **577.000 t pro Jahr** ausgegangen (siehe Abb. 4) (siehe für die weiteren Abfallszenarien Kap. 5.2 sowie 5.3 und Anhang).¹⁷

Hinzu würden die Lebensmittelabfälle aus der Landwirtschaft kommen, die in Österreich bei ca. 150.000 bis 300.000 t im Fall von Gemüse und Obst liegen dürften. Da jedoch das meiste an landwirtschaftlichem Lebensmittelabfall in der Literatur als unvermeidbar angesehen wird bzw. in Summe schwer zu eruieren ist, wird es in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.

Ausgehend von den prozentuellen Anteilen des Lebensmittelabfalls in den einzelnen Lebensmittelgruppen (Getreide, Fleisch, Milchprodukte etc.) konnten (mithilfe den

¹⁶ Allein der Anteil der nicht verwerteten Milcherzeugnisse (mit einem großen Teil an Molke) in der Lebensmittelproduktion beläuft sich nach Pladerer und Hietler (2017) auf eine Gesamtmenge von 419.000 t.

¹⁷ Da zum einen harte Daten für den vermeidbaren Anteil der Lebensmittelabfälle in der Landwirtschaft in Österreich fehlen, können diese nicht bei den Berechnungen berücksichtigt werden. Weitere Studien, beispielsweise Berechnungen für Deutschland haben gezeigt, dass der Anteil an vermeidbaren deutlich höher ist, da hier fast alle Lebensmittelabfälle miteinbezogen wurden sowie ein höherer Anteil an Haushaltsabfällen errechnet wurde (WWF, 2015).

entsprechenden Nährwerten des jeweiligen Produkts) in einem weiteren Schritt auch die Gesamtkilokalorien der vermeidbaren Lebensmittelabfälle errechnet werden, die wiederum der Gesamtenergieproduktion in den jeweiligen Abfallszenarien hinzugefügt wurden (siehe weiters Kap. 6.1). Für eine Aufteilung der Lebensmittelabfälle nach Sektoren siehe Abb. 5.



Anm.: Lebensmittelproduktion bezieht sich auf die verarbeitende Industrie, d.h. die landwirtschaftliche Produktion ist darin nicht enthalten.

Abb. 5: Gesamte Lebensmittelabfälle in den unterschiedlichen Sektoren entlang der Ernährungskette (exklusive Landwirtschaft) (Darstellung nach Pladerer et al., 2016 und Hietler und Pladerer, 2017)

4.5.3 Ergebnis Saatgutflächen und Restfläche

Ein relativ kleiner Teil der Ackerflächen Österreichs (ca. 28.908 ha) ist für die **Saatgutvermehrung** erforderlich und muss daher von den verfügbaren Ackerflächen bzw. von der Gesamtenergieproduktion abgezogen werden (siehe Tab. 5). Durch die Ermittlung des prozentuellen Saatgutanteils der jeweiligen Hauptkulturen kann über den Ertrag die entsprechende Kilokalorienmenge errechnet und von der pflanzlichen Gesamtenergieproduktion abgezogen werden. Es ergibt sich eine abzuziehende Kilokalorienmenge für Saatgut von insgesamt **580 Mrd. kcal**.

Tab. 5: Produktion und Anteil der Saatgutproduktion an der Gesamterzeugung der jeweiligen Anbaukultur (in t und %) (Berechnung nach Grüner Bericht, 2017)

Bilanzposten	Weichweizen	Hartweizen	Roggen	Gerste	Hafer	Körnermais	Triticale	Menggetreide	Anderes Getreide	Getreide insgesamt
Erzeugung (t)	1.637.262	88.475	171.074	840.433	96.255	1.637.905	284.129	27.969	60.297	4.843.799
Saatgut (t)	52.540	4.645	5.612	25.343	3.828	8.821	9.322	1.011	208	111.332
Saatgutanteil (%)	3,2	5,3	3,3	3,0	4,0	0,5	3,3	3,6	0,3	2,3

Bilanzposten	Raps und Rüben	Sonnenblumenkerne	Sojabohnen	Sonstige Ölsaaten	Alle Ölsaaten	Erdäpfel	Hülsenfrüchte (Körnererbsen, Ackerbohnen)
Erzeugung (t)	111.745	38.060	136.195	25.734	311.734	536.473	54.866
Saatgut (t)	159	100	4.983	451	5.693	50.901,6	4.161
Saatgutanteil (%)	0,1	0,3	3,7	1,8	1,8	9,5	7,6

Die auf der modellierten **Restfläche** produzierten Kilokalorien lagen bei ca. **1.763 Mrd. kcal** im konventionellen **und** bei **1.168 Mrd. kcal** im biologischen Fall. Diese Kilokalorienmenge muss zu den errechneten Gesamtkalorien hinzugefügt werden.

4.5.4 Nahrungsmittel für die Industrie und Exkurs zu Nahrungsmittelimporten

Nahrungsmittel für die Industrie

Die Industrie, die bei einzelnen Kulturarten (insbesondere Mais, Weichweizen) zum Teil einen hohen Anteil am inländischen Verbrauch (z.T. inländische Produktion, z.T. Import) beansprucht, wird in der vorliegenden Studie auch separat dargestellt (siehe Tab. 6). Die Agrana AG in Pischelsdorf (620.000 t, davon eine Hälfte Mais und eine Hälfte Weizen (u.a. zur Herstellung von Ethanol, Trockenschlempe) und in Aschach (360.000 t Mais zur Herstellung von Maisstärke, Maiskleber) sowie die Jungbunzlauer AG (350.000 t Mais, z.B. für Zitronensäure) verarbeiten in Summe **ca. 1,3 Mrd. t Getreide** (WIFO, 2015). Ein geschätztes Drittel landet als Abfall- bzw. Nebenprodukt in der Tierfütterung.

Die für die gesamte Industrie verwendeten pflanzlichen Ressourcen beinhalten eine Kilokalorienmenge von ca. 4.574 Mrd. kcal (Daten zu Industrieanteilen basierend auf Grüner Bericht, 2017).

Da ein Teil **des von der Industrie verarbeiteten Getreides** wieder in die Lebensmittelproduktion (beispielsweise in Form von Stärke) und ein Teil in die stofflich-technische bzw. energetische Nutzung geht, muss hier differenziert werden. Gemäß dem Verband der deutschen

Getreideverarbeiter und Stärkehersteller gehen **etwa 60% in die Nahrungsmittelindustrie**, vor allem in Süßwaren (17%) und ca. **40% gehen in technische Anwendungen**, primär Papier (28%), Wellpappe (6%) und chemische Industrie bzw. Fermentation (6%) (VDGS e.V., 2012 zit. in WIFO, 2015). Dieses Verhältnis dürfte in Österreich ähnlich gelagert sein (Kurier, 2017).

Tab. 6: Produktion und Anteil der industriellen Verwendung an der Gesamterzeugung der jeweiligen Kulturart (in t und %) (eigene Berechnung nach Grüner Bericht, 2017)

Bilanzposten	Weichweizen	Hartweizen	Roggen	Gerste	Hafer	Körnermais	Triticale	Menggetreide	Anderes Getreide	Getreide insgesamt	Erdäpfel
Erzeugung	1.637.262	88.475	171.074	840.433	96.255	1.637.905	284.129	27.969	60.297	4.843.799	53.6473
Industrie	410.797	-	4.293	168.482	-	830.037	26.636	-	-	1.440.245	60.767
Industrieanteil (%)	25,1	-	2,5	20,0	-	50,7	9,4	-	-	29,7	11,3

Anm. 1: Der Anteil der Industrie bezieht sich auf die Inlandserzeugung, es kommen noch die Importe für den zusätzlichen Inlandsbedarf hinzu.

Anm. 2: Die veredelten Stärkeprodukte werden neben der Nahrungs- und Lebensmittelindustrie auch in der Pharma- und Kosmetikindustrie sowie in der Textil- und Papierindustrie eingesetzt. Ein Teil geht auch in die Energieproduktion bzw. Bioethanolproduktion (WIFO, 2015).

Die gesamte Kilokalorienmenge der in der Industrie verwendeten pflanzlichen Ressourcen beträgt wie beschrieben ca. 4.574 Mrd. kcal. Gemäß Annahmen, die u.a. auf Einschätzungen des VDGS e.V (2012, zit. in WIFO, 2015) beruhen, können davon 60% direkt der gesamten, landwirtschaftlichen Nahrungsenergieproduktion zugeordnet werden. Das sind umgerechnet in Summe ca. 2.744 Mrd. kcal, die direkt in die Nahrungsmittelindustrie eingehen. Da diese Menge bereits in der Gesamtproduktion enthalten ist, muss diese auch nicht berücksichtigt werden.

Der Anteil der Industrie für die stofflich-technische Nutzung (40%) entspricht einer Kilokalorienmenge von 1.830 Mrd. kcal. Im Mittel kann man zudem feststellen, dass der Industrieanteil (stofflich/technische Nutzung in Österreich) zu 50% aus Importen abgedeckt wird (siehe Tab. 10).

Folgerichtig reduziert sich der **Industrieanteil für die stofflich-technische Nutzung**, der von der landwirtschaftlichen Gesamtproduktion abgezogen werden muss, um die Hälfte. Damit beträgt die von der Gesamtenergieproduktion zu reduzierende Menge letztendlich in Summe **915 Mrd. kcal**.

Für die **Flächen**, auf denen Pflanzen für die **Bioenergieproduktion** angebaut werden, wurde von einem Wert – abzüglich der Reste, die bei der Produktion anfallen und als Futtermittel in der

Tierproduktion landen – **von 3%** ausgegangen. In Summe lag der Anteil der genutzten Flächen für die Bioenergieproduktion bei 8,4% im Jahre 2010 und bei 7,5% im Jahr 2015 (Umweltanwaltschaften Österreich, 2013; Biomasseverband Oberösterreich, 2017). Da jedoch ein großer Teil der Abfallmengen bei der Bioenergieproduktion in die Futtermittelproduktion fließen, verbleibt eine Nettofläche von 3,7 bzw. 2,7% (Umweltanwaltschaften Österreich, 2013; Biomasseverband Oberösterreich, 2017). In dieser Studie stehen die Versorgungspotenziale der österreichischen Landwirtschaft für die Nahrungsmittelproduktion im Fokus. Daher wird nun angenommen bzw. werden die Folgen berechnet, wenn diese Flächen (**ca. 3% der Gesamtackerfläche**) für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung stünden: wenn auf dieser Fläche zu je einem Drittel Mais, Weizen und Gerste für den direkten Nahrungsverzehr angebaut würden, ergibt sich für den konventionellen bzw. den biologischen Anbau eine produzierte Nahrungsmittelmenge im Wert von **817 Mrd. kcal bzw. 548 Mrd. kcal**.

Ergänzend sei im Kontext mit der Bioenergieproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen bemerkt, dass gegenwärtig 50% des in Österreich (mit österreichischem Getreide) hergestellten Bioethanols in den Export gehen (Biomasseverband Oberösterreich, 2017).

Exkurs zu Nahrungsmittelimporten

In Österreich wird bei den meisten hier betrachteten Bilanzposten mehr importiert als exportiert, woraus ein Handelsbilanzdefizit resultiert (siehe Tab. 7). Für den Selbstversorgungsgrad unterschiedlicher Lebensmittel sowie Handelsbilanzüberschuss und Handelsbilanzdefizit von Fleisch siehe Tabellen 7, 9 und 11 sowie 1a im Anhang.

Bei Betrachtung des industriellen Anteils an der Erzeugung unterschiedlicher Lebensmittel, kann man erkennen, dass sich dieser bis zu einem gewissen Grad mit dem Importanteil deckt (siehe Tab. 6 und 7). Das betrifft im Speziellen Weichweizen und vor allem Körnermais, von dem auf der einen Seite 1,2 Mio. t importiert werden und auf der anderen Seite 830.000 t von der Industrie verwendet werden. **Import- und Exportbilanzen** werden in diese Arbeit nur eingeschränkt vorgenommen, und zwar bei Futtermittelimporten (Sojaimporte, s. unten).

Tab. 7: Handelsbilanzüberschuss und Handelsbilanzdefizit der jeweiligen Anbaukultur (in t) (Berechnung nach Grüner Bericht, 2017)

Bilanzposten	Weichweizen	Hartweizen	Roggen	Gerste	Hafer	Körnermais	Triticale	Menggetreide	Anderes Getreide	Getreide insgesamt
Einfuhr	1.075.125	108.370	19.128	258.270	22.549	1.202.228	16.115	-	27.705	2.729.488
Ausfuhr	924.637	128.708	27.221	208.156	24.868	635.558	3.070	-	21.903	1.974.120
Inlandsverwendung	1.67.3810	72.678	182.103	884.450	96.114	2.210.806	303.851	27.969	67.995	5.519.775
Handelsbilanzdefizit / Handelsbilanzüberschuss	-15.0488	20.338	8.093	-50.114	2.319	-566.670	-13.046	-	-5.802	-755.368

Bilanzposten	Raps und Rüben	Sonnenblumenkerne	Sojabohnen	Sonstige Ölsaaten	Alle Ölsaaten	Erdäpfel	Hülsenfrüchte (Körnererbsen, Ackerbohnen)
Einfuhr (1)	265.572	129.927	119.182	58.495	573.176	267.980	11.567
Ausfuhr (1)	35.314	65.265	66.593	22.883	190.055	120.732	6.783
Inlandsverwendung	345.004	104.722	188.784	59.346	697.855	683.720	59.650
Handelsbilanzdefizit / Handelsbilanzüberschuss	-230.258	-64.662	-52.589	-35.611,9	-383.121	-147.248	-4.784

(Grün...Handelsbilanzüberschuss; Rot...Handelsbilanzdefizit)

Tabelle 8 zeigt dass der **Selbstversorgungsgrad** wichtiger Anbaukulturen in Österreich abzüglich der Mengen für die gesamte Industrie deutlich höher wäre, beispielsweise bei Weichweizen 130 statt 98% und bei Mais 119 statt 74%. Ein Teil der Produkte der Industrie geht allerdings wieder in die Nahrungsmittelversorgung, das sind etwa 60% (s. oben), wobei davon wiederum ein Teil exportiert wird.

Tab. 8: Selbstversorgungsgrad von Getreide mit und ohne Berücksichtigung der industriellen Verwendung (in %) (Eigene Darstellung und Berechnung auf Basis des Grünen Berichtes, 2017)

Selbstversorgungsgrad (%)	Weichweizen	Hartweizen	Roggen	Gerste	Hafer	Körnermais	Triticale	Menggetreide	Anderes Getreide	Getreide insgesamt
mit Industrie	98	122	94	95	100	74	94	100	89	88
ohne Industrie	130	122	96	117	100	119	102	100	89	119

Es muss jedoch im Kontext der (nachhaltigen) Ernährungssicherung sowie des Selbstversorgungsgrades konstatiert werden, dass das Ernährungssystem in Österreich sehr stark von externen, zukünftig knapper werdenden Ressourcen abhängig ist. Durch die große Importabhängigkeit wichtiger Schlüsselgüter wie Erdöl, Erdgas und Phosphor (sowie durch Konzentrationsprozesse in der Produktions- und Versorgungskette) ergibt sich eine hohe Vulnerabilität sowie eine geringe Robustheit gegenüber Krisen (Cerveny et al., 2014) (siehe auch weiterführenden Diskurs im Anhang).

Tab. 9: Handelsbilanzdefizit und Industrieanteil von wichtigen Bilanzposten (in %) (Berechnung nach Grüner Bericht, 2017)

Futtermittel	Handelsbilanzdefizit	Industrieanteil
Mais	-566.670	830.037
Weizen	-130.150	410.797
Gerste	-50.114	168.482
Soja	-52.589	-
Soja (inkl. Importsoja)	ca. -572.589	-

Die Ernährungssicherung respektive **Ernährungsresilienz** in Österreich wird auch durch Konzentrationsprozesse in einigen Bereichen der Produktions- und Versorgungskette vermindert. Zudem ist eine geringe Vielfalt hinsichtlich Handel, Verarbeitung und landwirtschaftlicher Produktion gegeben (Cervený et al., 2014).

4.5.5 Ernährungsbilanz Status Quo – Gegenüberstellung der Nahrungsenergieproduktion in der österreichischen Landwirtschaft mit dem Nahrungsmittelbedarf in Österreich

Die Gesamtkilokalorien, die aus der Pflanzenproduktion sowie aus der Tierhaltung in der österreichischen Landwirtschaft mit gegenwärtigen Erträgen in der konventionellen und biologischen Landwirtschaft erwirtschaftet werden, sind in der folgenden Tabelle 10 zusammengefasst und dem Nahrungsmittelbedarf der österreichischen Bevölkerung hinsichtlich der benötigten Kilokalorien gegenübergestellt.

Die Ergebnisse der Ernährungsbilanz zeigen, dass

- eine **Selbstversorgung** mit der gegenwärtigen Form der Landwirtschaft (konventionell/Status Quo-Variante) mehr als gegeben ist
- das **biologische Szenario** (100% Biolandbau mit gegenwärtigen Bioerträgen ohne Veränderung des Fleischkonsums und der Lebensmittelabfälle) nahezu den Nahrungsmittelbedarf der gegenwärtigen Bevölkerung in Österreich deckt
- **Lebensmittelabfälle** und die **technisch-industrielle Verwendung von Lebensmitteln** nicht unerheblichen Anteil der produzierten pflanzlichen Energie umfassen

- eine **Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelabfälle** (rund 25% der Lebensmittelabfälle, s. oben) **und der technisch-industriellen Verwendung** große Mengen an Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr verfügbar machen würde
- eine **Reduktion des Fleischkonsums** besonders große Mengen an Nahrungsenergie verfügbar machen würde, da tierische Kilokalorien mindestens mit einem Faktor 1:4 in verfügbare pflanzliche Kilokalorien umgerechnet werden könnten.

Tab. 10: Gesamte österreichische Erzeugung und gesamter gegenwärtiger Bedarf an Nahrungsenergie. Berechnung für die konventionelle Landwirtschaft/Status Quo und für die 100% Biolandbau-Variante (basierend auf gegenwärtigen Bioerträgen in Österreich) in Mrd. kcal/Jahr (eigene Darstellung und Berechnung auf Basis von Grüner Bericht, 2017; Resl und Brückler, 2016; Rust et al., 2017)

Erzeugung und Bedarf Österreichs (Mrd. kcal)		
Energie	Konv/Status Quo	100% Biolandbau
Gesamterzeugung (pfl.+tier.)	12 395	9 010
davon Hauptflächen (pflanzlich)	9 650	6 539
davon tierische Erzeugung	2 745	2 471
+ Restflächen (modell.)	1 763	1 189
+ umgewidmete Bioenergieflächen	817	548
- Saat	518	518
- Industrie (stoffl./techn.)*	915	915
- Abfall (gesamt)	2 715	2 715
Verfügbare Gesamtenergie	10 827	6 599
davon tierische Energie durch Sojaimporte	454	386
Gesamtbedarf (Referenzszenario)	6 816	6 816

* Dieser Anteil umfasst ca. 40% des gesamten Industrieanteiles für die stofflich-technische Nutzung von Mais, Gerste und Weizen in Österreich

Aus der Tabelle 10 kann auch die **durch die Sojaimporte bedingte Tierproduktion** (in kcal) entnommen werden, die in der Gesamterzeugung der Kilokalorienmenge aus tierischen Produkten enthalten ist. **In den 550.000 t importierten Sojafuttermitteln stecken ca. 1.815 Mrd. kcal**, wobei der Großteil durch die Verfütterung bzw. **durch den sog. Veredelungsverlust** verloren geht. Aufgrund des auf Basis der Literatur (entsprechend der Verteilung auf die Fleischarten/Tierartengruppen in Österreich) hier (konservativ) angenommenen Umwandlungsfaktors hinsichtlich Kilokalorien von 1:4 (tierisch:pflanzlich,

s. auch Kap. 5.1.1) **bleibt** am Ende eine Kilokalorienmenge von **ca. 454 Mrd. kcal**, die in Form von tierischen Produkten für die Ernährung verfügbar ist.

Im **biologischen Szenario** (100% Biolandbau auf Basis der gegenwärtigen österreichischen Bio-Erträge) werden zwar **keine Sojaimporte aus Tropenwaldregionen** angenommen, aber auch der Biolandbau braucht für die tierischen Leistungen wie sie in dieser Studie angenommen wurden, größere Mengen an Soja-/Eiweißfuttermitteln. Diese könnten

- a) entweder in Österreich angebaut werden (was die Ackerfutterfläche von 52% um einige Prozent erhöhen würde und somit weniger pflanzliche Kilokalorien im Bio-Szenario produziert werden könnten),
- b) oder müssten **aus Europa importiert** werden.

Der Einfachheit und Transparenz halber wurde in unseren Berechnungen ein **Sojaimport** (europäisches Soja) äquivalent zum konventionellen/Status Quo-Szenario angenommen und **um 15 % reduziert**¹⁸, was in Summe 386 Mrd. kcal für die Kilokalorienmenge im biologischen Szenario bezüglich Sojafuttermittel ergibt (s. Tabelle 10).

4.5.6 Gegenüberstellung der Ergebnisse der Berechnungen mit dem gegenwärtigen Selbstversorgungsgrad

Der gegenwärtige Selbstversorgungsgrad in Österreich entsprechend den offiziellen österreichischen Daten aus dem Grünen Bericht des BMLFUW (2017) ist in Tabelle 10 dargestellt. Der hohe Selbstversorgungsgrad bei den wichtigsten Ackerkulturen und tierischen Produkten in Österreich zeigt, dass **die Ergebnisse dieser Studie** nach denen eine **Selbstversorgung** der österreichischen Bevölkerung mit der gegenwärtigen Form der Landwirtschaft **mehr als gegeben** ist, **plausibel erscheint**. Zudem muss der nicht für die Ernährung benötigte Anteil (v.a. technisch industrielle Verwendung; betrifft besonders Mais und Weichweizen) bei der Betrachtung des Produktionspotentials mitberücksichtigt werden.

¹⁸ Das beruht auf der Tatsache, dass im Biolandbau real geringere Kraftfuttermengen und auch geringe Mengen an Eiweißfuttermitteln und damit auch weniger Soja verfüttert wird.

Tab. 11: Selbstversorgungsgrad Österreichs bei pflanzlichen und tierischen Produkten (für 2015/16 und 5 Jahreschnitt)
(Berechnung nach Grüner Bericht, 2017)

Bilanzposten	Selbst- versorgungsgrad 2015/16	Selbst- versorgungsgrad 5 Jahres Ø
Pflanzliche Produktion		
Weichweizen	98	103
Hartweizen	122	93
Roggen	94	96
Gerste	95	92
Hafer	100	99
Körnermais	74	85
Triticale	94	97
Menggetreide	100	100
Anderes Getreide	89	90
Getreide gesamt	88	93
Obst gesamt	49	51
Gemüse gesamt	57	61
Ölsaaten gesamt	45	53
Tierische Produktion		
Rind und Kalb	146	147
Schwein	103	105
Schaf und Ziege	75	78
Hühner	79	83
Fleisch gesamt	110	110
Eier	84	83
Konsummilch	162	161
Obers und Rahm	109	105
Butter	75	74
Käse	98	95
Schmelzkäse	397	413

Nähere Ausführungen zur Selbstversorgung in Österreich (s. Tab. 11):

- Einen **großen Anteil der Energieproduktion im Ackerbau** macht **Weichweizen** aus, der zudem einen Selbstversorgungsgrad von 103% aufweist, d.h. es werden 3% über dem gegenwärtigen Bedarf in Österreich produziert. Zudem macht ein Teil dieses Bedarfes die technisch-industrielle Verwendung aus.
- Der **Industrieanteil** ist bei Mais besonders hoch. Wird dieser Anteil abgezogen ist auch hier der Selbstversorgung mit 119% deutlich über 100% angesiedelt (s. Tab. 7).

- Zwar ist der Selbstversorgungsgrad bei **Obst und Gemüse mit 51% bzw. 61% gering**, doch machen diese Produktgruppen in Bezug auf die produzierten Mengen und Kilokalorien nur **einen geringen Anteil der gesamten produzierten Energiemenge** aus. Daher ist die theoretisch benötigte Fläche für eine inländische Versorgung der gesamten Bevölkerung mit Obst und Gemüse (mit in Österreich produzierbaren Obst- und Gemüsearten) relativ gering, laut Zessner et al. (2011) **4% der insgesamt benötigten Ackerfläche**.
- Hingegen ist der **Selbstversorgungsgrad bei den meisten tierischen Lebensmittel** deutlich **über dem jetzigen Verzehrsniveau**, (Fleisch insgesamt mit +10% und bei Milch sogar +61% über dem jetzigen Verzehrsniveau). Die produzierten Mengen und Kilokalorien aus der Tierproduktion machen ca. 25% der gesamten produzierten verfügbaren Energie aus (s. Tab. 10).

Die Gegenüberstellung der in den Szenarien dieser Studie berechneten Gesamtenergiemengen (s. Tab. 10) mit dem Selbstversorgungsgrad unterstreicht somit die Plausibilität der Berechnungen.

Zudem wurde im Jahr 2016 **gemäß des Grünen Berichtes** des Amtes des Landes Niederösterreichs **alleine in Niederösterreich** Nahrungsmittel mit einem Gehalt von **7.700 Mrd. Kilokalorien produziert**, womit (ausgehend von einem mittleren durchschnittlichen Tagesbedarf von 2.040 kcal/Person) 10,3 Mio. Menschen (mit großteils konventioneller Landwirtschaft) ernährt werden können (Amt der NÖ Landesregierung, 2017).

4.5.7 Nahrungsmittelenergieproduktion – nach Zuschlägen und Abschlägen

Nach allen Rechenschritten, d.h. nach Abzug der Lebensmittelabfälle, des Saatgutes sowie des Futters, der technisch-industriellen Verwendung und dem Hinzuziehen der Restfläche sowie der umgewidmeten Bioenergieflächen verbleibt **im Szenario Konventionell/Status Quo** – also auch bei Beibehaltung der derzeitigen Ernährungsgewohnheiten – eine gesamte verfügbare Energiemenge von ca. **10.827 Mrd. kcal**. Im **Szenario 100% Biolandbau** beträgt dieser Wert ca. **6.599 Mrd. kcal** (siehe Tab. 11 und für Details Tab. 10).

Tab. 12: Gesamter österreichischer Bedarf und Erzeugung von Nahrungsenergie in der konventionellen/Status Quo-Variante und in der Variante 100% Biolandbau (eigene Darstellung und Berechnung auf Basis von Grüner Bericht, 2017; Resl und Brückler, 2016; Rust et al., 2017) (Anm.: Flächendaten von 2016; mehrjährige Ertragsdatenreihen; Bevölkerungszahl von 2017)

Erzeugung und Bedarf Österreichs an Nahrungsenergie (Mrd. kcal)		
Anbausystem	Konv/Status Quo	100% Biolandbau
Verfügbare Gesamtenergie	10 827	6 599
Gesamtbedarf (Referenzszenario)	6 816	6 816

Das bedeutet, dass in der **konventionellen/Status Quo-Variante** die benötigte Nahrungsenergie **mehr als ausreichend** vorhanden ist und die nötige Nahrungsenergie für die österreichische Bevölkerung von insgesamt 6.816 Mrd. kcal (Referenzszenario) bereitgestellt werden kann. In der **Variante 100% Biolandbau** im Referenzszenario wird ersichtlich, dass es die **Nahrungsenergieversorgung für die österreichische Bevölkerung relativ knapp nicht ausreicht**.

5. Szenario 1 – Ernährung gemäß Empfehlungen der ÖGE - um 64% reduzierter Fleischkonsum

5.1 Annahmen

In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass es gelingt, den Fleischkonsum und den Konsum tierischer Produkte der Österreicher und Österreicherinnen auf diejenige Menge zu reduzieren, die ÖGE/DGE empfehlen. Dies entspricht einer Reduktion des (Netto-)Fleischkonsums um zwei Drittel, d.h. von derzeit ca. 65 kg auf ca. 22 kg pro Person und Jahr (siehe Tab. 13) (AMA, 2017a; ÖGE, 2017). Damit wäre eine Reduktion des Fleischkonsums um 64% erforderlich. Gemäß den Empfehlungen von einem Verzehr von 300 bis 600 g Fleisch wurde für die Berechnungen ein empfohlener, durchschnittlicher sowie wöchentlicher Verzehr von 450 g pro Person angenommen, was 22 kg pro Person und Jahr ergibt (DGE/ÖGE, 2017).

Tab. 13: Annahmen bezüglich eines verringerten Konsums tierischer Produkte und ihre Bedeutung für die Reduzierung des Kraftfuttermitteleinsatzes (in %) (Eigene Darstellung)

Szenario 1		
Verminderter Fleischkonsum		
Verzehr (Reduktion in %)	Schweinefleisch	-64%
	Hühnerfleisch	-64%
	Rindfleisch (Mast)*	-64%
	Eier	-64%
	Milch	-26,5%
Kraftfuttermittel (Reduktion in %)		-70%

Anm.: Die Reduktion den Milchkonsum betreffend entspricht in etwa auch den Annahmen von De Schuttner und Bruckner (2016), die von einer Milchreduktion von -20% in ihrem gesunden Ernährungsszenario ausgehen.

Da in Österreich ein großer Teil der Milchproduktion auf Grünland basiert, wurde eine deutlich geringere Verminderung des diesbezüglichen Verzehrs angenommen, nämlich lediglich um 26,5% weniger Milch (s. Tabelle 13). Im Gegensatz dazu beruht der Großteil der gesamten Fleischproduktion, d.h. die Schweine- und Hühnerfleischproduktion sowie die Eierproduktion auf

Kraftfuttermittel wie Weizen, Mais und Soja. Daher wurde auch eine dementsprechende Verzehrsabnahme von Eiern angenommen.¹⁹

Daraus ergibt sich in Summe eine Kraftfuttermittelreduzierung um 70%. Für dieses Szenario wurden zunächst die prozentuellen Anteile der Nicht-Futterflächen der jeweiligen Hauptkulturen ermittelt (was sich über eine Reduktion der Anbauflächen für Futtermittel um 70%, beispielsweise für Körnermais ermitteln lässt) und dann die jeweilige Gesamtfläche via biologischer Erträge ausgerechnet. Für die Berechnung dieser Flächen wurde ein ausschließlich biologischer Anbau angenommen, d.h. die biologischen Erträge wurden hierfür herangezogen. Im Anschluss konnte wiederum die Nahrungsenergiemenge (anhand der Kilokalorienwerte der einzelnen pflanzlichen Produkte), die auf der Anbaufläche generiert werden kann, ermittelt werden.

Aufgrund der Annahme einer Abnahme des Kraftfuttermitelesinsatzes um 70% müssen dann auch konsequenterweise die wegfallenden Kilokalorien eines gewissen Teils an tierischen Produkten von der Gesamtenergiemenge im rein biologischen Szenario abgezogen werden. Dadurch reduzieren sich in diesem Bereich die durch die Veredelung generierten Kilokalorien, wobei durch die Kraftfuttermittelreduktion letztendlich mehr an Nahrungsenergie aufgrund des verminderten Umwandlungsverlustes gewonnen wird.

5.2 Auswirkungen auf die Kilokalorienbilanz

Abhängig von dem unterschiedlichen Reduktionsausmaß des Kraftfuttermitelesatzes ergeben sich freiwerdende, rein pflanzliche Kilokalorien, die dann für den direkten Nahrungsenergiebedarf genutzt werden können (siehe Abb. 6). Das Versorgungspotential erhöht sich mit der Abnahme der verfütterten Kilokalorien umso mehr, da ja der sog. Veredelungsverlust wegfällt (zumindest 1:4).

Durch die freiwerdenden Flächen für den direkten Anbau von Getreide ergibt sich in dem Szenario 1, auf Basis eines 100%igen biologischen Anbaus insgesamt eine Kilokalorienmenge, aufgrund der insgesamt erhöhten Flächenverfügbarkeit, von 10.514 Mrd. kcal.

¹⁹ Die Reduktionen des Milch- und Eierverzehrs im -64% Fleisch- bzw. -70% Kraftfuttermittel-Szenario entsprechen nicht den gegenwärtigen ÖGE-Empfehlungen.

Die Kilokalorien aus tierischen Produkten, bei denen gemäß eines reduzierten Kraftfuttermiteinsatzes von -70% ein entsprechender prozentueller Anteil an tierischen Kilokalorien abgezogen wird (siehe Tab. 13), betragen in Summe 1.641 Mrd. kcal.

Wenn man die pflanzliche und tierische Nahrungsenergie addiert, ergibt sich dann für das Szenario 1 eine Summe von 12.155 Mrd. kcal auf Basis einer kompletten biologischen Anbauweise (ohne Zuschläge und Abzüge).

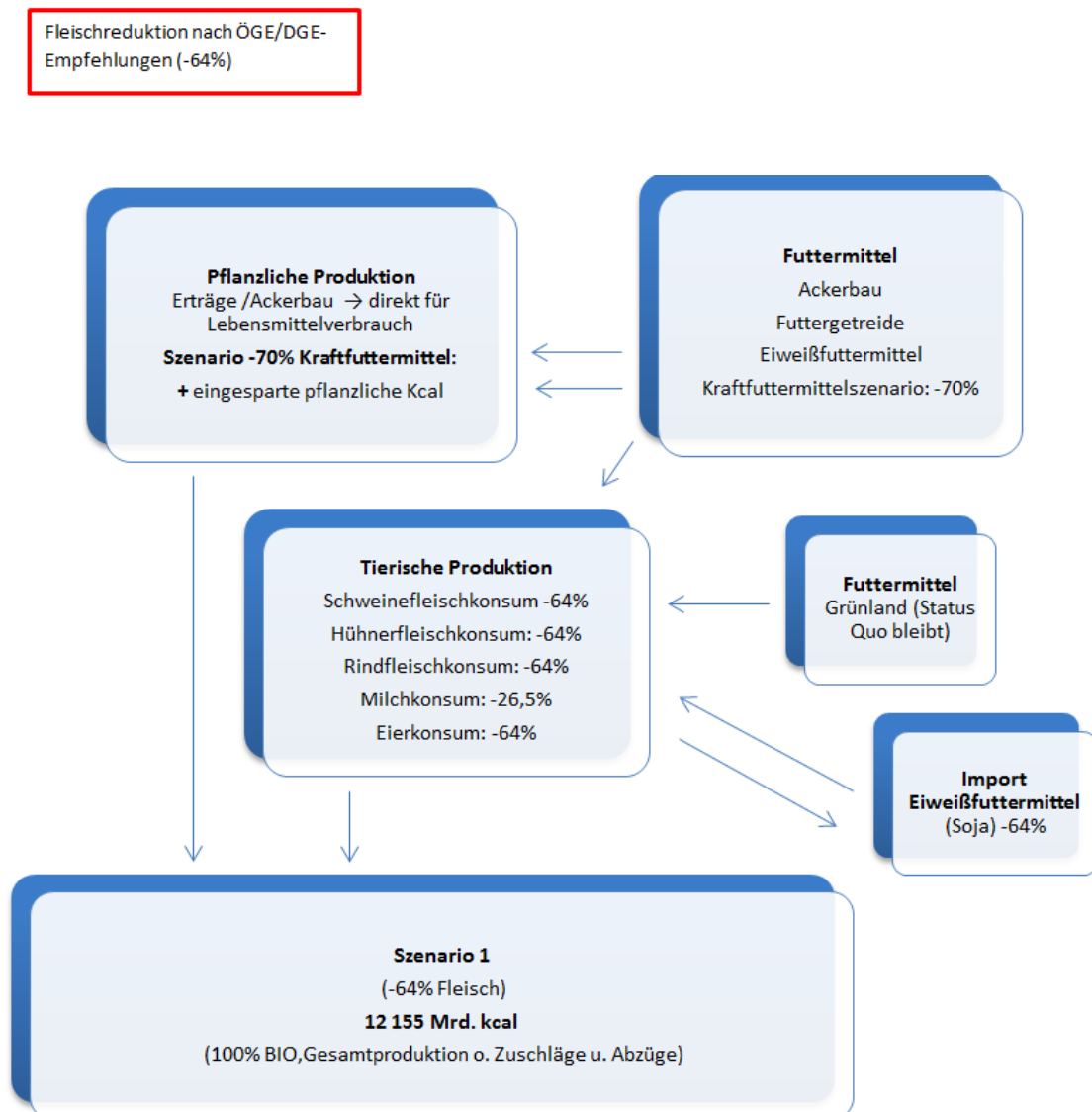


Abb. 6: Überblick über das Szenario 1 eines reduzierten Fleischkonsums gemäß ÖGE auf Grundlage einer vollständigen biologischen Landwirtschaft in Österreich (mit biologischen Erträgen) (Eigene Darstellung)

Klarerweise müssen, gleichermaßen wie bei den Berechnungen des Status Quo-Szenarios, die Kilokalorien auf den Saatgutflächen sowie die durch einen Teil der Industrie (für die stofflich-technische Nutzung) sowie durch Lebensmittelabfälle wegfallenden Flächen abgezogen und die Kilokalorien der sog. Restflächen sowie der umgewidmeten Flächen addiert werden.

Bei einer Reduzierung des Fleischkonsums gemäß DGE/ÖGE-Empfehlungen um zwei Drittel (bzw. einer Kraftfuttermittelreduktion um -70%) können somit **bei kompletter biologischer Anbauweise 8.240 Mrd. kcal pro Jahr** erzeugt werden, was deutlich über der Menge des ursprünglichen Bioszenarios liegt und das eine Selbstversorgung Österreichs sicherstellt.

Durch eine Reduktion des Fleischkonsums auf ein Maß, das als gesund empfohlen wird, kann somit **der Bedarf der österreichischen Bevölkerung an Kilokalorien auch in der biologischen Variante gedeckt** werden.

5.3 Zusammenhang mit der (teilweisen) Schließung der österreichischen Eiweißlücke

Österreich importiert **pro Jahr im Schnitt ca. 550.000 t** Sojaschrote und -kuchen sowie andere Sojaprodukte in Form ganzer Bohnen oder Mehl (AGES, 2015). Das bedeutet, dass Österreich stark von den Exportländern Brasilien, Argentinien und den USA abhängig ist (SOS, 2015). Aus diesen Ländern importiert Österreich das großteils gentechnisch manipulierte Sojafuttermittel (ca. 72%), das ausschließlich in der Tierproduktion zum Einsatz kommt (AGES, 2018). **Bei einer markanten Reduktion des Fleischkonsums** und einer dementsprechenden Verringerung des Kraftfuttermitelesatzes würde sich auch die Notwendigkeit der Soja-Importe **deutlich reduzieren** und so die gegenwärtig bestehende Eiweißlücke in der Tierfütterung verringern.

Im Falle einer **nach den DGE/ÖGE empfohlenen Reduktion des Fleischkonsums um -64 %** und der damit verbundenen Kraftfuttermittelreduktion von -70% (siehe Tab. 12) würde sich der **notwendige Sojaimport auf nur noch 166.500 t pro Jahr belaufen**. Somit könnte die Importabhängigkeit vom Ausland deutlich, wenn nicht gar auf null reduziert werden, wenn es dann gelingt den Sojaanbau und alternative Futtermittel in Österreich durch entsprechende Anreize signifikant zu verstärken (bei einem Szenario -50% Kraftfuttermittelreduktion vermindert sich bereits der erforderliche Import von Sojafuttermitteln auf ca. die Hälfte bzw. 225.000 t).

Freyer und Dorninger (2008) zeigten, dass für eine Menge von 500.000 t Soja eine Fläche im Ausmaß von einem Viertel der Getreidefläche bzw. 14% der gesamten Ackerfläche nötig wäre. In den heimischen biologischen Futtermittelrationen sind die Anteile von Übersee-Soja derzeit vernachlässigbar, da diese zum einen bis auf Ausnahmen nur in der bislang bestandsschwachen Schweine- und Hühnerhaltung eingesetzt werden. Zum anderen sind deren Umweltbelastungen laut Freyer und Dorninger (2008) vergleichsweise gering, da sie nicht in Monokulturen kultiviert werden.

Ohne eine deutliche Reduktion des Fleischkonsums (um ca. zwei Drittel) ist im Szenario 100% Biolandbau der Import von Sojafuttermitteln weiterhin erforderlich, wenn auch in reduzierter Form und mit geringeren Umweltbelastungen verbunden.

6. Szenario 2 – reduzierter Lebensmittelabfall

Für die vorliegende Studie wurde **ein Reduktionspotential für den Lebensmittelabfall** definiert: Eine Reduzierung von **50% der vermeidbaren Lebensmittelabfälle**, die in Österreich 577.027 t pro Jahr betragen (**Szenario 2**).

6.1 Annahmen

Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelabfälle um 50%

Je nachdem, ob von einem niedrigen oder hohen Vermeidungspotential ausgegangen wird, verändert sich das Einsparpotential (siehe auch Tab. 10 Referenzszenario). In beiden Fällen leisten die eingesparten Kilokalorien, die durch den (vermeidbaren) Lebensmittelabfall verloren gehen, einen deutlichen Beitrag zu einer Steigerung der Nahrungsmittelversorgung der österreichischen Bevölkerung.

6.2 Ergebnisse

Bei einer **Reduktion** der **vermeidbaren** Lebensmittelabfälle **um 50%** stehen der österreichischen Bevölkerung zusätzliche **0,69 Mrd. kcal** zur Verfügung. Daraus resultiert im Falle des 100% Bio-Szenarios eine gesamte Energiemenge von **7.290 Mrd. kcal**, womit der Kilokalorienbedarf der gesamten Bevölkerung Österreichs mit 100% Biolandbau bei gleichbleibend hohem Fleischkonsum gut gedeckt werden kann (siehe Tab. 14).

Wenn man die vermeidbaren Lebensmittelabfälle **um 25%** reduziert, ergibt sich bereits eine gesamte Kilokalorienmenge von **0,34 Mrd. kcal**, die zusätzlich verfügbar sind. Auch damit könnte in Summe der Kilokalorienbedarf der gegenwärtigen Bevölkerung Österreichs mit 100% Biolandbau bei gleichbleibend hohem Fleischkonsum gedeckt werden.

7. Szenario 3 – Kombiniertes Szenario

7. 1 Ergebnisse

Durch die Kombination der Szenarien kann die verfügbare gesamte Nahrungsenergie für die österreichische Bevölkerung erheblich gesteigert werden. In dem konventionellen Szenario dürfte es auch ohne Umstellung der Ernährungsweise sowie Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelabfälle möglich sein, die österreichische Bevölkerung auch in Zukunft mit ausreichend Nahrungsenergie zu versorgen.

Tab. 14: Gegenüberstellung der gesamten Erzeugung von Nahrungsenergie auf Grundlage einer 100% biologischen Landwirtschaft mit dem gegenwärtigen Energiebedarf der österreichischen Bevölkerung sowie den drei ausgewählten Szenarien betreffend Fleischkonsum und vermeidbarem Lebensmittelabfall (in Mrd. kcal/Jahr) (eigene Darstellung und Berechnung auf Basis von Grüner Bericht, 2017; Resl und Brückler, 2016; Rust et al., 2017)
Anm.: Flächendaten von 2016; mehrjährige Ertragsdatenreihen; Bevölkerung von 2017

Gesamte gegenwärtige verfügbare Nahrungsenergie - Bedarf, 100% Bio und in den 3 Szenarien (Mrd. kcal)	
100% Biolandwirtschaft (mit Abzügen und Zuschlägen)	6 599
Szenario 1 (BIO Gesamt, reduzierter Fleischkonsum um -64%)	8 240
Szenario 2 (BIO Gesamt, reduzierter Lebensmittelabfall um -50%)	7 290
Szenario 3 (Kombination Szenario 1 und 2)	8 931
Gegenwärtiger Bedarf der österreichischen Bevölkerung	6 816

Eine Versorgung der gesamten Bevölkerung mit Nahrungsenergie ist auch bei der Umstellung auf eine vollständige biologische Landwirtschaft sichergestellt, wenn entweder Fleischkonsum reduziert oder Abfall vermieden wird. Kombiniert man gesunde, pflanzlich basierte Ernährung mit einer Reduktion des Lebensmittelabfalls um 50%, kann auch bei 100% Bio-Landwirtschaft bei weitem ausreichend Nahrungsenergie für die österreichische Bevölkerung produziert werden (siehe Tab. 14).

Durch die **Kombination einer Reduktion des Fleischkonsums um 64% sowie des vermeidbaren Lebensmittelabfalls um 50%** ergibt sich eine **Gesamtkilokalorienmenge von 8.931 Mrd. kcal**. Selbst bei Erreichung der 10 Mio. Menschen-Marke in Österreich – laut Statistik Austria (2017) im Jahr 2080 – wäre der Bedarf der gewachsenen Bevölkerung (ca. 7.789 Mrd. kcal) in diesem Szenario gedeckt. Die Kombination der Szenarien mit größeren Einsparungspotentialen wird auch unabhängig vom Bevölkerungswachstum gerade in Hinblick auf den Klimawandel und künftige Flächenversiegelung sowie Bodenerosion von großer Wichtigkeit sein.

7.2 Conclusio

Unter Berücksichtigung der Reduktionsszenarien könnte die biologische Landwirtschaft auch eine steigende österreichische Bevölkerung vollständig ernähren – sofern Lebensmittelabfälle und der Fleischkonsum deutlich reduziert werden. Es gilt dabei primär den Fleischverzehr zu reduzieren, damit eine 100%ige biologische Landwirtschaft möglich wäre. Auch angesichts der wachsenden Flächenversiegelung und potentiell negativer Einflüsse des Klimawandels auf die Erträge in der Landwirtschaft in Österreich muss künftig ein deutlich höheres Potential der Gesamtenergie erzielt werden. Durch die deutlichen Einsparungen beim Lebensmittelabfall und vor allem beim Fleischverbrauch ergibt sich eine wesentlich größere Menge an Gesamtkilokalorien, die die genannten negativen Faktoren in Zukunft deutlich abfedern könnten. Eine solche Reduktion hinsichtlich Fleischkonsum und Lebensmittelabfall in Kombination mit 100% Biolandbau würde auch klarerweise Vorteile für Treibhausgasbilanz, Stickstoff- und Phosphorbilanz, Artenvielfalt, Humusaufbau und hinsichtlich der Abhängigkeit von fossilen Energien und Futtermittelimporten mit sich bringen.

8. Auswirkungen einer großflächigen Umstellung auf Biolandbau auf Umwelt / Ökologie

Die Landwirtschaft verursacht eine Reihe großer **Umweltprobleme z.B. Bodenerosion, Humusabbau**, Gewässerbelastungen, Treibhausgasemissionen, Biodiversitätsverluste und Pestizid-Emissionen in Wasser und Luft. Die Literatur belegt die geringeren negativen Umweltwirkungen der biologischen Landwirtschaft, vor allem in den Bereichen Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität, Nährstoff- und Energieressourcen, Treibhausgasemissionen sowie Gewässer- und Luftreinhaltung, was im Folgenden näher ausgeführt wird.²⁰

8.1 Biolandbau und Bodenfruchtbarkeit

Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ist eine der zentralen Voraussetzungen für die langfristige Absicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft und damit der Ernährungssicherung. Der Intensitätsdruck in der konventionellen Landwirtschaft gefährdet die Bodenfruchtbarkeit, was sich im vielfach abnehmenden Humusgehalt, zunehmender Bodenerosion und zunehmenden Bodenverdichtungen zeigt.

Eine zentrale Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit haben hierbei:

- a) der Humusgehalt im Boden,
- b) das Bodenleben,
- c) die Verringerung der Bodenerosion,
- d) die Bodenstruktur (das Vermeiden von Bodenverdichtungen),
- e) und die Nährstoffverfügbarkeit.

8.1.1 Höhere Humusgehalte im Biolandbau

Der Humusgehalt in den Böden wird durch den Biolandbau meist stark gefördert, sodass eine großflächige Umstellung einen sehr zentralen Beitrag zur langfristigen Sicherung der Ertragsfähigkeit der Böden liefert.

Der Humusgehalt im Oberboden ist einer der zentralen Parameter der Bodenfruchtbarkeit, der die oben erwähnten Punkte b) bis e) in hohem Maße positiv beeinflusst. Bewirtschaftungsmaßnahmen der biologischen Landwirtschaft wie ein ausreichend hoher Leguminosenanteil in der Fruchtfolge (mind. 25% in der Fruchtfolge), eine große Vielfalt an

²⁰ Diese positiven Umwelteffekte werden im Durchschnitt aller Biobetriebe erbracht. Bei solchen Vergleichen wird nicht berücksichtigt, dass innerhalb des Biolandbaus auch Biobetriebe darunter sind, die deutlich intensiver als der Durchschnitt wirtschaften und sich kaum von ausgewählten konventionellen Vorzeige-Betrieben unterscheiden, die ein überdurchschnittlich starkes Umweltengagement aufweisen.

Kulturarten und die organische Düngung (inkl. Rückführung der Erntereste) fördern den Humusgehalt, besonders dann, wenn dies langfristig geschieht. Die Humus-mehrenden Wirkungen des Biolandbaus zeigen auch die Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen:

- Nach mehrjähriger biologischer Bewirtschaftung sind höhere Humusgehalte für unterschiedliche Standorte in Deutschland, Schweiz und Österreich seit 30-40 Jahren (Einzelbetriebs- und Feldversuche in Deutschland: u.a. von Schlichting (1975), Huber (1985), Gehlen (1987), Beyer et al. (1989), Diez et al. (1991), Mäder (1993), Schulte (1996) und Friedel et al. (1997) nachgewiesen worden.
- Im weltbekannten über 30-jährigen „DOK Dauerversuch“ (Feldversuch) aus der Schweiz wurde die signifikante Zunahme des Humusgehaltes durch langjährige biologische Wirtschaftsweise bestätigt und hochrangig publiziert (Mäder et al., 2002, Fließbach et al., 2007).
- Die höheren Humusgehalte in den biologisch bewirtschafteten Böden werden auch von Gattinger et al. (2012) bestätigt. Höhere Humusgehalte sind dabei nicht auf allen Standorten und zudem erst nach einer mindestens siebenjährigen ökologischen Bewirtschaftung nachzuweisen (Diez et al., 1986; Gehlen, 1987).
- Zudem bestätigt eine aktuelle umfangreiche Metastudie von Birkhofer et al. (2016) die Vorzüge des Biolandbaus auf den Humusgehalt. Die Studie von Birkhofer et al. (2016) basiert auf einer Literaturanalyse, bei der vorwiegend Meta-Studien neueren Datums (angeführte Studien meist zwischen 2010 und 2016) hauptsächlich aus Europa und einzelnen anderen Ländern herangezogen wurden. Nach Birkhofer et al. (2016) können ökologisch bewirtschaftete Böden signifikant höhere Bodenkohlenstoffgehalte, also höhere Humusgehalte im Boden aufweisen, auch dann, wenn sie keine organische Düngung (Gülle, Mist) erhalten.

Humusreichere Böden speichern mehr Wasser und können auch mehr Wasser bei Extremniederschlägen aufnehmen (höhere Wasserinfiltrationsraten) (Niggli 2007). Verbesserte Wasser-, Nährstoff- und Pufferspeicherkapazitäten durch höhere Humusgehalte sind vielfach belegt, siehe auch Rodale Institute (2015). Daher sind Biobetriebe häufig besser in der Lage, sich **längeren Trockenperioden und unberechenbaren extremen Wetterschwankungen anzupassen** (Pimentel et al., 2005; Niggli, 2007).

8.1.2 Förderung des Bodenlebens

Biologische Landwirtschaft fördert auf den meisten Standorten auch dauerhaft das Bodenleben. Das zeigt eine große Anzahl von Vergleichsuntersuchungen auf mitteleuropäischen Ackerstandorten. So wurden signifikante, zum Teil sehr viel höhere mikrobielle Aktivitäten und höhere Abundanzen des mikrobiellen Bodenlebens in der biologischen Bewirtschaftung im

Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft nachgewiesen (Diez et al., 1986; Foissner, 1987, Diez et al., 1991; Schulte, 1996; Friedel et al., 1999; Dauerversuch-Feldversuch in der Schweiz: Mäder, 1993; Mäder et al., 2002; Oberson et al., 1996; Niggli 2007). Birkhofer et al. (2016) (Literaturanalyse, mit vorwiegend Meta-Studien neueren Datums) fanden ebenfalls signifikant höhere bodenmikrobielle Aktivitäten in den biologisch bewirtschafteten Äckern im Vergleich zu den konventionellen Äckern.

Zudem belegen eine Reihe von Vergleichsversuchen, dass die Bewirtschaftungsmaßnahmen der biologischen Landwirtschaft eine signifikante Erhöhung des Mykorrhiza-Besatzes im Boden zur Folge haben (z.B. Ryan et al., 1994: Einzelbetriebe Australien; Mäder et al., 2000: Dauerversuch-Feldversuch in der Schweiz; Gosling et al., 2006: Literaturreview international).

Birkhofer et al (2016) werteten eine große Zahl von Studien aus, die höhere Abbauraten von organischem Material bei ökologischer Bewirtschaftung (größere Populationen von Bodenlebewesen), aber auch niedrigere Abbauraten (infolge der höheren verfügbaren N-Gehalte und schnellerer Abbau bei der Verwendung von synthetischen Düngemitteln in der konventionellen Bewirtschaftung) belegen.

Der häufig höhere Regenwurmbesatz in biologisch bewirtschafteten Äckern ist mehrfach nachgewiesen worden (Einzelbetriebs- und Feldversuche in Deutschland: Diez et al., 1986; Gehlen, 1987; Ingrisch et al., 1989; Diez et al., 1991; Dauerversuch-Feldversuche in der Schweiz: Pfiffner und Mäder 1997; Einzelbetriebe in der Schweiz: Pfiffner und Luka, 2007). Dies zeigt sich auch in der signifikant höheren Anzahl an Regenwurmgängen in den Bioparzellen (Dauerversuch-Feldversuch in der Schweiz: Siegrist et al., 1998).

8.1.3 Verringerung der Bodenerosion

Der Abtrag von Boden durch Wind und Wasser verursacht im Agrarökosystem massive Schäden, da wertvoller (humus- und nährstoffreicher) Oberboden verloren geht. Zudem werden durch Bodenerosion auch benachbarte Ökosysteme (vor allem Oberflächengewässer, Stichwort Eutrophierung) geschädigt.

Laut Strauss (2006) sind **etwa 25% (etwa 839.000 ha)** der landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs **erosionsgefährdet**. Diese Flächen sind von Wassererosion in unterschiedlichen Ausmaßen betroffen. Ungefähr 125.000 ha landwirtschaftlich genutzte Flächen weisen einen Bodenabtrag von mehr als 11 t/ha auf, weitere 120.000 ha weisen einen Bodenabtrag zwischen 6 t/ha und 11 t/ha auf. Um diese Flächen zu schützen, ist eine Reduktion des Bodenabtrags notwendig, da ein Bodenabtrag mit mehr als 6 t/ha/Jahr als kritisch zu betrachten ist (Strauss, 2006). Die Bodenerosion wird zudem aufgrund zunehmender **Starkniederschläge** infolge des Klimawandels weiter stark zunehmen und so die Erträge reduzieren (Niggli, 2007).

In der biologischen Landwirtschaft sind Strategien zur Vermeidung von Bodenerosion für die Stabilität der Nährstoffversorgung und der Erträge von zentraler Bedeutung. Humusverluste

können nicht – ebenso wie Bodenverdichtungen – durch „Öffnen des Düngersackes“ wie in der konventionellen Landwirtschaft symptomhaft ausgeglichen werden. Die Erosion wird im Biolandbau durch folgende Strategien verringert (Heß und Lindenthal, 1997):

- Erhöhung des Humusgehaltes (Erhöhung der Aggregatstabilität),
- Verringerung von Schwarzbrache / höhere Anteile an begrünten Böden über Winter und während der Vegetationsperiode infolge vielfältigerer Fruchtfolgen durch biologisch bewirtschafteten Böden,
- einen geringen Hackfruchtanteil,
- die Integration von Zwischenfrüchten und Untersaaten.

Diese Maßnahmen sind wesentlich dafür verantwortlich, dass der Biolandbau tatsächlich an den meisten Standorten eine Verringerung der Bodenerosion zur Folge hat, und somit einen signifikant geringeren Bodenabtrag als in der konventionellen Landwirtschaft aufweist. Dies wurde bereits relativ früh in den USA nachgewiesen (Reganold et al., 1987), was aber international erst in den späten 90er-Jahren Beachtung fand. Für Mitteleuropa folgten in den 90er-Jahren entsprechende Studien (Köpke 1994, Heß und Lindenthal, 1997), die ebenfalls eine deutliche Reduktion der Erosion durch den Biolandbau nachweisen konnten.

Im Rahmen des „DOK“-Langzeitversuches wurden diese Befunde langjähriger biologischer Bewirtschaftung bestätigt (Siegrist et al., 1998; Fliessbach et al., 2007). Birkhofer et al. (2016) fanden in ihrer Metastudie ebenfalls meist geringere Bodenerosion bei ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen, was die Ergebnisse der oben angeführten Studien bestätigt. Die geringere Bodenerosion in ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen wird auch für einen Dauerversuch in den USA bestätigt (Rodale Institute, 2015).

Die Verringerung der Erosion durch den Biolandbau hat neben der Stabilität der Erträge auch zur Folge, dass die Phosphor-Einträge in die Oberflächengewässer deutlich reduziert werden (Lindenthal, 2000). Die Verringerung der Eutrophierung durch verringerten Abtrag von nährstoffreichem Oberbodenmaterial wird zudem dadurch verstärkt, dass die Ackerschläge von Biobetrieben auch geringere P-gesamt-Gehalte (Phosphor) aufweisen und somit geringere P-Mengen mit dem Oberboden in die Oberflächengewässer gelangen (Lindenthal, 2000).

Eine flächendeckende Umstellung auf Biolandbau würde also in Österreich die Bodenerosion deutlich verringern und damit die Erträge absichern und Umweltbelastungen in die Gewässer reduzieren.

8.1.4 Vermeiden von Bodenverdichtungen

Da die Nährstoffmobilisierung im Ober- und Unterboden von zentraler Bedeutung für die Pflanzenernährung in der biologischen Landwirtschaft ist, hat das Vermeiden von Bodenverdichtungen eine besondere Stellung in den Zielen des Biolandbaus. Richtige Bodenbearbeitungszeitpunkte und -tiefe sind daher von großer Bedeutung, wie auch Ansätze zur

reduzierten Bodenbearbeitung und der Einsatz leichterer Maschinen deutlich machen (Herrmann und Plakolm, 1991; Hampl, 1994, Boxberger et al., 1997; Weber und Emmerling, 2005; Sprenger 2005).

Untersuchungen von Diez et al. (1976 und 1991), Reganold et al. (1993), Siegrist et al. (1998) und Mäder et al. (2002) zeigen zwar dass bei vielen bodenphysikalischen Parametern (u.a. Gesamtporenvolumen, Porengrößenverteilung, Bodendichte) häufig keine Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungsweisen vorliegen, wobei jedoch hinsichtlich der Aggregatstabilität tendenziell bis signifikant bessere Werte auf den biologisch bewirtschafteten Äckern beobachtet wurden. **Potenziale** der biologischen Landwirtschaft im Bereich der künftigen Vermeidung von Bodenverdichtungen sind aber infolge der Zielstellungen dieser Bewirtschaftungsweise (Ausrichtung der Bewirtschaftung auf die aktive Nährstoffmobilisierung und nicht auf leicht lösliche Düngemittel).

8.1.5 Vermeidung von Schadstoffeinträgen in die Böden

Unter anderem aus dem Ziel des Biolandbaus, Schadstoffeinträge in die Umwelt zu reduzieren, resultiert das **Verbot von chemisch-synthetischen Pestiziden**, was den Eintrag von Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden in die Böden ausschließt. Bei einer großflächigen Umstellung auf Biolandbau würden große Mengen an Pestizid-Wirkstoffen (gemäß Schader et al 2013 wurden in Österreich zwischen 2009-2011 durchschnittlich 3.500 t Wirkstoffmenge pro Jahr in Verkehr gebracht) nicht mehr in die Umwelt und somit auch nicht direkt oder indirekt in die Böden gelangen.

Das Ziel der Vermeidung von Schadstoffeinträgen in die Böden führt auch zu strengen Qualitätsansprüchen bei (zugekauften) Düngern. Die EU-VO 834/2007 zur biologischen Landwirtschaft enthält strenge Grenzwerte bzgl. der Gehalte an organischen und anorganischen Schadstoffen in den zugelassenen organischen und mineralischen Düngern. Zudem sind in der ökologischen Landwirtschaft einige organische und mineralische Düngemittel insbesondere wegen häufig hoher Schwermetallbelastungen mit Einsatzverboten belegt (z.B. Klärschlämme).

8.1.6 Bedeutung des Humusgehaltes im Zusammenhang mit dem Klimawandel

Humusabbau und die Folgewirkung auf das Klima

Dersch und Böhm (1997) berechnen auf Basis vorliegender historischer Daten, dass der Humusgehalt der Ackerflächen in Niederösterreich und Oberösterreich zwischen den Jahren 1965 und 1991 im Durchschnitt um 16% (Niederösterreich) und 6% (Oberösterreich) abgenommen hat. In diesen beiden Bundesländern befinden sich 70% der Ackerflächen Österreichs. Damit reduzierte sich im wichtigsten österreichischen Getreideproduktionsgebiet der organische C-Gehalt um 290 kg C pro ha und Jahr. **Dieser Humusabbau der konventionellen Landwirtschaft** trägt einerseits durch die erhöhten CO₂-Emissionen (durch den Humusabbau

entweicht viel Kohlenstoff in Form von CO₂) zum Klimawandel bei. Andererseits gefährdet der Humusabbau wie erwähnt mittel- und langfristig die Bodenfruchtbarkeit, damit die landwirtschaftliche Produktionsgrundlage und damit die Nahrungsmittelproduktion in Österreich.

Vorteile des Humusaufbaus durch Biolandbau bei Klimawandeleffekten

Unter extrem trockenen Bedingungen, die in Folge des Klimawandels in vielen Regionen der Welt und auch in einigen Teilen Österreichs (insbesondere in wichtigen Ackerbauregionen) verstärkt auftreten werden (IPCC, 2014), weisen Systeme der biologischen Landwirtschaft wegen des höheren Humusgehaltes sogar oft höhere Erträge als die konventionelle Landwirtschaft auf. Das geht auf die größere Wasserspeicherkapazität bzw. die höheren Humusgehalte und auf eine verbesserte Bodenstruktur von biologisch bewirtschafteten Böden zurück (Lotter et al., 2003; Siegrist et al., 1998). Dass unter Trockenheitsbedingungen sogar höhere Erträge im Biolandbau als in der konventionellen Landwirtschaft erwirtschaftet werden konnten, zeigen internationale Untersuchungen (Lotter, 2003; Araya und Edwards, 2006, Reganold und Wachter, 2016).

Eine weitere Folge des Klimawandels ist das vermehrte Auftreten von Starkniederschlägen. Humusreichere Böden können mehr Wasser bei Extremniederschlägen aufnehmen (höhere Wasserinfiltrationsraten und Wasserspeicherfähigkeit) und sind robuster gegenüber Bodenabtrag durch Wasser (Niggli, 2007). Es ist daher zu erwarten, dass bei Starkniederschlägen Bodenabtrag und Hochwasserereignisse durch großflächige biologische Landwirtschaft reduziert werden können.

8.2 Biolandbau und Klimaschutz

8.2.1 Landwirtschaft und Klimawandel

Im Jahr 2016 betrugen die Treibhausgasemissionen Österreichs 79,7 Mio. t CO₂-Äquivalente (CO₂eq). Das Treibhausgas CO₂ nimmt mit 85% (im Jahr 2005) den größten Anteil der Treibhausgase ein. Der Anteil der Landwirtschaft an den Treibhausgas(THG)-Emissionen in Österreich im Jahr 2016 wird vom Umweltbundesamt (2017) mit 8,2 Mio. t CO₂eq. bzw. ca. 10% der THG Emissionen in Österreich (2005: 8,4%) beziffert. Nicht darin enthalten sind jedoch bedeutende Emissionsquellen wie alle Transporte in den vor- und nachgelagerten Bereichen der Landwirtschaft (also u.a. auch der Lebensmittelhandel) und auch nicht der enorme Energiebedarf zur Herstellung von mineralischen N-Düngern. Somit kann der Anteil der Landwirtschaft gesamthaft gesehen auf 12-14% aller Treibhausgasemissionen in Österreich geschätzt werden (Lindenthal et al 2011). Weltweit ist die Landwirtschaft für 10-14 % des Ausstoßes an klimarelevanten Gasen verantwortlich (Fliessbach et al., 2008). Dabei stammen rund 60% der N₂O-Emissionen und 50 % der CH₄-Emissionen aus der Landwirtschaft (landw. Produktion inkl. Tierhaltung und Reisfelder). Der Großteil der Treibhausgasemissionen geht innerhalb der Landwirtschaft auf die Tierhaltung zurück (FAO, 2006).

Im Jahr 2006 wurden weltweit 90 Mio. Tonnen Erdöl und Erdgas zu 82 Mio. Tonnen mineralischem Stickstoff verarbeitet – das sind rund 1% des weltweiten Verbrauchs an fossilen Energieträgern (Niggli, 2007). Die Herstellung von 1 Kilogramm Stickstoffdünger (der dann in der konventionellen Landwirtschaft eingesetzt wird) entspricht einem fossilen Energieäquivalent von 2 Litern Heizöl. Im Biolandbau hingegen erfolgt die N-Versorgung einerseits über die N-Fixierung von Leguminosen, andererseits über die organischen Dünger. An der Universität von Michigan wurde berechnet, dass auf den weltweiten 1.513 Mio. ha Ackerland bei einer konsequenten Nutzung von Leguminosen als Gründüngung (als Zwischenfrüchte und als überwinternde Deckfrüchte) mindestens 140 Mio. Tonnen Stickstoff jährlich zusätzlich produziert werden könnten – also um 70% mehr, als heute in Form synthetischer Düngemittel eingesetzt werden (Niggli, 2007).

Der Anteil der Ernährung an den Treibhausgasemissionen wird in Deutschland auf 20% geschätzt (Von Koerber und Kretschmer, 2006 und 2007). Die verantwortlichen CO₂-Emissionsverursacher im Ernährungsbereich lassen sich wie folgt aufschlüsseln (Von Koerber und Kretschmer, 2006): Landwirtschaft: 52% (44% entfallen hierbei auf die Tierproduktion, 8% auf die Pflanzenproduktion), Verarbeitung (Industrie, Handwerk): 6%, Handel: rund 13% und VerbraucherInnen: rund 29% der CO₂ Äquivalente. Nicht einberechnet sind hierbei aber jene großen CO₂-Emissionen, die durch Futtermittelanbau (v.a. Sojaanbau) infolge von Landnutzungsänderungen, vor allem in Südamerika (Umbruch von Savannen- und Tropengebieten) entstehen und somit von der industrialisierten Landwirtschaft Europas (Import von Soja als Futtermittel) mitverursacht werden.

8.2.2 Klimaschutzwirkung des Biolandbaus

In der biologischen Landwirtschaft in Österreich werden weniger THG emittiert als in der konventionellen Produktion. Mit biologischen Lebensmitteln können gegenüber konventionellen Lebensmitteln zwischen 10-35% der Treibhausgase pro kg Produkt eingespart werden (BMNT, 2017). Biologische Produkte weisen in den Lebensmittelgruppen Schweinefleisch, Hühnerfleisch, Milch und Eier deutlich geringere CO₂-Äquivalent-Emissionen pro kg im Vergleich zu konventionellen Produkten auf. So ergeben sich um 30-50% geringere Treibhausgas (THG)-Emissionen bei Hühner- und Schweinefleisch sowie bei Eiern und 10-20% geringere Treibhausgasemissionen bei Milch (Hörtenhuber et al., 2010; Hörtenhuber et al., 2011; Lindenthal, 2013; Lindenthal et al., 2010).

Birkhofer et al. (2016) fassen umfangreiche Literaturreviews über Treibhausgasemission (THG) in der weltweiten Landwirtschaft wie folgt zusammen:

- Treibhausgas-Emissionen sind – betrachtet pro Flächeneinheit – in der ökologischen Landwirtschaft vielfach niedriger als in der konventionellen Landwirtschaft

Hülsbergen und Küstermann (2008) ermittelten in Bayern ein um den Faktor drei (917 versus 2.618 kg CO₂-eq/ha) geringeres flächenbezogenes Treibhausgaspotential der biologischen Landwirtschaft. Untersuchungen in Österreich zeigen deutliche Einsparungen von THG-Emissionen von ca. 30-60% pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche sowie 10-50% pro kg Produkt (Hörtenhuber et al., 2010; Hörtenhuber et al., 2011; Lindenthal, 2013; Lindenthal et al., 2010).

Birkhofer et al. (2016) stellen als zweites Ergebnis der internationalen Literaturanalyse fest:

- Pro Produkteinheit weisen Bioprodukte niedrigere, aber in manchen Ländern auch höhere Treibhausgas-Emissionen auf.

Die oben schon erwähnten, auch pro kg Produkteinheit geringeren THG-Emissionen von Bioprodukten in Österreich gehen u.a. auf die im Biolandbau in Österreich nur marginal eingesetzten Sojafuttermittelimporte zurück. Vor allem die Abholzung von Regenwäldern sowie Monokulturen tragen zu den höheren CO₂-Emissionen der konventionellen Produktion bei (Hörtenhuber et al., 2010; Hörtenhuber et al., 2011).

8.2.3 Treibhausgasreduktionspotenziale durch flächendeckende Umstellung auf Biolandbau

Die Studie von Dörninger und Freyer (2008) zeigte, dass die Umstellung auf eine komplette biologische Anbauweise in Österreich zu einer Einsparung von Treibhausgas (THG)-Emissionen in der Landwirtschaft **von 12,7 bis zu 39%²¹ führen könnte**. Die THG-Emissionen in Österreich könnten durch eine Umstellung auf 100% Biolandbau demnach – ausgehend von 79,7 Mio. t CO₂eq/Jahr in Österreich (Umweltbundesamt, 2017) – um 1 bis 3,4% reduziert werden, **was ca. 0,8 bis 2,7 Mio. Tonnen CO₂eq pro Jahr entspricht**.

Tab. 15: Reduktionspotenziale hinsichtlich Treibhausgas-Emissionen (THG) durch Ernährungsumstellung und vollständiger Biolandwirtschaft, nach Berechnungen von Freyer und Dörninger (2008) (in %) (Eigene Darstellung)

Szenario	THG in LW (kons.)	THG in LW (max.)*	THG Gesamt in Ö (kons.)	THG Gesamt in Ö (max.)*
Umstell. auf ÖGE/DGE-EMPFEHLUNG	-21,5	-	-1,9	-
100% BIO-LANDWIRTSCHAFT	-12,7	-30,4	-1	-2,9
Kombination BIO und DGE	-34,2	-	-2,9	-5,2

Anm.: Alle Angaben sind in %

LW = Landwirtschaft; THG = Treibhausgase; kons. = konservativ; max. = maximal; DGE = Deutsche Gesellschaft für Ernährung ; *Anm.: Gesamte THG-Emissionen in Österreich; GEMIS Daten, umfangreicherer Ansatz; Max. = Maximale Einsparung; kons = konservativ

²¹ Bezieht sich auf die THG-Emissionen in der Landwirtschaft: Diese machen gemäß Umweltbundesamt (2017) in Summe 8,2 Mio. t CO₂eq. bzw. rund 10% der THG Emissionen in Österreich aus.

Bei einer **Kombination** von großflächiger biologischer Landwirtschaft mit einer an den Richtlinien der Österreichischen sowie Deutschen Gesellschaft für **Ernährung** (ÖGE, 2017; DGE, 2017) angepassten Ernährungsweise (Reduktion des Fleischkonsums um ca. 64%) können sogar **2,3 bis 4,2 Mio. t CO₂eq pro Jahr** bzw. 2,9 bis 5,2% der **gesamten jährlichen österreichischen THG** eingespart werden (Dorninger und Freyer, 2008) (siehe Tab. 15).

De Schutter und Bruckner (2016) berechneten in einer aktuelleren Studie die THG-Einsparungen bei Adaption einer gesunden Ernährung gemäß Ernährungsempfehlungen für Österreich (u.a. -64% Fleisch). Das Einsparpotential lag für eine gesunde Ernährung lag bei 28%, womit das Gesamteinsparpotential einer Kombination einer 100%igen biologischen Landwirtschaft mit einer gesünderen Ernährung bei ca. 40 bis 60% liegen dürfte.

8.3 Reduktion der Gewässerverschmutzung durch Biolandbau

8.3.1 Nitratbelastung des Grundwassers

Bei den Gewässern werden die international festgeschriebenen Reduktionsziele für Stickstoff weder in der Schweiz noch in Österreich erreicht (Stolze et al., 2018). Grundwasser ist nach wie vor mit Nitrat belastet und über den Pfad Grundwasser-Oberflächenwasser werden die Meere primär mit Stickstofffrachten aus dem Hauptemittenten „landwirtschaftliche Böden“ belastet (Stolze et al., 2018). Die auch in Österreich hohen P-Frachten aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Oberflächengewässer führen zur Eutrophierung von Flüssen, Seen und letztlich den Meeren.

Biobetriebe weisen im Vergleich zu konventionellen Betrieben in Mitteleuropa meist signifikant geringere N-Bilanzsalden sowie meist signifikant geringere N-Einträge in Grund- und Oberflächengewässer sowohl bei Acker- wie auch bei Grünlandbewirtschaftung auf. Dies zeigen die Ergebnisse einer sehr großen Zahl an Vergleichsuntersuchungen (Literaturreviews von Kratochvil und Lindenthal 2003, Müller und Lindenthal, 2009).

Durch die biologische Landwirtschaft kann die Nitratauswaschung ins Grundwasser um 40-64% verringert werden (Haas et al., 2001; Osterburg und Runge, 2007). Schader et al. (2013) berechneten für die Schweiz **einen 20-50% geringeren Nitrataustrag**.

Birkhofer et al. (2016) ermittelten in ihrer Metaanalyse, dass die Nitratauswaschung in der biologischen Landwirtschaft geringer oder gleich (auf die Fläche gerechnet) ausfällt wie in der konventionellen Landwirtschaft.

8.3.2 Schutz von Oberflächengewässer / Verringerung der Eutrophierung

Die Überdüngung der Oberflächengewässer (v.a. **Phosphor und Stickstoff**) hat besonders auf die Nährstoffverhältnisse von Seen und Meeren gravierende Folgen. Die sensiblen aquatischen Ökosysteme werden insbesondere durch den Eintrag von Phosphor und Stickstoff gestört. Dieser Nährstoffeintrag erfolgt hauptsächlich durch Oberflächenabfluss und Bodenerosion von landwirtschaftlich genutzten Böden.

Die biologische Landwirtschaft trägt durch ihre im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft wesentlich geringere Bodenerosion und geringere P-Gehalte in den Böden maßgeblich zu einer verringerten Eutrophierung der Gewässer bei (Lindenthal, 2000, Müller und Lindenthal, 2009). Schader et al. (2013) berechneten für die Schweiz eine **20-50% geringere Nitrat-** und **eine 10-20% niedrigere Phosphor-Eutrophierung** bei biologischer Bewirtschaftung. Birkhofer et al. (2016) ermittelten in ihrer ausführlichen Metaanalyse, dass P-Auswaschung und Abtrag von biologisch bewirtschafteten Flächen kaum gegeben ist.

Biobetriebe weisen neben, in der Regel deutlich geringeren Stickstoffbilanzen (s. oben) vor allem auch deutlich geringere Phosphorbilanzen sowie – damit in Verbindung stehend – auch wesentlich geringere Phosphorgesamt (P_{ges})-Gehalte und verfügbare N- und P- Gehalte in den Böden auf. Daher werden deutlich geringere N- und P- Mengen über Oberflächenabfluss und Erosion in die Gewässer eingetragen (Lindenthal, 2000; Niggli 2007; Müller und Lindenthal, 2009).

8.3.3 Einträge von Pestiziden in Grund- und Oberflächengewässer

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in Österreich belief sich in den Jahren 2009-2011 durchschnittlich auf **3.500 t Wirkstoffmenge im Jahr** (Schader et al., 2013). Davon waren rund 75% ²² Herbizide, Fungizide und Insektizide (inkl. der 3-5% Mineral- und Paraffinöle), die in der konventionellen Landwirtschaft und im Gartenbau eingesetzt werden. In Österreich waren mit Stand Ende 2015 rund 270 chemische Wirkstoffe und 40 Organismen bzw. deren Inhaltsstoffe als Bestandteile von Pflanzenschutzmitteln sowie rund 1.220 Pflanzenschutzmittel (+122 gegenüber Ende 2014) zugelassen (BMLFUW, 2016).

Die durch den Einsatz dieser überwiegend chemisch-synthetischen Pestizide verursachten Schäden an natürlichen Ressourcen (Gewässer, Böden, Biodiversität) sind nur punktuell erfasst.

In einer Studie von GLOBAL 2000 aus dem Jahr 2014 wurden 60 Pestizide in Österreichs Fließgewässern gefunden (Umweltbundesamt, 2014). Dabei wurden 42 österreichische Flüsse stichprobenartig untersucht und in 22 davon wurden insgesamt 60 verschiedene Pestizide

²² Ungefähr 20-25% waren kupfer- und schwefelhaltige Pflanzenschutzmittel, die in der biologischen Landwirtschaft erlaubt sind.

nachgewiesen. 15 davon gelten als hormonell wirksame Chemikalien, die u.a. mit Missbildungen bei Fischen und Amphibien in Zusammenhang gebracht werden. Hohe Pestizidbelastungen wurden in landwirtschaftlich intensiv bewirtschafteten Regionen mit bis zu 40 Pestiziden gefunden.

In der Studie von GLOBAL 2000 wurden die negativen Effekte auf zahlreiche Arten von Krebstierchen und Wasserinsekten nachgewiesen. Hauptverantwortlich hierfür waren die beiden Insektizide Thiacloprid und Imidacloprid aus der Gruppe der Neonicotinoide. Die mengenmäßig stärksten Belastungen von Fließgewässern verursachten das potentiell hormonell wirksame und laut WHO-Krebsforschungsagentur IARC „wahrscheinlich krebserregende“ Totalherbizid Glyphosat sowie die Herbizide Metamitron und MCPA (Umweltbundesamt, 2014; IARC, 2015).

Für sechs Fließgewässer Österreichs wurden in einem Sondermessprogramm Pflanzenschutzmittel und Metaboliten stichprobenartig untersucht. 25 der 121 untersuchten Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und -metaboliten wurden in den Fließgewässern nachgewiesen (BMLFUW 2011 zit. in Stolze et al., 2018). Für sämtliche dieser nachgewiesenen Wirkstoffe mit einem Resultat über 0,1 µg/l gibt es jedoch derzeit keine gültigen Umweltqualitätsnormen für Fließgewässer (Stolze et al., 2018).

Beispielhaft für Umwelt- und Gesundheitskosten in Zusammenhang mit Pestizideinträgen ins Grundwasser (Schader et al., 2013):

- Die Belastung mit Bentazon (Kontaktherbizid) in Enns (Oberösterreich) im Jahr 2008 führte dazu, dass noch im Jahr 2012 Wasser von der Stadt Linz, kostenintensiv zum Ennser Wasser beigemischt werden musste.
- Immer wieder führen Probleme bei der Herstellung und Lagerung von Pestiziden zu Umweltproblemen. Im Jahr 2012/2013 erfolgte eine Grundwassersanierung in Korneuburg infolge eines Unfalls beim Pflanzenschutzmittelhersteller Kwizda, bei dem Thiametoxam und das Herbizids Clopyralid + Metaboliten austraten.
- Als häufigster festgestellter und angezeigter Verstoß bei Betriebskontrollen wird **das Verwenden nicht zugelassener Pflanzenschutzmittel** beschrieben (BMLFUW, 2013). Die Folgeschäden auf Ökosystem und Mensch sind nicht erfasst.

Hingegen ist die Auswaschung von chemisch-synthetische Pflanzenschutzmitteln in der Regel im Biolandbau kein Problem (Birkhofer et al. 2016). Auch ökologische Pflanzenschutzmittel (z.B. Kupfersulfat) könnten potenziell sehr schädlich auf Bodenlebewesen wirken. Bisher gibt es jedoch keine Studien über das Auswaschungspotenzial.

8.4 Biodiversitätsvorteile durch Biolandbau

8.4.1 Allgemeine Biodiversitätswirkungen

Biodiversität ist ein besonders relevanter bzw. kritischer ökologischer Nachhaltigkeitsindikator in landwirtschaftlichen Systemen, da die gegenwärtige Landwirtschaft in hohem Maße die Biodiversität beeinträchtigt. Andererseits trägt Artenvielfalt zur Produktivität und Stabilität des Agrarökosystems bei.

Niggli (2007) führt 17 Studien aus den Jahren 1996 bis 2007 an, die belegen, dass die ökologische Landbewirtschaftung im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft im Bereich Biodiversität besser abschneidet. Dies betrifft die **Biodiversität in den Böden, in den Ackerkulturen, im Grünland**, auf dem Landwirtschaftsbetrieb und in der Landschaft (mehrjährige Studien, die in Mitteleuropa, England, Schweden und in den USA durchgeführt wurden). Tauscher et al. (2003) führen in einer umfangreichen Studie über 30 weitere wissenschaftliche Arbeiten (mit Schwerpunkt Deutschland) an, die diese Vorteile der ökologischen Landwirtschaft belegen. Dies betrifft beispielsweise schützenswerte Wildkrautarten auf der Roten Liste, Pflanzenartenzahlen im Dauergrünland, höhere Diversität und Abundanzen unterschiedlicher Tiergruppen/ Nützlinge (Regenwürmer, Laufkäfer, Spinnen, Tausendfüßer, Wanzen, Milben und Vögel).

Die höhere Biodiversität auf ökologisch bewirtschafteten Flächen werden von Schneider et al. (2014) bestätigt. Birkhofer et al. (2016) stellten fest, dass durch die Anwendung synthetischer Pflanzenschutzmittel (in konventioneller Landwirtschaft) das Potenzial biologischer / natürlicher Kontrollmechanismen (über Nützlinge) im Ackerbau reduziert wird.

Die positive Wirkung der ökologischen im Vergleich zu konventionellen Landbewirtschaftung auf **Regenwürmer** wurde im Low-input-System (keine Ausbringung von Insektiziden, Fungiziden und Wachstumsregulatoren) auf sechs Standorten in der NW-Schweiz festgestellt (Pfiffner und Luka 2007).

Lichtenberg et al. (2017) bestätigen in ihrer Metanalyse, bei der 60 Studien aus 21 Ländern, dabei 43 Feldfrüchte und fünf kontinentale Regionen ausgewertet wurden, dass in der ökologischen Landwirtschaft die Häufigkeit an **Arthropoden** insgesamt erhöht wird (um 45%), und dabei ebenso die Vielfalt der häufigen und seltenen Arthropodenarten. Weiterhin fanden die AutorInnen heraus, dass die Abundanz, die lokale und regionale Vielfalt der Bestäuber in der ökologischen Landwirtschaft um 32 - 90% im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft erhöht ist. Zudem ist die Abundanz und lokale Vielfalt der Räuber im Ökolandbau um 14 - 38% höher als in der konventionellen Landwirtschaft.

Eine höhere Diversität bei den **angebauten Pflanzensorten und den gehaltenen Tierrassen** in der ökologischen Landwirtschaft führt Niggli (2007) in seinem Review als weiteren wichtigen ökologischen Vorteil des Ökolandbaus im Bereich der Biodiversität an. Neben der Biodiversität

im Boden und der Diversität in der Landschaft trägt die Diversität der Pflanzensorten und Tierrassen zu einer höheren agrarökologischen Resilienz (Robustheit gegenüber Störungen u.a. durch Krankheiten und Schädlingen) bei.

8.4.2 Pflanzenbestäubung durch höhere Abundanz und Vielfalt der Pflanzenbestäuber

Nach Birkhofer et al. (2016) kann die organische Landwirtschaft die Pflanzenbestäubung hinsichtlich Quantität und Qualität steigern, beispielsweise bei Erdbeeren 45% volle Bestäubung auf biologischen Betrieben im Gegensatz zu 17% auf konventionellen Betrieben. Das liegt vor allem daran, dass die biologische Landwirtschaft den Bestäubern mehr Lebensraum bietet (höhere Pflanzendiversität und Abwesenheit von Pestiziden).

8.4.3 Schäden der Pestizide an der Biodiversität

Negative Auswirkungen des Einsatzes von Pestiziden auf die Biodiversität in den Böden, im Acker und im Grünland sind vielfach belegt. Zudem treten negative Wirkungen auf Nichtzielorganismen (z.B. Nützlinge) auf (Stolze et al., 2018).

Beispielhaft sei hier die Studie von Geiger et al. (2010) erwähnt: Hier wurde in einer europaweiten Studie die Effekte der landwirtschaftlichen Intensivierung auf die Artenvielfalt von Gefäßpflanzen, Laufkäfern und Brutvögeln in und um Ackerflächen sowie deren Einfluss auf die Schädlingskontrolle von Blattläusen in Winterweizen untersucht. Von 13 untersuchten Faktoren der landwirtschaftlichen Intensivierung hat die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, vor allem von Insektiziden und Fungiziden, den größten negativen Effekt auf die Diversität von Pflanzen, Laufkäfern und bodenbrütenden Ackervögeln in und um Ackerflächen sowie auf das Potenzial der biologischen Schädlingsbekämpfung (Geiger et al., 2010, Stolze et al., 2018).

8.4.4 Bienensterben durch Pestizideinsatz

Bienen sind durch ihre Bestäubungsfunktion für viele Nutzpflanzen ein wichtiger Faktor für die Ertragssicherung und Welternährung, was vielfach nachgewiesen wurde (Schader et al., 2013). Die Bienenschädigung durch Pestizide insbesondere durch Neonicotinoide und weitere Beizmittelwirkstoffe der konventionellen Landwirtschaft zeigen ein weiteres Problemfeld des Einsatzes von Pestiziden auf die Ökosysteme auf. So zeigen die Ergebnisse des Projektes MELISSA (Girsch und Moosbeckhofer, 2013 zit. in Schader et al., 2013), dass in Österreich regional gehäuft Bienenschäden aufgetreten sind, die rückstands-analytisch häufig mit der Verwendung von insektizidgebeiztem Mais- und Ölkürbissaatgut in Zusammenhang zu bringen waren. Neben der Wirkstoffgruppe der Neonicotinoide sind weitere Insektizide bienentoxisch, u.a. Chlorpyrifos, Deltamethrin (Schader et al., 2013).

9. Gesundheit

9.1 Auswirkungen auf den Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung

Durch die konventionelle Landwirtschaft ergeben sich nicht nur Kosten für die Umwelt, sondern auch für den Menschen. Abgesehen von den steigenden Gesundheitskosten sind die **Auswirkungen einer ungesunden und sehr fleischreichen Ernährung** wie in Österreich seit längerem bekannt (siehe auch Kap. 8.3).

Durch den gestiegenen Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung und damit auch des indirekten Verzehr steigt auch das Risiko für **Antibiotikaresistenzen**. Laut der WHO, der Weltgesundheitsbehörde sind Antibiotikaresistenzen eine steigende zunehmende Gefahr für die globale öffentliche Gesundheit (WHO, 2018). Daher ruft die WHO weltweit zu einem Stopp des Antibiotika-Einsatzes bei gesunden Tieren auf – gemäß WHO werden Antibiotika größtenteils als Wachstumsförderer eingesetzt (WHO, 2017). In der EU ist der Einsatz von Antibiotika als Wachstumsförderer bereits seit 2005 verboten (EU, 2005).

Von den insgesamt verabreichten ca. 114 t Antibiotika in Österreich gingen auf die **landwirtschaftliche Tierhaltung** (inkl. einem geringen Anteil für die Heimtierhaltung) ca. **39%** zurück, sowie ca. **61%** auf die **Humanmedizin** (QGV, 2017). Der Anteil global gesehen macht in einigen Ländern bis zu 80% des Gesamteinsatzes an Antibiotika aus (WHO, 2017). Im Jahr 2016 wurden in Österreich in Summe 44,4 t Antibiotika an Nutztiere verabreicht (AGES, 2017). Von den abgegebenen Antibiotika entfielen im Jahr 2015 ca. **72% auf Schweine, ca. 22% auf Rinder und 6% auf Geflügel** (siehe Abb. 7) (AGES, 2017).

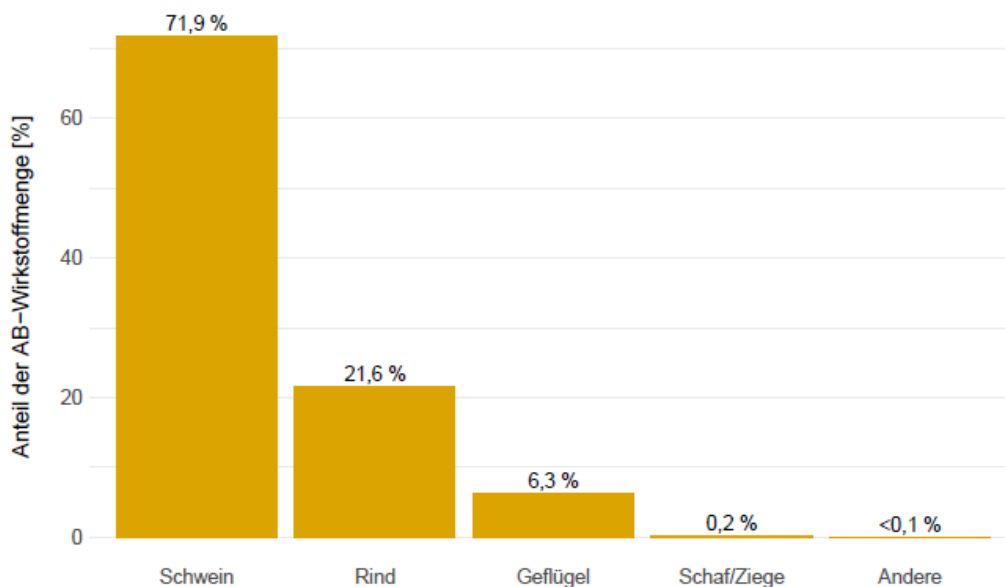


Abb. 7: Prozentuelle Anteile der Abgabemenge von Antibiotika nach Tierart im Jahr 2016 in Österreich (AGES, 2017)

Dabei dürften auch eine große Anzahl an gesunden Nutztieren Antibiotika bekommen. Wenn eine gewisse Zahl an Tieren eine Antibiotika-indizierte Krankheit bekommen, dann werden häufig vorsorglich allen Tieren im Stall (wenn kein Platz für Isolierung der kranken Tiere gegeben ist) Antibiotika über das Futter oder Wasser verabreicht – womit auch, einer Ansteckung bei erkrankten Mitkälbern entgegengewirkt werden soll.

Das Problem eines relativ großflächigen Einsatzes ist, dass je öfter diese verabreicht werden, desto größer ist die Gefahr, dass sich dagegen resistente Bakterienstämme bilden. Im Falle dass diese Stämme dann eine Infektion verursachen, bleiben die entsprechenden Antibiotika zur Bekämpfung wirkungslos, was auch für den Menschen im Falle von Antibiotikaaanwendungen schwerwiegende Folgen haben kann. Wenn

In Österreich würde ein geringerer Fleischverzehr bereits um 25% in etwa eine Antibiotikareduktion von geschätzten 20% in der Tierhaltung mit sich bringen, was dann einer Gesamtmenge von ca. 35,5 t entspricht. Wenn **um die Hälfte weniger Fleisch** produziert bzw. verzehrt wird, kann auch mit einem **Rückgang des Antibiotikaeinsatzes von geschätzten 40%** in der Tierhaltung gerechnet werden, d.h. dass dann **ca. 26,6 t Antibiotika** in der Tierhaltung zum Einsatz kommen **anstelle** der **derzeit eingesetzten 44,4 t**.

Durch eine 100%ige Umstellung auf biologische Landwirtschaft könnte generell ein Teil der eingesetzten Antibiotika vermieden werden, da deren Einsatz in der biologischen Tierhaltung per EU-Verordnung strenger geregelt ist (siehe weiters BIOS, 2014).

Hinzu kommen auch allgemein Vorteile bezüglich der Haltebedingung in biologischen Tierhaltungsbetrieben (Schlatzer und Lindenthal, 2018). Die Tierhaltestandards sind in der biologischen Tierhaltung prinzipiell besser als in der konventionellen und ein größeres Platzangebot und Auslauf wirken sich positiv auf die Tiergesundheit aus. Hinzu kommt das Verbot von GMO-Sojafuttermitteln aus Nord- und Südamerika.

9.2 Bioprodukte und Gesundheit

Mittlerweile gibt es viele Studien, die sich mit den Auswirkungen biologischer und konventioneller Lebensmittel auf die Gesundheit beschäftigen. Einige von ihnen, wie die sog. „Stanford-Studie“ kommen zu dem Schluss, dass Bioprodukte ähnlich viel an Nährstoffen und Vitaminen beinhalten, wie konventionelle Erzeugnisse. Andere Studien wie die „Newcastle-Studie“ gehen wiederum davon aus, dass biologische Lebensmittel ein Mehr an gesundheitsfördernden Wirkstoffen enthalten (BMLFUW, 2016). Biologische Milch beispielsweise enthalten gemäß verschiedener Untersuchungen mehr Omega-3-Fettsäuren.

Ein deutlicher Vorteil einer vollständigen Umstellung auf biologische Landwirtschaft für die Gesundheit der österreichischen Bevölkerung ergibt sich klarerweise auch durch die deutliche Reduzierung der Pestizidrückstände bei pflanzlichen Produkten sowie der eingesetzten Antibiotika in der Tierhaltung.

9.3 Gesundheit und Ernährungsweisen

Das derzeitige Ernährungsversorgungssystem gewährleistet aufgrund der erwähnten sozio-ökonomischen Ungerechtigkeiten die Versorgung von lediglich ca. 90% der Weltbevölkerung. Fast ein Drittel der Weltbevölkerung bzw. mehr als das 2-fache der Anzahl an hungernden Menschen sind mit Protein und Energie überversorgt. Das bedeutet, dass ca. 2 Mrd. Menschen übergewichtig sind, wovon 750 Mio. Menschen an Adipositas leiden.²³ Der adipöse Teil unserer Gesellschaft ist mit Problemen des Überflusses konfrontiert, was sich in Form von Übergewicht und assoziierten Krankheiten (sog. „Zivilisationskrankheiten“) wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bluthochdruck und Diabetes Mellitus 2 zeigt (The GBD 2015 Obesity Collaborators, 2017).²⁴

Alleine für den menschlichen Konsum werden pro Jahr 60 Mrd. Tiere geschlachtet. Mit dem stark steigenden Konsum von Fleisch sind auch ein intensiver Verbrauch wertvoller Ressourcen und schwerwiegende Konsequenzen für Mensch und Umwelt verbunden (siehe auch Anhang) (FAO, 2006b; Schlatzer, 2011). Eine deutliche Senkung des Konsums von tierischen Produkten oder eine Umstellung auf eine ovo-lacto-vegetarische oder vegane Ernährung im Sinne des Klimawandels und der Ressourceneinsparung bringt auch deutliche Co-Benefits für die Gesundheit mit sich: Senkung des Diabetes mellitus Typ 2-, Bluthochdruck- und Herz-Kreislauf-Erkrankungsrisikos (Springmann et al., 2016; Schlatzer, 2011; Scarborough et al., 2014; Friel et al., 2009; Melina et al., 2016).

²³ In der Studie von GBD 2015 Obesity Collaborators (2017), in der 195 Länder bzw. der Großteil der Weltbevölkerung berücksichtigt sind, wurde evident, dass sich die Rate an adipösen Menschen zumindest in 73 Ländern (inklusive Türkei, Venezuela und Bhutan) zwischen 1980 und 2005 verdoppelt hat und weiterhin in den meisten anderen Ländern ansteigt.

²⁴ Tierische Produkte spielen bei dem Risiko von Diabetes Mellitus 2 und Bluthochdruck auch eine gewichtige Rolle. So weisen Ovo-lacto-VegetarierInnen sowie VeganerInnen ein ca. 20-30% geringeres Erkrankungsrisiko als OmnivorInnen auf (Melina et al., 2016).

10. Ökonomie

10.1 Volkswirtschaftliche Vorteile einer flächendeckenden Umstellung auf Biolandbau

Negative Umweltwirkungen der konventionellen Landwirtschaft (s. oben) verursachen Kosten, die meist von der Gesellschaft getragen werden, da das Verursacherprinzip in der Regel nicht konsequent angewendet wird (Schader et al., 2013; TEEB, 2010).

Schader et al. (2013) berechneten in ihrer Studie zum Volkswirtschaftlichen Nutzen der Bio-Landwirtschaft für Österreich die volkswirtschaftlichen Kosten der Umweltbelastung der konventionellen Landwirtschaft in Österreich und die positiven Wirkungen des Biolandbaus auf die Umwelt. Schader et al. (2013) stellten u.a. fest:

- Die ökologische Landwirtschaft erzielt mit vergleichsweise geringen gesellschaftlichen Kosten (u.a. der Landwirtschafts-bedingten Umweltbelastungen; Pestizide in Lebensmitteln) einen höheren gesellschaftlichen Nutzen (für den Umweltschutz, Klimaschutz, für die regionale Wertschöpfung, den Tourismus u.a.) als die konventionelle Wirtschaftsweise.
- **Die externen Kosten** der Landwirtschaft in Österreich belaufen sich auf **1,3 Milliarden Euro pro Jahr** (Schwankungsbreite von 614 bis 2.089 Mio. € pro Jahr). Diese Kosten stellen jedoch (aufgrund Einschränkungen in der Quantifizierbarkeit) nur einen Bruchteil der tatsächlichen – über die quantifizierbaren Gewässerbelastungen hinausgehenden – Kosten der Landwirtschaft dar. Zu den externen Kosten gehören u.a. von der Landwirtschaft bedingte **Umweltprobleme** (s. oben): Gewässerbelastungen, stärkere Hochwasserereignisse infolge verringerte Wasserpufferkapazität, Treibhausgasemissionen, Biodiversitätsverluste, Pestizid-Emissionen in Wasser und Luft sowie Pestizid-Rückstände in Lebensmitteln). Zu diesen externen Kosten trägt **die konventionelle Landwirtschaft**, die in Österreich im Jahr 2017 rund 76% der landwirtschaftlichen Fläche ausmacht und zudem deutliche höhere Umweltbelastungen verursacht (s. oben Kapitel Umwelt), den **Hauptanteil** bei.
- Jährlich könnte **etwa ein Drittel der externen Kosten der Landwirtschaft eingespart** werden, wenn die österreichische Landwirtschaft vollständig auf ökologische Landwirtschaft umgestellt wird, z.B. durch Vermeidung der Kosten der Trinkwasseraufbereitung durch Pflanzenschutzmitteleinträge, Reduktion der Kosten für Trinkwasseraufbereitung durch Nitrateinträge (-40%) und Phosphateinträge (-20% der Kosten), Reduktion der THG-Emissionen von ca. 30 bis 60 % pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche.

- Kosteneinsparungen sind aber auch bedingt durch in der ökologischen Landwirtschaft geringen Bodenverluste (Erosion, Humusabbau), geringeren Verbrauch fossiler Energieträger (u.a. wegen Verzicht auf Stickstoffdünger), geringere negative Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln und Antibiotikaeinsatz auf menschliche Gesundheit und Ökosysteme.

In einer Schweizer Studie wurden ebenso deutliche Unterschiede in der Nachhaltigkeitsperformance von ökologischen und konventionellen Systemen festgestellt (Schader und Stolze, 2011). Hierbei wurden neben den meisten (oben näher ausgeführten) ökologischen Themen ebenso die Tiergesundheit, die Produktqualität und ausgewählte ökonomische Indikatoren berücksichtigt.

Die Studie von MacRae et al. (2007) zeigt für ausgewählte Regionen in den USA und Kanada, dass die konventionelle Landwirtschaft höhere externalisierte Kosten verursacht und dass die ökologische Landwirtschaft zur Belebung ländlicher Räume beitragen und eine erhöhte Wertschöpfung in der Region schaffen kann.

Die Evaluierung volkswirtschaftlicher Aspekte ist hochspezifisch für Nationalstaaten bzw. Regionen (EU, USA, Kanada) auf Grund unterschiedlicher Gesetzgebungen, Anreizsysteme und Subventionen. Daher sind die angeführten Studien und auch weitere in diesem Gutachten nicht angeführte Vergleichsstudien zu volkswirtschaftlichen Auswirkungen immer im nationalen Kontext zu interpretieren und daher nicht verallgemeinerbar. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist gerade bei volkswirtschaftlichen Untersuchungen besonders unter Beachtung der nationalspezifischen Bedingungen kritisch zu prüfen.

Die Quantifizierung der Höhe der negativen Effekte der konventionellen Landwirtschaft ist methodisch schwierig, da der monetäre Wert des gesellschaftlichen Schadens quantifiziert werden muss. In Großbritannien und den USA wurde bereits eine Monetarisierung der externen Effekte der gesamten Landwirtschaft und spezieller Auswirkungen durchgeführt (Pretty et al., 2000; Tegtmeyer und Duffy, 2004; Brethour und Weersink, 2001; Christie et al., 2006; Pretty et al., 2003).

Diese für Österreich berechneten Werte sind wie in der Ausgangsstudie von Pretty et al. (2000) mit Unsicherheiten behaftet und müssen laut Schader et al. (2013) ebenfalls als eher konservative Schätzungen betrachtet werden, was sich in folgenden Punkten begründet:

- Viele Kosten nicht vollständig (akute Schädigung der menschlichen Gesundheit durch Pestizide) oder gar nicht kalkuliert (Kosten der Eutrophierung der Meere, chronische Gesundheitseffekte durch Pestizide)
- Vollständigen Reparaturkosten nicht kalkuliert, sondern nur Kosten, die entstehen, um gesetzliche Grenzwerte zu erreichen (z.B. Pestizidkonzentration im Grundwasser)
- Ideelle Werte von Schutzgütern, sogenannte „non-use values“ (beispielsweise punkto Biodiversität) nicht berücksichtigt

- Schäden aus der Produktion von Vorleistungen wie mineralische N-Dünger in anderen Sektoren nicht mit einbezogen
- Schäden landwirtschaftlicher Vorleistungen (beispielsweise Futtermittel) aus anderen Ländern nicht berücksichtigt

10.2 Mögliche volkswirtschaftliche Einsparungen im Falle eines 100%-Bio-Szenarios

Schader et al. (2013) haben berechnet, dass bei einer Vollumstellung auf biologische Landwirtschaft jährlich etwa ein Drittel der jährlichen externen Kosten der Landwirtschaft eingespart werden könnten. Das **Einsparungspotential** liegt damit bei **zumindest 425 Mio. € pro Jahr**. Darin nicht enthalten sind jedoch Kosten, die sich durch die gesundheitliche Beeinträchtigung durch Pestizideinsatz sowie dem Verlust von wichtigen Bestäubern ergeben. Hinzu kommen die (auch gesundheitlichen) Kosten, die auf Tiermedizin zurückzuführenden Antibiotikaresistenzen verursacht werden (siehe auch Abschnitt zu Antibiotika in Kap. 7).

Für die Abschätzung der Kosten gingen Schader et al. (2013) bei einer großflächigen biologischen Bewirtschaftung in Österreich von folgenden Annahmen aus:

- Vermiedene Kosten der Trinkwasseraufbereitung durch Pestizideinträge um 100%
- Reduzierte Kosten für Trinkwasseraufbereitung durch Nitrateinträge um 40% und der Phosphateinträge um 20%
- Fast vollständige Einsparung der Kosten für Pestizidmonitoring und Pflanzenschutzberatung
- Senkung der Kosten durch Verschmutzungsfälle durch Eutrophierung um 35%
- Schätzung für Kalkulation, dass etwa ein Drittel der jährlich verlorenen Bienenkolonien überleben könnten (als wichtiger Faktor für das Bienensterben wird der Pestizideinsatz angenommen)
- Reduktion der THG-Emissionen von ca. 30-60% pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche
- Reduktion der Kosten von BSE und daraus resultierenden Creutzfeldt-Jakob-Krankheit um 100% (da Verfütterung von tierischen Futtermitteln an Wiederkäuer in biologischer Landwirtschaft seit jeher verboten)²⁵

Für eine genauere Berechnung der Szenarien zu dem volkswirtschaftlichen Nutzen einer kompletten biologischen Landwirtschaft in Österreich müssten prinzipiell Berechnungen mit Agrarsektor-Modellen angestellt werden, da zu vielfältige Wechselwirkungen auf verschiedenen Märkten gegeben sind, was jedoch in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt werden kann.

²⁵ Die Schäden für die menschliche Gesundheit waren in den Berechnungen von Pretty et al. (2000) mit 1.710 Mio. € erheblich. Jedoch werden die Kosten, die von Pretty et al. (2000) im Jahr 2000 für BSE ansetzten, heute durch Fütterungsverbote innerhalb der Europäischen Union vermieden.

Es kann jedoch konstatiert werden, dass alleine durch den **Verzicht auf mineralische Stickstoffdünger in Österreich jährlich 237 Mio. € eingespart** werden könnten. Durch eine großflächige biologische Landwirtschaft in Österreich könnte bereits durch den Verzicht auf mineralische Stickstoff-Dünger 0,5 Mio. t CO₂-Äq-Emissionen bei der Herstellung der N-Dünger sowie nochmals mindestens 0,5 Mio. t CO₂-Äq durch das Wegfallen des N₂O (Lachgas), das auf den Äckern aus N (und O₂) entsteht, eingespart werden.

10.3 Zusammenfassung der ökonomischen sowie der ökologischen und gesundheitlichen Vorteile der biologischen Landwirtschaft

Eine abschließende Zusammenfassung der ökonomischen sowie auch der ökologischen und gesundheitlichen Vorteile gibt die nachfolgende Tabelle 16.

Tab. 16: Zusammenfassung der ökologischen, gesundheitlichen und ökonomischen Vorteile der biologischen Landwirtschaft im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft (Eigene Darstellung)

Indikatoren	Auswirkungen
Ökologische Vorteile	Biolandbau im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft
<i>Bodenfruchtbarkeit</i>	
Humusgehalt im Ackerbau	signifikant höher nach langjährigem Biolandbau
Bodenerosion im Ackerbau	signifikant höher nach langjährigem Biolandbau
Bodenleben und bodenbiologische Aktivität	signifikant höher infolge höherer Humusgehalte
<i>Gewässer</i>	
Pestizideinträge	weitgehend reduziert
Phosphor-Eutrophierung	deutlich geringer
Nitratauswaschung	um 40-60% verringert
<i>Biodiversität</i>	
Artenvielfalt auf landwirtschaftlichen Nutzflächen	signifikant bzw. um ein Vielfaches erhöht: Pflanzenartenvielfalt, Anteil an Arthropoden, Anzahl und Vielfalt an Regenwürmern in Böden
Vielfalt an Sorten und Rassen	häufig deutlich höher
<i>Klimawandel</i>	
Treibhausgas-Emissionen	13 bis 39% Einsparung bei 100% Biolandbau in Österreich
CO ₂ -Bindung	höhere CO ₂ -Rückbindung infolge höherer Humusgehalte in Bioackerböden
Tropenwaldzerstörung	Beitrag zum Tropenwaldschutz durch weitgehender Verzicht auf direkte oder indirekte Sojaimporte aus Südamerika
Abhängigkeit von fossilen Energieträgern	deutlich reduziert durch Verzicht auf Anwendung mineralischer N-Dünger und geringere Dünge- und Futtermittelimporte
<i>Weitere ökologische Vorteile</i>	
Gentechnikverbot	in allen Bereichen der Landwirtschaft (nicht nur in der Milchproduktion)
Tiergerechtigkeit	generell höhere Standards bezüglich Platzangebot und Auslauf

Tab. 17 (Fortsetzung): Zusammenfassung der ökologischen, gesundheitlichen und ökonomischen Vorteile der biologischen Landwirtschaft im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft (Eigene Darstellung)

Indikatoren	Auswirkungen
Gesundheitliche Vorteile	
Höhere Nahrungsmittelqualität	reduzierte Pestizidrückstände in Lebensmitteln höherer Antioxidantiengehalt in Lebensmitteln 50% höherer Anteil an Omega-3-Fettsäuren in biologischem Fleisch sowie biologischer Milch
geringerer Fleischkonsum	höhere Fleischpreise im Biolandbau -> reduzierter Fleischkonsum -> Beitrag zur Reduktion von Zivilisationskrankheiten
Antibiotika	geringerer Einsatz durch EU-Bio-Verordnung -40% Antibiotikaeinsatz bei Reduzierung des Fleischkonsumes um 50%
Wirtschaftliche Vorteile	
Einkommen	höhere Profitabilität um 22-35% und ein um 20-24% besseres Kosten/Nutzen-Verhältnis um mindestens ein Drittel der externen Kosten der österreichischen Landwirtschaft werden durch 100% Biolandbau eingespart, d.h. zumindest 425 Mio. € pro Jahr, u.a.
Externe Kosten	➡ durch Vermeidung der Kosten der Trinkwasseraufbereitung durch Pestizideinträge um 100% ➡ durch geringeren Verlust an Bienenkolonien ➡ durch Vermeidung der Kosten der Trinkwasseraufbereitung durch Reduzierung der Nitrat- und Phosphateinträge um 40% bzw. 20% ➡ durch geringere Treibhausgasemissionen/Hektar
Weitere Vorteile	
Multifunktionalität	durch Umweltleistungen (u.a. in den Bereichen Boden, Wasser, Luft, Biodiversität; s. oben) und verstärkte Regionalinitiativen Synergien mit Tourismus

11. Anhang

Fleischkonsum und Landverbrauch

Der Viehbestand ist der größte Allein-Benutzer („single user“) von Landfläche auf der Welt und benötigt insbesondere für Weidehaltung sowie Futtermittelproduktion bereits fast 80% aller landwirtschaftlichen Flächen (bzw. 26% der globalen eisfreien Landfläche) (FAO, 2017). 33% der weltweiten Ackerflächen werden für den Futtermittelanbau (Soja, Weizen, Mais u.a.) benötigt (FAO, 2012). 40% der Weltgetreideernte wird an Tiere verfüttert sowie 90% der Weltsojaernte (FAO, 2012; FAO, 2006). Bei anhaltendem Trend wird der Anteil des Getreides, der an Tiere verfüttert wird, auf 50% steigen (De Schutter, 2014).

Die globale Fleischproduktion hat sich in den letzten 50 Jahren von 78 Mio. t auf 300 Mio. t pro Jahr vervierfacht (Weltaqrarbericht, 2005). Die Fleisch- und Milchproduktion wächst weltweit kontinuierlich und dürfte sich bei unveränderter Entwicklung im Zeitraum von 2000 und 2050 voraussichtlich mehr als verdoppelt haben (FAO, 2006).

Die gesamte globale landwirtschaftliche Produktion müsste bis 2050 bereits bei einer gleichbleibenden Ernährungsweise um 45% gesteigert werden und bei einer weiteren Erhöhung des Fleischkonsums (primär aufgrund der Trends in Schwellen- und Entwicklungsländern) mehr als verdoppelt werden (+102%) (Lal, 2010).

Von der gesamten durch Getreideanbau generierten Nahrungsmittelenergie wird 36% an Tiere verfüttert. Lediglich 12% dieser Futtermittel tragen zu der gesamten Energieaufnahme des Menschen bei – in Form von Fleisch und anderen tierischen Produkten. Die restlichen 88% der Nahrungsenergie gehen bei der Umwandlung bzw. der Verstoffwechselung der Tiere verloren. Wenn man global die gesamten im Ackerbau angebauten Nahrungsmittel direkt für die humane Ernährung nutzen würde, könnte die verfügbare Nahrungsenergie um bis zu 70% gesteigert werden und so 4 Mrd. mehr Menschen ernährt werden – und damit mehr als den zusätzlichen Bedarf aufgrund des zukünftigen globale Bevölkerungswachstum (von 2-3 Mrd. Menschen) abdecken (Cassidy et al., 2013). Durch eine veränderte Ernährungsweise und damit eine Verkürzung der Nahrungskette bzw. den direkten Konsum von verzehrbarem (Futter-)Getreide ist somit ein großes Ressourceneinsparpotential gegeben (siehe auch Abb. 1) (Schader et al., 2015).

Wohlhabendere Nationen wie Länder der EU oder auch China, in denen der Fleischkonsum schon auf einem sehr hohen Niveau angelangt ist, haben ihren Landbedarf zur Aufrechterhaltung ihrer Ernährungsgewohnheiten, besonders für die Futtermittelversorgung in einem großen Ausmaß in andere Weltregionen verlagert. So wird beispielsweise der virtuelle Landbedarf, der für weitere Futtermittel innerhalb der EU gebraucht wird, auf 35 Mio. ha geschätzt, was 20% der gesamten Ackerfläche der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland entspricht (Witzke und Noleppa, 2010).

Alleine für den menschlichen Konsum werden pro Jahr 60 Mrd. Tiere geschlachtet. Mit dem stark steigenden Konsum von Fleisch sind auch ein intensiver Verbrauch wertvoller Ressourcen und schwerwiegende Konsequenzen für Mensch und Umwelt verbunden (FAO, 2006; Schlatter, 2011). Die Tierhaltung trägt nicht nur negativ zum Klimawandel bei, sondern ist laut eines umfassenden Berichtes der FAO (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen) auch allgemein einer der Top 2 oder Top 3 Verursacher der größten Umweltprobleme – lokal, als auch global gesehen (FAO, 2006).

Eine fleischreduzierte oder auch vegetarische bzw. vegane Ernährungsweise kann hierbei als wichtiges Instrument für die Ernährungssicherung der künftigen Generationen, den Erhalt der Umwelt sowie die Entlastung des Klimas fungieren (Schlatter, 2011; Mc Michael et al., 2006).

Auswirkungen einer Umstellung der Ernährungsweise sowie der Landwirtschaft

Die THG-Emissionen können durch eine vollständige Umstellung auf eine biologische Landwirtschaft (bezogen auf die gesamte Bevölkerung) um ca. 1 Mio. t CO₂-Äq pro Jahr reduziert werden. Das bedeutet, dass ca. 1% der gesamten jährlichen österreichischen THG bzw. 12,7% der gesamten jährlichen landwirtschaftlichen THG eingespart werden (Freyer und Dörninger, 2008).

Wenn die Vollumstellung auf Biolandbau auf Basis der GEMIS Daten kalkuliert wird, welche den landwirtschaftlichen Betrieb sowie den vor- und nachgelagerten Bereich umfassend einbeziehen, so errechnet sich ein größeres Einsparpotential. So wäre eine Reduktion der THG um ca. 3,1 Mio. t CO₂-Äq möglich, was einer Reduktion um ca. 3,4% der gesamten österreichischen THG-Emissionen bzw. von 39% bezogen auf die landwirtschaftliche Emissionen entspricht (Freyer und Dörninger, 2008).

Die Studie von Freyer und Dorninger (2008) zeigte weiters, dass eine Umstellung der Ernährung nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), (im Falle des konventionellen Landbaus) zu einem Rückgang der THG-Emissionen um bis zu 1,7 Mio. t CO₂-Äq pro Jahr führen würde. Durch eine Umstellung der Ernährung könnten somit 1,9% der gesamten österreichischen THG bzw. 21,5% der gesamten jährlichen landwirtschaftlichen THG eingespart werden. Gemäß De Schutter und Bruckner (2016) könnte bei einer an die Empfehlungen für eine gesunde Ernährung die ernährungsbedingten THG-Emissionen hingegen um 28% reduziert werden, was unter anderem an der Methodik lag (u.a. bezüglich des Verzehrsszenarios).

Bei einer Kombination, d.h. durch die Umstellung auf eine komplette biologische Landwirtschaft auf biologisch, gepaart mit einem an den Richtlinien der DGE angepassten Ernährungsweise können gemäß der Berechnungen von Freyer und Dorninger (2008) in einem Jahr 2,7 Mio. t CO₂-Äq bzw. fast 3% der gesamten jährlichen österreichischen THG und mehr als ein Drittel der jährlichen THG in der Landwirtschaft eingespart werden. Das maximale Reduktionspotential lag hierbei in Summe bei 5,2% hinsichtlich der gesamten in Österreich verursachten THG (Freyer und Dorninger, 2008). Wenn man die Studie von De Schutter und Bruckner (2016) einbeziehen würde, ergäbe sich ein höheres THG-Potential im kombinierten Szenario.

Das Gesamteinsparpotential im Falle des rein biologischen Szenarios dürfte sich noch erhöhen, aufgrund der Verminderung der THG durch den Aufbau von Humus. Diese könnten zu einer Einsparung von 4 bis maximal 8% der gesamten jährlichen THG in der österreichischen Landwirtschaft führen (Freyer und Dorninger, 2008). Unter günstigen Annahmen einer Humuserhöhung könnte in einem Zeitraum von 20-30 Jahren auf der österreichischen Ackerfläche einmalig so viel CO₂ im Boden gebunden werden, was ca. dem 2-fachen der jährlich anfallenden landwirtschaftlichen Gesamtemissionen und etwas mehr als der Hälfte der jährlich in Österreich anfallenden Gesamtemissionen entspricht. Bei ungünstigen Annahmen könnte in einem Zeitraum von 20-30 Jahren einmalig so viel CO₂ durch Humusaufbau gebunden werden, wie innerhalb eines Jahres in allen Bereichen in Österreich verursacht wird (Freyer und Dorninger, 2008).

Resilienz²⁶ und Vulnerabilität

Das Ernährungssystem ist sehr stark abhängig von externen, zukünftig knapper werdenden Ressourcen. Große Importströme wichtiger Schlüsselgüter wie Erdöl, Erdgas und Phosphor sind unverzichtbar (Cervený et al., 2014). Aus den großen Abhängigkeiten folgt eine geringe Robustheit gegenüber Krisen, wie z.B. gegenüber Energie-, Rohstoff- und Welternährungskrisen.

Die Ernährungssicherung respektive **Ernährungsresilienz** in Österreich wird auch durch Konzentrationsprozesse in einigen Bereichen der Produktions- und Versorgungskette vermindert – ebenso ist eine geringe Vielfalt hinsichtlich Handel, Verarbeitung und landwirtschaftlicher Produktion gegeben (Cervený et al., 2014; AMA, 2011; AMA 2015).

Es geht im Wesentlichen darum, dass ein resilientes Ernährungssystem robust gegenüber Störungen ist, sich flexibel und schnell erholen kann und sich veränderten Bedingungen gegenüber bestmöglichst ausrichten kann.

Beispiel: Der Weltgetreidemarkt wird von nur vier großen Konzernen – Archer Daniels, Cargill, Louis Dreyfus und Bunge zu 73% kontrolliert. Dadurch gibt es kein resilientes System, das auf Vielfalt basiert und Störungen bei einzelnen Firmen/Ländern abpuffern kann. Neben den gerade genannten Hauptexporteurländern zählen Ägypten, die Philippinen und Mexiko zu den 5 größten Importeuren von Mais, Weizen bzw. Reis (Nützenadel et al. 2009).

Speziell für ärmere Bevölkerungsgruppen ist das Konzept der **Ernährungssouveränität**²⁷ wichtig, um die Ernährungssicherung zu gewährleisten (IPES-Food, 2016; FAO, 2004). Die landwirtschaftliche Produktionsweise von kleineren Betrieben (die z.T. einer biologischen prinzipiell ähnlich ist) hat einen geringeren Umweltimpact als die von größeren und kann Landdegradierung reversibel machen (Reganold und Wachter, 2016).

²⁶ Im Kern geht es hinsichtlich des Konzepts der Resilienz darum, wie ein System auf Störungen reagiert bzw. mit diesen umgehen kann. Es geht in diesem Kontext um die Frage, ob das System in der Lage ist, Beeinträchtigungen zu absorbieren bzw. abzufedern.

²⁷ Ernährungssouveränität bezeichnet das Recht der Bevölkerung und souveräner Staaten, ihre Landwirtschafts- und Ernährungspolitik auf demokratische Weise selbst zu bestimmen (gemäß Weltnahrungsmittelbericht, 2005).

Eine Studie von UNCTAD (2008) zeigte, dass biologische Landwirtschaft auch eine gute Option für die Ernährungssicherung in Afrika darstellt und wahrscheinlicher längerfristig mehr Nachhaltigkeit mit sich bringt. Eine Untersuchung, in der 114 Fallstudien in Afrika berücksichtigt wurden, zeigte, dass sich die landwirtschaftliche Produktivität durch eine Umwandlung zu biologischen oder ähnlichen Anbausystemen mehr als verdoppeln ließe (+116%). Hinzu kommt ein Mehrgewinn für das natürliche, menschliche, soziale, finanzielle und physische Kapital in den landwirtschaftlichen Bevölkerungen (UNCTAD, 2008).

Tab. 1A: Handelsbilanzüberschuss und Handelsbilanzdefizit bei Fleischprodukten (Berechnung nach Grüner Bericht, 2017)

Bilanzposten	Rind & Kalb	Schwein	Schaf & Ziege	Pferd	Inner-eien	Geflügel	Sonstiges	Ins-gesamt
Bruttoeigenerzeugung	218.9670	493.747	7.072	432	67.592	1.224.022	6.940	917.155
Einfuhr	48.967	193.427	2.751	96	12 148	115.927	4.111	37.7429
Ausfuhr	128.899	244.745	114	11	75.707	69.796	2.602	521.873
Inlandsverbrauch	149.717	477.801	9.437	246	8.449	183.318	8.449	837.417
Handelsbilanzdefizit/ Handelsbilanz- überschuss	79.930	51.318	-2.637	- 85	63 559	-46.131	-1.509	144.445

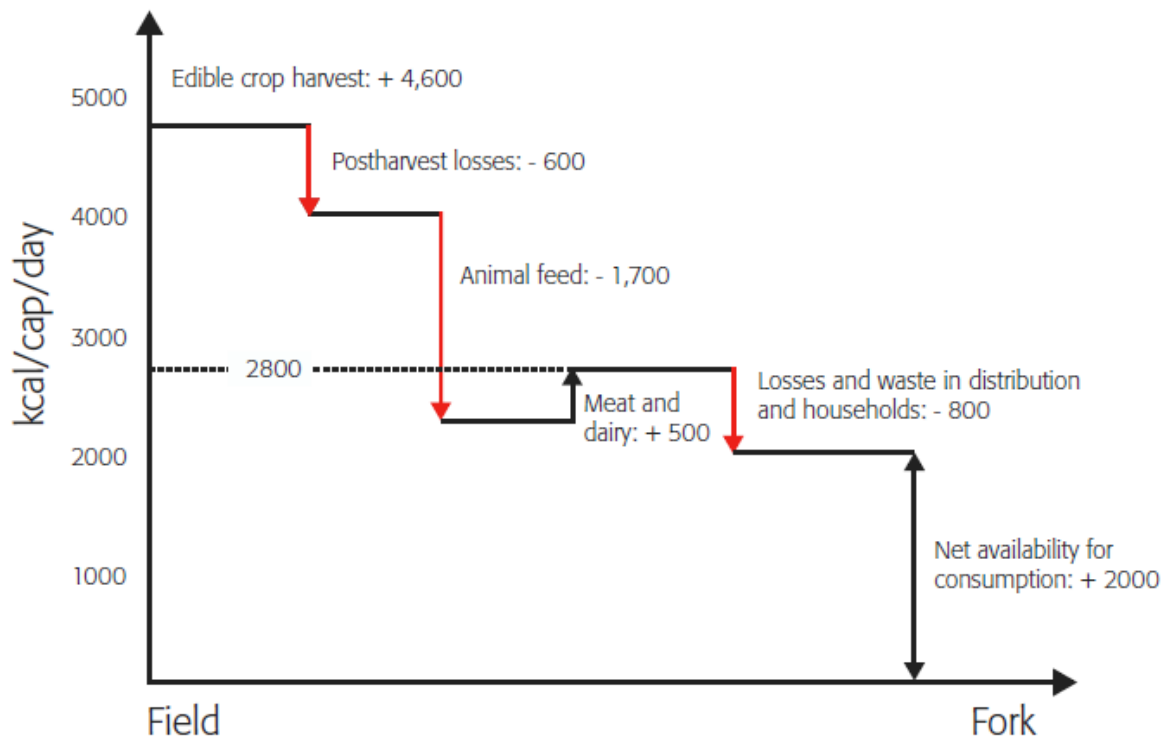


Abb. 1A: Darstellung der globalen Nahrungsmittelproduktion sowie Schätzungen zu den Verlusten und Abfälle entlang der Nahrungskette (Lundquist et al., 2008 nach Smil, 2000)

12. Quellenverzeichnis

- AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) (2015): Futtermittel. <https://www.ages.at/themen/tierernaehrung/futtermittel/eiweiss-futtermittel/>
- AGES (2017a): Bericht über den Vertrieb von Antibiotika in der Veterinärmedizin in Österreich 2012–2016. [https://www.ages.at/download/0/0/7440f7d446bf88a0e93d4fef38acb5b1ad127820/fileadmin/AGES2015/The men/Arzneimittel_Medizinprodukte_Dateien/AB_Mengen_AUT_Bericht_2016.pdf](https://www.ages.at/download/0/0/7440f7d446bf88a0e93d4fef38acb5b1ad127820/fileadmin/AGES2015/The%20men/Arzneimittel_Medizinprodukte_Dateien/AB_Mengen_AUT_Bericht_2016.pdf)
- Allen, Thomas; Prosperi, Paolo; Cogill, Bruce; Flichman, Guillermo (2014): Agricultural biodiversity, social-ecological systems and sustainable diets. In: The Proceedings of the Nutrition Society 73 (4), S. 498–508. DOI: 10.1017/S002966511400069X.
- AMA (AgrarMarkt Austria) (2017a): Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauches von Fleisch inkl. Geflügel gesamt in Österreich. https://amainfo.at/ueber-uns/marktinformationen/?tx_kwamdownload_kwamadl%5Bdownloaduid%5D=2175&cHash=cb89cb6305494f6049ac15ae70e24cd2
- AMA (AgrarMarkt Austria) (2017b): Lebend- und Schlachtgewichte, Schlachtausbeute, Schlachtungen sowie Fleischanfall. https://www.ama.at/getattachment/c9170514-b892-46ff-9e27-f2fd74e0d9b9/220_schlachtgew_2005-2016.pdf
- Amt der NÖ Landesregierung (2017): Grüner Bericht Niederösterreich 2016. <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/send/10-gr-bericht-niederrreich/1879-niederoesterreich-gb-2016>
- APA (Austria Presse Agentur) (2018): BIO AUSTRIA: Weiterhin starker Aufwind für biologische Landwirtschaft in Österreich. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180216_OTS0083/bio-austria-weiterhin-starker-aufwind-fuer-biologische-landwirtschaft-in-oesterreich
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E.; Zakem, E., Chappell, M. J.; Avilés-Vázquez, K. et al. (2007): Organic agriculture and the global food supply. In: Renew. Agric. Food Syst. 22 (02), 86–108.
- Bartel-Kratochvil, R., Leitner, H. & P. Axmann (2009): Was regionale Bioproduktketten erfolgreich macht. Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken regionaler Biobrotgetreide-Produktketten in Niederösterreich (AT). Ber. ü. Ldw. 87 (2), 323-342.
- 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, 261–269. doi:10.1111/j.1365-2664.2005.01005.
https://www.researchgate.net/publication/228008559_The_effects_of_organic_agriculture_on_biodiversity_and_abundance_A_meta-analysis
- Beyer, L., Peters, M. und Blume, H.-P. (1989): Humuskörper und mikrobielle Aktivität von schleswig-holsteinischen Parabraunerden. Mitt. d. Deut. Bodenkundl. Ges., 59/I, 299-302.
- Biomasseverband Oberösterreich (2017): Basisdaten Bioenergie 2017. http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Basisdaten_Bioenergie/Basisdaten_Bioenergie_2017.pdf
- BIOS (2014): Richtlinien für Biolandbau und Bio-Verarbeitung. http://www.bios-kontrolle.at/wp-content/uploads/2011/01/Richtlinien-2014_06.pdf

- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Deutschland) (2008): Nationale Verzehrsstudie II. Deutschland.
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/NVS_ErgebnisberichtTeil2.pdf?__blob=publicationFile.
- BMLFUW (2016): Grüner Bericht 2016: Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Wien.
- BMLFUW (2017a): Klimawandel – Essen (k)eine Klimasünde?. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Wien.
- BMLFUW (2017b): Grüner Bericht 2017: Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Wien.
- Boxberger, J., Ramharter, R. und T. Lindenthal (1997): Allgemeine Maßstäbe für die Technik im ökologischen Landbau, Ökologie & Landbau 102, 6-9.
- CAB International, Wallingford/Oxon, UK, 201-219.
- Caldbeck, J. and Sumption, P. (2016): Mind the gap – exploring the yield gaps between conventional and organic arable and potato crops. ORC Bulletin, 121, 12-15.
- Cassidy et al. (2013): Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare.
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/3/034015/pdf>
- Cervený, M., Sammer, K., Warmuth, H., Wallner, A., Schweighofer, M., Formayer, H., Schlatzer, M., Peter, M. (2014): SOS – Scenarios of Spill Over Effects from Global (Climate) Change Phenomena to Austria.
<https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Projektberichte/ACRP2010/01032014SOSHannes-WarmuthEBACRP-3.pdf>
- Dänisches Ministerium für Lebensmittel, Landwirtschaft und Fischerei (2015): Organic Action Plan for Denmark – Working together for more organics.
http://en.fvm.dk/fileadmin/user_upload/FVM.dk/Dokumenter/Landbrug/Indsatser/Oekologi/7348_FVM_OekologiplanDanmark_A5_PIXI_English_Web.pdf
- De Ponti, T., Rijk, B. & van Ittersum, M. K. (2012): The crop yield gap between organic and conventional agriculture. Agr. Syst. 108, 1–9.
- De Schutter, O. (2014): The transformative potential of the right to food.
http://www.ohchr.org/EN/HRBodies/HRC/RegularSessions/Session25/Documents/A_HRC_25_57_ENG.DOC
- De Schutter, L. und Bruckner, M. (2016): Hunger auf Land – Flächenverbrauch der österreichischen Ernährung im In- und Ausland.
https://www.wwf.at/de/view/files/download/showDownload/?tool=12&feld=download&sprach_connect=3120
- Dearing, J. A. et al. (2014). Safe and just operating spaces for regional socio-ecological systems. Global Environmental Change, Volume 28, (227-238).
- Dersch, G. and Böhm, K. (1997). Anteil der Landwirtschaft an der Emission klimarelevanter Spurengase in Österreich. Die Bodenkultur 48, 2, 115-129.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE): Energie. <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/energie/>

- Deutscher Bauernverband (DBV) (2017): Situationsbericht 2017/18. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Berlin
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2017): Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE.
<https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge/>
- Diez, T., Beck, T., Borchert, H., Capriel, P., Krauss, M., Bauchhenß, J. (1991): Vergleichende Bodenuntersuchungen von konventionell und alternativ bewirtschafteten Betriebsschlägen, 2. Mitteilung. Bayer. Landw. Jb. 68, 409-443.
- Diez, T., Weigelt, H., Borchert, H., Beck, T., Bauchhenß, J. Herr, S., Amman, J. Pommer, G. (1986): Vergleichende Bodenuntersuchungen von konventionell und alternativ bewirtschafteten Betriebsschlägen. Bayer. Landwirtsch. Jb. 63, 979-1019.
- EC-VO 834/2007: EU-Verordnung 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91. Brüssel.
- Elmada et al. (2015): Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle.
http://www.gu.de/media/media/40/016275140665279783833847974_leseprobe.pdf
- Erb et al. (2016): Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation.
<https://www.nature.com/articles/ncomms11382>
- EU-Fusions (2016): Food Waste Wiki. <http://www.eu-fusions.org/index.php/about-food-waste>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006): Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. FAO, Rom; 390 S.
- FAO (2012): Livestock and Landscapes. <http://www.fao.org/docrep/018/ar591e/ar591e.pdf>
- FAO (2013): Food wastage footprint – Impacts on natural resources. Summary Report.
<http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>
- FAO (2017): FAO's role in animal production. <http://www.fao.org/animal-production/en/>
- Fehrenbach, H., Giegrich, J., Reinhardt, G., Schmitz, J., Sayer, U., Gretz, M., Seizinger, E., Lanje, K. (2008): Criteria for a Sustainable use of Bioenergy on a Global Scale. Research Report 206 41 112. Texte 30/08. UBA Deutschland, Dessau-Roßlau.
- FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau) (2018): Datenbank des FiBL Österreich, Wien.
- Fließbach, A., Oberholzer, H.-R., Gunst, L. and Mäder, P. (2007): Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agriculture Ecosystems & Environment, 118, 273-284.
- Fließbach, A., Schmid, H. und Niggli, U. (2008): Die Vorteile des Öko-Landbaus für das Klima. Ökologie und Landbau 145, 1, 17-19.
- Foissner, W. (1987): The micro-edaphon in ecofarmed and conventionally farmed dryland cornfields near Vienna (Austria). In: Biology and Fertility of Soils 3-3 (1-2).

- Freyer, B. und Dorninger, M. (2008): Bio-Landwirtschaft und Klimaschutz in Österreich. Aktuelle Leistungen und zukünftige Potentiale der Ökologischen Landwirtschaft für den Klimaschutz in Österreich. Im Auftrag von Bio Austria. Inst. f. Ökolog. Landbau, Dep. f. nachhaltige Agrarsysteme, Univ. f. Bodenkultur Wien.
https://www.edugroup.at/fileadmin/DAM/Gegenstandsportale/HLFS/Biologische_Landwirtschaft/Dateien/BI_O_AUSTRIA_Klimastudie-2.pdf
- Friedel, J. K., Dierenbach, E. und Gabel, D. (1997): Die Rolle der mikrobiellen Biomasse im C- und N-Kreislauf ökologisch bewirtschafteter Ackerböden. S. 77-83 in: Köpke, U. und Eisele, J.-A.: Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökolog. Landbau. Köster, Berlin.
- Friedel, J. K., Gabel, D., Ehrmann, O. und Stahr, K. (1999): Auswirkungen unterschiedlich langer ökologischer Bodenbewirtschaftung auf Nährstoffverfügbarkeit und bodenbiologische Eigenschaften. S. 182-185 in Hoffmann, H., Müller, S.: Beitr. 5. Wiss.-Tagung Ökolog. Landbau. Köster, Berlin.
- Friel S., Dangour A.D., Garnett T., Lock K., Chalabi Z., Roberts I., Butler A., Butler A., Butler C.D., Waage J., McMichael A.J., Haines A. (2009): Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: food and agriculture. [http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(09\)61753-0/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(09)61753-0/fulltext)
- Fritsche, U. R., Eberle, U., Wiegmann, K. und Schmidt, K. (2007): Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Arbeitspapier Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie, Darmstadt, Hamburg und Freiburg. <http://www.oekoinstitut.de/publikationen/forschungsberichte/>
- Gehlen, P. (1987): Bodenchemische, bodenbiologische und bodenphysikalische Untersuchungen konventionell und biologisch bewirtschafteter Acker-, Gemüse-, Obst- und Weinbauflächen. Diss. Univ. Bonn.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., Ceryngier, P., Liira, J., Tscharrntke, T. & Winqvist, C. 2010a. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. Basic and Applied Ecology, 11, 97-105.
- Gosling, P.; Hodge, A.; Goodlass, G.; Bending, G. D. (2006): Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 113 (1-4), S. 17–35.
- Grunwald, A. & Kopfmüller, J. (2006): Nachhaltigkeit. Campus Verlag GmbH, Frankfurt/Main.
- Gusenbauer I., Bartel-Kratochvil, R., Markut, T., Hörtenhuber, S., Schermer, M., Ausserladscheider, V., Zollitsch, W., Lindenthal, T. (2016): How a region benefits from regionally labelled dairy products in Austria. A model based empirical assessment. Renewable Agriculture and Food Systems.
- Hampl, U. (1994): Umstellung auf ökologische Bodenbewirtschaftung, In: Lünzer, I. und H. Vogtmann: ökologische Landw., Sektion 2 ökologischer Pflanzenbau. Springer, Berlin Heidelberg.
- Heißenhuber A. und Ring, H. (1992): Ökonomische und umweltbezogene Aspekte des ökologischen Landbaues. Bayer. Landw. Jb 69, 275-305.
- Herrmann, G. und Plakolm, G. (1991): Ökologischer Landbau □ Grundwissen für die Praxis. Österr. Agrarverl., Wien.
- Heß, J. und T. Lindenthal (1997): Biologische Wirtschaftsweise, In: Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft: Bodenschutz in Österreich, 305 – 320. BMLF, Wien.
- Hietler, P. und Pladerer, C. (2017): Abfallvermeidung in der österreichischen Lebensmittelproduktion.
http://www.ecology.at/files/pr886_6.pdf

- Hirschfeld J., Weiß, J., Preidl, M., Korbun, T. (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW-186/08, Studie im Auftrag von foodwatch. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, Berlin, Heidelberg.
- Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Amon, B., Markut, T., Kirner, L. and Zollitsch, W. (2010): Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems—model calculations considering the effects of land use change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, S. 1-14.
- Hörtenhuber, S., Lindenthal, T. and Zollitsch, W. (2011): Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources: the case of Austrian dairy production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 6, S. 1118-1127.
- Huber, J. (1985): Vergleichende Untersuchungen von Böden mit unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen hinsichtlich Wasser-, Nährstoff-, Humushaushalt und Biologie. *Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges.* 30, 13-75.
- Hülsbergen, K-J. und Küstermann, B. (2007): Ökologischer Landbau - Beitrag zum Klimaschutz. In: Wiesinger, K., LFL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern*. Schriftenreihe LFL 3/07, Freising-Weihenstephan, S. 9-21.
- Hülsbergen, K-J. und Küstermann, B. (2008): Optimierung der Kohlenstoffkreisläufe in Öko-Betrieben. *Ökologie und Landbau* 145, 1, 20-22.
- IFOAM (2015): ORGANIC ACTION PLANS A GUIDE FOR STAKEHOLDERS. http://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/ifoameu_organic_action_plans_guide_report_2015.pdf
- IFOAM (2017): ORGANIC ON EVERY TABLE – Leading by example. <https://euorganic2030.bio/initiatives/organic-on-every-table/>
- Ingrisch, S., Wasner, U., Glück, E. (1989): Vergleichende Untersuchung der Ackerfauna auf alternativ und konventionell bewirtschafteten Flächen. In: *Alternativer und konventioneller Landbau*. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung NRW, Bd. 11. Münster-Hiltrup, 113-272.
- IARC (International Agency for Research on Cancer) (2015): IARC Monograph on Glyphosate. https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/2016/glyphosate_IARC2016.php
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- ISO 14040, second edition, (2006): Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework
- Jackson, M.C. (2003): *Systems Thinking: Creative Holism for Managers*. John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, England
- Jackson, T. (2009): *Prosperity without Growth?: the transition to a sustainable economy*. U.K.: Sustainable Development commission.
- Jaklin, U., Kummer, S., Milestad, R. (2015): Why Do Farmers Collaborate with a Food Cooperative? Reasons for Participation in a Civic Food Network in Vienna, Austria. *Int. J. of Soc. of Agr. & Food* 22 (1), 41–61.
- Janker, J. and Mann, S. (2018): The social dimension of sustainability in agriculture. A review of sustainability assessment tools, Working paper, Ettenhausen: Agroscope/Bern: University of Bern, Institute of Geography

- Knickel, K., von Münchhausen, S., Girgždienė, V., Skulskis, V. (2016): Managing growth in higher value food chains, In: S. Tanic (ed): Enhancing efficiency and inclusiveness of agri-food chains in Eastern Europe and Central Asia, 95-110, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) <http://orgprints.org/28231/> (29.06.2016).
- Kniss A.R., Savage S.D., Jabbour R. (2016): Commercial Crop Yields Reveal Strengths and Weaknesses for Organic Agriculture in the United States. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0161673>
- Kögl, H., Tietze, J., Möller, C., Reinhardt, G., Mann, S. 2009. Regionale, Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung von Lebensmitteln. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Verbraucherschutz.
- Kopfmüller, J. (2006): Das integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung: Motivation, Architektur, Perspektiven. In: Kopfmüller, J (Hrsg.): Ein Konzept auf dem Prüfstand. edition sigma, Berlin, p 23-37.
- Köpke, U. (1994): Nährstoffkreislauf und Nährstoffmanagement unter dem Aspekt des Betriebsorganismus In: Mayer, J., Faul, O., Ries, M., Gerber, A. und A. Kärcher: Ökologischer Landbau – Perspektive für die Zukunft, SÖL Sonderausgabe 58, 54-113, Bad Dürkheim.
- Kratochvil, R. und T. Lindenthal (2003): Bio hält Wasser rein ! Eine ökonomische Bewertung. ERNTE-Zeitschrift für Landwirtschaft und Ökologie, Nr.3/03, 38-39.
- Kratochvil, R., Lindenthal, T., Freyer, B. (2002): Konsequenzen einer großflächigen Umstellung auf ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau 121, 1/2002, S. 29-32.
- Lal, R. (2010): Managing soils for a warming earth in a food-insecure and energy-starved World. http://tinread.usarb.md:8888/tinread/fulltext/lal/managing_soils.pdf
- Lauridsen, T. V. (2015): Der Öko-Aktionsplan Dänemarks: Wie ein ganzes Land seine Landwirtschaft und Ernährung umbaut. https://www.boelw.de/uploads/pics/Herbsttagung_2015/Organic_Denmark_BOELW_Herbsttagung_2015.pdf
- Lichtenberg, E. M., Kennedy, C. M., Kremen, C., Batáry, P., Berendse, F., Bommarco, R. et al. (2017): A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. In: Global change biology 23 (11), S. 4946–4957.
- Lindenthal, T. (2000): Phosphorvorräte in Böden, betriebliche Phosphorbilanzen, und Phosphorversorgung im Biologischen Landbau – Ausgangspunkte für die Bewertung einer großflächigen Umstellung ausgewählter Bundesländer Österreichs auf Biologischen Landbau hinsichtlich des P-Haushaltes. Diss. Univ. f. Bodenkultur Wien.
- Lindenthal, T. (2013): Zahlen und Fakten ernst nehmen. Klima im Wandel. Zeitschrift Bio Austria.
- Lindenthal, T., Markut, T., Hörtenhuber, S., Meindl, P. (2009): CO₂-Emissionen von Milch- und Brotprodukten aus biologischer und konventioneller Landwirtschaft. Endbericht an das BMLFUW, Forschungsinstitut für Biologische Landwirtschaft (FiBL) Österreich, Wien.
- Lindenthal, T., Markut, T., Hörtenhuber, S., Theurl, M.C., Rudolph, G. (2010): Greenhouse Gas Emissions of Organic and Conventional Foodstuffs in Austria: In B. Notarnicola, Settani, E., Tassielli, G., Giungato, P. (ed.), VII international conference on life cycle assessment in the agri-food sector. Bari, Italy, 2010, pp. 319-324
- Lindenthal, T., Rudolph, G., Theurl, M.C., Hörtenhuber, S., Kraus, G. (2011): Biologische Boden-Bewirtschaftung als Schlüssel zum Klimaschutz in der Landwirtschaft. Studie im Auftrag von Bio Austria. Wien

- Lotter, D. W. (2003): Organic agriculture. https://donlotter.net/lotter_organicag.pdf
- Lundqvist, J., de Fraiture, C. und Molden, D. (2008): Saving Water: From Field to Fork – Curbing Losses and Wastage in the Food Chain. SIWI Policy Brief. SIWI.
- MacRae, R. J.; Frick, B.; Martin, R. C. (2007): Economic and social impacts of organic production systems. In: Can. J. Plant Sci. 87 (5), S. 1037–1044.
- Mäder, P. (1993): Effekt langjähriger biologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf das Bodenleben. In: ZERGER, U. (Hrsg.): Forschung im ökol. Landbau. SÖL Sonderausg. 42, 271-278.
- Mäder, P.; Edenhofer, Stephan; Boller, Thomas; Wiemken, Andres; Niggli, Urs (2000): Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation. In: Biology and Fertility of Soils 31 (2), S. 150–156.
- Mäder, P.; Fliessbach, A.; Dubois, D.; Gunst, L.; Fried, P.; Niggli, U. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. In: Science (New York, N.Y.) 296 (5573), S. 1694–1697.
- Magni, P. (2015): Denmark, objective 100% organic. <https://www.lifegate.com/people/lifestyle/denmark-organic-farming>
- Matt, D., Rembialkowska, E., Luik, A., Peetsmann, E., Pehme, S. (2011): Quality of Organic vs. Conventional Food and Effects on Health. Report. Estonian University of Life Sciences and EU Commission.
- Meadows, D.; Randers, J.; Meadows, D. (2007): Grenzen des Wachstums – Das 30-Jahre-Update. Hirzel Verlag, Stuttgart.
- Melina et al. (2016): Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. http://vegstudies.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/inst_ethik_wiss_dialog/JAND_2015.05_Position_of_the_academy_of_nutrition_and_dietetics_vegetarian_diets..pdf
- Michelsen, G.; Danner, M.; Rieckmann, M. (2004): Grundlagen einer nachhaltigen Entwicklung. Lüneburg.
- MoAF (Ministry of Agriculture and Forests) (2013): Agricultural Sample Survey 2012. Thimphu, Bhutan.
- Müller, W. und Lindenthal, T. (2009): Was leistet der Biologische Landbau für die Umwelt und das Klima, Endbericht, Studie im Auftrag der AMA, Wien.
- Neuhoff, D., Tashi, S., Rahmann, G. and Denich, M. (2014): Organic agriculture in Bhutan: potential and challenges. Organic Agriculture, Vol. 4 No. 3, S. 209–221.
- Nieberg, H. (1999): Wirtschaftlichkeit der Umstellung auf ökologischen Landbau in Deutschland: Empirische Ergebnisse aus den Jahren 1990-1997. In: Hoffmann, H. & S. Müller (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Köster, Berlin, 455-458.
- NOP (National Organic Program) (2016): About Us". <http://www.nop.gov.bt/about-us/>
- Nützenadel et al. (2009): Welternährung. Beilage zur Wochenzeitung: Das Parlament. <http://www.bpb.de/files/S3KEQP.pdf>
- Oberson, A.; Besson, J. M.; Maire, N.; Sticher, H. (1996): Microbiological processes in soil organic phosphorus transformations in conventional and biological cropping systems. In: Biology and Fertility of Soils 21 (3),
- Ocké, M. C: et al. (2009): Energy intake and sources of energy intake in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. <https://www.nature.com/articles/ejcn200972.pdf>

- Offermann, F. und Nieberg, H. (2000): Economic performance of organic farms in Europe. University of Hohenheim, Department of Farm Economics, Stuttgart.
- ÖGE (Österreichische Gesellschaft für Ernährung) (2017): 10 Ernährungsregeln der ÖGE. <https://www.oege.at/index.php/bildung-information/empfehlungen>
- Organic-market.info (2017): Sikkim: An organic vision becomes reality. <http://organic-market.info/news-in-brief-and-reports-article/sikkim-an-organic-vision-becomes-reality.html>
- Otto, D., Varner, T.: (2005) Consumers, Vendors, and the Economic Importance of Iowa Farmers Markets: An Economic Impact Survey Analysis. Iowa: Iowa State University.
- Pacini, Cesare; Wossink, Ada; Giesen, Gerard; Vazzana, Concetta; Huirne, Ruud (2003): Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems. A farm and field-scale analysis. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 95 (1), S. 273–288.
- Padel, S. und Lampkin, N.H. (1994): Farm-level Performance of Organic Farming Systems: An Overview. In: LAMPKIN, N.H. und S. PADEL (Hrsg.): The Economics of Organic Farming. CAB International, Wallingford/Oxon, UK, 201–219.
- PAS (Publicly Available Specification) 2050, Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. BSI British Standards, London (2008).
- Paull, J. (2017): FOUR NEW STRATEGIES TO GROW THE ORGANIC AGRICULTURE SECTOR. <http://orgprints.org/32351/1/Paull2017.AGROFOR2%283%29.pdf>
- Pawan Chamling (2018): Sikkim Organic Day, 2018. <http://www.pawanchamling.in/sikkim-organic-day-2018/>
- Petrasek, R., Drapela, T., Lindenthal, T. Gusenbauer, I., Hörtenhuber, S., Bartel-Kratochvil, R., Theurl, M. (2017): Assessment of the sustainability performance by means of four parameters of organic products in Austria. Scientific Conference "Innovative Research for Organic 3.0" at the 19th Organic World Congress, New Dehli, India, November 9-11, 2017. Organized by ISOFAR/OFAI/TIPI
- Pfiffner, L. und Luka, H. (2007): Earthworm populations in two low-input cereal farming systems. In: Applied Soil Ecology 37 (3), S. 184–191.
- Pfiffner, L. und Mäder, P. (1997): Effects of Biodynamic, Organic and Conventional Production Systems on Earthworm Populations. In: Biological Agriculture & Horticulture 15 (1-4), S. 2–10.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., Seidel, R. (2005): Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. In: BioScience 55 (7), S. 573. DOI: 10.1641/0006-3568(2005)055[0573:EEAECO]2.0.CO;2.
- Pladerer, C., Bernhofer, G., Kalleitner-Huber, M., Hietler, P. (2016): Lagebericht zu Lebensmittelabfällen und -verlusten in Österreich. https://www.wwf.at/de/view/files/download/showDownload/?tool=12&feld=download&sprach_connect=3069
- Ponisio et al. (2014): Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/282/1799/20141396>
- QGV (Österreichische Qualitätsgeflügelvereinigung) (2017): QGV Antibiotika Monitoring Report 2017. <https://vet-magazin.at/tierarzt-magazin/oesterreichischer-tiergesundheitsdienst/QGV-Antibiotikabericht-2017/QGV-Antibiotikabericht-2017/QGV-Antibiotikabericht-2017.pdf>

- Reganold, J. P., Elliot, L. F. und Unger, Y. L. (1987): Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature* 330, 370-372.
- Reganold, J.P und Wachter, J.M. (2016): Organic agriculture in the twenty-first century.
https://www.researchgate.net/publication/293014068_Organic_agriculture_in_the_twenty-first_century
- Regierung von Sikkim (2015): State Policy on Organic Farming Government of Sikkim.
http://www.rvskvv.net/TaskForce/Organic_farming_policy_sikkim.pdf
- Resl, T. und Brückler, M. (2016). Erträge des österreichischen Biolandbaus im Vergleich zu konventioneller Produktion.
https://www.ages.at/download/0/0/1732eec689dc9e9c1114ade14a1d2d58a635d417/fileadmin/AGES2015/Ser vice/AGES-Akademie/2016-10-13_Foodsecurity.at/2016_10_13_Thomas_Resl_BIO_Mengenrtr%C3%A4ge_FOODSECURITY_Fachtagung_fina l.pdf
- RGoB (Royal Government of Bhutan) (2010): Economic Development Policy of the Kingdom of Bhutan, 2010. Thimphu, Bhutan.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J.A. (2009). 'A safe operating space for humanity'. *Nature* 461, pp. 472-475.
- Rodale Institute (2015): Farming Systems Trial. Online verfügbar unter <https://rodaleinstitute.org/our-work/farming-systems-trial/>, zuletzt geprüft am 31.01.2018.
- Rust et al. (2017): Österreichischer Ernährungsbericht 2017.
https://www.bmgf.gv.at/cms/home/attachments/9/50/CH1048/CMS1509620926290/erna_hrungsbericht2017_web_20171018.pdf
- Ryan, M. H.; Chilvers, G. A.; Dumaesq, D. C. (1994): Colonisation of wheat by VA-mycorrhizal fungi was found to be higher on a farm managed in an organic manner than on a conventional neighbour. In: *Plant Soil* 160 (1), S. 33–40.
- Scarborough et al. (2014): Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10584-014-1169-1.pdf>
- Schader, C. and Stolze, M. (2011). Bewertung der Nachhaltigkeit der biologischen Landwirtschaft in der Schweiz durch Experten. In: Leithold, G., et al. (eds.), 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 15.-18. March, Gießen pp. 332-335.
- Schader, C., Petrasek, R., Lindenthal, T., Weissshaidinger, R., Müller, W., Müller, A. et al. (2013): Volkswirtschaftlicher Nutzen der Bio-Landwirtschaft für Österreich Beitrag der biologischen Landwirtschaft zur Reduktion der externen Kosten der Landwirtschaft Österreichs. Diskussionspapier, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH
 Frick.https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2013/studie_volkswirtschaft_nutzen_131205.pdf
- Schader et al. (2015): Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *J. R. Soc. Interface* 12: 20150891.<http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>
- Schlatzer, M. (2011): Tierproduktion und Klimawandel – Ein wissenschaftlicher Diskurs zum Einfluss der Ernährung auf Umwelt und Klima. 2., üa. Auflage, LIT Verlag, Wien/Münster/Berlin (220 S.)

- Schlatzer M. (2013): Ernährungsgewohnheiten und ihre Auswirkungen auf die Ernährungssicherung künftiger Generationen. <http://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/34356>
- Schlatzer et al. (2017): Nachhaltige Lebensmittelversorgung für die Gemeinschaftsverpflegung der Stadt Wien. Studie im Auftrag der Stadt Wien. <https://www.wien.gv.at/kontakte/ma22/studien/pdf/gemeinschaftsverpflegung-nachhaltig.pdf>
- Schlatzer, M. und Lindenthal, T. (2018): Analyse der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich – Umwelt- und Tierschutzaspekte. Studie im Auftrag der Stadt Wien.
- Schlichting, E. (1975): Standortkundliche Untersuchungen an "biologisch" und "konventionell" genutzten Böden. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 32, 82-90.
- Schneider et al. (2014): Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level. <https://www.nature.com/articles/ncomms5151>
- Schneider, M. K., Lüscher, G., Jeanneret, P., Arndorfer, M., Ammari, Y., Bailey, D. et al. (2014): Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level. In: Nature communications 5, S. 4151.
- Schulte, G. (1996): Bodenchemische und bodenbiologische Untersuchungen ökologisch bewirtschafteter Böden in Rheinland-Pfalz unter besonderer Berücksichtigung der Nitratproblematik. Diss. Univ. Trier.
- Seibold, B. (2012): Potentiale der biologischen Landwirtschaft zur Welternährung unter besonderer Berücksichtigung eines reduzierten Fleischkonsums in den Industrieländern. https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=9718&property_id=107
- Seufert, V., Ramankutty, N. und Foley, J. A. (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature 485, 229–232.
- Siegrist, S., Scaub, D., Pfiffner, L. und Mäder, L. (1998): Does organic agriculture reduce soil erodability? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. Agr. Ecosyst. Environ. 69, S. 253–264.
- Sikkim Express (2017): Sikkim to attain self-sufficiency in dairy by 2020: CM. <http://www.sikkimexpress.com/NewsDetails?ContentID=7496&SectionID>
- Smil V. (2002): Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. Enzyme and Microbial Technology; 30: 305-311.
- Stanhill, G. (1990): The comparative productivity of organic agriculture. Agr. Ecosyst. Environ. 30, S. 1–26.
- Statistisches Bundesamt (destatis) (2017): Informationen zur Agrarstrukturerhebung 2016. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Agrarstrukturerhebung2016/Agrarstrukturerhebung2016.html>
- Steffen, W. et al., (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: Science 349, No. 6254, pp. 1286-1287, doi:10.1126/science.aad0674.
- Stolze, M., Weisshaidinger, R., Bartel, A., Schwank, O., Müller, A. Biedermann, R. (2018): Chancen der Landwirtschaft in den Alpenländern - Wege zu einer raufutterbasierten Milch- und Fleischproduktion in Österreich und der Schweiz. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Haupt.

- Strauss, P. (2006): ÖPUL-Maßnahmen in ihren erosionsvermindernden Auswirkungen. Bericht über das Seminar „Umweltprogramme für die Landwirtschaft und deren Auswirkungen auf die Grundwasserqualität. Raumberg-Gumpenstein, 7. und 8. März 2006, S. 65-68.
- Tauscher, B., Brack, G., Flachowsky, G., Henning, M., Köpke, U., Meier-Ploeger, A. et al. (2003): Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren - Statusbericht 2003. [Evaluation of food origin from different production systems - status report 2003.] Senatsarbeitsgruppe "Qualitative Bewertung von Lebensmitteln aus alternativer und konventioneller Produktion".
- Taylor, C. (2000): Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren, Dissertation Universität Giessen.
- Thaler et al. (2015): Possible implications of dietary changes on nutrient fluxes, environment and land use in Austria. http://oevaf.at/wp-content/uploads/2018/03/P6_Thaler_et_al_Agricultural_Systems_2015-1.pdf
- Telegraph India (2017): Sikkim to bar veggie import. <https://www.telegraphindia.com/states/west-bengal/sikkim-to-bar-veggie-import-193912>
- The GBD 2015 Obesity Collaborators (2017): Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/efits/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&retmode=ref&cmd=prlinks&id=28604169>
- Umweltanwaltschaften Österreich, (2013): Nachhaltige Nutzung von Bioenergie in Österreich. <http://wua-wien.at/images/stories/publikationen/luas-nachhaltige-nutzung-bioenergie-oesterreich.pdf>
- Umweltbundesamt (2013): Verlust der Biodiversität im Boden. Umweltbundesamt GmbH Wien. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verlust-der-biodiversitaet-im-boden#textpart-1>
- Umweltbundesamt (2014): GLOBAL 2000-Test: 60 Pestizide in Österreichs Fließgewässern. Endbericht. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW); Umweltbundesamt GmbH Wien., zit in Stolze et al. (2018) http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/presse/lastnews/news2014/news_140603/
- Umweltbundesamt (2017): Treibhausgase. Umweltbundesamt GmbH Wien. <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/treibhausgase/>
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2008): Organic agriculture and food security in Africa. http://unctad.org/en/docs/ditcted200715_en.pdf
- Von Koerber, K., Kretschmer, J. (2006): Ernährung nach den vier Dimensionen- Wechselwirkungen zwischen Ernährung und Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft und Gesundheit, Ernährung und Medizin 21: 178-185.
- Von Koerber, K., Kretschmer, J. (2007): Klimafreundlich essen: weniger Fleisch, bio, regional & frisch. Ökologie und Landbau 143, 3, 20-22.
- Wackernagel, M. & Beyers, B. (2010): Der Ecological Footprint – Die Welt neu vermessen. Europäische Verlagsanstalt GmbH, Hamburg.
- Weber, M., & Emmerling, Chr. (2005): Zehn Jahre differenzierte Grundbodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau (Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung) - Entwicklung der organischen Bodensubstanz, Nährstoffgehalte sowie bodenbiologischen Eigenschaften In: Heß, J. & Rahmann, G. (Hrsg): Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Kassel University Press. S. 5-8.

- Weltagrarbericht (2005): Outlook on Agricultural Changes and Its Drivers.
http://www.weltagrarbericht.de/reports/Global_Report/Global_4_281.html
- WHO (Weltgesundheitsorganisation) (2017): Stop using antibiotics in healthy animals to prevent the spread of antibiotic resistance. <http://www.who.int/news-room/detail/07-11-2017-stop-using-antibiotics-in-healthy-animals-to-prevent-the-spread-of-antibiotic-resistance>
- WHO (Weltgesundheitsorganisation) (2018): Antimicrobial resistance. <http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
- Wiegmann, K., Eberle, U., Fritsche U.R., Hünecke, K. (2005): Umweltauswirkungen von Ernährung - Stromanalysen und Szenarien. Diskussionspapier Nr. 7. Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie, Darmstadt und Hamburg.
- Witzke, v. H. und Noleppa, S. (2010): EU agricultural production and trade: can more efficiency prevent increasing "land grabbing" outside of Europe? [http://np-net.pbworks.com/f/Von_Witske+\(2010\)+EU+agri_prod_trade.pdf](http://np-net.pbworks.com/f/Von_Witske+(2010)+EU+agri_prod_trade.pdf)
- Wlcek, S. (2017): Sikkim Bio – mit Kompost und Kühen zu bester Bodenfruchtbarkeit. <http://organic17.org/sikkim-ganzes-land-bio/>
- WWF (2015): Das grosse Wegschmeissen. http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Das_grosse_Wegschmeissen.pdf
- Zessner et al. (2011): Ernährung und Flächennutzung in Österreich. http://iwr.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-wasserguete/Projekte/GERN/download/Zessner_et_al_2_OEWAW.pdf