



Hochschule für Forstwirtschaft
Rottenburg

Hochschule für Angewandte Wissenschaften

BACHELORARBEIT

Im Studiengang
Nachhaltiges Regionalmanagement

Der Ertragsunterschied zwischen der ökologischen
und konventionellen Landwirtschaft und dessen
Ursachen

Franziska Bürker

Allgemeine Angaben

Verfasserin

Franziska Bürker

Erstprüfer

Prof. Dr. sc. agr. Jens Poetsch

Professur für Agrarwirtschaft

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Zweitprüfer

M.Sc. Tim Hakenberg

Projektmitarbeiter

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Anschrift der HFR

Hochschule für Forstwirtschaft

Rottenburg

Schadenweilerhof

72108 Rottenburg a.N.

Copyright

© 2021

D-72108 Rottenburg

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder über elektronische Systeme verbreitet werden. Die Genehmigung ist bei der HFR einzuholen. Bei gesperrten Arbeiten ist jegliche Art der Weiterverwendung verboten.

Inhaltsverzeichnis

I. Abkürzungsverzeichnis	IV
II. Abbildungsverzeichnis	V
III. Tabellenverzeichnis	VI
IV. Zusammenfassung	VII
V. Abstract	VIII
1. Einleitung	1
2. Wissenschaftlicher Erkenntnisstand	3
3. Theoretischer Rahmen	8
3.1 Umwelteffekte von Landwirtschaft und Ernährung	8
3.1.1 Planetare Belastungsgrenzen	9
3.1.2 Überschreitung planetarer Grenzen durch Landwirtschaft und Ernährung.....	11
3.1.3 Forderung nach Produktionssteigerungen	17
3.2 Ökologische Landwirtschaft in Deutschland und Vergleichbarkeit mit konventionellen Landbausystemen	17
4. Methodisches Vorgehen	19
4.1 Berechnung der Ertragslücke	19
4.1.1 Aussagekraft der AMI- Daten	19
4.2 Literaturrecherche und Hypothesenentwicklung	20
4.3 Expert:innen- Interviews	20
4.3.1 Das Erhebungsinstrument	20
4.3.2 Gestaltung Interviewleitfaden.....	21
4.3.3 Zugang zur Feld - Auswahl und Beschreibung der Interviewpartner:innen	22
4.3.4 Datenerhebung und Datenaufbereitung.....	23
4.3.5 Datenauswertung anhand der inhaltlich-strukturierten Inhaltsanalyse	24
4.3.6. Aussagekraft der Daten	25
5. Ergebnisse	26
5.1 Ertragslücke zwischen ökologischem und konventionellem Landbau	27
5.2 Hypothesenentwicklung	29
5.2.1 Systembedingte Ursachen.....	30
5.2.2 Kartoffeln.....	33
5.2.3 Karotten.....	36
5.2.4 Speisezwiebeln	38
5.2.5 Speisekürbis.....	42
5.3 Expert:innen-Befragung	43
5.3.1 Systembedingte Ursachen.....	43
5.3.2 Ursachen der Ertragslücke bei der Kartoffel	48
5.3.3 Ursachen der Ertragslücke bei der Karotte	52
5.3.4 Ursachen der Ertragslücke bei der Zwiebel	54
5.3.5 Ursachen der Ertragslücke beim Speisekürbis	55
5.3.6 Weitere Ertragsfaktoren.....	56

5.3.7 Ertragssteigernde Strategien im Öko-Anbau.....	58
6. Diskussion.....	68
6.1 Diskussion der Ergebnisse	68
6.2 Reflexion Forschungsprozess und Aussagekraft der Ergebnisse.....	73
6.2.1 Forschungsdesign	73
6.2.2 Auswirkungen des Forschungsprozesses auf die Aussagekraft der Ergebnisse	75
7. Schlussbetrachtung.....	76
8. Literaturverzeichnis.....	<i>Fehler! Textmarke nicht definiert.</i>
9. Anhang.....	87
Anhang 1: Anbauinformationen Kartoffeln.....	87
Anhang 2: Anbauinformationen Karotten.....	89
Anhang 3: Anbauinformationen Zwiebeln	91
Anhang 4: Anbauinformationen Speisekürbis	93
Anhang 5: Angaben zu den Expert:innen-Interviews	95
Anhang 6: Interviewleitfaden Version 1.....	96
Anhang 7: Interviewleitfaden Version 2.....	98
Anhang 8: Kurzfragebogen	100
Anhang 9: Codebuch.....	101

I. Abkürzungsverzeichnis

AHV	Außer-Haus-Versorgung
Akh	Arbeitskraftstunden
AMI	Agrarmarkt Informations-Gesellschaft
Dt	Dezitonnen
E/MSY	Aussterbefälle pro Millionen Artenjahre
EU	Europäische Union
Ha	Hektar
HLPE	High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition
IFOAM	Internationale Vereinigung der ökologischen Landbaubewegungen
N	Stickstoff
P	Phosphat
THG	Treibhausgasemissionen
UN	United Nations
WBAE	Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überschreitung der planetaren Belastungsgrenzen.....	11
Abbildung 2: Überschreitungen der globalen Belastungsgrenze aufgrund landwirtschaftlicher Aktivitäten	11
Abbildung 3: Ablauf der inhaltlich strukturierten Inhaltsanalyse.....	24
Abbildung 4: Durchschnittserträge der vier verschiedenen Ackerkulturen	27
Abbildung 5: Bioanteil der vier Ackerkulturen.....	28
Abbildung 6: Ertragslücke der vier Ackerkulturen	28
Abbildung 7: Verschiedene Anbauverfahren der Zwiebel	40

III. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Bodengüte der untersuchten Betriebe in Deutschland.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 2: Strategien der Ertragssicherung im ökologischen Anbau.....</i>	<i>67</i>

IV. Zusammenfassung

Unser derzeitiges Ernährungssystem ist das produktivste seit Menschenbeginn, geht allerdings mit hohen Umweltbelastungen einher. Angesichts der Herausforderung der Klimaerwärmung zu begegnen und gleichzeitig die Ernährungssicherheit einer wachsenden Weltbevölkerung mit einem steigenden konsumorientierten Lebensstil sicherzustellen, braucht es dringend eine Ernährungswende hin zu einem nachhaltigeren Ernährungssystem. Eine Ausweitung der ökologischen Landwirtschaft wird dabei favorisiert. Doch wie kann die ökologische Landwirtschaft die zukünftige Weltbevölkerung ernähren, wenn sie niedrigere Erträge erbringt als das vorherrschende konventionelle Anbausystem? Vor dem Hintergrund dieser Problemstellung, wird in der vorliegenden Arbeit der Ertragsunterschied zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft und dessen Ursachen untersucht. Bisherige Meta-Analysen zeigen einen weltweiten Ertragsunterschied von ca. 20 % über alle Ackerkulturen hinweg. Doch werden die einzelnen Ackerkulturen betrachtet, zeigt sich ein differenzierteres Bild. Dies zeigt sich ebenso in der vorliegenden Untersuchung bei der vier verschiedene Ackerkulturen (Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis) in den Blick genommen werden und die Ertragslücke von rund 7 % bis 50 % reicht. Um die Ursachen dieser Ertragsunterschiede zu untersuchen, wurde eine umfassende Literaturanalyse und anschließende Interviews mit Menschen, die in der Landwirtschaft tätig sind, durchgeführt. Dabei wurde der Fokus der Ursachenuntersuchung zum einem auf die systembedingten Ursachen gelegt und zum anderen spezifisch die vier Ackerkulturen in den Blick genommen. Anschließend werden ertragssteigernde Maßnahmen für den ökologischen Landbau identifiziert und zusammengefasst dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die systembedingten Ursachen der niedrigeren Erträge im Bio-Anbau insbesondere in der limitierten Nährstoffversorgung und dem limitierten Pflanzenschutz liegen. Die kulturspezifischen Ursachen hängen nach den Ergebnissen dieser Untersuchung mit den systembedingten Ursachen zusammen. So ist beispielsweise eine Nährstofflimitierung im ökologischen Kartoffelanbau ein bedeutender Faktor in der Erklärung des Ertragsunterschiedes. Krankheiten und Schädlinge sind eine wichtige Herausforderung des Möhren- und Zwiebelanbaus. Strategien der Ertragssteigerung betreffen insbesondere bekannte Methoden wie die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, Optimierung der Fruchtfolgengestaltung aber auch verstärkte Züchtung und Forschung im ökologischen Bereich und Beratung der Landwirt:innen.

V. Abstract

Our current food system is the most productive one since the dawn of man, but it comes with high environmental burdens. Faced with the challenge of addressing global warming while ensuring food security for a growing world population with an increasing consumerist lifestyle, there is an urgent need for a food transition to a more sustainable food system. An expansion of organic agriculture is favored in this effort. But how can organic agriculture feed the future world population if its yield is lower than the prevailing conventional farming system? In light of this problem, this thesis examines the yield difference between organic and conventional agriculture and its causes. Previous meta-analyses show a global yield difference of about 20% across all arable crops. However, if the arable crops are considered individually, a more differentiated picture emerges. This is also evident in the present study, which looks at four different arable crops (potato, carrot, onion and squash) and shows yield gaps ranging from around 7% to 50%. To investigate the causes of these yield gaps, a comprehensive literature review and subsequent interviews with people involved in agriculture were conducted. The focus of the root cause investigation was, on the one hand, on the systemic causes and, on the other hand, specifically on the four arable crops. In a second step, yield-increasing measures for organic farming are identified. The results show that the system-related causes of lower yields in organic farming lie in particular in limited nutrient supply and limited plant protection. According to the results of this study, the crop-specific causes are related to the system-related causes. For example, nutrient limitation in organic potato production is a significant factor in explaining the yield difference. Diseases and pests are an important challenge of carrot and onion production. Strategies for increasing yields relate to well-known methods such as maintaining soil fertility, optimizing crop rotation design, but also increased breeding and research in the organic sector and advice to farmers.

1. Einleitung

Trotz eines hochproduktiven Ernährungssystems mit einem weltweiten Nahrungsmittelüberschusses litten im Jahr 2020 nach wie vor zwischen 720 und 811 Millionen Menschen auf der Welt an Hunger (UN 2021a). Angesichts einer stetig wachsenden Weltbevölkerung mit einem steigenden konsumorientierten Lebensstil wird angenommen, dass sich der Hunger und die Ernährungsunsicherheiten in Zukunft weiter verschärfen werden (Ponisio et al. 2015). Gleichzeitig werden hohe Umweltbelastungen aufgrund unseres derzeitigen Nahrungsmittelproduktionssystems verzeichnet. Rund 30 % der emittierten Treibhausgase werden von landwirtschaftlichen Aktivitäten verursacht. Darüber hinaus ist die Art und Weise, wie wir Lebensmittel produzieren, für die Überschreitung von vier planetaren Belastungsgrenzen mitverantwortlich: die Integrität der Biosphäre (intakte Artenvielfalt und intakte Ökosysteme), die Veränderung der Landnutzung, die Süßwassernutzung und die Nutzung von Kunstdünger (Gerten et al. 2020). Auch hier wird von Expert:innen¹ angesichts des Bevölkerungswachstums mit einer zunehmenden fleischbasierten Ernährung mit einer Steigerung dieser Umweltbelastungen gerechnet (Clark und Tilman 2017). Um dieser dualen Herausforderung der Ernährungssicherheit einer global wachsenden Bevölkerung und der voranschreitenden Klimaerwärmung zu begegnen, ist es dringend notwendig die Art und Weise unserer Lebensmittelproduktion zu überdenken. Zu der Frage, ob die ökologische Landwirtschaft die Weltbevölkerung zukünftig ernähren kann, wird in der Wissenschaft eine kontroverse Debatte geführt. In der wissenschaftlichen Debatte wird der ökologische Landbau mit seinen nachhaltigeren Anbaumethoden und demnach niedrigeren Umweltauswirkungen oft als Lösung angeführt (Seufert et al. 2012; Clark und Tilman 2017). Eine Ökologisierung der Nahrungsmittelproduktion ist die beste Möglichkeit, um den zukünftigen Nahrungsmittelbedarf zu decken und die Umweltbelastungen zu reduzieren (Ponisio et al. 2015; Rööß et al. 2018). Kritiker:innen des ökologischen Landbaus argumentieren, dass die ökologische Landwirtschaft geringere Erträge erbringt und somit mehr Land verbrauchen würde, um die gleiche Lebensmittelmenge zu produzieren wie das derzeitige konventionelle System. Die Steigerung der Nahrungsmittel mit einer dafür notwendigen Ausweitung der landwirtschaftlichen Fläche würde dann wiederum zu Lasten der Umwelt gehen, da es zu einer

¹ In der vorliegenden Arbeit wird für eine sprachliche Gleichbehandlung der Gender-Doppelpunkt für die Benennung aller Geschlechter verwendet. Wenn möglich wird eine geschlechtsneutrale Substantivierung genutzt.

stärkeren Entwaldung und einem Verlust der Artenvielfalt kommen würde (Seufert et al. 2012; Badgley et al. 2007).

Kritiker:innen wie Befürworter:innen des ökologischen Landbaus sind sich trotz der Kontroversen einig, dass die Erträge im ökologischen Landbau mit dem derzeitigen Flächenverbrauch gesteigert werden müssen. Dies wird insbesondere auch deswegen gefordert, da ökologische Anbausysteme zwar pro Hektar eine deutlich bessere Umweltbilanz aufweisen, diese sich aber in Relation mit den Umweltbelastungen pro Kilogramm Produkt aufgrund der geringeren Erträge denen des konventionellen Anbaus angleicht (Röös et al. 2018; Clark und Tilman 2017). Darüber hinaus wird eine breite Einführung nachhaltiger Anbauweisen nur dann realistisch, wenn diese landwirtschaftlichen Methoden ähnlich oder gleich hohe Erträge erbringen wie unser derzeitiges konventionell geprägtes Landwirtschaftssystem. Von daher ist die Klärung der Frage, wie hoch eigentlich die Ertragsunterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft sind und wie diese verringert oder gar beseitigt werden kann, von großer Bedeutung.

Demnach ist die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit die Untersuchung der Ertragslücke zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft. Da diese Untersuchung angelehnt an das Forschungsprojekt „Ökologischer Landbau im Kontext gesellschaftlicher, ökonomischer und ökologischer Transformationsprozesse“ (ÖkoTrans)² entstanden ist, welches sich u.a. mit dem Ausbau der biologisch-regional produzierten Nahrungsmittel in der Außer-Haus-Verpflegung (AHV) auseinandersetzt, liegt der Fokus der Untersuchung auf den beiden Anbausystemen in Deutschland. Ebenso wurden für die Untersuchung der Ertragslücke zwischen dem Öko-Anbau und der konventionellen Landwirtschaft vier Ackerkulturen identifiziert, die besonders für den Absatzmarkt der AHV von Bedeutung sind: Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis. Die Forschungsfragen, die im Rahmen dieser Zielsetzung beantwortet werden sollen, lauten wie folgt:

- Wie hoch ist der Ertragsunterschied zwischen den ökologischen und konventionellen Anbausystemen in Deutschland bei den Ackerkulturen Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis?

² Näheres zu dem dreijährigen Forschungsprojekt unter: https://oekolandbauforschung-bw.uni-hohenheim.de/oekotrans_hintergrund

- Was sind die Ursachen des Ertragsunterschiedes zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft, insbesondere bei den Ackerkulturen Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis?
- Welche Strategien stehen dem ökologischen Landbau zur Verfügung, um die Ertragslücke zu verringern oder gar zu schließen?

Im ersten Teil der Arbeit wird zunächst der wissenschaftliche Erkenntnisstand zu der Ertragslücke wiedergegeben. Darauf folgt im Kapitel 2 eine Problemanalyse hinsichtlich der Umwelteffekte unseres derzeitigen Ernährungssystems. Des Weiteren wird die ökologische Landwirtschaft als Anbausystem in Deutschland beschrieben und auf die Vergleichbarkeit des ökologischen und konventionellen Landbaus eingegangen. Im vierten Kapitel wird das angewandte Forschungsdesign vorgestellt und auf methodologische Aspekte eingegangen. Darüber hinaus wird die tatsächliche Umsetzung des mehrstufigen Forschungsprozesses offengelegt. Nach der Erläuterung des methodischen Vorgehens erfolgt in Kapitel 5 die deskriptive Darstellung der Ergebnisse dieser Untersuchung. Die übergreifenden Schlussfolgerungen aus der Untersuchung werden hier zusammengefasst und anschließend in Hinblick auf die Forschungsfragen diskutiert. Darüber hinaus findet eine Reflektion des Forschungsprozesses und die daraus resultierende Aussagekraft der Ergebnisse statt. Die Arbeit schließt mit einer Schlussbetrachtung der Thematik und einer Einbettung in einen größeren Kontext im Kapitel 7 ab.

2. Wissenschaftlicher Erkenntnisstand

Die Frage nach der Fähigkeit ökologischer Landwirtschaft die Weltbevölkerung zu ernähren, ist eine umstrittene. Meist steht dabei die Produktivität der ökologischen Landwirtschaft im Vergleich zum konventionellen Ackerbau im Mittelpunkt der Debatte. Der Unterschied im Ertrag zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft und dessen Ursachen werden in zahlreichen Studien untersucht und diskutiert.

Eine der ersten Meta-Datenanalysen (Badgley et al. 2007), die weltweite Daten einbezogen, zeigte, dass ökologische Landwirtschaft in der Lage sei, gleiche wenn nicht sogar höhere Erträge zu erzielen als der konventionelle Landbau. Die Ergebnisse von Badgley et al.'s Studie legen nahe, dass mit ökologischen Methoden ein wesentlicher Beitrag zur

Lebensmittelproduktion und zur Ernährung der heutigen und zukünftigen Bevölkerung auf der derzeitigen landwirtschaftlichen Nutzfläche geleistet werden kann. Das durchschnittliche Ertragsverhältnis für alle herangezogenen 160 Beispiele aus entwickelten Ländern beträgt nach Badgley et al. 0,92, d.h. die ökologischen Erträge sind im Schnitt nur 8% niedriger als die der konventionellen Landwirtschaft (Badgley et al. 2007). Diese Studie wurde allerdings stark aufgrund methodologischer Mängel und falscher Annahmen kritisiert (z.B. wurden Daten genutzt, die nicht wirklich aus ökologischer Landwirtschaft stammten und so nicht angemessene Ertragsvergleiche beinhalteten) (Cassman 2007; Connor 2008).

Darauffolgende durchgeführte Meta-Analysen (Seufert et al. 2012; Ponti et al. 2012; Ponisio et al. 2015) stellen dagegen einen Ertragsunterschied zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft fest, der im Schnitt 20% beträgt. Dabei unterscheiden sich die Ertragsunterschiede stark zwischen Anbaubedingungen und -methoden sowie je nach Ackerkulturen. So weisen Hülsenfrüchte und Feldgemüse eine geringere Ertragsdifferenz auf als Getreide und Knollenfrüchte.

Eine 2012 publizierte Meta-Analyse von Seufert et al. (2012) zeigte, dass ökologische Erträge im Schnitt 25% niedriger liegen als konventionelle Erträge. Dabei sind die Ertragsunterschiede stark kontextabhängig und schwanken von nahezu gleichen Erträgen (5% niedrigere ökologische Erträge bei regenbewässerten Leguminosen und Stauden auf schwach sauren bis schwach alkalische Böden) über 13 % Ertragsunterschied, wenn beste ökologische Anbaumethoden Anwendung finden, bis zu 34 % Ertragslücke, wenn nur die am besten miteinander vergleichbaren konventionellen und ökologischen Anbausysteme betrachtet werden. In den Industrieländern und in Studien, die konventionelle Erträge verwenden, die den regionalen Durchschnittswert repräsentieren, sinkt der Ertragsunterschied zwischen den am besten vergleichbaren ökologischen und konventionellen Anbausystemen allerdings auf 8% bis 13%. Das heißt, dass unter bestimmten Bedingungen der ökologische Landbau durchaus an die Erträge der konventionellen Landwirtschaft heranreichen kann (Seufert et al. 2012).

De Ponti et al. (2012) führten eine Meta-Analyse von Ertragsdaten ökologischer und konventioneller Landwirtschaft aus 43 Ländern weltweit durch (wobei 85% der Daten aus Europa oder Nord-Amerika stammten). Die Analyse kam zu einem etwas niedrigeren Ertragsunterschied als Seufert et al. De Ponti et al's Untersuchung ergab, dass die Erträge ökologischer Landwirtschaft im Schnitt 80% der konventionellen Erträge ergaben. Es zeigte

sich zudem, dass der Ertragsunterschied zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft dann tendenziell größer wird, wenn die Erträge der konventionellen Landwirtschaft steigen. Allerdings war dieses Ergebnis nur für zwei Kulturpflanzen (Weizen und Sojabohnen) statistisch signifikant (Ponti et al. 2012).

Ponisio et al. (2015) bemängelt bei Badgley et al., de Ponti et al. und Seufert et al. methodische Fehler in der Datenanalyse. Von daher führten sie 2014 eine erneute Meta-Datenanalyse durch, um eine deutlichere Schätzung der Ertragslücke zwischen konventioneller und ökologischer Landwirtschaft geben zu können. Die Autor:innen werteten einen dreimal größeren Datensatz als bisherige Studien zu Ertragsvergleichen aus. Der von Ponisio et al. erstellte aktuelle Meta-Datensatz umfasste 1071 Ertragsvergleiche ökologischer und konventioneller Anbaumethoden aus 115 Studien aus 38 Ländern und 52 Pflanzenarten über einen Zeitraum von 35 Jahren. Dabei nahmen sie nur Studien in ihren Metadatenatz auf, die Anbaumethoden auf hohem Technologie- und Wissenstand verwendeten (Ponisio et al. 2015).

Die Meta-Analyse ergab einen relativ geringen Ertragsunterschied zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft im Schnitt von 19,2 % (d. h. zwischen 15,5 und 22,9 %). Darüber hinaus kam ihre Analyse zu dem Schluss, dass insbesondere zwei Bewirtschaftungsmethoden, die Mischkulturen (multi cropping) und die Fruchtfolgen, die Ertragslücke zwischen ökologischem und konventionellen Landbau verringern können. Bei Mischkulturen lag der Ertragsunterschied des ökologischen Anbaus nur noch bei 9 % und bei erweiterten Fruchtfolgen bei 8% (Ponisio et al. 2015).

Eine weitere aktuelle Meta-Analyse von Pittelkow et al. (2015) fokussierte sich auf verschiedene Anbaumethoden und verglich die Direktsaat mit der konventionellen Bodenbearbeitung. Die Autor:innen stellten fest, dass die Direktsaat die Erträge im Durchschnitt um 5,7% im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung reduzierte. Die Auswirkungen waren unterschiedlich und hingen von der Pflanzenart ab. Unter bestimmten Bedingungen (z.B. in Kombination mit Rückstandshaltung und Fruchtfolgen können die negativen Effekte der Direktsaat minimiert werden) lieferte die Direktsaat gleichwertige oder sogar höhere Erträge als die konventionelle Bodenbearbeitung (Pittelkow et al. 2015).

Eine erweiterte Perspektive auf die Ertragsunterschiede zeigen Knapp und van der Heijden (2018) in ihrer Untersuchung zu der Ertragsstabilität zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft sowie zwischen Direktsaat und konventioneller

Bodenbearbeitung. Im Hinblick auf die Ernährungssicherheit ist die Ertragsstabilität ein relevanter Blickwinkel. In ihrer Analyse verwenden Knapp und van der Heijden die Datensätze von Ponisio et al. und Pittelkow et al. Sie verwendeten 191 Studien (39 Studien von Ponisio et al. und 154 Studien von Pittelkow et al.), was zu 532 mehrjährigen Beobachtungen führte, die auf 2896 Vergleichen beruhten. Es zeigte sich, dass die relative Ertragsstabilität (Variationskoeffizient, der die Variabilität über die Jahre ausgedrückt als Standardabweichung durch den mittleren Ertrag im gleichen Zeitraum teilt) der ökologischen Landwirtschaft deutlich geringer ist als die der konventionellen Landwirtschaft. Die absolute Stabilität dagegen (d. h. die zeitliche Variation/Standardabweichung des Pflanzenertrages über die Jahre) unterscheidet nicht zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft. Verstärkte Düngung und Gründüngung haben einen positiven Effekt auf die relative Ertragsstabilität des ökologischen Landbaus und können den Unterschied zur konventionellen Landwirtschaft verringern. Der Vergleich von Direktsaat und konventioneller Bodenbearbeitung zeigte eine ähnliche Ertragsstabilität (relativ wie stabil). Daraus kann man nicht schließen, dass eine Umstellung auf Direktsaat keinerlei Einfluss auf die Ertragsstabilität hat. Das Klima beeinflusst wiederum den Ertrag und seine Stabilität. Direktsaat-Systeme zeigten bei feuchten Klimaverhältnissen geringere Ertragsstabilität. In trockenen Klimazonen dagegen und im Anbau mit Fruchtfolgen und Rückstandsmanagement ergaben sich wiederum kaum Unterschiede (Knapp und van der Heijden 2018).

Die dargestellten Meta-Analysen beziehen sich auf weltweite Daten. Studien, die einen regionalen Kontext betrachten, zeigen im Gegensatz zu den weltweiten Untersuchungen eine höhere Ertragsdifferenz zwischen ökologischem und konventionellem Ackerbau.

Eine auf US-amerikanische Daten basierende Studie (10.000 ökologische Betriebe verglichen mit 83.000 konventionellen Betrieben für das Produktionsjahr 2014) zeigt einen durchschnittlichen Ertragsunterschied von ökologischer zu konventioneller Landwirtschaft von 67 %. Dabei zeigen sich je nach Feldfrucht und Standort der Betriebe wiederum starke Unterschiede in der Ertragslücke. Bei Sojabohnen und Kartoffeln waren z.B. die ökologischen Erträge an den konventionellen Erträgen in den US-Staaten näher dran, in denen die konventionellen Erträge generell am größten waren. Bei Gerste, Weizen und Heu wurde jedoch ein entgegengesetzter Trend beobachtet (Kniss et al. 2016).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Brückler et al. (2017). Diese österreichische Studie stützte sich auf die Analyse der freiwilligen buchführenden Betriebe in Verbindung mit dem

Invekos-Datensatz Österreichs in den Jahren 2003 bis 2016. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die Ertragsunterschiede zwischen Feldfrüchten und regionalen Gegebenheiten variieren. Regionale Unterschiede in den klimatischen Verhältnissen, Wasserverfügbarkeit und Nährstoffe haben demnach einen großen Einfluss auf die Ertragsmenge und führen zu unterschiedlichen Ertragsunterscheiden der beiden Ackerbausysteme nach Region (Brückler et al. 2017).

Forster et al. (2015) untersuchen die Auswirkungen von Wirtschaftsweise und die Betriebsstruktur auf Erträge anhand von Praxisbetrieben aus Bayern und Nord-Rhein-Westfalen. Dabei fokussierten sie sich auf den Winterweizen, da dieser in den meisten Betrieben angebaut wird und vielfältigen Einflussfaktoren ausgesetzt ist. In ihrer Untersuchung betrachteten Forster et al. Erträge in einem Zeitraum von einem bis drei Jahren zwischen 2009 und 2011 von ökologischen und konventionellen Betrieben mit und ohne Tierhaltung. Die konventionellen Betriebe zeigten im Mittel 54% höhere Erträge, welche die Autor:innen auf die erhöhte Stickstoffzufuhr zurückführen. Ebenso zeigt der chemische Pflanzenschutz eine deutliche Verbesserung der Erträge. Im Vergleich der Regionen waren besonders Klimabedingungen ausschlaggebend für die Ertragsunterschiede der zwei Anbauregionen. Weitere bedeutende Faktoren für regionale Ertragsunterschiede sind Sortenwahl der Betriebe, N-Zufuhr und Fruchtfolge (Forster et al. 2015).

In einer 2016 erschienenen Studie zu einem Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Anbaumethoden auf die globale und deutschlandweite Artenvielfalt wurden vom Autor Noleppa (2016) auch die Ertragsunterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft in den Blick genommen. Für die Berechnung des Ertragsunterschiedes zog er Daten vom deutschen Testbetriebsnetz des Bundeslandwirtschaftsministeriums heran. Für die drei Wirtschaftsjahre 2011/12 bis 2013/14 zeigte sich im gewogenen Mittel aller Hauptackerkulturen ein nach den tatsächlichen Anbauflächen gewichtete Ertragsdifferenz des Öko-Landbaus zum konventionellen Landbau von 51% (Noleppa 2016). Kritik zu diesem Ergebnis äußerte der Bund Ökologischer Lebensmittelwirtschaft (BÖWL). Die Testbetriebsdaten des Thünen-Instituts werden für betriebswirtschaftliche Vergleiche herangezogen, berücksichtigen aber keine naturräumlichen oder klimatischen Gemeinsamkeiten der Betriebe. Standortdaten müssten aber in einem Vergleich der Ertragsdaten berücksichtigt werden (UmweltDialog 2016).

Eine kürzlich erschienene in der Schweiz durchgeführte Langzeitstudie untersuchte die in Europa am meisten verbreiteten Anbausysteme, ökologische, konservierende und konventionelle Landwirtschaft, und verglich diese auf ihre ökonomische, ökologische und agronomische Leistungsfähigkeit. Der Fokus des Forschungsteams lag auf der Evaluation der Multifunktionalität der verschiedenen Agrarökosysteme, zeigte dabei aber auch, dass ein steigender Umweltnutzen mit geringerer Produktivität einhergeht. Die Daten decken sich weitgehend mit den Ergebnissen der früheren Metaanalysen: so weist der ökologische Landbau im Schnitt ein Ertragsminus von 22 % im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft auf, mit reduzierter Bodenverarbeitung sogar ein Ertragsminus bis zu 34 % (Wittwer et al. 2021).

Aus den dargestellten Studien lässt sich kein deutliches Bild zum Ertragsunterschied zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft abbilden. Je nach Anbaumethoden (Fruchtfolge, Mischkultur, Bewässerung, Düngemittel), Standortbedingungen und der Studien zugrundeliegenden verwendeten Daten liegen die Ertragsunterschiede mal niedriger mal weiter auseinander. Fast allen Studien ist aber gemeinsam, dass sie das Potenzial der ökologischen Landwirtschaft herausstellen, die Erträge im Öko-Landbau zu maximieren. Insbesondere der Forschung zur Verbesserung ökologischer Anbaumethoden wird ein großes Potenzial zugesprochen.

3. Theoretischer Rahmen

3.1 Umwelteffekte von Landwirtschaft und Ernährung

Wie in der Einleitung schon skizziert steht das derzeitige Ernährungssystem vor der dualen Herausforderung, unser Ernährungssystem so umzugestalten, dass die ausreichende Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung gewährleistet ist und gleichzeitig die Produktion der Nahrungsmittel so ressourcenschonend wie möglich betrieben wird.

Nachdem jahrelang die Anzahl der Menschen, die von Hunger betroffen sind, stetig gesunken ist, wird seit 2015 wieder ein Anstieg der Zahl der Hungernden verzeichnet. Ein Drittel der Menschheit ist aktuell von einer oder mehreren Formen von Hunger oder Unterernährung betroffen. Im Jahr 2020 litten weltweit zwischen 720 und 811 Millionen Menschen an Hunger. Dabei können sogenannte Hunger-Hot-Spots identifiziert werden, die meistens in Süd- und Südostasien sowie in Sub Sahara-Afrika liegen. Mehr als die Hälfte der unterernährten Menschen auf der Welt lebt in Asien (418 Millionen) und mehr als ein Drittel

in Afrika (282 Millionen) (UN 2021b; HLPE 2020). Chronischer Hunger stellt neben weiteren Formen der Fehlernährung wie Übergewicht und Fettleibigkeit sowie Mikronährstoffmangel paradoxerweise angesichts eines hochproduktiven Ernährungssystems - seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat sich die weltweite Lebensmittelproduktion verdreifacht - weiterhin eine der größten Herausforderungen der Menschheit dar (HLPE 2020; WBAE 2020).

Gleichzeitig beeinträchtigt die aktuelle Art und Weise der Produktion und der Konsum von Nahrungsmitteln lebenserhaltende Ressourcen wie saubere Luft, sauberes Wasser, fruchtbare Böden und Biodiversität. Diese Umweltbelastungen lassen sich an verschiedenen Stellen der globalen Wertschöpfungskette der Lebensmittelproduktion aufzeigen. Die landwirtschaftliche Erzeugung und die landwirtschaftliche Vorkette, d.h. die Herstellung der Produktionsmittel, sind zusammen für rund 56 % der Treibhausgasemissionen (THG) dieser Wertschöpfungskette verantwortlich. Die Verarbeitung, der Handel und der Konsum machen dabei die andere Hälfte aus. Zudem wird angenommen, dass derzeitige Entwicklungen den Druck auf die Umweltressourcen durch die Nahrungsmittelproduktion weiter verschärfen wird. Dazu zählen die stetig wachsende Weltbevölkerung, ein erhöhter Konsum von tierischen, zuckerhaltigen und fetthaltigen Lebensmitteln aufgrund der Anpassung der Konsummuster der sich entwickelnden Länder und ein limitierter Produktionszuwachs in der Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel angesichts der Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Landwirtschaft, insbesondere im subsaharischen Raum (WBAE 2020).

Die problematische Wirkung der landwirtschaftlichen Produktion und der Ernährungsmuster auf die Umwelt und Ressourcen können anhand des Konzepts der planetaren Belastungsgrenzen explizit aufgezeigt werden. Im Folgenden werden die planetaren Belastungsgrenzen und die Überschreitung dieser aufgrund landwirtschaftlicher Aktivitäten skizziert.

3.1.1 Planetare Belastungsgrenzen

Die planetaren Belastungsgrenzen sind ein Konzept von Rockström et al. (2009), welches einen sicheren Entwicklungsspielraum der Menschheit in Bezug auf das Erdsystem und der darin stattfindenden biophysikalischen Subsysteme und Prozesse definiert. Diese Subsysteme und Prozesse reagieren meist empfindlich auf sich veränderte Belastungen und reagieren dabei nicht-linear und abrupt bei der Überschreitung gewisser Schwellenwerte. Werden diese Grenzen überschritten, könnten sich die Subsysteme, wie beispielsweise das Monsun-System,

so verändern, dass es zu erheblichen Umweltveränderungen kommen kann, die sogar die menschliche Existenz gefährden könnte (Rockström et al. 2009).

Neun Prozesse, die durch menschliches Handeln verändert werden, bilden die planetaren Belastungsgrenzen. Von Steffen et al. (2015) nochmals überarbeitet sind dies folgende:

1. Landnutzungswandel
2. Intaktheit der Biosphäre
3. Klimawandel
4. Neue Substanzen und modifizierte Lebensformen
5. Ozonverlust in der Stratosphäre
6. Aerosolgehalt der Atmosphäre
7. Versauerung der Meere
8. biogeochemische Flüsse
9. Süßwassernutzung

Die neun planetaren Grenzen sind dabei miteinander verbunden und befinden sich in Wechselwirkung zueinander. Der Verlust von Biodiversität beispielsweise kann die Anfälligkeit von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen gegenüber den Auswirkungen der Klimaerwärmung und der Versauerung der Meere erhöhen und so die Grenzwerte dieser Prozesse erhöhen (Rockström et al. 2009).

Die planetaren Belastungsgrenzen und dessen Überschreitung unterliegen laufender Forschung und Diskussionen. Nach Steffen et al. (2015) sind mindestens vier der neun Belastungsgrenzen überschritten oder weisen ein hohes Risiko der Überschreitung auf: Klimawandel, Landnutzungswandel, biogeochemische Flüsse und die Integrität der Biodiversität (siehe Abbildung 1). Im Januar dieses Jahres wurde eine Studie veröffentlicht, die zu dem Schluss kam, dass die planetarische Grenze in Bezug auf Umweltschadstoffe und andere "neuartige Stoffe", darunter Kunststoffe, überschritten wurde (Persson et al. 2022). Die Überschreitung einer weiteren Grenze, die Süßwassernutzung, ist in der wissenschaftlichen Debatte umstritten, wobei angenommen wird, dass die sicheren Grenzwerte, insbesondere für „grünes Wasser“ (die direkte Nutzung von Regenwasser), überschritten sind (Campbell et al. 2017; Wang-Erlandsson et al. 2022).

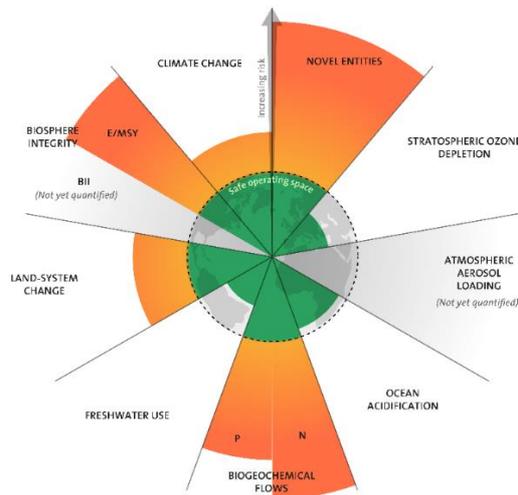


Abbildung 1: Überschreitung der planetaren Belastungsgrenzen (Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Persson et al. 2022 and Steffen et al. 2015)

3.1.2 Überschreitung planetarer Grenzen durch Landwirtschaft und Ernährung

Eine kürzlich erschienene Studie zeigte, dass derzeit 48,6 % der Nahrungsmittel unter Bedingungen angebaut werden, die die planetaren Belastungsgrenzen überschreiten (Gerten et al. 2020). Dieser kumulative Effekt setzt sich aus einzelnen Grenzüberschreitungen folgender Belastungsgrenzen zusammen: Integrität der Biosphäre, Veränderung der Landnutzung, Süßwassernutzung, biogeochemische Flüsse und Klimawandel (siehe Abbildung 2) (Gerten et al. 2020; Campbell et al. 2017; WBAE 2020) . Im Folgenden wird die Rolle des Ernährungssystems hinsichtlich der Überschreitung dieser fünf planetaren Grenzen herausgestellt.

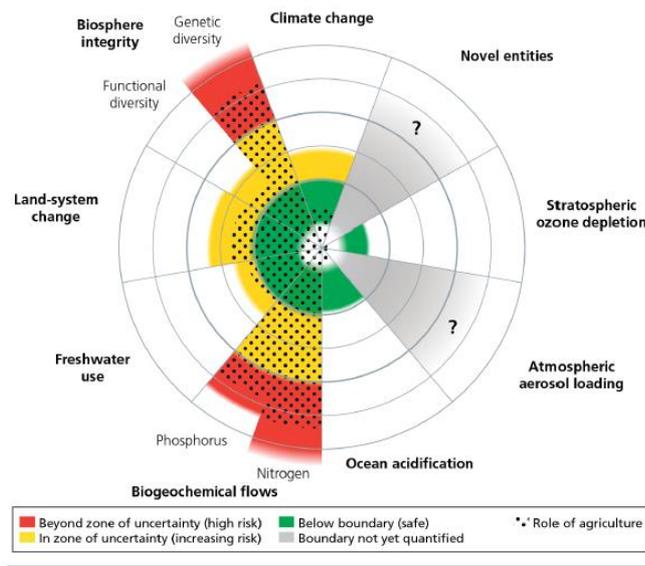


Abbildung 2: Überschreitungen der globalen Belastungsgrenze aufgrund landwirtschaftlicher Aktivitäten (Campbell 2017)

Integrität der Biosphäre

Für die Landwirtschaft sind vielfältige Tierarten und Mikroorganismen von hoher Bedeutung, damit das Ökosystem Landwirtschaft reibungslos funktionieren kann. Die Kontrolle von Schädlingen oder in der Aufbereitung von Nährstoffen sowie das Fressen von Pflanzen und Samen sind einige der Leistungen, die diese Lebewesen im Agrarökosystem übernehmen. Je höher die Artenvielfalt eines Agrarökosystems, desto höher ist die Stabilität dieser Leistungen. Die Vielfalt eines Ökosystems hat also Auswirkungen auf die darin ablaufenden Prozesse und die damit verbundenen Ökosystemfunktionen. Wird in die Artenvielfalt eines Ökosystems eingegriffen, kann dies weitreichende Folgen für die Funktionsfähigkeit haben und die sogenannten Ökosystemdienstleistungen³ beeinträchtigen (WBAE 2020).

In Bezug auf die planetaren Grenzen wird der Verlust der Artenvielfalt mit der genetischen Vielfalt und der funktionalen Vielfalt definiert. Die genetische Vielfalt wird durch Aussterberaten und die funktionelle Vielfalt durch den Index der intakten Biodiversität (BII) quantifiziert. Die genetische Vielfalt wird anhand der Aussterbefälle pro Millionen Artenjahre (E/MSY) gemessen und die realistisch einzuhaltende Grenze bei 10 E/MSY festgelegt. Für die funktionelle Vielfalt wird ein BII von 90% vorgeschlagen mit einer Unsicherheitsrate von 30%-90% (Steffen et al. 2015). Die Aussterberate wird derzeit auf über 100 E/MSY und für zukünftige Szenarien auf 1000-10.000 E/MSY geschätzt. Die funktionelle Vielfalt soll sich aufgrund der Landnutzung bei unter 58% der planetaren Grenze befinden (Campbell et al. 2017). Die Grenzen der Integrität der Biodiversität ist für die genetische Artenvielfalt überschritten und befindet sich nach Campbell et al. (2017) für die funktionale Vielfalt in der Unsicherheitszone.

Land- und Forstwirtschaftliche Landnutzungen wurden als eine der Hauptursachen in dem Verlust der Artenvielfalt identifiziert. Campbell et al. (2017) schätzen die Rolle der Landwirtschaft für den Status der Integrität der Biodiversität auf 80%. Dabei ist nicht die einzelne Ackerfläche oder Forstschlag ausschlaggebend, sondern der kumulative Effekt der Vielzahl an Eingriffen, Emissionen und Veränderungen im Pflanzenbestand auf der genutzten Landfläche. Der Landschaftswandel durch die Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsfläche ist zwar ebenso ein Faktor im Verlust der Lebensräume, doch kommt der Landwirtschaft eine

³ Als Ökosystemdienstleistungen werden diejenigen Güter und Leistungen von den Elementen eines Ökosystems bezeichnet, die essentiell für das Fortbestehen des Menschen sind und deren Wert sich ökonomisch beziffern lässt. So werden beispielsweise die Ökosystemdienstleistungen des deutschen Imkereiwesens für die Bestäubung der Landwirtschaftskulturen auf bis zu 1,6 Mrd. € jährlich geschätzt (WBAE).

bedeutende Rolle zu. Die Entwicklungen zu Fruchtfolgen mit wenigen, ertragreichen Feldfrüchten im Ackerbau, einem zunehmenden Maisanbau für die Bioenergie- und Futterproduktion sowie die stetige Vergrößerung der landwirtschaftlichen Betriebe und ihrer Flächen führten zu großflächigen Monokulturen. Diese großflächigen Ackerkulturen bieten aufgrund der gleichzeitigen Ernte Vögeln und anderen Wildtieren keine Rückzugsmöglichkeiten. Gleichzeitig führt das Verschwinden der Hecken und Feldgehölzen, Baumreihen und Steinhäufen zu einem Verlust der Strukturvielfalt und somit zu dem Verlust von Nistplätzen, Nahrung und weiteren Rückzugsmöglichkeiten für Vögel, Wildtiere, Spinnen und Insekten. Des Weiteren führt die Intensivierung der Landwirtschaft zu einem verstärkten Einsatz von Düngemitteln, Pestiziden, Herbiziden und Insektiziden. Dessen flächendeckende Ausbringung wird als weitere Ursache für den Biodiversitätsverlust identifiziert (WBAE 2020).

Hinzu kommt, dass sich der Biodiversitätsverlust nicht allein auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche bezieht, sondern ebenso in den ausgewiesenen Schutzgebieten stattfindet. Die Einträge aus der Landwirtschaft durch Düngemittel und Pflanzenschutzmitteln wirkt sich weiterhin negativ auf die Artenvielfalt aus (WBAE 2020).

Landnutzungswandel

Landwirtschaftliche Flächen bedecken 40% der Landoberfläche und sind somit eines der größten terrestrischen Biome auf der Erde. Die Ausweitung der Landwirtschaftsfläche schreitet weiter voran und ist vor allem in den Tropen für die Degradation von Regenwäldern, Savannen und anderen Ökosystemen verantwortlich. Die landwirtschaftliche Produktion ist somit eines großflächigsten Landnutzung -Form der Menschen auf dem Planeten Erde. Neben der Produktion von Lebensmitteln wird potenzielle Ackerfläche zur Herstellung von Bioenergie genutzt. Dies resultiert in einer Konkurrenz um Land und verschärft das Problem der großflächigen Landnutzungsänderungen (Campbell et al. 2017; WBAE 2020). Expert:innen schätzen, dass auch trotz Ertragssteigerungen und Intensivierung der Landwirtschaft die Nettofläche der Landwirtschaft ausgeweitet werden muss, wenn die Nachfrage nach Nahrungsmitteln und Biokraftstoffen in Zukunft befriedigt werden will. Aktuelle Trends wiesen darauf hin, dass bis 2050 weitere 10 Millionen km² Land für Ackerfläche gerodet werden (Campbell et al. 2017). In Rockström et al. (2009) ursprünglichen Konzept der planetaren Grenzen wurde die Grenze für Ackerland auf 15% der eisfreien Fläche der Erde festgesetzt. Im überarbeiteten Konzept von Steffen et al. (2015) wurde die Ackerlandfläche mit der verbleibenden Waldfläche gekoppelt, die nicht unter 75% der eisfreien Fläche fallen

sollte. Die Unsicherheitszone beträgt 54-75%. Der aktuelle Wert liegt bei 62%. Den genauen Beitrag der Landwirtschaft in der Rodung der Wälder zu berechnen ist nicht einfach. Schätzungen zu Folge hat die Ausweitung der Landwirtschaftsfläche in den letzten 300 Jahren zu einem Nettoverlust von 7-11 Millionen km² Wald geführt. Weltweit wurden etwa 30% der Laubwälder in der gemäßigten Zone in Ackerland umgewandelt. Insgesamt soll die Landwirtschaft für 80% der entwaldeten Fläche im Zeitraum 2000-2010 ursächlich sein. Zwar werden derzeit in den reicheren Ländern und höheren Breitengraden Wälder wieder aufgeforstet, doch schreitet die Entwaldung insbesondere in den tropischen Ländern weiterhin voran. Eine nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft auf den aktuellen Flächen ist daher notwendig, um die Ausdehnung der Ackerflächen zu begrenzen (Campbell et al. 2017).

Süßwassernutzung

Für landwirtschaftliche Aktivitäten wird die größte Menge an Süßwasser verbraucht. Auf die Landwirtschaft entfallen 70% der globalen Süßwasserentnahmen, hauptsächlich durch die Transpiration von Nutzpflanzen und die Verdunstung von Böden und Bewässerungsanlagen. In der Nutzung von Süßwasser muss zwischen „blauen Wasser“ und „grünem Wasser“ unterschieden werden. Blaues Wasser bezeichnet den Verbrauch von Wasser aus Flüssen, Stauseen, Seen und Grundwasserleitungen. Grünes Wasser bezeichnet die direkte Nutzung von Regenwasser (Campbell et al. 2017).

Die Quantifizierung der planetaren Grenze für Süßwassernutzung ist umstritten und wird in der Wissenschaft diskutiert. Demnach ist es noch nicht eindeutig geklärt, welche Mengen von blauem und grünem Wasser tatsächlich von der Landwirtschaft genutzt werden (Campbell et al. 2017). Nach Steffen et al.'s (2015) Quantifizierung wurden subglobale Süßwassergrenzen festgesetzt, die die regionale Überschreitung des Süßwasserverbrauchs bestimmen können. Eine Neubewertung der Süßwassernutzungsgrenze durch Gerten et al. (2013) setzte die Grenze im Vergleich zu Rockström et al.'s (2009) Quantifizierung herab, wonach sich der Status der Süßwassernutzung bereits in der Zone der Unsicherheit befindet.

Nach Campbell et al. (2017) wird die Nutzung von blauem Wasser für die landwirtschaftliche Produktion auf 84% des gesamten Verbrauchs an blauem Wasser geschätzt. Dabei ist die Nutzung des Süßwassers für landwirtschaftliche Zwecke abhängig von der Art und Weise der Produktion und der Feldfrüchte, die angebaut werden. Die wachsende Weltbevölkerung und die zunehmende Nachfrage nach tierischen Produkten werden den

Wasserverbrauch der Landwirtschaft erhöhen. Besonders der Futtermittelanbau für die Viehzucht und auch die Bioenergieproduktion sind starke Treiber des Wasserverbrauchs. Zudem spielt der Staudambau für die Landwirtschaft eine weitere Rolle im Verbrauch von blauem und grünem Wasser für die Pflanzenproduktion. Die Landwirtschaft ist unumstritten der weltweit größte Verbraucher von Süßwasser. Bis zum Jahr 2050 wird eine weitere Zunahme des Süßwasserverbrauchs durch die Landwirtschaft (Regen- und Bewässerungslandwirtschaft) um 19% geschätzt (Campbell et al. 2017).

Biogeochemische Flüsse

Stickstoff und Phosphor sind die zwei wesentlichen Elemente der planetaren Grenze biogeochemischen Flüsse, die auch durch die Landwirtschaft maßgeblich beeinträchtigt werden. Landwirtschaftliche Aktivitäten sind die Hauptantriebskraft des Stickstoffkreislaufes. Der Einsatz von Stickstoffdünger in der Landwirtschaft ist ambivalent. Zum einem hat die zusätzliche Düngung zu Produktionssteigerungen und der Reduktion von Hunger geführt, auf der anderen Seite haben eine Überdüngung und die geringe N-Verwertungseffizienz der Pflanzen- und Viehzucht sowie reaktive Stickstoffverbindungen in der Umwelt eine erhebliche Belastung der Umwelt zur Folge. Insbesondere die reaktiven Stickstoffverbindungen, die sich im Boden anreichern und dann im Wasser und in der Luft eingetragen werden entfalten ihre Wirkung auf problematische Weise. Der N-Überschuss führt zu Boden- und Luftverschmutzung, gilt als Treiber des Verlustes der biologischen Vielfalt, führt zur Verschmutzung von Küstengewässern und Wassereinzugsgebiete und erhöht den Gehalt an N_2O und reaktiven N-Gasen in der Troposphäre (Campbell et al. 2017; WBAE 2020). Die Belastung des deutschen Grundwassers durch Nitrat und die Eutrophierung von Oberflächengewässern, insbesondere die küstennahen Meeresbereiche, ist nach den EU-Umweltnormen als unzureichend einzustufen. Die EU-Kommission hat gegen Deutschland ein Vertragsverletzungsverfahren aufgrund der unvollständigen Umsetzung der Nitratrichtlinie eingereicht, weswegen die Düngegesetzgebung aktuell novelliert wird (WBAE 2020). Die Umweltkosten der N-Verluste in Europa übersteigt Schätzungen zufolge den gesamten direkten wirtschaftlichen Nutzen von Stickstoff in der Landwirtschaft (Campbell et al. 2017).

Das zweite relevante Element bei den biogeochemischen Flüssen ist Phosphat (P). Durch die Ernte geht Phosphat (PO_4^{3-}) auf den Ackerböden verloren und muss in Form von Phosphat aus Dünger oder Gülle dem Boden wieder zugeführt werden. Der globale Phosphat-Kreislauf wurde durch das Eingreifen des Menschen durch den Abbau von Rohphosphat, um diesen für

Dünger für die Landwirtschaft zu nutzen, tiefgreifend verändert. Um die 90 % der weltweiten Phosphatproduktion werden zur Herstellung von Düngemittel für die Landwirtschaft verwendet wird, wobei fast der gesamte P dem Boden zugeführt wird. Die Beschleunigung des P-Kreislaufes um das Zwei- bis Dreifache führt zur Eutrophierung von Süßwassersystemen und der Flussmündungen in die Ozeane. Die globale Grenze des Phosphateintrages wurde auf ein Teragramm Phosphor pro Jahr aus Süßwassersystemen in den Ozean festgelegt, um großflächige anoxische Ereignisse im Ozean zu vermeiden. Des Weiteren existieren regionale Grenzen für die Eutrophierung von Süßwasser. Diese Grenze gilt für manche Regionen als überschritten, und die Landwirtschaft wird für 90% der Auswirkungen verantwortlich gemacht. Die steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln aufgrund des stetigen Bevölkerungswachstums und der sich verändernden Ernährungsgewohnheiten erhöht weiterhin den Druck auf den P-Kreislauf. Schätzungen zufolge könnte die Nachfrage nach P bis 2050 um 50%-100% steigen (Campbell et al. 2017).

Klimawandel

Werden die Auswirkungen der Landwirtschaft auf Landnutzungsänderungen ausgenommen, ist der landwirtschaftliche Sektor für 12% der anthropogenen THG verantwortlich. Dabei wird aufgrund der Lebensmittelproduktion nicht vorrangig CO₂ ausgestoßen, sondern Lachgas und Methan. 57% der weltweiten Lachgasemissionen und 47% der weltweiten Methanemissionen werden auf die landwirtschaftliche Produktion zurückgeführt. Betrachtet man das globale Ernährungssystem insgesamt, d.h. auch die Emissionen aus Landnutzungsänderungen, Landnutzung und den Emissionen aus dem fossilem Energieverbrauch in landwirtschaftlichen Betrieben und die vor- und nachgelagerten Sektoren sowie über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg, ergibt sich ein Beitrag von ungefähr 30% der weltweiten THG-Emissionen. Für Deutschland berechnet ergibt sich ein Anteil von 25% der emittierten THG. Zusammenfassend lässt sich herausstellen, dass landwirtschaftliche Aktivitäten eine der wichtigsten anthropogenen Handlungen sind, die zur Klimaerwärmung beitragen. Darüber hinaus wird auch die Landwirtschaft von der Klimaerwärmung betroffen sein und mit Auswirkungen auf landwirtschaftliche Anbaubedingungen konfrontiert werden (Campbell et al. 2017; WBAE 2020).

3.1.3 Forderung nach Produktionssteigerungen

Wie sich zeigte, hat eine fortschreitende Überbelastung der planetaren Grenzen aufgrund der landwirtschaftlichen Produktion und unserer Ernährungsmuster langfristig negative Auswirkungen auf die Entwicklungschancen zukünftiger Generationen. Angesichts der mehr als 800 Mio. hungernden Menschen weltweit kann die Lösung der negativen Umwelteffekte der Landwirtschaft nicht durch eine De-Intensivierung und somit Produktionsverringerungen erfolgen. Die Forderung nach einer Umgestaltung der Lebensmittelproduktion äußert sich daher zunehmend in einer nachhaltigeren Intensivierung, d.h. eine Steigerung der Nahrungsmittelproduktion bei gleichzeitiger Reduktion der negativen Umwelteffekte. Eine ökologische Intensivierung, d.h. Haltung des hohen Ertragsniveaus mit deutlicher Reduktion des ökologischen Fußabdrucks, wird insbesondere für die hoch entwickelten Länder empfohlen, die gute Erträge erzielen dabei aber erhebliche Umweltbelastungen bewirken (WBAE 2020).

Die ökologische Landwirtschaft ist ein Anbausystem, welches Potenzial bietet, den Herausforderungen in der nachhaltigen Umgestaltung der landwirtschaftlichen Produktion zu begegnen. Nach den theoretischen Ausführungen zu dem Umwelteffekten der Landwirtschaft, folgt nun eine Beschreibung der rechtlichen Situation der ökologischen Landwirtschaft in Deutschland. Anschließend wird auf die Herausforderungen im Vergleich des ökologischen und des konventionellen Landbaus eingegangen.

3.2 Ökologische Landwirtschaft in Deutschland und Vergleichbarkeit mit konventionellen Landbausystemen

Die Landwirtschaft in Deutschland hat in den letzten Jahrzehnten eine Umwandlung erlebt. Der Trend des Strukturwandels zeigt sich vor allem in der Intensivierung des Ackerbaus, einer zunehmenden Spezialisierung und einem Größenwachstum der Betriebe. Trotz dieser Trends lässt sich dennoch kein einheitliches Bild der Landwirtschaftsbetriebe in Deutschland zeichnen. Die Betriebsstrukturen sind nach wie vor sehr vielfältig: kleine bis sehr große Betriebe, die sehr stark spezialisiert oder sehr stark diversifiziert sein können, mit oder ohne Tierhaltung oder mit einer intensiven oder extensiven Bewirtschaftung. In den verschiedenen Erscheinungsformen des deutschen Ackerbaus spiegeln sich auch wirtschaftlich-rechtliche und historische Rahmenbedingungen sowie unterschiedliche räumliche Standortbedingungen. Die individuellen Präferenzen der Landwirt:innen prägen weiter die Betriebsstrukturen der Landbewirtschaftung (WBAE 2020).

Wie lassen sich unter diesen Umständen verschiedene Landbausysteme abgrenzen und miteinander vergleichen? Die ökologische Landwirtschaft ist seit den 1990er Jahren in der EU gesetzlich definiert und klar zu anderen Landbausystemen abgegrenzt. Die heutige gültige EU-Ökobasisverordnung (EU-VO 2018/848) regelt die Produktion sowie Kontrolle von ökologischen Betrieben (Europäische Union 2018). Über die gesetzliche Regelung, wie ökologischer Ackerbau betrieben werden sollte, hinaus, gibt es private nationale wie internationale Ökoanbauverbände, die ebenfalls Standards formulieren. Die in der EU-Ökobasisverordnung festgeschriebenen Grundsätze und Ziele des Öko-Landbaus finden sich auch in den Prinzipien des Ökologischen Landbaus der Internationalen Vereinigung der ökologischen Landbaubewegungen (IFOAM) wieder. Die deutschen Ökoland-Verbände (Bioland, Demeter, Naturland, Biopark etc.) gehen teilweise über einige Punkte der EU-Ökobasisverordnung hinaus (Klöble 2019).

Im Gegensatz zum ökologischen Ackerbau ist die konventionelle Landwirtschaft nicht klar definiert und abgegrenzt. Nach landläufiger Meinung zeichnet sich die konventionelle Landwirtschaft durch den Einsatz von synthetischen Pflanzenschutz- und Düngemitteln, einer Intensivierung und Monokulturisierung der Ackerflächen und der Tierhaltung aus. Doch innerhalb der konventionellen Landwirtschaft zeigt sich ebenso eine Diversität, wie sie auch bei ökologischen Betrieben zu finden ist. Von sehr intensiv geführten Betrieben, die der Allgemeinvorstellung der intensiven konventionellen Landwirtschaft entsprechen, bis zu sehr extensiv geführten Betrieben mit hoher ökologischer Wertigkeit (WBAE 2020).

Die Diversität der Betriebslandwirtschaft im konventionellen sowie im ökologischen Ackerbau muss bei der Vergleichbarkeit der Erträge Beachtung finden. Aus der Wissenschaft gibt es zur Vergleichbarkeit statistischer Daten Empfehlungen, um dieser Herausforderung zu begegnen. So betonen beispielsweise Kirchmann et al., dass mindestens drei Kriterien beachtet werden sollten, um eine korrekte Interpretation von Vergleichsstudien zwischen ökologischer und konventioneller Produktion zu gewährleisten: die anfängliche Bodenfruchtbarkeit muss zwischen den Parzellen ähnlich sein, idealerweise wird nur dieselbe Art der Pflanzenproduktion verglichen und der Nährstoffeintrag in jedes System muss quantifiziert werden (Kirchmann et al. 2016). Eine systematische Bildung der Vergleichspaare in Bezug auf Standort und Betriebskonstellationen ist für eine Generalisierbarkeit der empirischen Ergebnisse eines Systemvergleichs elementar (WBAE 2020). Die methodische Qualität von Vergleichsstudien variiert teilweise aufgrund dieser Herausforderungen

erheblich (Kusche et al. 2019), was die Darstellung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes zur Ertragslücke zeigte. Auch wenn in dieser Untersuchung kein direkter Systemvergleich mit Betriebsdaten der beiden Anbausysteme stattfindet, sollten den Lesenden die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit der beiden Anbausysteme bewusst gemacht werden. Nach der Darstellung der Herausforderungen in der Vergleichbarkeit der Anbausysteme, folgt nun die Erläuterung des methodischen Vorgehens.

4. Methodisches Vorgehen

Die Beantwortung der in dieser Arbeit nachgegangenen Forschungsfrage baut auf mehrstufiges Vorgehen auf, bei dem die jeweiligen Stufen aufeinander aufbauen. Zunächst wurde die Ertragslücke der Ackerkulturen Kartoffeln, Speisezwiebel, Karotten und Speisekürbis für Deutschland berechnet. Eine anschließende umfassende Literaturrecherche zu den möglichen Ursachen dieser Ertragslücken mündete in der Hypothesenentwicklung. Die zu überprüfenden Hypothesen dienten als Grundlage für die Expert:innen – Interviews, die nochmals Aufschluss über die Ursachen der Ertragsdifferenz zwischen dem Ökologischen und Konventionellen Landbau und mögliche Optimierungsansätze für die ökologische Landwirtschaft geben sollen. Im Folgenden werden die drei Vorgehensweisen einzeln dargestellt und genauer beschrieben.

4.1 Berechnung der Ertragslücke

Um ein Bild von der aktuellen Ertragsdifferenz zwischen dem Öko-Anbau und der konventionellen Landwirtschaft zu bekommen, wurde im ersten Schritt die Ertragslücke der zu untersuchenden Ackerkulturen Kartoffel, Karotten, Zwiebel und Speisekürbis der 5 Anbaujahre 2016-2020 berechnet. Die Datengrundlage bildeten die jährlich publizierten AMI-Markt-Bilanzen der Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (AMI), die aktuellen Entwicklungen und Trends aufzeigen und umfassende Daten zum Anbau, Erzeugung und Ertragsmengen der einzelnen Ackerkulturen beinhalten. Aus den AMI Markt Daten zu den Erntemengen der einzelnen Ackerkulturen wurde mit Hilfe von Microsoft Excel die Ertragsdifferenz der einzelnen Anbaujahre berechnet und daraus ein gewichtetes Mittel (Gesamterträge der Anbaujahre dividiert durch die Gesamtanbaufläche) berechnet.

4.1.1 Aussagekraft der AMI- Daten

Die Vergleichbarkeit der Erträge auf Grundlage von nationalen, statistischen Mittelwerten ist stets kritisch zu betrachten. Die jeweiligen Durchschnittserträge der Länder unterscheiden sich untereinander erheblich. Klimafaktoren, regional differenzierte Standort- und

Bodenbedingungen der Anbauflächen in den Bundesländern sowie die Berechnungsmöglichkeiten sind u.a. für die regionalen Ertragsschwankungen mitverantwortlich (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2020). Zudem kommen die Herausforderungen in der Vergleichbarkeit der beiden Anbausysteme, wie sie in Kapitel 2.2 ausgeführt wurden. Die Komplexität des Zusammenwirkens verschiedener Faktoren auf die Ertragsmenge muss bei der Betrachtung der mittleren Ertragsmengenvergleiche zugutegehalten werden. Die Daten können so nur als Anhaltspunkt betrachtet werden.

4.2 Literaturrecherche und Hypothesenentwicklung

Als Basis der Hypothesenentwicklung wurde eine umfassende Literaturanalyse durchgeführt, um eine wissenschaftliche Grundlage zur Hypothesenaufstellung zu den Ursachen der Ertragsdifferenzen zwischen den beiden Anbausystemen zu erlangen. Eine Lektüre wissenschaftlicher Literaturquellen zu Anbauinformationen der einzelnen Ackerkulturen und mögliche Erklärungsfaktoren zur Ertragsdifferenz sowie verschiedenen Internetquellen wurde vorgenommen. Auf Basis der Zusammenstellung der Erkenntnisse aus der Literatur wurden Hypothesen zu den Ursachen der Ertragslücke abgeleitet und zum einen für systembedingte Ursachen sowie für die einzelnen Ackerkulturen formuliert. Die so aufgestellten Hypothesen wurden dann im dritten Schritt anhand von Expert:innen-Interviews überprüft.

4.3 Expert:innen- Interviews

Für die Beantwortung der Forschungsfrage sind Einblicke in die landwirtschaftliche Praxis elementar. Expert:innen-Interviews mit Landwirt:innen und Fachberater:innen der Öko-Verbände aus Baden-Württemberg sollten zum einem Aufschluss über die Hypothesen zu den Ursachen der niedrigeren Erträge ökologischer Landwirtschaft und zum anderen Optimierungshinweise der ökologischen Anbaupraxis aus Sicht der Praxis geben. Die Erhebung des Datenmaterials erfolgte anhand von leitfadengestützten Interviews, die anschließend mit der inhaltlich-strukturierten Inhaltsanalyse ausgewertet wurden. Im Folgenden wird die methodische Vorgehensweise der Expert:innenbefragung und deren Auswertung dargestellt.

4.3.1 Das Erhebungsinstrument

Das Erhebungsinstrument der leitfadengestützten Expert:innenbefragung ist der empirischen qualitativen Sozialforschung zuzuordnen. Exklusives Expert:innenwissen wird dem Forschenden durch die Interviews zugänglich, welches ansonsten nur schwer zu erlangen wäre

(Bogner et al. 2014). Leitfadeninterviews zählen zu den semistrukturierten Datenerhebungsformen verbaler Daten. Mithilfe eines vorab formulierten Leitfragebogens erfolgt eine Strukturierung des Interviews und dient als „roter Faden“ in der Interviewsituation. Dabei übernimmt der Leitfaden vier Funktionen: Erstens finden eine thematische Rahmung und Fokussierung statt. Zweitens stellt der Leitfaden sicher, dass forschungsrelevante Themen und Sachverhalte erhoben werden. Durch die thematische Rahmung kann drittens eine bessere Vergleichbarkeit des Interviewmaterials erzielt werden. In der vierten Funktion stellt der Leitfaden sicher, dass der Kommunikationsprozess strukturiert verläuft. Die Reihenfolge der Fragen ist dabei flexibel handhabbar. Der Interviewleitfaden muss alle inhaltlichen Aspekte aufweisen, die im Interview angesprochen werden können und soll zudem genügend „Raum für neue Erkenntnisse lassen“ (Misoich 2015).

Beim vorliegenden Untersuchungsgegenstand eignete sich die Methode der Leitfadeninterviews und deren Auswertung mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse besonders gut, da diese Methode einerseits die Offenheit bietet neue Erkenntnisse in die Untersuchung miteinfließen zu lassen. Andererseits bietet diese Methodik ein regelgeleitetes und schematisches Vorgehen und ist für den Zeitrahmen und den Ressourcenumfang dieser Abschlussarbeit gut geeignet (Vogt und Werner 2014).

4.3.2 Gestaltung Interviewleitfaden

Die Erhebung des Expert:innenwissens erfolgte anhand von telefonisch durchgeführten teilstrukturierten Interviews. Dieses Erhebungsinstrument zeichnet sich dadurch aus, dass es gebunden an einen Leitfaden ist. Der Erstellung des Leitfadens kommt beim Expert:innen-Interview eine wichtige Bedeutung zu (Bogner et al. 2014).

Der dieser Arbeit zugrundeliegende Interviewleitfaden orientiert sich an theoretischen Vorannahmen, die vorab in verschiedene Kategorien gegliedert wurden. So wurde nicht komplett unvoreingenommen ins Feld gegangen und das Prinzip der Offenheit und der möglichst großen Unvoreingenommenheit der qualitativen Sozialforschung nicht im vollen Umfang erfüllt. Dennoch lassen leitfadengestützte Interviews auch die subjektiven Sichtweisen der Befragten durch die offen gestellten Fragen zu (Vogt und Werner 2014).

Die Erstellung des Leitfragebogens erfolgte im Rahmen der vorliegenden Arbeit in mehreren Schritten und orientierte sich an den Empfehlungen von Vogt und Werner (2014).

Zunächst bildeten die Erkenntnisse des theoretischen Rahmens und die Literaturrecherche zur Hypothesenentwicklung die Grundlage der Erstellung des Interviewleitfadens und ergaben die theoretischen Vorannahmen für die Bildung der deduktiven Kategorien (siehe Anhang XX). Die aus der Literaturanalyse abgeleiteten Hypothesen ergaben weiter relevante Aspekte für die Fragenformulierung, insbesondere in Bezug auf die einzelnen Ackerkulturen. So wurden nach der Kategorienbildung zunächst mögliche Fragen in Bezug zur Forschungsfrage und den deduktiven Kategorien ausformuliert und gesammelt. Die Interviewfragen wurden möglichst offen und neutral formuliert, um gezielt Auskunft über das erwünschte Wissen zu erhalten, ohne direkt bestimmte Antworten zu suggerieren. In einem anschließenden Schritt wurden die so formulierten Fragen nochmals in Hinblick auf die Relevanz zur Forschungsfrage und der Kategorien geprüft und aussortiert. Die übrig gebliebenen Fragestellungen wurden dann inhaltlichen Themenkomplexen zugeordnet und im Leitfaden gegliedert (siehe Anhang 6).

Der Interviewleitfaden gliedert sich in 5 Abschnitte: „Einstieg“, „Themenkomplex I: Erfolgsfaktoren“, „Themenkomplex II: Herausforderungen im Anbau“, „Themenkomplex III: Steigerungspotenzial und Abschluss“. Nach dem zweiten Interview wurde der Interviewleitfaden aufgrund der bisherigen Erfahrung in der Interviewführung nochmals leicht abgeändert (siehe Anhang 7). Es ergaben sich Änderungen in der Fragenformulierung und die Informationsgewinnung wurde auf weitere Aspekte fokussiert (Themenkomplex Ursachen).

Die Einstiegsfrage dient zum Ankommen in der Interviewsituation und ermöglicht den Befragten einen leichten Einstieg, indem sie aus ihrem Alltag berichten können. Im Anschluss folgen die Fragen zu den drei bspw. vier Themenkomplexen, die sich in eine Leitfrage und Memofragen gliedern. Die Leitfrage wurde bewusst in Form einer Erzählaufforderung formuliert, um den Befragten Raum zu geben, frei zu erzählen und nicht im Sinne der Vorannahmen zu antworten. Es wurde darauf geachtet, möglichst viele der deduktiven Kategorien in diesem Erzählimpuls abzudecken. Memofragen wurden formuliert, um gezielt nach Beantwortung der Leitfrage auf nicht genannte Aspekte eingehen zu können. Der Abschluss bietet den Interviewten noch Raum zur Nennung von Gesichtspunkten, die von Seiten der Interviewerin nicht gefragt wurden und aus ihrer Sicht noch wichtig wären. Zum Ende des Leitfadens wurden die Expert:innen,

die einen ökologischen Betrieb bewirtschafteten, noch gebeten, in einem Kurzfragebogen Angaben zu ihrem Betrieb zu machen (siehe Anhang 8).

4.3.3 Zugang zur Feld - Auswahl und Beschreibung der Interviewpartner:innen

Die Auswahl der Interviewpartner:innen erfolgte durch persönliche Kontakte, Internetrecherche oder Weiterleitung durch Fachberater:innen der Öko-Verbände. Es wurde versucht, für jede Ackerkultur mindestens zwei Ansprechpartner:innen zu generieren. Es wurden insgesamt 14 Interviewpartner:innen per E-Mail oder Telefon kontaktiert, wobei sich sieben für ein Interview bereit erklärten. Davon konnten sechs Interviews realisiert werden. Das siebte Interview konnte aus Zeitgründen nicht stattfinden. Unter den sechs Befragten befinden sich drei Landwirte und drei Fachberater verschiedener Ökoverbände. Nähere Angaben zu den durchgeführten Interviews (Datum, Dauer) finden sich im Anhang 5.

4.3.4 Datenerhebung und Datenaufbereitung

Die Interviews wurden hauptsächlich am Telefon durchgeführt, ein Interview fand anhand einer Videokonferenz statt. Die Länge der Interviews variierte zwischen 27:35 und 53:50 Minuten und wies in der Summe eine Gesamtdauer von 247:04 Minuten auf.

Der Leitfragebogen und die Forschungsfrage waren den Befragten vorab nicht bekannt, um nicht im Vorhinein Einfluss auf die Antworten zu nehmen. Der Interviewverlauf orientierte sich an den Leitfragen, wurde aber je nach Gesprächsverlauf in der Reihenfolge und Ausführung der Fragen angepasst. Alle Interviews wurden mithilfe eines digitalen Diktiergerätes aufgenommen und anschließend schriftlich zusammengefasst. Auf eine „eins zu eins“ Transkription mit den gängigen Transkriptionsregeln wurde aus Umfang- und Zeitgründen verzichtet. Im Zuge der Zusammenfassung wurden umgangssprachliche Formulierungen oder Füllwörter gekürzt und der Schriftsprache angepasst. Mit der vereinfachten Transkription der Interviews geht ein Informationsverlust bezüglich der Art und Weise des Gesagten (Betonungen, Lückenfüller, Pausen etc.) einher, welches für die vorliegende Arbeit allerdings nicht relevant ist, da die Auswertung der Befragungen auf rein inhaltlicher Ebene angesetzt ist. Um die Anonymisierung der Aussagen zu gewährleisten, wurden die Interviews nach dem Zufallsprinzip durchnummeriert, so dass diese nicht mit der Reihenfolge der Interviewdurchführung zusammengebracht werden können.

4.3.5 Datenauswertung anhand der inhaltlich-strukturierten Inhaltsanalyse

Die Auswertung der Leitfadeninterviews erfolgte in Anlehnung an die qualitativ inhaltlich-strukturierte Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018). Die qualitative Inhaltsanalyse ist der qualitativen Sozialforschung zuzuordnen, obwohl sie auch quantitative Elemente in ihrer Herangehensweise einbindet. Sie eignet sich besonders für Textanalysen und ermöglicht es zudem, eine große Datenmenge zu bearbeiten. Diese sehr strukturierte Auswertungsmethode untersucht Schritt für Schritt das Interviewmaterial und macht durch den festgelegten Ablauf das Vorgehen für andere intersubjektiv nachvollziehbar und überprüfbar. Mit der Entwicklung eines deduktiv- induktiven Kategoriensystems wird das Interviewmaterial Schritt für Schritt auf die Aspekte hin untersucht, die für die Beantwortung der Forschungsfrage ausschlaggebend sind. Die qualitative Inhaltsanalyse ermöglicht so zwar ein strukturiertes Vorgehen, allerdings wird das empirische Material durch „eine Brille“ betrachtet und es gelangt „mehr oder weniger nur das (...), wonach Sie suchen“ (Vogt und Werner 2014), in den Blickwinkel. Das Prinzip der Offenheit der qualitativen Sozialforschung wird so wiederum nicht allumfassend beachtet (Vogt und Werner 2014).

Das folgende Vorgehen orientiert sich dabei an dem Ablauf von Kuckartz (2018) (siehe

Abb. 16. Ablaufschema einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse

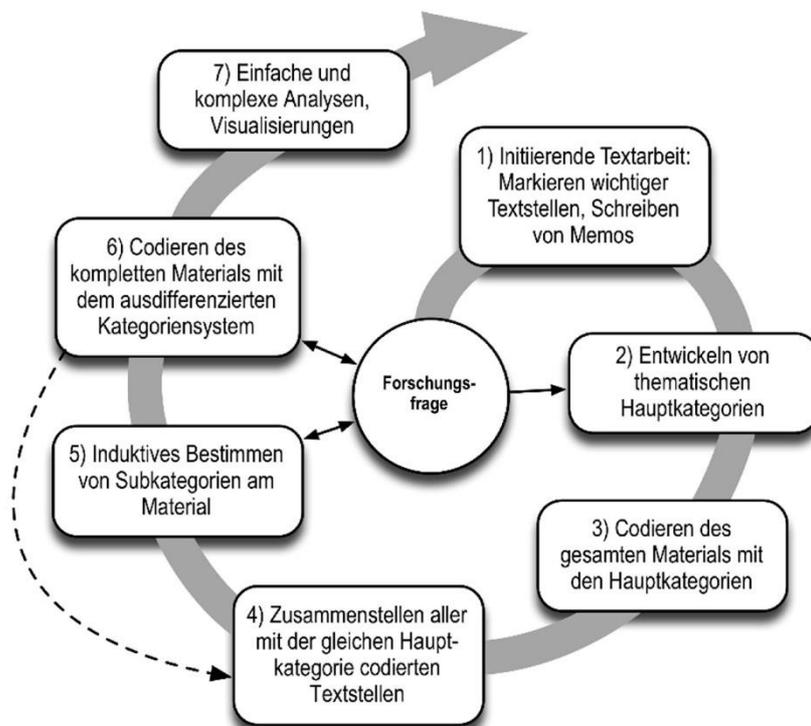


Abbildung 3: Ablauf der inhaltlich strukturierten Inhaltsanalyse (Kuckartz 2018)

Abbildung 3). Zur Auswertung des Interviewmaterials wurde das Computersystem MAXQDA

2020 genutzt und in fünf Phasen umgesetzt: die initiierende Textarbeit, die Codierung mit Grob-, Fein- und Gesamtcodierung und die inhaltlich strukturierte Auswertung.

Im ersten Schritt der initiierenden Textarbeit wurde sich mit dem Datenmaterial vertraut gemacht. Das verschriftliche Interviewmaterial wurde durchgelesen und die Inhalte vergegenwärtigt. In der zweiten Phase der Codierung erfolgte eine erste Grobcodierung anhand der deduktiv gebildeten Kategorien⁴, die schon in der Erstellung des Leitfadens Verwendung fanden (siehe Kapitel 3.3.2). In der Sichtung des Interviewmaterials wurden passende Textpassagen diesen deduktiv gebildeten thematischen Hauptkategorien zugeordnet. Zudem wurden Ankerbeispiele in diesem ersten Durchlauf gefunden und in dem Codebook hinzugefügt (siehe Anhang 9). Für die Textpassagen, die nicht einer der im Vorfeld deduktiv gebildeten Kategorien zugeordnet werden konnten, aber dennoch neue Aspekte im Hinblick auf die Beantwortung der Forschungsfrage lieferten, wurden induktiv Codes gebildet und zugeordnet. So entstanden weitere Kategorien mit Ankerbeispielen, die dem Codebook hinzugefügt wurden. Diese Vorgehensweise weicht dem oben dargestellten Ablauf von Kuckartz ab, da hier schon im ersten Codierdurchlauf induktive Kategorien gebildet wurden und nicht wie von Kuckartz vorgeschlagen in den Schritten 4-6 die induktive Kategorisierung stattfindet (Kuckartz 2018).

Im Anschluss erfolgte die Feincodierung. Alle mit den gleichen Hauptkategorien codierten Textpassagen wurden nochmals gesichtet und jeweils in feinere Subcodes eingeteilt. So ergaben sich spezifischere Unterkategorien, die ein ausdifferenzierteres Kategoriensystem ergaben. Mit diesem differenzierteren Kategoriensystem wurde das Interviewmaterial in einem dritten Codiervorgang nochmals gesichtet.

In der anschließenden kategorienbasierten Auswertung wurde eine deskriptive Beschreibung der inhaltlichen Aussagen der den Ober- und Unterkategorien zugeordneten Textpassagen im Hinblick auf die Forschungsfrage durchgeführt. Diese Beschreibung findet sich im Ergebnisteil dieser Arbeit (siehe Kapitel 4.3).

4.3.6. Aussagekraft der Daten

Die klassischen Gütekriterien quantitativer Forschung Objektivität, Reliabilität, Validität können nicht eins zu eins auf die qualitative Forschung übertragen werden. In der Diskussion um die Übertragbarkeit wurden seit den 1980er Jahren kontroverse Debatten geführt und die

⁴ Eine Auflistung der deduktiv und induktive gebildeten Kategorien mit Ankerbeispielen findet sich im Codebook im Anhang 9.

Formulierung von Gütekriterien hängt letztendlich auch von den „epistemologischen Überzeugungen und wissenschaftstheoretischen Grundannahmen“ (Kuckartz 2018), die sogenannten „World Views“, ab. Kuckartz reformuliert für die qualitative Inhaltsanalyse die klassischen Gütekriterien. Dabei unterscheidet er zwischen der internen und externen Studiengüte. Ersteres bezieht sich auf die Zuverlässigkeit, Verlässlichkeit, Auditierbarkeit, Regelgeleitetheit, intersubjektive Nachvollziehbarkeit, Glaubwürdigkeit. Letztere bezieht sich auf Fragen der Übertragbarkeit und Verallgemeinerung. Beide beziehen sich dabei auf das Gütekriterium Validität. Für die qualitative Inhaltsanalyse ist nach Kuckartz vor allem die interne Studiengüte bedeutsam, da die externe Studiengüte stark vom Forschungsdesign beeinflusst wird. Die interne Studiengüte ist analog zur externen und internen Validität eine Vorbedingung für die externe Studiengüte. Kuckartz erstellt eine Checkliste für die interne Studiengüte, die Kriterien für die Datenerhebung und Transkription und für die Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse enthalten.⁵ Die externe Studiengüte, die Verallgemeinerung und Übertragbarkeit, ist in der qualitativen Forschung oft aufgrund der kleineren Stichprobenzahl nicht durch die Samplinggröße, Zufallsauswahl der Befragten oder statistischer Inferenzschlüsse sichergestellt. Hier bedarf es einer sorgfältigen Auswahl der Stichprobe und weitere Strategien, wie der Austausch mit Expert:innen oder ein wiederholter Aufenthalt im Feld, um diese Gütekriterien sicherzustellen.⁶

5. Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt. Die Darstellung erfolgt nach den Schritten des mehrstufigen Untersuchungsvorgehens. Zunächst werden die Ergebnisse der Ertragsdifferenzberechnung aus den AMI-Marktbilanzdaten abgebildet. Anschließend erfolgt die Erläuterung der Hypothesenbildung aufgrund der Literaturrecherche. Die Ergebnisse der Interviewbefragung werden darauffolgend betrachtet. Anschließend erfolgt eine Zusammenstellung ertragssichernder Maßnahmen im ökologischen Anbau.

⁵ Siehe hierzu ausführlich Kapitel 9.2 in Kuckartz 2018.

⁶ Weiter dazu siehe Kuckartz 2018.

5.1 Ertragslücke zwischen ökologischem und konventionellem Landbau

In einem ersten Schritt der Untersuchung wurden anhand der AMI-Marktbilanzdaten die Ertragsunterschiede der jeweiligen Ackerkulturen Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Kürbis berechnet. Dabei werden die Erntemengen in Dezitonnen pro Hektar dargestellt. Die Daten beziehen sich dabei auf die vermarktungsfähige Ware.

Die gewichteten Durchschnittserträge der vier Anbaujahre 2016 bis 2019 in Deutschland liegen im ökologischen Kartoffelanbau bei 221 dt/ha. Dagegen produzieren konventionelle Betriebe im Schnitt 420 dt/ha. Die durchschnittliche Karottenernte lag bei 451 dt/ha im ökologischen Anbau und bei 575 dt/ha im konventionellen Anbau. Bei der Zwiebel lagen die Ertragsmengen für den Öko-Anbau bei 300 dt/ha und bei den konventionellen Betrieben im Schnitt bei 440 dt/ha. Der Speisekürbisanbau produzierte im Öko-Bereich 195 dt/ha und der konventionelle Anbau 208 dt/ha (siehe Abbildung 4):

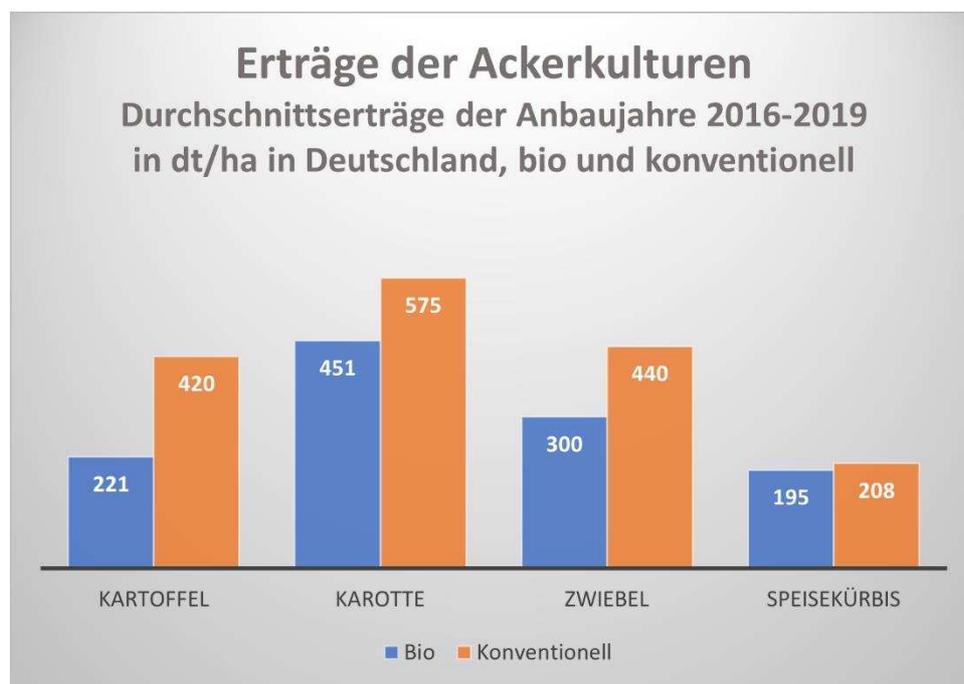


Abbildung 4: Durchschnittserträge der vier verschiedenen Ackerkulturen (eigene Darstellung)

Bio-Bäuer:innen erzielten in den vier Wirtschaftsjahren 2016 - 2019 durchschnittlich 52,62% der Kartoffelerträge ihrer konventionell wirtschaftenden Berufskollegen. Im Karottenanbau sind es 78,39%. Bio-Landwirt:innen in Deutschland erbrachten 68,23 % der Zwiebelerntemenge der konventionellen Kolleginnen und Kollegen. Im Speisekürbis-Anbau

ernteten die Bio-Landwirt:innen 93,32% der Mengen des konventionellen Anbaus (siehe Abbildung 5).

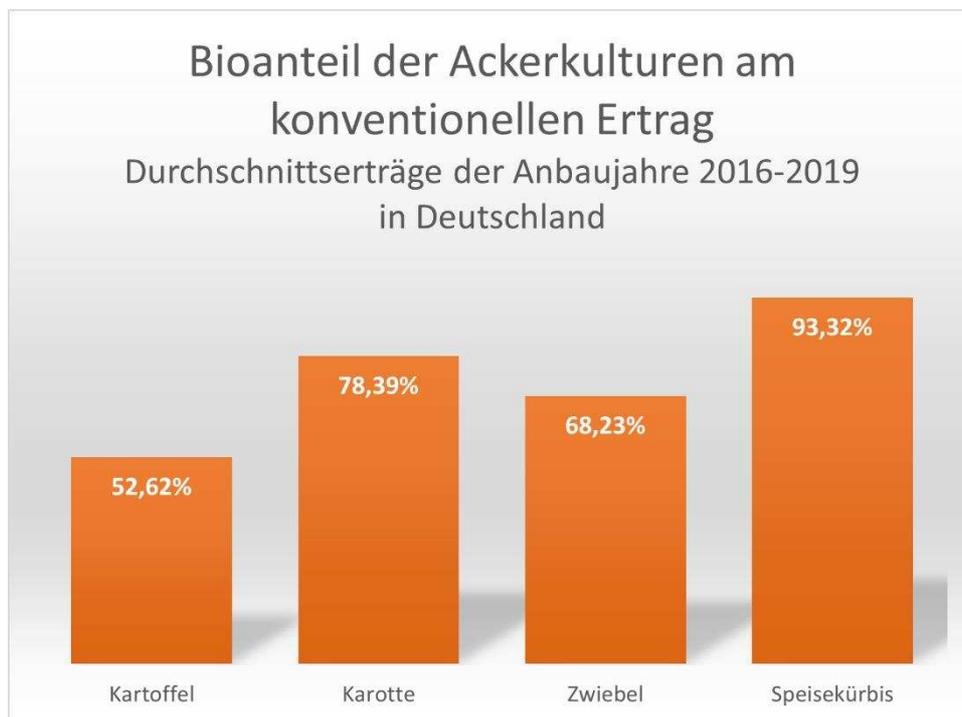


Abbildung 5: Bioanteil der vier Ackerkulturen (eigene Darstellung)

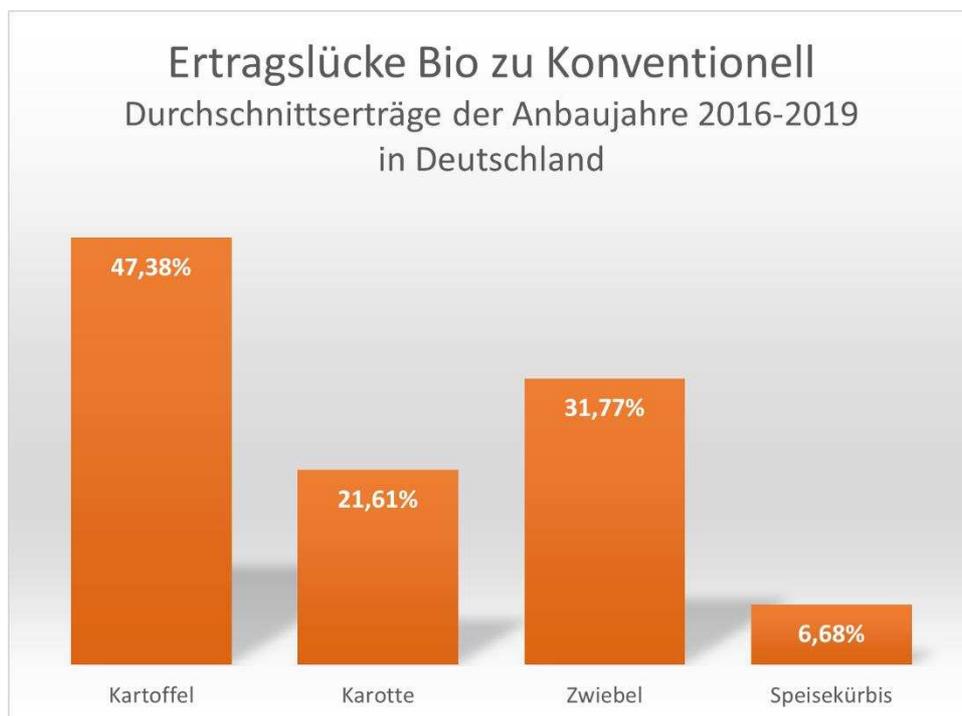


Abbildung 6: Ertragslücke der vier Ackerkulturen (eigene Darstellung)

Daraus ergeben sich folgende Ertragslücken zwischen den ökologischen und konventionellen Anbausystemen: 47,38 % Ertragsunterschied im Kartoffelanbau, 21, 61 % bei der Karotte und

31,77 % niedrigere Erträge bei der Zwiebel. Den kleinsten Ertragsunterschied findet sich im Speisekürbisanbau mit 6,68 % niedrigeren Erträgen des ökologischen Anbaus (siehe Abbildung 6).

5.2 Hypothesenentwicklung

Der Ertragserfolg in der Landwirtschaft kann von verschiedenen Faktoren abhängen. Das Anbausystem spielt dabei eine wesentliche Rolle. Nachdem im vorangegangenen Kapitel die Ergebnisse aus der Datenrecherche zu den Ertragslücken dargestellt wurden, werden nun darauf aufbauend im Folgenden mögliche Ursachen des Ertragsunterschiedes, die sich aus einer Literaturrecherche ergeben haben, vorgestellt. Die Ursachen des Ertragsunterschiedes, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden, können in zwei Kategorien unterteilt werden:

- Systembedingte Ursachen
- Kulturbedingte Ursachen

Zunächst wird auf mögliche systembedingte Ursachen des Ertragsunterschiedes unabhängig der jeweiligen Ackerkulturen eingegangen. Systembedingte Ursachen werden in dieser Arbeit als diejenigen Faktoren gesehen, die zu Ertragseinschränkungen aufgrund der besonderen Bedingungen in den Anbau- und Produktionssystemen zurückzuführen sind.

Kulturpflanzenbedingte Ursachen umfassen demnach die Faktoren, die sich aus den kulturspezifischen Eigenschaften, Ansprüchen und Anfälligkeiten ergeben. Aus Anbauinformationen zu den jeweiligen Kulturpflanzen und weiterer wissenschaftlicher Literatur lassen sich Hinweise eruieren, welches die kulturspezifischen Ursachen für die Ertragslücken sein könnten. Diese können sich naturgemäß auch wiederum mit den systembedingten Ursachen decken und diese die Ackerkultur näher spezifizieren. Im Folgenden werden nur diejenigen Anbaufaktoren aufgeführt, die sich aus der Literaturrecherche als ertragsrelevant ergeben haben. Eine ausführliche Auflistung der Anbauinformationen der jeweiligen Ackerkulturen findet sich im Anhang 1-4.

Ziel dieses Abschnittes ist es Hypothesen abzuleiten, die die Ertragslücken zwischen ökologischen Anbaumethoden und des konventionellen Anbaus bei den jeweiligen Ackerkulturen erklären können. Die Hypothesen werden jeweils für die einzelnen Einflussfaktoren formuliert.

5.2.1 Systembedingte Ursachen

N-Verfügbarkeit

Erklärungsversuche aus der Literatur zu den Ursachen der niedrigeren Erträge in ökologischen Anbausystemen zielen meist auf die Nährstoffverfügbarkeit der Pflanzen ab. Als eine der Hauptursachen der geringeren Erträge der ökologischen Anbausysteme wird in der Literatur die niedrigere Stickstoffverfügbarkeit angeführt (Kirchmann et al. 2008; Rös et al. 2018). Konventionelle Systeme verzeichnen zum einen systembedingt höhere Düngerraten und im Gegensatz zu den in der konventionellen Landwirtschaft verwendeten mineralischen Düngern, verfügen organische Dünger wie Gülle, Kompost, Gründüngung und organische Abfälle über weniger pflanzenverfügbaren N. Zum anderen wird die N-Verfügbarkeit organischer Dünger durch die Mineralisierung zeitverzögert und schränkt besonders bei kalten Temperaturen im Frühjahr die Erträge im ökologischen Landbau weiter ein (Rös et al. 2018). Die Mineralisierung ist abhängig von Bodentemperatur und Feuchtigkeit und somit von den klimatischen Bedingungen auf dem Acker. Die Ertragsunterschiede zwischen konventioneller Landwirtschaft und dem ökologischen Anbausystem könnte daher auf den Einfluss der klimatischen Bedingungen auf die mineralisierungsbedingte N-Versorgung aus den organischen Düngematerialien zurückzuführen sein (Palmer et al. 2013). Die Steuerung der N-Versorgung gestaltet sich daher im Ökologischen Landbau schwieriger, da Witterungs- und Standortbedingungen die Mineralisierungsleistung des Bodens schwer abschätzbar machen und zu einer Unter- wie auch Überversorgung von Stickstoff führen können. Eine kurzfristige Steuerung der N-Versorgung während der Vegetationsperiode ist wie beim konventionellen Anbau in der Ökologischen Landwirtschaft nicht möglich und das Ertragspotential kann nicht ausgeschöpft werden (Dreyer et al. 2011).

Hypothese 1: Eine kurzfristige Steuerung der N-Versorgung während der Vegetationsperiode ist bei Anwendung der im Ökologischen Landbau zur Verfügung stehenden N-Quellen erschwert. Der Mehrertrag des konventionellen Landbaus ergibt sich durch die bessere Steuerung einer höheren Nährstoffversorgung der Ackerkulturen durch mineralische Düngemittel.

Unkrautregulierung

Die Bekämpfung von mehrjährigen Unkräutern wird in der Literatur als weiterer ertragslimitierender Faktor im ökologischen Landbau gesehen. Dabei steht die Unkrautregulierung im engen Zusammenhang mit der N-Verfügbarkeit im Boden. Sind die

Kulturpflanzen im frühen Wachstumsstadium ausreichend mit Stickstoff versorgt, erhöht sich aufgrund eines guten Wachstumsstadiums die Konkurrenzkraft gegenüber Beikräutern (Röös et al. 2018). Hier hat der konventionelle Landbau mit mineralischen Düngegaben und chemischer Bekämpfung von Unkräutern wiederum einen Vorteil gegenüber dem ökologischen Anbausystem. Eine mechanische Unkrautregulierung mit Hacke und Striegel kann auch unter den besten Bedingungen maximal 70% hohe Bekämpfungsraten erzielen. Chemische Bekämpfungsmittel erreichen eine Rate von 90%. Hinzu kommt, dass jeder mechanischer Eingriff den Humusabbau und die Bodenerosion befördert. Der hohe Arbeitsstundenaufwand und der Kraftstoffverbrauch müssen dann in Relation mit dem Ertragserfolg gesetzt werden (DLG 2019).

Hypothese 2: Im ökologischen Anbau ist ein hoher Arbeitsstundenaufwand zur Unkrautregulierung notwendig. Nur unter sehr günstigen Bedingungen kann ein vergleichbarer Erfolg wie im konventionellen Landbau mit dem Einsatz von Herbiziden erzielt werden. Die konventionelle Landwirtschaft kann mit dem Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln höhere Erträge erzielen.

Krankheiten und Schädlinge

Schädlinge und Krankheiten führen zu Ertragseinbußen. Eine neuere Studie zeigt, dass die weltweiten Ernteverluste durch Schädlinge und Krankheitserreger beispielsweise bei Kartoffeln um die 17,2% liegen (Savary et al. 2019). Die Begrenzung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau ist ein weiterer Faktor in der Erklärung des Ertragsunterschiedes zwischen den beiden Anbausystemen. Es wird geschätzt, dass 95 % des ökologischen Landbaus auf Kultursorten beruht, die für den konventionellen Landbau gezüchtet wurden. Diese zeichnen sich zwar durch eine hohe Ertragsfähigkeit aus, sind oftmals aber auch wenig gegen Unkräuter konkurrenzfähig, sind von hohen N-Gaben abhängig, sind anfälliger für Krankheiten oder haben eine geringe Durchwurzelungstiefe (Lammerts van Bueren et al. 2011). Diesen Defiziten kann der konventionelle Landbau mit chemischen Pflanzenschutzmitteln und anorganischen Nährstoffen begegnen (Röös et al. 2018; Lammerts van Bueren et al. 2011).

Hypothese 3: Im Öko-Landbau haben die Landwirt:innen mit einem höheren Verlust der Ernte durch Schädlinge zu rechnen. Der Verzicht auf den Einsatz von Insektiziden führt zu einem niedrigeren Ertrag als im konventionellen Landbau.

Bodenqualität

Unterschiede im Ertrag können auch andere Ursachen haben als die Bewirtschaftungsweise. Die natürlichen Standortbedingungen, explizit die Bodenqualität, könnten ebenso eine Rolle spielen. Erträge fallen auf ungünstigen Standorten mit schlechterer Bodenqualität, aufgrund geringerer Bindung von Nährstoffen und Wasser geringer aus (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2021a). Die wissenschaftliche Literatur deutet darauf hin, dass ökologische Landwirtschaft in Deutschland hauptsächlich auf schlechten Standorten angesiedelt ist (Rahmann et al. 2004; Bichler et al. 2005; Bachinger 2002; Haas et al. 2003). Eine repräsentative Erhebung zur Struktur- und Situationsanalyse des ökologischen Landbaus in Deutschland aus den frühen 2000er Jahren zeigte deutlich, dass die Bodengüte der Betriebe hauptsächlich im schlechteren Bereich liegen (siehe Tabelle 1). Vor allem in Ostdeutschland (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin) sind ökologische Betriebe mehrheitlich auf ungünstigeren Standorten angesiedelt. Hier arbeiten 82% der Betriebe auf Ackerflächen mit Bodenpunkten unter 31 (Rahmann et al. 2004). In Mecklenburg-Vorpommern erreichen aufgrund der Ungunststandorte ökologischer Betriebe die Getreideerträge von Ökobetrieben oftmals nur 50 % des konventionellen Ertrages (Bachinger 2002). Auch in Nord-Rhein-Westfalen finden sich die Öko-Betriebe verstärkt auf den klimatischen Ungunstflächen (Haas et al. 2003). Dies deckt sich mit einer Studie von Bichler et al. (2015), die für Ostdeutschland und Gesamtdeutschland einen Zusammenhang zwischen niedriger Bodenklimateilzahl und Anteil Ökolandbau festgestellt hat (Bichler et al. 2005).

Tabelle 1: Bodengüte der untersuchten Betriebe in Deutschland (Rahmann et al. 2004)

Ackerzahl	Betriebe		ha AL/Betrieb			AL ha	
	Anzahl	%	Ø	min.	max.	Σ	%
< = 30	43	27	103	1	814	4.437	38
31 - 50	75	48	74	1	1.017	5.569	48
51 - 70	32	20	37	1	180	1.172	10
> 70	7	4	66	16	215	461	4
Gesamt	157	100	74	1	1.017	11.639	100

Für Gesamtdeutschland deuten die vorhandenen Literaturquellen (Rahmann et al. 2004; Bichler et al. 2005) darauf hin, dass in der Gesamtheit gesehen ökologisch arbeitende Betriebe eher auf Ungunststandorten zu verorten sind. Vor diesem Hintergrund wird Hypothese 4 formuliert:

Hypothese 4: Ökologische Betriebe arbeiten oftmals auf klimatisch ungünstigeren Standorten oder auf leichteren Böden, weswegen sich die Ertragslücke aus den Standorteigenschaften der Öko-Betriebe erklären lässt.

5.2.2 Kartoffeln

Kartoffeln sind nach Reis, Weizen und Mais weltweit das viertwichtigste Grundnahrungsmittel. In Deutschland kommt der Kartoffel eine große Bedeutung für die Landwirtschaft zu. Auf 274.900 ha Ackerfläche wurden im Jahr 2020 Kartoffeln in Deutschland angebaut (Hambloch und Rampold 2020). Im mehrjährigen Durchschnitt (2015 bis 2019) wurden in Deutschland 10,5 Millionen Tonnen geerntet und damit ein Ertrag von 42,5 Tonnen je Hektar erzielt (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2021b). Der Selbstversorgungsgrad Deutschlands liegt bei der Kartoffel seit den späten Neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts bei über 100 % - das letzte Jahrzehnt lag der Selbstversorgungsgrad im Schnitt sogar bei 145 % (Hambloch und Rampold 2020).

Auch für die ökologische Produktion nimmt die Kartoffel an Bedeutung zu. Die Anbaufläche der ökologisch erzeugten Kartoffel hat in Deutschland seit 2015 von 8.600 ha auf 10.200 ha 2020 zugenommen. Dies entspricht einer Steigerung von 18,6% (Hambloch und Rampold 2020). Für ökologisch erzeugte Kartoffeln steigt weiterhin die Nachfrage und so bleibt die Kartoffel für ökologische Betriebe eine wichtige Ackerkultur, die einen wesentlichen Beitrag zum Betriebseinkommen beisteuert. Das Ertragsniveau der Kartoffel liegt allerdings weit hinter den Erträgen des konventionellen Anbaus (Kolbe et al. 2012; Böhm et al. 2011a). Die Durchschnittsernte der ökologisch produzierten Kartoffeln der letzten Jahre (2016-2020) liegt 47,75 % niedriger als in der konventionellen Produktion (siehe Tabelle XX). Als Hauptfaktoren für die große Ertragslücke zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft werden die Stickstoffzufuhr und der Befall mit Kraut- und Knollenfäule identifiziert (Palmer et al. 2013; Kolbe et al. 2012; Böhm et al. 2011b; Bäßler 2005). Im Folgenden werden diese zwei Faktoren weiter ausgeführt und daraus Hypothesen für die Ertragslücke der Kartoffelpflanze formuliert.

Stickstoffversorgung

Eine ausreichende Nährstoffversorgung ist maßgeblich für das Erreichen eines zufriedenstellenden Ertragsniveaus. Im Frühjahr müssen die Nährstoffe (P,Mg,N,K,Ca) den jungen Pflanzkartoffeln rechtzeitig zur Verfügung stehen, da die Nährstoffaufnahme der

Trockensubstanzbildung und dem Massenzuwachs bei der Kartoffelpflanze zeitlich voraus geht. Fehlen wiederum Nährstoffe im Frühsommer (Mai, Juni) in der Phase der Krautentwicklung, äußert sich das in einer verringerten Blattmasse- und Photosyntheseleistung, welche zu Ertragseinbußen führen können (Kolbe et al. 2012).

Besonders die Stickstoffversorgung ist bei Kartoffelpflanzen ein maßgeblicher Faktor für den Ertragserfolg. Die niedrigere N-Versorgung durch die Düngesysteme im ökologischen Anbau werden in der Literatur als wesentlich für die niedrigeren Erträge gesehen (Palmer et al. 2013; Kolbe et al. 2012). Hinzu kommt, dass Kartoffelkulturen über eine relativ geringe Wurzeldichte und maximale Tiefe verfügen und so die Verwertung von Stickstoffdünger geringer ist als bei anderen Ackerkulturen (z.B. Getreidepflanzen) (Dreyer et al. 2011; Palmer et al. 2013). Um ähnlich hohe Erträge zu erzielen wie im konventionellen Anbau, sind relativ hohe Gaben von mineralischem Stickstoffdünger erforderlich. Die zulässigen jährlichen organischen Düngergaben sind möglicherweise nicht ausreichend, um diese Erträge zu erreichen (Palmer et al. 2013).

Die zu überprüfende Hypothese, die sich aus diesen Erläuterungen ergibt, wird anlehnend an Hypothese 1 wie folgt formuliert:

Hypothese 1a: Die große Ertragslücke zwischen konventionell und ökologisch angebauten Kartoffeln ergibt sich aus der besseren N-Versorgung der konventionell angebauten Kartoffel mit mineralischen Düngemitteln.

Kraut- und Knollenfäule

Neben der geringen Stickstoffversorgung der Kartoffelpflanzen wird in der Literatur verstärkt der Befall von Kraut- und Knollenfäule - ausgelöst durch den Pilz *Phytophthora infestans* - als ertragslimitierender Faktor im Öko-Landbau angeführt (Palmer et al. 2013; Böhm 2011; Böhm et al. 2011b; Bäßler 2005).

Die Kraut- und Knollenfäule stellt eine der wichtigsten Krankheiten im Kartoffelanbau dar (Bäßler 2005; Kolbe et al. 2012). Die Kraut- und Knollenfäule ist weltweit verbreitet und tritt epidemisch auf. In Nordwest-Europa sind die höchsten Ernteverluste durch Schädlinge oder Krankheiten bei Kartoffeln auf die Kraut- und Knollenfäule zurückzuführen (3,24 %) (Savary et al. 2019). Besonders gefährdet sind regenreiche Gebiete. In Deutschland wird der Verlust der Kartoffelernte aufgrund eines Kraut- und Knollenfäulebefalls auf durchschnittlich 8-10% geschätzt. Bei unkontrollierter Ausbreitung ist der Erreger in der Lage, bis zu 70% der Ernte zu

vernichten oder gar ohne Bekämpfung Totalverluste des Kartoffelkrautes zu verursachen (Bäßler 2005).

In der konventionellen Landwirtschaft wird vorbeugend gegen die Kraut- und Knollenfäule mit Fungiziden gearbeitet. Gerechtfertigt wird der vorbeugende Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln damit, dass zur kurativen Behandlung keine ausreichend wirksamen Mittel zur Verfügung stehen (Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) 2014; Bäßler 2005).

Als Maßnahme gegen den Befall steht dem ökologischen Landbau eine Kupfer-Beizung des Pflanzgutes zur Verfügung oder bei sekundärem Blattbefall eine Kupferspritzung. Der Kupfereinsatz ist im ökologischen Ökolandbau aufgrund der Gefahr der Anreicherung des Schwermetalls im Boden umstritten. Der Demeter-Verband hat den Einsatz von Kupferbehandlungen ausgeschlossen. Alternativ können Pflanzenstärkungsmittel eingesetzt werden und auf die Verwendung von anerkannten Pflanzensaatgutes und Bodenproben geachtet werden (Kolbe et al. 2012).

Der Verzicht auf Fungizide von ökologischen Anbausystemen in der Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule wird als der entscheidende Faktor der niedrigeren Kartoffelerträge und Ertragsschwankungen angeführt (Palmer et al. 2013; Böhm et al. 2011b). Ganz entscheidend für den Ertragserfolg ist die effektiv zur Verfügung stehende Vegetationszeit. Je länger die Wachstumsphase der Kartoffelpflanze andauert, desto höher ist der Ertrag. Oder anders ausgedrückt: Je später der Befall mit Kraut- und Knollenfäule auftritt, desto geringer fallen die Ertragsverluste aus (Böhm et al. 2011b; Landzettel und Dreyer 2011). Besonders in feuchten Jahren sterben die ökologisch angebauten Kartoffelpflanzen durch die Kraut- und Knollenfäule in der Regel eher ab als pflanzenschutzbehandelte, konventionelle Kartoffelpflanzen (Ökolandbau 2020).

Aufgrund der Erläuterungen zu dem Einfluss der Kraut- und Knollenfäule auf den Kartoffelertrag und in Bezug auf Hypothese 3 wird folgende zu überprüfende Hypothese abgeleitet:

Hypothese 3a: Einer der im Kartoffelbau wesentlichen Punkte ist der Einfluss der Krautfäule auf den Ertrag. Der konventionelle Landbau kann höhere Erträge erzielen, da Bio-Kartoffelpflanzen durch die Krautfäule, insbesondere in feuchten Jahren, in der Regel eher absterben als pflanzenschutzbehandelte, konventionelle Kartoffeln. Die Vegetationszeit der konventionell angebauten Kartoffeln ist länger als die der ökologisch angebauten Kartoffeln.

5.2.3 Karotten

Karotten gehören zu den bedeutendsten und absatzstärksten Bio-Gemüse in Deutschland (Oekolandbau 2021). Die Erträge ökologisch produzierter Karotten lagen in den Anbaujahren 2015-2019 rund 22% niedriger als die aus dem konventionellen Anbau (siehe Abbildung 4).

Karotten sind mittelstarke Nährstoffzehrer mit gutem Nährstoffaneignungsvermögen und in durchschnittlich versorgten Böden braucht die Karotte in der Regel keine zusätzliche Nährstoffversorgung (Lichtenhahn 1998; Oekolandbau 2021). Geringe Erträge im Karottenanbau sind besonders auf die Herausforderungen der Unkrautregulierung oder einen Krankheits- bzw. Schädlingsbefall der Pflanzen zurückzuführen.

Unkrautregulierung

Karotten verfügen über eine geringe Konkurrenzkraft gegen Unkraut in ihrer Jugendphase. Vor und nach Kulturbeginn von Karotten haben deshalb alle Maßnahmen zur Unkrautunterdrückung eine große Bedeutung. Im konventionellen Karottenanbau kommen wirksame kombinierte Boden- und Blattherbizide zum Einsatz (Scheidiger 2015). Die ökologische Landwirtschaft greift in der Unkrautbekämpfung auf mechanische Verfahren zurück wie das Abflammen oder Hacken. Der durch die Unkrautregulierung hohe Arbeitsstundenbedarf ist ein Hauptmerkmal des Karottenanbaus. Der Arbeitsaufwand muss besonders im ökologischen Landbau berücksichtigt werden und entscheidet mitunter über die Wirtschaftlichkeit des Anbaus (Lichtenhahn 1998).

Wie unter den systembedingten Ursachen schon ausgeführt, kann der ökologische Landbau nur unter sehr günstigen Bedingungen einen vergleichbaren Erfolg bei der Unkrautregulierung erzielen wie in konventionellen Landwirtschaftssystemen, die meist Herbizide einsetzen. Dahingehend wird folgende Hypothese in Anlehnung an Hypothese 2 formuliert:

Hypothese 2a: Die konventionelle Landwirtschaft kann mit dem Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln insbesondere im Karottenanbau höhere Erträge erzielen.

Schädlings- und Krankheitsbefall

Besonders Bundkarotten dürfen, um gut vermarktet zu werden, an den Spitzen sowie an den Wurzeln keine Schäden aufweisen. Der Marktwert der Karotten wird insbesondere durch verschiedene Krankheiten oder Schädlinge geschmälert und kann ebenso zu erheblichen Ernteverlusten führen. Die Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten ist für einen optimalen Karottenanbau von wesentlicher Bedeutung (Davis und Nunez 2007).

Viele Krankheiten der Karotte werden über das Saatgut verbreitet und sind überall da zu finden, wo Karotten angebaut werden. Eine der wichtigsten Krankheiten ist beispielsweise die Alternaria-Blattfleckenkrankheit, die 100 % der Anbaufläche in einer bestimmten Region befallen und zu vollständigen Ernteverlusten führen kann (Davis und Nunez 2007; Lichtenhahn 1998). Diese Krankheit wird über das Saatgut verbreitet. Weltweit gilt die Alternaria-Blattfäule als die wirtschaftlich bedeutendste Karottenkrankheit. Nematoden sind ebenso ein großer Krankheitsschädling der Karotte. Wurzelgabelungen, Wurzelstümpfe und unansehnliche Gallen an der Pfahlwurzel und den Nebenwurzeln sind die Folge eines Nematodenbefalles. In Nordeuropa und anderen Möhrenanbaugebieten mit kühlem Klima verursacht auch die Schwarzfäule Blattfäule und eine Nacherntefäule an Wurzeln, die lange Zeit gelagert werden. Die Schwarzfäule ist eine Krankheit, die ebenfalls über das Saatgut übertragen wird (Davis und Nunez 2007).

Die meisten Krankheiten der Karotte sind vor allem wetterabhängig und somit eng mit dem Klima verknüpft. Als eine der Methoden, die im konventionellen Anbau zur Bekämpfung der Karottenkrankheiten zur Verfügung stehen, ist der integrierte Pflanzenschutzansatz. Die Verbesserung der Hygienemaßnahmen, mechanische und physikalische Bekämpfungsmaßnahmen und die Verwendung genetisch resistenter Sorten konzentrieren sich auf die Unterdrückung und Verringerung der Krankheitserreger. Pestizide werden dann eingesetzt, wenn die zuvor eingesetzten Maßnahmen nicht ausreichen, um die Krankheit zu bekämpfen (Davis und Nunez 2007).

In ökologischen Anbausystemen stehen keine chemischen Pestizide zur Verfügung und es wird unbeiztes Saatgut verwendet. Hier wird ebenso auf die Unterdrückung und Verringerung der Krankheitserreger gesetzt. Gegen Alternaria wird beispielsweise vorbeugend mit alternariatoleranten Sorten und Anbaupausen von vier bis sechs Jahren gearbeitet und darauf geachtet, dass die Karottenkultur in windoffenen Lagen gepflanzt wird und die Reihenabstände groß genug sind, sodass die Abtrocknung des Karottenlaubes gefördert wird. Besteht ein akuter Befall mit Alternaria stehen den ökologischen Landwirt:innen die Spritzung mit Kupfer, sofern es der Anbauverband erlaubt, zur Verfügung (Lichtenhahn 1998; Scheidiger 2015).

Nicht nur Krankheitserreger, sondern auch Schädlinge können den Anbau der Karotte im ökologischen Landbau erschweren. Die Möhrenfliege (*Chamaepsila rosae*) beispielsweise kann erhebliche Ernteauffälle verursachen (Lichtenhahn 1998). Dem ökologischen Landbau

stehen auch vermehrtes Hacken während des Fluges der Möhrenfliege und der Kulturzeit zur Verfügung, um die Eier und Larven empfindlich zu stören. Ansonsten sind im Bioanbau abseits vorbeugender Maßnahmen, wie Anbaupausen und der Einsatz von Kulturschutznetzen, keine weiteren direkten Bekämpfungsmaßnahmen möglich (Lichtenhahn 1998; Scheidiger 2015). Auch gegen den Möhrenblattfloh (*Trizoa apicalis*), der das Wachstum der Karottenpflanzen hemmt, gibt es im Öko-Anbau nur vorbeugende Maßnahmen (Lichtenhahn 1998). Der Verlust der Ernte im ökologischen Karottenanbau aufgrund von Schädlingen wird auf etwa 20 % geschätzt. Der konventionelle Anbau ist in der Lage mit Insektiziden die Schädlinge effizient zu bekämpfen und kann so eine größere Ernte sicherstellen (Schrot&Korn 2004).

Es ergibt sich folgende Hypothese:

Hypothese 3b: Im Öko-Landbau haben die Landwirt:innen mit einem höheren Verlust der Ernte an Schädlingen zu rechnen. Der Verzicht auf den Einsatz von Insektiziden und Herbiziden führt zu einem niedrigeren Ertrag als im konventionellen Landbau.

5.2.4 Speisezwiebeln

Die Erträge der Speisezwiebel des ökologischen Landbaus sind rund 32 % (Anbaujahre 2015-2019) niedriger als die aus dem konventionellen Landbau (siehe Abbildung 4). Besonders der hohe Unkrautdruck und der Befall mit Falschem Mehltau ist im Öko-Anbau ein Problem (Oekolandbau 2020; Theiler et al. 2004).

Unkrautregulierung und Arbeitsaufwand

Es finden drei Variationen der Anbautechnik bei der Zwiebel Verwendung: Direktsaat, Steckzwiebeln und das Auspflanzen von Jungpflanzen. Die Wahl des Anbauverfahrens hängt von der späteren Verwendung der Zwiebel, den zur Verfügung stehenden Maschinen und Personal zum Pflanzen und Handjäten sowie den betrieblichen Voraussetzungen ab. Die Erträge der jeweiligen Arten des Anbaus sind ähnlich (Koller et al. 2007).

Im Zwiebelanbau sind Landwirt:innen auf die Unkrautbekämpfung mit Maschinen oder per Hand angewiesen. Je nach Anbauverfahren unterscheidet sich die Art und Weise der Unkrautregulierung. Bei der Direktsaat ist die Unkrautregulierung sehr anspruchsvoll und erfordert viel Handarbeit. Insbesondere bei früher Aussaat sind kaum Eingriffe möglich, da die Zwiebelpflanze in den ersten acht bis zehn Wochen gegenüber Unkraut nicht konkurrenzfähig ist. Unkrautarme Böden und ein sehr gutes Saatbeet sind die Voraussetzungen für die Direktsaat. Bei Saatzwiebeln ist das Abflammen das effektivste Mittel zur Unkrautregulierung

(Koller et al. 2007). Beim Abflammen wird das Unkraut abgebrannt, bevor die Zwiebelpflanzen aufgehen (Land schafft Leben 2022). Dies kann 100-200 Arbeitskraftstunden (Akh) einsparen. Die Vorteile dieses Anbauverfahrens ist in der hohen Qualität der Zwiebel zu finden (bessere Lagerfähigkeit und bessere Schalenfestigkeit gegenüber anderen Anbautechniken) (Koller et al. 2007).

Steckzwiebeln bergen dagegen ein geringes Anbaurisiko. Hier müssen allerdings die Kosten für das Pflanzgut und die Pflanzung beachtet werden. Wesentlich beim Steckzwiebelverfahren ist die Qualität des Pflanzgutes. Eines der größten Nachteile dieser Anbautechnik ist die Verbreitung von Pilz- und Bakterienkrankheiten, die durch das Pflanzgut transportiert werden. Aufgrund des Wachstumsvorsprungs stoßen die Steckzwiebeln als konkurrenzstarke Pflanzen durch den Boden. Da Steckzwiebeln tolerant gegenüber dem Abflammen sind, ist dies die effektivste Unkrautbekämpfung (Koller et al. 2007).

Ebenso wie bei der Steckzwiebel ist das Anbaurisiko unter günstigen Bedingungen für die Jungpflanzen gering, die Kosten für Pflanzgut und Auspflanzung wiederum hoch. Jungpflanzen werden dann gewählt, wenn das Risiko der Infizierung mit Falschem Mehltau gegen eine Direktsaat spricht oder Steckzwiebeln zu keiner guten Qualität zur Verfügung stehen. Der Wachstumsvorsprung von 4 Wochen bringt konkurrenzstarke Pflanzen aufs Feld. Das Unkraut wird mit Hacken und Anhäufeln und nach dem Anwachsen mit dem Striegel bekämpft (Koller et al. 2007).

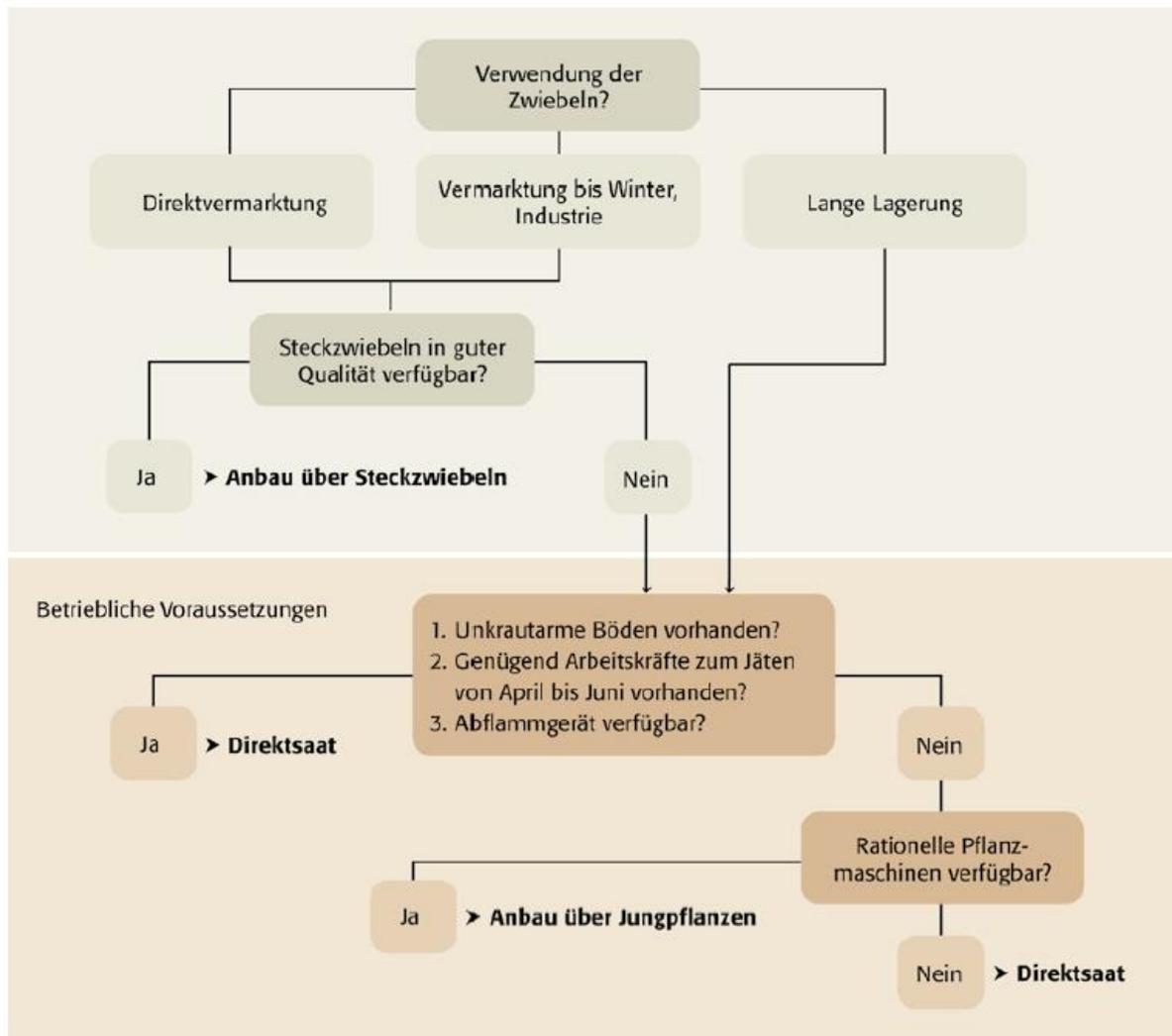


Abbildung 7: Verschiedene Anbauverfahren der Zwiebel (Koller et al. 2007)

Im Öko-Anbau von Zwiebeln bildet die Unkrautregulierung den größten variablen Faktor. Bei der Direktsaat werden unter günstigen Bedingungen für die manuelle Unkrautbekämpfung mit 200 Akh kalkuliert. Herrscht allerdings hoher Unkrautdruck oder der Termin für das Abflammen kann nicht eingehalten werden, erhöht sich der Arbeitsaufwand um das 2-3 fache. Mitunter lohnt es sich dann über einen Kulturabbruch nachzudenken. Für Jungpflanzen genügen 50-150 Akh Jätaufwand pro ha. Diese Arbeitsaufwandskalkulation gilt für optimale Bedingungen. Der Aufwand der manuellen Unkrautregulierung ist bei Steckzwiebeln am geringsten. Hier gibt es viele Möglichkeiten der Unkrautbekämpfung wie mechanische und thermische Verfahren. Bleibt der Handarbeitsaufwand unter 250 Akh pro ha, ist die Direktsaat trotz intensiver Handarbeit oftmals am wirtschaftlichsten im Bio-Anbau. Aus betrieblichen Gründen wie Mechanisierung, hoher Unkrautdruck oder Verfügbarkeit von Arbeitskräften

kann es mitunter aber auch günstiger sein eine andere Anbautechnik zu wählen (siehe Abbildung 5) (Koller et al. 2007).

Im ökologischen Anbau werden die Zwiebeln bei der Direktsaat oftmals auf Dämmen ausgebracht. Zum Vorteil ist dies, da in den Dämmen weniger Feuchtigkeit herrscht und dies gegen Pilzkrankheiten vorbeugt. Zudem ist die Arbeit mit der Hacke zur Unkrautregulierung erleichtert. Ein Nachteil ist allerdings, dass weniger Zwiebeln pro Hektar geerntet werden können (Land schafft Leben 2022).

In Bezug auf die Angaben der Literatur zur Unkrautregulierung im Zwiebelanbau wird folgende Hypothese abgeleitet, die sich weitgehend mit Hypothese 2 deckt:

Hypothese 2b: Die niedrigeren Erträge im ökologischen Landbau sind auf die Herausforderungen der Unkrautregulierung im Zwiebelanbau zurückzuführen.

Krankheiten und Schädlinge

Im Zwiebelanbau ist der Falsche Mehltau der wichtigste pilzliche Schaderreger. Die Pilzsporen werden auch über große Entfernungen über den Wind verbreitet. Als Folge eines Befalls werden die Blätter der Zwiebelpflanze zerstört und die Photosyntheseleistung der Pflanzen nimmt ab. Für den Anbau von Zwiebeln ist es für eine erfolgreiche Ernte entscheidend, den Befall mit Falschem Mehltau zu verhindern. Im konventionellen Anbau wird daher vorbeugend mit Fungiziden gearbeitet, sobald eine Infektionsgefahr besteht. Je nach Witterung kann eine Ausbringung alle zwei Wochen erfolgen. Im Bio-Anbau dagegen steht den Landwirt:innen wiederum das Ausbringen von kupferhaltigen Präparaten zur Verfügung. Wie oben schon erläutert, haben Kupferpräparate nur eine eingeschränkte Wirkung (Land schafft Leben 2022). Auch Fusarien stellen eine Bedrohung für eine erfolgreiche Ernte dar. Ertragsausfälle aufgrund des Befalles mit Fusarien, insbesondere im Öko-Landbau, können bis zu 50% Ertragsausfälle ausmachen (Fuchs et al. 2005).

Zusätzlich wird im konventionellen Anbau auch mit Pestiziden und Insektiziden vorbehandeltes Saatgut ausgebracht, um die Zwiebelpflanze vor Krankheiten und Schädlingen wie Zwiebelfliegen oder Thripsen zu schützen und so den Ertragserfolg zu erhöhen. Der Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln ist im Öko-Anbau untersagt (siehe Kapitel XX) (Land schafft Leben 2022).

Folgende Hypothese wird in Bezug auf die Ausführungen der systembedingten Ursachen des Pflanzenschutzes und den wissenschaftlichen Hinweisen zum Zwiebelanbau formuliert:

Hypothese 3c: Der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln sorgt für die höheren Erträge im konventionellen Landbau beim Zwiebelanbau.

5.2.5 Speisekürbis

Der Speisekürbis ist die Ackerkultur, die den geringsten Ertragsunterschied zeigt. In den letzten Anbaujahren (2015-2019) betrug die Ertragslücke zwischen dem ökologischen Anbau und dem konventionellen Anbau 6,34% (siehe Abbildung 4).

Unkrautregulierung und Pflegeaufwand

Der Unkrautdruck und der Aufwand der Unkrautregulierung ist beim Kürbis gering. Aufgrund der hohen Konkurrenzkraft der Kürbispflanze beschränkt sich die Bekämpfung des Unkrautes auf die Jugendphase des Kürbisses. Dies erfolgt mit der Hand oder der Maschine, bevor die Kürbisse zu ranken beginnen (Oekolandbau 2022). Das Verlegen von Mulchfolie erleichtert die Unkrautbekämpfung. Im konventionellen Anbau können in der Jugendphase des Kürbisses Herbizide zur Unkrautregulierung eingesetzt werden. Als Alternative stehen den Bio-Landwirt:innen das mehrmalige oberflächige Hacken zur Verfügung, welches zudem die Bodendurchlüftung fördert (Bachmann 2016).

Durch den schnellen Bestandsschluss sind nach Rankbeginn in der Regel keine weiteren Pflegemaßnahmen nötig. Weitere Pflegemaßnahmen halten sich ebenso in der Waagschale. Um eine Bestäubung durch Insekten zu ermöglichen, sollte zu Blühbeginn gegebenenfalls das Vlies beseitigt werden. Eine Bewässerung ist bei Trockenheit mit beginnender Fruchtbildung zu prüfen (Oekolandbau 2022; Bachmann 2016).

Hypothese 2c: Der pflegleichte Anbau von Kürbissen führt zu einem deutlich geringeren Ertragsunterschied zwischen dem ökologischen und konventionellen Anbau.

Krankheiten und Schädlinge

Der Krankheits- und Schädlingsbefall spielt im Kürbisanbau eine untergeordnete Rolle. Der Befall von Echtem Mehltau kann die Lebensdauer der Pflanzen begrenzen, tritt zumeist vor allem in älteren Beständen auf und führt in der Regel nicht zu größeren Ernteaussfällen (Oekolandbau 2022).

Anlehnend an Hypothese 3 wird für den Speisekürbis folgende **Hypothese 3d** formuliert: Durch den geringen Ernteaussfall durch Schädlinge oder Krankheiten kann der ökologische Landbau im Kürbisanbau nahezu gleich hohe Erträge erzielen wie der konventionelle Landbau.

5.3 Expert:innen-Befragung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Expert:innenbefragung zusammenfassend deskriptiv dargestellt und anschließend den abgeleiteten Hypothesen aus Kapitel 4.2 gegenübergestellt. Dabei wird nur auf Aspekte eingegangen, die von mehreren Befragten genannt wurden. Einzelnennungen werden in der Ergebnisdarstellung vernachlässigt. Die Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfrage findet sich im Kapitel 5.1.

5.3.1 Systembedingte Ursachen

In den Befragungen wurden folgende Aspekte genannt, die sich den systembedingten Ursachen der Ertragsunterschiede zuordnen lassen: Bodenqualität, Umweltauswirkungen, Arbeitsstundeneinsatz, Züchtung und Forschung, Produktionskosten, Nährstoffversorgung, Saatgutgesundheit, Pflanzenschutz und Unkrautregulierung. Zunächst erfolgt die Darstellung der Faktoren, die sich den aufgestellten Hypothesen zuordnen lassen. Anschließend werden diejenigen Faktoren deskriptiv erläutert, die darüber hinaus von den Befragten genannt wurden.

Nährstoffversorgung

In den Befragungen wurden fünf Aussagen zu der allgemeinen Nährstoffversorgung im ökologischen Landbau gemacht. Für die Versorgung der Kulturen mit Stickstoff wurde eine Fruchtfolge mit Leguminosen für den Öko-Landbau als maßgeblich benannt. Auch eine nachträgliche Düngung mit organischen Düngemitteln kommt zum Einsatz. Im Hinblick auf den Einsatz von organischen Düngemitteln wird die Problematik der verzögerten Mineralisierung genannt. Die organischen Düngemittel sind von der Wirkung nicht so steuerbar wie vergleichsweise das Galgomon, was im konventionellen Anbau Anwendung findet. Diese chemischen Düngemittel können laut Aussage der Befragten zum richtigen Zeitpunkt ausgebracht werden, wohingegen der organische Dünger zunächst im Boden umgewandelt werden muss. Dies ist vor allem stark witterungsabhängig.

Ein weiterer Aspekt, der von einem Befragten geäußert wurde, ist, dass insbesondere auch eine Nährstofflimitierung im Öko-Landbau in Bezug auf weitere Nährstoffelemente wie Kalium oder Phosphor vorherrscht. Oft wird auf eine weitere Düngemittelgabe verzichtet, da nach der Einschätzung der Landwirt:innen die angebaute Zwischenfrucht und die Bodenstruktur ausreichen. Vernachlässigt wird, dass auch Kalium, Phosphor oder andere Mikronährstoffe, die nicht mehr ausreichend im Boden verfügbar sind, zu Ertragslimitierungen führen können.

Die Aussagen aus den Interviews deuten darauf hin, dass der ökologische Anbau im Vergleich zum Konventionellen zum einen weniger Stickstoff zur Verfügung hat und dieser durch die witterungsabhängige Mineralisierung verzögert zur Verfügung stehen kann. Und zum anderen, dass die Versorgung mit Kalium und Phosphor ein weiterer Aspekt in der Begründung der Ertragsunterschiede sein kann. Die Hypothese, dass die kurzfristige Steuerung der N-Versorgung während der Vegetationsperiode mit organischen Düngemitteln erschwert ist und im konventionellen Anbau eine höhere Nährstoffversorgung zur Verfügung steht, kann durch die Aussagen der Befragten gestützt werden.

Unkrautregulierung

Zur Unkrautregulierung im ökologischen Anbau wurden neun Angaben in den Interviews gemacht. Der Unkrautbekämpfung wird eine große Bedeutung für den Ertragserfolg zugesprochen:

„In jeder Kultur hat die Unkrautregulierung extreme Bedeutung, also die Unkrautregulierung, die Bestandspflege ist nach wie vor im Ökolandbau Thema Nummer eins. Also das Unkrautmanagement, wenn das nicht gut geklappt hat, kann das ein gewichtiger Ertragsfaktor sein.“ (B02, Pos. 16)

Die Effektivität der Unkrautregulierung des ökologischen Landbaus im Vergleich zum konventionellen Anbau wird von den Interviewten ähnlich oder gleichwertig eingeschätzt. Nach Einschätzung der Befragten hängt der Erfolg der Unkrautregulierung ab zum einen von der Konsequenz und Intensität des Einsatzes der Betriebe. Dabei wird die mechanische, thermische, physikalische und händische Unkrautregulierung als genauso effektiv bewertet. Zum anderen muss auch die Witterung mitspielen. So können auch ökologische Betriebe ihre Bestände nach den Einschätzungen der Befragten nahezu unkrautfrei bekommen.

Deutlich wird dennoch der hohe Arbeitsstundenaufwand, der durch die maschinelle oder manuelle Bearbeitung im Vergleich zum konventionellen Anbau anfällt. In Bezug auf die Unkrautregulierung werden von den Befragten 50 bis zu 400 Arbeitsstunden je nach Wetterlage pro Hektar geschätzt. Die Angaben beziehen sich dabei auf unterschiedliche Ackerkulturen. Es wird zudem noch darauf hingewiesen, dass die Arbeitsstunden auch von der betrieblichen Ausstattung abhängen, wie zum Beispiel das Vorhandensein von Präzisionsmaschinen mit Kamera oder Satellitenhacken. Dennoch wird der Einsatz von Herbiziden im konventionellen Anbau als weniger zeitintensiv gesehen.

Nach den Aussagen der Befragten kann die Hypothese 2, dass im ökologischen Anbau nur unter sehr günstigen Bedingungen ein vergleichbarer Erfolg wie im konventionellen Landbau mit dem Einsatz von Herbiziden erzielt werden und die konventionelle Landwirtschaft dadurch höhere Erträge erzielen kann, nicht bestätigt werden. Zwar wird die Unkrautregulierung als ein wesentlicher Ertragsfaktor angesehen, doch kann nicht die Aussage getroffen werden, dass die Effektivität der Unkrautbekämpfung im Öko-Anbau geringer sei als im konventionellen Anbau und so die Erträge aufgrund des geringeren Erfolges im Unkrautmanagements niedriger ausfallen.

Pflanzenschutz

Wenn das Thema Pflanzenschutz in den Interviews zur Sprache kam, wurde deutlich, dass der Pflanzenschutz für den Ertragserfolg eine bedeutende Rolle spielt.

„Darum glaube ich, ist das ein wichtiger Faktor, also Saatgutgesundheit. Die Möglichkeit Saatgut zu beizen oder auch nicht zu beizen, der Schutz des Saatguts eben vor Krankheitserregern. Pilzliche Krankheitserreger, Nematoden, also tierische Schaderreger im Boden, all das spielt sicherlich einen großen Unterschied zwischen Bio und Konventionell.“ (B02, Pos. 4)

Zudem kann im ökologischen Landbau nach Aussagen aus den Interviews nicht verhindernd oder gar heilend gearbeitet werden, sondern nur vorbeugend oder verzögernd. Dies wird als ein *„gravierender Unterschied“* (B06, Pos. 12) bezeichnet.

Eine eindeutige Abschätzung der Ernteauffälle aufgrund von Schädlingen oder Krankheiten war den Befragten nicht möglich, da zum einen Aufzeichnungen fehlen und zudem Faktoren wie Witterung und die zur Verfügung stehenden Maßnahmenereignisse bei einem Befall mit Schädlingen oder Krankheitserregern eine wesentliche Rolle in der Bekämpfung spielen und je nach Jahr auch variieren können. Dazu äußert sich ein Befragter, dass er im Jahr 2016 Ertragsausfälle bis zu 90 % aufgrund der Kraut- und Knollenfäule verzeichnete und so ein Drittel weniger ernten konnte als in anderen Jahren. Dahingehend bereitete das letzte Jahr, welches ebenso sehr feucht war, keine Probleme.

Der Unterschied zu den Methoden im konventionellen Anbau wird von den interviewten Personen gesehen und den konventionellen Landwirten ein Vorteil im Pflanzenschutz zugesprochen:

„Und die Konventionellen die beizen halt. Irgendein Gift und die Tiere sind weg. Fertig.“ (B04, Pos. 10)

Allerdings wird auch auf die Umweltauswirkungen des chemischen Pflanzenschutzes im konventionellen Anbau hingewiesen und hervorgehoben, dass ohne den chemischen Pflanzenschutz die Erträge im konventionellen Anbau andere Ertragsmengen erzielen würden. Durch die Diskussion um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und die derzeit steigenden Produktionskosten könnte sich hier langfristig etwas ändern.

Die Aussagen der Interviewten deuten darauf hin, dass es in der Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten zwischen dem ökologischen und konventionellen Anbausystemen deutliche Unterschiede gibt. Die Hypothese, dass im Öko-Landbau mit einem höheren Verlust der Ernte an Schädlingen oder Krankheiten zu rechnen ist und der Verzicht auf den Einsatz von Insektiziden zu niedrigeren Erträgen führt, kann durch die Ergebnisse der Befragung nicht eindeutig bestätigt, aber auch nicht abgelehnt werden. Eindeutige Zahlenvergleiche, was den Ernteverlust zwischen den Anbausystemen angeht, lassen sich aus der Datenlage nicht ziehen.

Bodenqualität

In den Befragungen wurden drei Aussagen zur Bodenqualität als Faktor in der Erklärung der Ertragsunterschiede gemacht. Nach den Angaben der Interviewten spielt die Bodenqualität insofern für den Ertrag eine Rolle, dass je besser die Bodenpunkte sind, umso höher die Ertragsmengen ausfallen. Hierzu vergleicht ein Befragter seinen vergleichswisen schlechten Standort und seine Erntemenge mit anderen Standortvoraussetzungen mit besserem Klima und besseren Böden. Er ist davon überzeugt, dass er an einem Standort mit besseren Voraussetzungen dreimal so viel ernten könnte.

Die Hypothese, dass ökologische Betriebe hauptsächlich auf Ungunststandorten angesiedelt sind und deswegen geringere Erträge im Anbau erzielen, kann dennoch nicht bestätigt werden. Zum einen weisen die Aussagen der Interviewten darauf hin, dass Ökobetriebe in Deutschland auf unterschiedlicher Bodenqualität angesiedelt sind. Besonders die interviewten Fachberater haben mit ökologischen Betrieben auf unterschiedlichsten Standorten zu tun. Nach ihren Einschätzungen spielt eine schwerpunktmäßige räumliche Verteilung der Öko-Betriebe auf schweren Standorten keine Rolle in der Erklärung der Ertragsunterschiede, da der Öko-Anbau mittlerweile überall vertreten ist. Zum anderen

zeigen die Angaben aus den Kurzfragebogen, dass auch hier die Bodenpunkte der befragten Betriebe sehr unterschiedlich sind. Die Bodenpunkte reichen von 35, 40 über 75 bis zu 85. Die Hypothese 4 wird demnach abgelehnt.

Weitere systembedingte Faktoren

Weitere Faktoren, die in der Hypothesenentwicklung keine Beachtung fanden, aber von den Befragten als weitere Aspekte systembedingter Ursachen der Ertragsunterschiede angeführt wurden sind: Produktionskosten, Züchtung und Forschung.

Produktionskosten

Zu den Produktionskosten lässt sich aus den Befragungen zusammenfassen, dass die Betriebskosten im ökologischen Anbau im Vergleich zum konventionellen zum Teil höher sind und sich dies auch auf die Ertragsmenge auswirken kann. Dies gilt insbesondere für den Einsatz von Technik, ein höherer Arbeitsstundenaufwand und Personaleinsatz. Ein Befragter verdeutlicht die preislichen Unterschiede in Hinblick auf die Bekämpfung des Kartoffelkäfers. Demnach können konventionelle Landwirt:innen deutlich günstiger mit Herbiziden über den Acker fahren wie die fünfmal teureren Mittel, die den ökologischen Landwirt:innen zur Verfügung stehen und nur 80% Wirkung entfalten. In der Wirkung auf die Ertragsmenge wird dies so beschrieben:

„und dementsprechend ist da auch wieder so, dass natürlich in Relation den Bio-Bauern vielmehr vom Käfer weggefressen wird als dem Konventionellen. Das ist außer Frage. Also auch hier gibt es einen Unterschied.“ (B06, Pos. 20)

Züchtung und Forschung

Nach den Aussagen der Befragten zu urteilen, ist das Thema Züchtung und Forschung für den ökologischen Anbau insbesondere dann bedeutsam, wenn es um samenfeste, standortangepasste Sorten, die dem Bio-Anbau zur Verfügung stehen, geht. Vor allem im Vergleich mit den konventionell verfügbaren Hybridsaaten steht die Züchtung und Forschung im Bereich Saatgut im Öko-Anbau hinten an:

„Und dann ist genau was, was man die letzten Jahrzehnte verpasst hat, man hat im züchterischen Bereich den Öko-Landbau vernachlässigt. Da muss man einfach aufholen.“ (B03, Pos. 20)

Besonders Sorten, die den Marktansprüchen des Lebensmitteleinzelhandels bezüglich Homogenität und Qualität genügen, sind im Öko-Anbau nicht bei jeder Kultur in gleicher Weise wie die konventionell gezüchteten Hybridsorten verfügbar. Ein Befragter nennt hierzu das fehlende Bewusstsein des Lebensmitteleinzelhandels und der Händler:innen, die die gleichförmiger wachsenden Hybridsorten den samenfesten vorziehen.

Besonders betont werden von den Interviewten auch die Forschung und Züchtung von resistenten Sorten, beispielsweise im Bereich der Kraut- und Knollenfäule im Kartoffelanbau. Die Züchtung hat sich zum einen im Öko-Bereich stark ausgebaut und zum anderen hat sich der Fokus von einer Züchtung für den Weltmarkt und Fragen der Ästhetik hin zu der Frage der Schaffung resistenter Sorten verschoben.

Mit der Züchtung resistenter Sorten gegen bestimmte Krankheiten kann nach Ansicht eines Befragten einerseits der Einsatz von Kupfer im Öko-Landbau runtergefahren werden und andererseits auch Erträge abgesichert werden, da die resistenteren Sorten in beispielsweise besonders kraut- und knollenfäulefreudigen Jahren den Landwirt:innen einen Ertrag absichern können.

5.3.2 Ursachen der Ertragslücke bei der Kartoffel

Nährstoffversorgung

In den Interviews wurden sieben Beiträge zur Nährstoffversorgung der Kartoffel zugeordnet. Die Stickstoffversorgung wird von den Befragten als bedeutsam für den Ertragserfolg eingeschätzt. Die Schwierigkeit der Mineralisierung der organischen Düngemittel wird von einem Befragten erwähnt, die vor allem auch mit der Bodenstruktur zusammenhängt. Demnach muss der Boden in einer guten Struktur vorliegen, damit die Mineralisierung des organischen Wirtschaftsdüngers gelingen kann.

Die Stickstoffversorgung wird von den befragten Landwirten je nach Betrieb anders bewertet. Zur Versorgung der Kartoffel mit ausreichend Stickstoff im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft schätzt eine interviewte Person die N-Versorgung seiner Kartoffeln als zu niedrig ein. Ein anderer Befragter schätzt dagegen die Düngezufuhr als nicht so bedeutsam ein. Vielmehr setzt er auf eine gute Bodenstruktur und hohen Humusgehalt.

Zusätzlich zu der N-Versorgung der Kartoffel, wird von drei Interviewten die Versorgung der Kartoffel mit Kali, Phosphor und weiteren Nährstoffen hervorgehoben. Eine Limitierung

der Erträge erfolgt im Kartoffelanbau oft auch, weil Kalium, Phosphor oder weitere Mikronährstoffe fehlen.

Die Hypothese, dass die Ertragslücke zwischen dem ökologischen und konventionellen Kartoffelanbau aufgrund der erhöhten Stickstoffversorgung resultiert, kann bestätigt werden. Die Stickstoffversorgung ist maßgeblich für das Wachstum der Kartoffelpflanzen und die verlangsamte Mineralisierung organischer Düngemittel stellt eine Herausforderung im ökologischen Landbau für die N-Versorgung dar. Die Versorgung mit weiteren Nährstoffen wird allerdings zusätzlich als Erklärungsfaktor durch die Befragten angeführt.

Schädlinge und Krankheiten

Als wesentlicher Einfluss auf die Ertragsmenge im Kartoffelanbau wird in der Literatur der Befall von Kraut- und Knollenfäule gesehen. Nach Ansichten der Befragten ist der Befall von Kraut und Knollenfäule ein wichtiger Ertragsfaktor. Die Befragten berichten von Ernteaufgängen von bis zu 80-90 %. Diese hohen Ausfälle ergaben sich allerdings in einzelnen Jahren und treten nicht jährlich auf. Im Öko-Landbau kann der Befall von Kraut und Knollenfäule nicht verhindert werden, sondern durch den Kupfereinsatz nur verschoben werden. Dies stellt den Unterschied zu dem konventionellen System dar.

Von zwei Befragten wird der Zusammenhang von der Kraut- und Knollenfäule und der Vegetationszeit erwähnt. In nassen Jahren sterben viele Bestände viel zu früh aufgrund der Krautfäule ab. Hierzu erinnert sich einer der Befragten:

„Im Kartoffelanbau ist es wirklich die Krautfäule, ich weiß noch 2016, da waren die Kartoffeln schon am 5. Juli verschwunden.“ (B03, Pos. 20)

Weitere Schädlinge, die einen Einfluss auf den Ertrag haben können und die von den Interviewten genannt werden, ist der Kartoffelkäfer und der Drahtwurm. Als besonders gravierend wird in den Interviews der Befall mit Drahtwürmern eingeschätzt. Da es hier keine direkten Bekämpfungsmöglichkeiten im ökologischen Landbau gibt, können die Ernteschäden hoch sein. Die Befragten schätzen den Ausschuss auf die Hälfte bis Dreiviertel der Ernte ein. Besonders gravierend ist der Befall mit Drahtwürmern, da diese eine ganze Kartoffelernte nicht vermarktungsfähig machen können. Dies ist ein Unterschied zum Befall mit Krautfäule, der eine Ertragsreduktion verursacht. Der Schaden mit einem Befall mit Drahtwürmern wird von den Befragten als mindestens so groß wie der durch die Krautfäule bewertet.

Um Schädlinge im ökologischen Landbau vorzubeugen, wird teils eine geringere Ernte in Kauf genommen, beispielsweise durch eine geringere Nährstoffversorgung aufgrund des Verzichtes von organischem Dünger. Ein Befragter verzichtet beispielsweise auf die Gabe von Mistkompost im Frühjahr, um dem Drahtwurm vorzubeugen und geht lieber mit weniger Ertrag in der Kartoffelernte.

Die Hypothese, dass die Kraut- und Knollenfäule einer der wesentlichsten Einflussfaktoren auf den Ertrag im Kartoffelanbau ist, kann zumindest nicht verworfen werden. Nach den Aussagen der Interviewten stellt der Befall von Kraut- und Knollenfäule zwar eine nicht zu unterschätzende Bedrohung für die Erntemenge dar, doch werden mit dem Drahtwurm und dem Kartoffelkäfer weitere Risiken angeführt, die mindestens gleich viel ins Gewicht fallen, wenn nicht sogar einen größeren Einfluss auf den vermarktungsfähigen Ertrag haben. Dass die Vegetationszeit im ökologischen Landbau durch die Kraut- und Knollenfäule verkürzt ist, wird von den Aussagen der Befragten gestützt. Diese Hypothese kann zumindest nicht verworfen werden.

Weitere Ertragsfaktoren im Kartoffelanbau

In den Interviews kommen neben der Nährstoffversorgung und dem Befall von Kraut- und Knollenfäule noch weitere Faktoren vor, die nach Ansicht der befragten Personen einen Einfluss auf die Ertragsmenge im Kartoffelanbau haben können und somit ebenfalls Faktoren in der Begründung des Ertragsunterschieds sein können. Dies sind Boden, Unkrautregulierung und Ertragssicherung.

Bodenstruktur

Von den Befragten wird neben der Nährstoffversorgung und dem Einfluss von Krankheiten oder Schädlingen vor allem die Bodenstruktur als ein maßgeblicher Faktor für den Kartoffelanbau genannt. Nach Ansicht der Befragten ist eine gute Bodenstruktur die Voraussetzung für eine optimale Nährstoffversorgung der Kartoffel. Dadurch dass die Kartoffel eine Pflanze ist, die nicht verdichtete Strukturen aufbricht, ist ein lockerer, tiefgründiger Boden insbesondere für den Wachstumsstart der Kartoffel elementar. Für die Nährstoffversorgung im ökologischen Landbau ist eine gute Bodenstruktur für den Kartoffelanbau eine wichtige Voraussetzung. Der Boden muss in einer guten Struktur

vorliegen, dass die organischen Düngemittel, die erst noch mineralisiert werden müssen, pflanzenverfügbar werden.

Dies wird insbesondere durch den Vergleich zum konventionellen System deutlich. Konventionelle Landwirt:innen können mit der zusätzlichen Gabe von Stickstoff, z.B. mit Galgomon, Fehler in der Bodenbearbeitung ausgleichen, da mit der zusätzlichen Gabe von Stickstoff die Kartoffel künstlich ernährt wird und die Bodenstruktur daher nicht optimal sein muss. Dies ist im Öko-Anbau anders. Hier muss stets darauf geachtet werden, dass der Boden niemals nass bearbeitet wird. Die Erhaltung der Bodenstruktur ist eine wichtige ertragssteigernde Maßnahme. Ist die Bodenstruktur vorhanden, braucht es sogar nach Ansicht eines Befragten keine großen Stickstoffmengen in der Düngung der Kartoffel:

„Die Düngung die Pflanzenernährung im Bio- Bereich, die ist nicht so arg wichtig. Wenn eine Kartoffel ne gute Bodenstruktur hat, mit schönem Humusgehalt, dann wächst die auch mit 50, 60 N mit guten Erträgen, da braucht man keine 150 oder 200.“ (B04, Pos. 12)

Unkrautregulierung

Die Unkrautregulierung im ökologischen Kartoffelanbau gestaltet sich im Vergleich zum konventionellen Anbau, d mit Herbiziden arbeiten kann, mechanisch. Der Eingriff in die Kartoffeldämme mit Hackmaschinen wird von den Befragten als weiterer Faktor für den Ertragserfolg genannt:

„Wenn man das Beikraut nicht in Griff kriegt, dann ergibt das die Hälfte weniger Ertrag mindestens“.
(B03, Pos. 14)

Unkrautbekämpfung kostet insofern immer ein Stück weit Ertrag, da der Eingriff mit z.B. Hackmaschinen oder Striegeln eine Verletzung der Feinwurzeln der Kartoffel bedeutet. Im Vergleich zum Konventionellen Anbau, der mit einem Herbizideinsatz weniger oft in die Dämme reinfahren muss, wird die Kartoffel in ihrem Entwicklungsprozess immer wieder gestört.

Neben der Unkrautregulierung zu Beginn der Wachstumsphase kann auch eine Spätverunkrautung einen Einfluss auf den Ertrag haben. Einem Befragten beschäftigt die Spätverunkrautung weit mehr als die Unkrautregulierung zu Beginn der Wachstumsphase. Der

Ertrag der Kartoffel ist dann zwar schon gemacht, doch kann es aufgrund der Spätverunkrautung zu Ernteverlusten bei der Ernte kommen.

Ertragssicherung durch Sortenwahl

Für die Ertragssicherung ist nach Ansicht der Interviewten eine entscheidende Frage, welche Kartoffelsorte auf welchen Standort gepflanzt wird. Hier ist es entscheidend, dass die richtige Sorte auf den richtigen Standort gepflanzt wird. Auch die Vielfalt verschiedener Kartoffelsorten auf einem Betrieb kann eine Ertragssicherung darstellen. Der Anbau resistenter Sorten, vor allem im Krautfäulebereich, stellt ebenso einen entscheidenden Faktor für die Ertragssicherung dar. Nach Ansicht der Befragten ist der ökologische Züchtungsbereich bei dieser Thematik schon auf dem Vormarsch, dennoch sollte sich dieser Bereich verstärkt weiterentwickeln.

5.3.3 Ursachen der Ertragslücke bei der Karotte

Krankheiten und Schädlinge

Der Befall von Schädlingen und Krankheiten wird von den Befragten im ökologischen Karottenanbau zunächst als Problem genannt. Als Hauptschädling der Möhrenkultur wird von den Befragten die Möhrenfliege genannt. Diese kann bei Befall die Ernte nicht verkaufswertig oder ernteunwürdig machen. Dies kommt nach Ansicht der Befragten darauf an, wie massiv der Befall in den Beständen ist und es kann auch vorkommen, dass ein Schlag befallen ist, der andere aber nicht.

Zu der Höhe des Ertragsausfalls äußerten sich die Befragten nur vage. Von einem Befragten wurden die Zahlen Null bis 100 % genannt, da der Befall mit Möhrenfliege sehr ungleich in den verschiedenen Beständen vorkommen kann. Eine Abschätzung der Ausfälle in Prozentzahlen konnte keiner der Befragten nennen.

Große Möhrenflächen sind stark im Vorteil, weil die Möhrenfliege von außen her in die Felder inverdiert. Bei Befall könnten dann die ersten Reihen nicht geerntet werden oder anders sortiert und die Mitte des Feldes bringt dann trotzdem den verkaufswertigen Ertrag. Wichtig im Zusammenhang mit der Möhrenfliege ist die Einhaltung der Fruchtfolge und der Anbaupause der Möhre, um Reinfektionen vom Vorjahr zu vermeiden. Zur Bekämpfung werden Vliese und Lauchspritzungen eingesetzt.

Von einem Befragten wird noch der Echte Mehltau als problematisch im Möhrenanbau benannt. Dieser kann unter ungünstigen Bedingungen, beispielsweise feuchte Jahre, Probleme bereiten und den Ernteertrag schmälern.

Die Hypothese, dass Landwirt:innen im ökologischen Karottenanbau mit einem höheren Verlust der Ernte zu rechnen haben, da auf Insektizide und Herbizide verzichtet wird, kann zum Teil bestätigt werden. Die Möhrenfliege wird von den Befragten als Hauptproblem im ökologischen Möhrenanbau genannt. Von den Befragten konnten allerdings keine direkten Zahlen zu Ernteaufgängen aufgrund von Krankheiten und Schädlingen genannt werden, die sich mit der Erntemenge der konventionellen Landwirtschaft abgleichen lassen. Somit kann die Hypothese weder vollständig angenommen noch widerlegt werden.

Unkrautregulierung

Als wesentlichster Ertragsfaktor wird im ökologischen Möhrenanbau von den Befragten die Unkrautkontrolle genannt. Diese wirkt sich direkt auf den Ertragserfolg aus. Die langsame Jugendentwicklung der Möhre macht eine intensive Unkrautregulierung notwendig, da das Beikraut schneller wächst als die Möhre und diese sehr konkurrenzschwach ist. Dem ökologischen Landbau stehen hier vor allem maschinelle und manuelle Verfahren zur Verfügung. Abflammen, Hacken und das Handjäten sind die Verfahren, die von den Befragten angeführt werden. Der Arbeitsaufwand wird dabei von den Befragten als sehr hoch bewertet, unterscheidet sich aber deutlich je nach betrieblicher Ausstattung der Betriebe oder der Wetterlage. Dies wird von einem Befragten wie folgt umschrieben:

„Es ist halt wirklich von dem entsprechenden Einsatz und von der Witterung abhängig, wie unkrautfrei man die Bestände bekommt. Letztes Jahr hatten wir zum Beispiel Bestände mit dem vielen Regen, die haben wir wieder umgepflügt, weil wir es einfach nicht geschafft haben dem Unkraut nachzukommen. Und in den trockenen Jahren davor war die Unkrautbekämpfung wesentlich relaxter. Das hängt letztendlich vom Jahr und von den vorhandenen Arbeitskapazitäten ab.“ (B05, Pos. 12)

Konventionelle Landwirt:innen haben es nach Ansicht der Befragten mit dem Einsatz von Herbiziden dagegen leichter, was auch weniger zeitintensiv ist.

Die Aussagen der Befragten deuten darauf hin, dass die Unkrautregulierung die größte Herausforderung im ökologischen Möhrenanbau ist und den wesentlichen Ertragsfaktor im Möhrenanbau darstellt. Ob die konventionelle Landwirtschaft mehr Karottenerträge erzielt,

da sie chemische Pflanzenschutzmittel einsetzt, kann zumindest nicht widerlegt werden. Zahlen zum direkten Vergleich wurden nicht genannt, weswegen eine direkte Bestätigung der Hypothese entfällt.

Standortanspruch

Von den Befragten werden noch zwei Aspekte genannt, die für den Möhrenanbau wichtig sind. Zum einen kann die Möhre als abtragendes Glied in der Fruchtfolge angebaut werden. Die Stickstoffversorgung ist zu vernachlässigen und für Geschmack und Lagerung vorteilhafter, wenn diese nicht zu überversorgt ist. Demnach kann ein konventioneller Betrieb nach Einschätzung eines Befragten im Stickstoffbereich durch eine höhere Düngegabe nicht viel mehr Ertrag erbringen als ein ökologischer Betrieb, da eine Überdüngung zu Lasten des Geschmacks und der Lagerfähigkeit geht.

Ein Aspekt der mehrfach von den Befragten angesprochen wurde, ist die Bewässerung der Möhre. Vor allem im Frühjahr, wenn die Möhre keimen soll, ist die Frage, ob die Flächen bewässert werden können nach den Befragten entscheidend für den Ertragserfolg. Besonders in trockenen Frühjahren oder für Betriebe, die die Möhre professioneller anbauen, ist eine zusätzliche Bewässerung entscheidend dafür, ob die Möhre keimt oder nicht.

5.3.4 Ursachen der Ertragslücke bei der Zwiebel

Unkrautregulierung

Unkrautregulierung stellt bei allen Kulturen eine bedeutende Rolle dar. Die Konkurrenz um Nährstoffe, Wasser und Licht kann den Ertrag einer Pflanzenkultur beeinträchtigen. Dies trifft nach Ansicht der Befragten auch auf die Zwiebel zu. Die Unkrautregulierung im ökologischen Zwiebelanbau erfolgt nach Aussagen aus den Interviews durch Abflammen, das Hacken, Striegeln und das Jäten von Hand. Hier kommt es wiederum auf die technische Ausstattung des Betriebes an, wie kosten- und zeitgünstig dies ablaufen kann. Eine moderne Ausstattung ist dabei von Vorteil. Der Arbeitsaufwand für die Unkrautregulierung ist demnach auch individuell nach Betrieb. Nach Einschätzung von einem Befragten hängt der Arbeitsaufwand beispielsweise vor allem von der Unkrauttrieblichkeit der Böden ab, weswegen die Jätstunden auf leichten eher dunklen Sandböden deutlich höher liegen als auf schwereren helleren Lösslehmstandorten. Im Durchschnitt schätzt er die Jätstunden auf 200-300 Stunden ein.

Zudem hängt die Unkrautregulierung auch von der Witterung und dem Jahresverlauf ab. Kommen Niederschlag und Wärme zusammen, sind die Aufwendungen der Unkrautregulierung deutlich höher, da dann das Unkraut schneller wächst.

Die Hypothese, dass die niedrigeren Erträge im ökologischen Landbau auf die Herausforderungen der Unkrautregulierung im Zwiebelanbau zurückzuführen sind, kann nach den Ergebnissen aus den Interviews nicht abgelehnt werden.

Krankheiten und Schädlinge

Der Falsche Mehltau und die Zwiebelhalsfäule werden von den interviewten Personen als die wesentlichen Krankheiten im Zwiebelanbau genannt, die auch gravierende Bedeutung für die Erträge haben können. Besonders die Zwiebelhalsfäule stellt ein Problem dar, da der Schaderreger nicht im Feld erkennbar ist, sondern der Ernteschaden nach der Einlagerung sichtbar wird. Hier kann es Ernteauffälle bis zu 100 % geben, da eine Partie nicht mehr sortierbar und somit vermarktungsfähig ist.

Im Zwiebelanbau gibt es mehrere Verfahren der Pflanzung, die unterschiedliche Vor- und Nachteile mit sich bringen. Die Pflanzung mit Steckzwiebeln ist besonders im ökologischen Anbau durch Fusarien bedroht, die sich im Pflanzgut befinden und sich dann im Feld ausbreiten. Dies ist nach Ansicht der Befragten ein ertragsrelevanter Faktor, wobei dieses Pflanzverfahren eher auf kleinerer Fläche in Gärtnereien Anwendung findet. Im Vergleich zum konventionellen Anbau, der die Möglichkeit der Saatgutbeizung hat, ist die Saatgutgesundheit im ökologischen Zwiebelanbau für alle Pflanzverfahren für die Ertragsmenge elementar.

Die Aussagen der Befragten zum ökologischen Zwiebelanbau deuten darauf hin, dass der fehlende Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Anbausystemen besondere Herausforderungen an den Pflanzenschutz darstellt und so einen ertragsrelevanten Faktor darstellt. Die Hypothese, dass die konventionelle Landwirtschaft aufgrund des chemischen Pflanzenschutzes höhere Erträge beim Zwiebelanbau erzielen kann, wird daher nicht verworfen.

5.3.5 Ursachen der Ertragslücke beim Speisekürbis

Zum Speisekürbis gab es in den Interviews wenig Aussagen. Zu Krankheiten und Schädlingen gibt es nach Einschätzung eines Befragten kein großes Erregerspektrum, was ein Erklärungsfaktor sein kann, weswegen die Erträge zwischen ökologischem und konventionellem Anbau nahezu gleich sind.

Auch der Pflegeaufwand bei der Unkrautregulierung wird als nicht so hoch eingeschätzt wie bei anderen Kulturen. Die Unkrautregulierung spielt nach den Aussagen der Interviews zwar auch zu Beginn eine Rolle, doch wenn der Kürbis die Größe erreicht hat, das Feld zu überwachsen, ist der Anbau nicht mehr so kompliziert. Die eingesetzte Technik der Unkrautregulierung wird dabei mit dem konventionellen Anbausystem verglichen. Beide Systeme arbeiten mit Mulchvliesen oder einem Hackgerät.

Die Hypothese, dass der pflegereiche Anbau von Kürbissen zu einem deutlich geringeren Ertragsunterschied zwischen dem ökologischen und konventionellen Anbau führt und die Hypothese, dass durch den geringen Ernteausschlag durch Schädlinge oder Krankheiten der ökologische Landbau im Kürbisanbau nahezu gleich hohe Erträge erzielen kann wie der konventionelle Landbau, kann aufgrund der geringen Anzahl der Aussagen weder bestätigt noch verworfen werden.

5.3.6 Weitere Ertragsfaktoren

Nachfolgend werden diejenigen Aspekte beschrieben, die sich nicht einer der Hypothesen zuordnen lassen und in den Befragungen als Einflussfaktoren auf Erträge in der Landwirtschaft benannt wurden.

Betriebsfaktoren

Als eine Einflussmöglichkeit werden von den Befragten Betriebsfaktoren wie die betriebliche Ausstattung und der Spezialisierungsgrad der Betriebe benannt, die Erträge in der Landwirtschaft beeinflussen können. Vor allem kleinere Betriebe mit kleineren oder diverseren Flächen haben nicht die modernste technische Ausstattung und kommen so auf höhere Arbeitszeitstunden, beispielsweise was die Unkrautbekämpfung angeht.

Die Spezialisierung wirkt sich nach Ansicht der Befragten insofern auf den Ertragserfolg aus, indem diejenigen Betriebe, die größere Flächen für eine Ackerkultur zur Verfügung haben, oft höhere Ertragszahlen verzeichnen. Je größer der Stellenwert einer Ackerkultur für den Betrieb ist, desto größer sind die Ertragszahlen. Dabei hängen die zwei Faktoren betriebliche Ausstattung und Spezialisierungsgrad miteinander zusammen, da eine Spezialisierung auch oft mit einer besseren technischen Ausstattung zusammenhängt.

Betriebsentscheidungen

Ein weiterer Einflussfaktor, der von den Befragten als wichtig für den Erfolg eingeschätzt wird, sind die Betriebsentscheidungen oder auch das Fachwissen von Landwirt:innen. Elf Nennungen gibt es von den Befragten, die sich auf die Betriebsentscheidungen beziehen.

Zum einem die Entscheidungen, die der Betriebsleiter trifft, zum Beispiel in Bezug auf die Unkrautregulierung, welche Technik angewandt wird oder welche Priorität diesem Punkt im Betriebsablauf zugesprochen wird. Auch die Überschätzung einzelner Landwirt:innen wird angesprochen, was die eigenen Kapazitäten und Ressourcen angeht. Viele Landwirt:innen muten sich zu viel zu und überschätzen ihre eigenen Kapazitäten und Ressourcen, was sich dann wiederum auf die Ertragsmenge auswirken kann, weil zum Beispiel Jätekräfte fehlen oder das Wetter nicht mitspielt.

Zum anderen ist die Erfahrung und das Fachwissen, welches die Bäuer:innen besitzen, ein Faktor, der sich direkt auf den Ertrag auswirkt. Insbesondere in der Behandlung von Krankheiten und Schädlingen wird dieser Punkt angeführt. Hier ist es elementar zu wissen, welche Behandlung in welchem Maße zu welchem Zeitpunkt notwendig ist oder welche Auskunftsstelle Auskunft darüber geben kann, was unter welchem Öko-Verband erlaubt ist.

Diejenigen Landwirt:innen, die sich verstärkt über neueste Erkenntnisse im Anbau informieren, sind mit ihrem Fachwissen besser aufgestellt und können höhere Erträge erzielen. Dies hängt wiederum mit dem Spezialisierungsgrad der Betriebe zusammen. Ein Befragter beschreibt beispielsweise, dass in seiner Beratungstätigkeit die Beratungsintensität und Tiefe des zu vermittelnden Wissens bei denjenigen Betrieben höher angesetzt ist, die im größeren Stil anbauen als bei denjenigen Betrieben mit weniger Hektar und einer Produktion für die Direktvermarktung. Dementsprechend fallen die Erträge bei denjenigen höher aus, die mit mehr Wissen ausgestattet sind.

Zukünftige Risiken

Von den Befragten wird als weiterer Ertragsfaktor der Klimawandel als zukünftige Herausforderung genannt, der allerdings den ökologischen wie konventionellen Anbau betrifft. Hierzu äußern sich die Befragten, dass einerseits die Wetterextreme zunehmen werden und so das Risiko von Ernteaussfällen durch Hitzeperioden oder Starkregenereignisse oder auch durch die Zunahme von Schädlingspopulationen oder Krankheitserregern steigen werden. Der Druck auf die Landwirt:innen steigt, da beispielsweise durch anhaltende Nassperioden die Arbeitszeit eingeschränkt wird.

Bewässerungsfähigkeit der Flächen ist ein zudem ein Punkt, welcher in Bezug auf den Klimawandel angeführt wird und in Zukunft bedeutsamer werden könnte. Der Bio-Bereich wird von den Befragten dabei als besser gerüstet für den Klimawandel gesehen, da dieser schon jetzt mit bodenaufbauenden Methoden arbeitet:

„Öko-Betriebe bauen Humus auf, da sind wir im Vorsprung. Das man das auch mal sieht. Ganz wichtiger Punkt.“ (B03, Pos. 26)

Die Herausforderungen der Landwirtschaft durch den Klimawandel könnte nach Ansicht eines Befragten zu einer Annäherung der Erträge des ökologischen und konventionellen Landbaus führen, insbesondere auch, weil die aktuellen Entwicklungen wie die Preissteigerungen fossiler Energieträger oder von der Politik eingeführte Einschränkungen, was den Pestizideinsatz etc. angeht, eine Ökologisierung des konventionellen Anbaus vorantreiben.

5.3.7 Ertragssteigernde Strategien im Öko-Anbau

Nachdem die Hypothesen zu den Ertragsunterschieden mit der Expert:innen-Befragung abgeglichen wurden, folgt nun in einem letzten Schritt die Zusammenführung der Erkenntnisse aus der Literaturrecherche und der Expert:innen-Befragung dieser Untersuchung, um Strategien aufzuzeigen, die die Erträge im ökologischen Landbau erhöhen können.

Um Erträge im ökologischen Landbau zu sichern und zu steigern, gibt es verschiedene Maßnahmen, die bekannte Best-Practice-Strategien beinhalten, aber auch neue Erkenntnisse aus der Forschung und Praxis. Nachfolgend werden einige Strategien für den ökologischen Anbau unabhängig von Ackerkulturen und dann in Bezug auf die vier verschiedenen Ackerkulturen dieser Untersuchung angeführt. Hierzu werden die Ergebnisse aus der Literaturrecherche und den Interviews zusammengeführt und teils mit weiteren Erkenntnissen aus der Forschung ergänzt. Eine zusammenfassende Darstellung findet sich in Tabelle 2.

Nährstoffversorgung

Die Nährstoffversorgung zeigte sich in der Literatur wie in der Praxis als ertragsrelevanter Faktor. Besonders die Stickstoffversorgung wird als niedriger als im konventionellen Anbau eingeschätzt. Als Herausforderung im Öko-Landbau wurde die verzögerte Mineralisierung der

organischen Düngemittel und die Nährstofflimitierung in Bezug auf Kalium, Phosphor und weitere Mikronährstoffe angeführt.

Neben der Fruchtfolge stehen organische Düngemittel im ökologischen Landbau zur Nährstoffversorgung der Pflanzen und Böden zur Verfügung. Dabei sind die verschiedenen organischen Substanzen unterschiedlich gut geeignet. So sind Stallmist (Rottemist) und Kompost sehr gut bis gut geeignet und können zu Ertragserhöhung von 40-65 dt/ha führen. Auf schweren Böden zeigte sich sogar, dass die Zufuhr dieser organischen Düngemittel zu einer gleich hohen oder gar besseren Nährstoffbereitstellung führen als vergleichbare mineralische Düngung. Mit der Zufuhr von fester organischer Substanz wie Stallmist, Kompost und Gründüngung kann zudem der Einschränkung der Mineralisierung auf die Wurzelentwicklung aufgrund mangelnder Bodenstruktur entgegengewirkt werden (Kolbe et al. 2012). Im Vergleich zu den Düngegaben der konventionellen Landwirtschaft wird im ökologischen Landbau bemängelt, dass die organischen Substanzen nicht ausreichend pflanzenverfügbare Nährstoffe zur Verfügung stellen können und somit hohe Düngergaben notwendig wären, um an das genetische Ertragspotential der Ackerkulturen heranzukommen (Palmer et al. 2013). Die Strategien zur Erhöhung der N-Versorgung könnten daher darin bestehen, die organische Düngung auf die gesetzlich und nach den Standards für den ökologischen Landbau zulässige Höchstmenge zu erhöhen. Dies kann auch mit der Verwendung von organischen Düngemitteln mit höherem N-Gehalt kombiniert werden, wie z. B. Gülle oder Hühnerkot-Pellets (Palmer et al. 2013).

Die Erträge von viehhaltenden ökologischen Betrieben liegen größtenteils zwischen 80 und 90 % der konventionellen Ernte. Den Düngemitteln im organischen Landbau aus Viehdung und Gülle kommen für die Ertragssicherheit und Erhöhung der Erträge daher eine besondere Bedeutung zu. Da nicht alle Betriebe mit Viehhaltung wirtschaften oder teils die Besatzdichten, d.h. die Großvieheinheiten, zu klein für die Fläche sind (B03, Pos. 2) oder andersherum zu groß für die bewirtschaftete Fläche, ist die Strategie der Umverteilung der regionalen Kreisläufe eine sinnvolle Maßnahme, um die ökologisch wirtschaftenden Betriebe mit Viehdung und Gülle zu versorgen. Auch der Einsatz von Kompostierung oder Fermentation organischen Materials kann für den ökologischen Landbau an Bedeutung zunehmen. Hierzu bedarf es allerdings noch weiterer Forschung, um hochwertigen Kompost mit hoher Nährstoffverfügbarkeit und schneller Wirkung herzustellen. Zu den neueren Strategien, die noch nicht ganz ausgereift sind, zählt die Verwertung von Klärschlämmen, um die

menschlichen Ausscheidungen mit den enthaltenden Makro- und Mikronährstoffen (insbesondere Phosphor) für die Landwirtschaft verfügbar zu machen (Niggli et al. 2016).

Trotz der aufgeführten Herausforderungen muss betont werden, dass organische Dünger im Hinblick auf die Bodenqualität auch Vorteile gegenüber mineralischen Düngemitteln haben und die Ertragsfähigkeit des Bodens langfristig erhöhen können. Aufgrund der Erhöhung des Kohlenstoffhaushaltes und organischer Substanzen nimmt auch die Aktivität der Mikroorganismen und der enzymatischen Aktivität zu. So erhöht sich wiederum die Nährstoffverfügbarkeit der Pflanzen. Die langsamere Zersetzungsgeschwindigkeit organischer Substanzen zeigt ihren Effekt sogar besonders in der höheren Stabilität der ökologischen Erträge in längeren Zeiträumen (Schrama et al. 2018; Rööß et al. 2018).

Pflanzenschutz

Ertragslimitierungen durch Krankheiten, Schädlinge oder Unkrautbefall wurden in der Literatur wie in der Praxis als ein Faktor in der Erklärung des Ertragsunterschiedes zwischen den beiden Anbausystemen angeführt. Auch wenn sich die Ertragsschäden nicht genau beziffern lassen, lässt sich aus den Literaturhinweisen und Aussagen aus der Praxis schließen, dass der Pflanzenschutz für die Ertragssicherheit und Ertragssteigerung von besonderer Bedeutung ist. Insbesondere im Feldgemüsebau, der anfällig gegenüber Schädlingen und Krankheiten ist, ist dies ein wichtiger Aspekt (B02, Pos. 28; Rööß et al. 2018).

Pflanzenschutz bedeutet demnach Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung, Krankheitskontrolle und Unkrautregulierung. Für die Schädlingsbekämpfung im Bioanbau stehen wirksame Insektizide zur Verfügung, aber auch physikalische Methoden wie der Einsatz von Netzen. Wichtig hervorzuheben ist, dass auch die Vielfalt auf dem Ackerfeld und in den angrenzenden Landschaftselementen (Pufferzonen wie Hecken oder Blühstreifen oder Begleitpflanzen direkt im Feld) eine vorbeugende Strategie vor der Ausbreitung von Schädlingen ist. Die Unkrautregulierung ist mit den physikalischen Methoden auch im Bioanbau weit fortgeschritten. Hier sind besonders das Fachwissen und technisches Verständnis der Landwirt:innen in der Anwendung gefragt. Der Einsatz von Präzisionslandwirtschaft und Robotern ist die neuere Technik, die insbesondere die Unkrautbekämpfung im ökologischen Anbausystem verbessern kann (Niggli et al. 2016).

Im Bioanbau ist die Krankheitsbekämpfung herausfordernder als die Maßnahmen gegen Schädlinge, da der Einsatz von fungiziden Wirkstoffen begrenzt ist. Demnach sind vorbeugende Maßnahmen besonders wichtig. Zum Pflanzenschutz gehört demnach nicht nur

die direkte Bekämpfung von Schaderregern und Krankheiten und die bekannten Methoden zur Unkrautregulierung, sondern vorbeugende Maßnahmen, wie eine gut geplante Fruchtfolge, Anbaupausen für Einzelkulturen, Bodenbearbeitung und Anbautechniken, wie der Anbau auf Dämmen, Zwischenfruchtanbau, Vermeidung von Bodenverdichtung, um den Befall von Unkraut sowie den Befall von Krankheiten und Schädlingen aufzuhalten (Niggli et al. 2016); B02, Pos.12). Die Saatgutgesundheit ist dabei ebenfalls von besonderer Bedeutung. (B02, Pos. 12, 28). Demnach gehört die Saatgutprüfung auf Biobetrieben, die Verwendung von zertifiziertem Saatgut und die Pflanzenzüchtung zu den Schwerpunkten im zukünftigen Biolandbau und in der Forschung (Niggli et al. 2016).

Der Einsatz von resistenten Sorten gegenüber bestimmten Schaderregern ist ein weiterer Punkt, der für Ertragsstabilität und Sicherheit sorgt. Auch wenn hier keine umfassende Resistenz hervorgebracht werden kann, können die für den ökologischen Landbau zulässigen Verfahren zur Eindämmung von Krankheiten wie der Kupfereinsatz eingespart werden (B06, Pos. 16). Direkte Pflanzenschutzstrategien bleiben dennoch mit die wichtigste Strategie, um Ertragsstabilität und gute Qualität der Nutzpflanzen zu gewährleisten (Röös et al. 2018; Niggli et al. 2016).

Bodenfruchtbarkeit

Die Erhaltung einer guten Bodenstruktur und somit auch der Bodenfruchtbarkeit wurde insbesondere durch die Aussagen aus der Praxis hervorgehoben. Wissenschaftliche Erkenntnisse eines guten Bodenfruchtbarkeitsmanagements sind in einer Vielzahl verfügbar. Zu den bekannten Strategien der Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit und der Nährstoffe gehört die Fruchtfolgengestaltung. Besonders die Vorfrucht in Form von Körnerleguminosen ist für die Ertragsmenge und die N-Versorgung elementar. Die P-Verfügbarkeit kann ebenso mit der Wahl der Kulturen in der Fruchtfolge positiv beeinflusst werden, wie beispielsweise Gründüngungen, die P-Verfügbarkeit erhöhen können. Zwischenfrüchte sind wiederum in der Lage dem Boden unterschiedliche Makro- und Mikronährstoffe zu entziehen, durchwurzeln den Boden in unterschiedliche Ausmaße und bringen somit dem Boden viele Vorteile (Niggli et al. 2016).

Zu den weiteren ebenfalls bekannten Strategien zählen eine reduzierte Bodenbearbeitung, die sich positiv auf die Anzahl und Vielfalt der Bodenorganismen auswirkt. Diese Technik ist zwar vielversprechend, wird aber wenig in der Praxis angewandt, da es Befürchtungen gibt,

dass der Unkrautbefall dadurch zunehmen würde. Hierfür wäre eine Anpassung der Unkrautbekämpfungstechniken notwendig (Niggli et al. 2016).

Weitere neuere Erkenntnisse aus der Forschung wären die Beimpfung der Böden mit Rhizobien, arbuskulären Mykorrhizapilzen und pflanzenwachstumsfördernden Rhizobakterien oder der Einsatz von Bioeffektoren (wie Mykorrhiza, Pilzstämmen oder Huminsäuren), die den organischen Düngemitteln beigesetzt werden und so die Biomasseproduktion verbessern (Niggli et al. 2016).

Beratung

Das Wissen zu den bekannten Strategien ist nicht jedem landwirtschaftlichen Betrieb in einem ausreichenden Maße verfügbar oder wirtschaftliche Gründe wie beispielsweise eine Spezialisierung des Betriebs oder ein hoher Anteil weniger Marktfrüchte in der Fruchtfolge lassen die Strategien zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit nur eingeschränkt zu (Niggli et al. 2016). Dies zeigte sich auch in den Befragungen, die die Beratung als ertragssichernde oder steigernde Maßnahme beschreiben (B04, Pos. 16). Der Beratung über altbekannte wie neueste wissenschaftliche Erkenntnisse kommt des Weiteren ein wesentlicher Anteil in der Erhöhung und Stabilisierung der Erträge zu (Niggli et al. 2016).

Ertragssteigernde Strategien im Kartoffelanbau

Aus der Literatur und der Praxis lassen sich Hinweise zu Anbaumethoden im ökologischen Landbau zur Optimierung des Kartoffelanbaus im ökologischen Landbau finden. Als ertragslimitierende Faktoren haben sich besonders die Stickstoffversorgung, der Befall mit Kraut- und Knollenfäule oder Drahtwürmern herausgestellt.

Die Stickstoffversorgung der Kartoffelpflanzen kann durch eine gut geplante Fruchtfolgestaltung verbessert werden. Dabei richtet sich die Fruchtfolgestaltung nach der Bodenart, der klimatischen Lage und der gewünschten Nährstoffversorgung (Kolbe et al. 2012). Wie sich die Fruchtfolge am besten genau gestaltet, ist nach der Literatur und Praxis nicht eindeutig. Nach Kolbe et al. wurden die höchste Erträge nach mehrjährigem Leguminosengras und Ackerfutter erzielt (Kolbe et al. 2012). Auch Palmer et al.'s Studie (2013) zeigte, dass der Anbau einer dreijährigen Gras-/Klee-Pflanzung im Gegensatz zu Weizen die Erträge erheblich steigern kann. In der Untersuchung von Dreyer et al. (2011) ergaben sich dagegen die höchsten Erträge nach der Vorfrucht Getreide und die niedrigsten Erträge nach Körnerleguminosen, wobei sich in dieser Studie die Ertragshöhe nur unwesentlich zwischen

den verschiedenen Vorfrüchten unterschied. In der Praxis zeigt sich Klee gras als Stickstofflieferant, birgt aber das Risiko des Drahtwurmes. Angewandt wird auch eine Fruchtfolge aus Getreide und Gründüngung (B03, Pos. 4). Wichtig sei es auch mit der Fruchtfolge zu spielen und auszuprobieren, was am Standort geeignet ist (B03, Pos. 24). Unabhängig von der Wahl der Vorfrucht muss die Wechselwirkung zwischen der Nährstoffversorgung durch Fruchtfolge und dem Pflanzenschutz beachtet werden: nach mehrjährigem Klee gras treten oftmals Drahtwürmer oder andere Bodenschädlinge auf, die sich im Boden unter Klee gras ansammeln (B03; Pos. 4). Auch Rhizotonia kann durch die Ausbringung von organischem Material gefördert werden (Kolbe et al. 2012; Palmer et al. 2013).

Wie oben schon ausgeführt, steht bei der Kartoffel ebenfalls die Erhöhung der N-Versorgung mit organischen Düngemitteln bis zur gesetzlich zulässigen Höchstmenge an, um an das genetische Ertragspotential der Kartoffel heranzukommen (Palmer et al. 2013).

Aus den Interviews lässt sich noch rückschließen, dass neben der Stickstoffversorgung eine optimale Versorgung mit Kalium, Phosphor und weiteren Mikronährstoffen ein ertragssichernder Faktor im Kartoffelanbau ist, der teilweise im ökologischen Landbau vernachlässigt wird. Die Sicherstellung der Versorgung mit diesen Nährstoffen im Öko-Anbau kann zu Ertragsstabilität führen (B04, Pos. 14; B06, Pos. 16).

Wie oben schon näher beschrieben, hat neben der Nährstoffversorgung die zur Verfügung stehende Vegetationszeit einen entscheidenden Effekt auf die Ertragsbildung. Eingeschränkt wird diese im ökologischen Landbau besonders durch den Befall mit der Kraut- und Knollenfäule (Böhm et al. 2011b). Insgesamt scheint der Befall mit Kraut- und Knollenfäule in ökologischen Anbausystemen durch eine Kombination aus Fruchtfolge, Kupfer-Oxychlorid-Behandlung und der Verwendung widerstandsfähigerer Kartoffelsorten wie einer relativ resistenten Sorte erfolgreich bekämpft werden zu können (Palmer et al. 2013; Speiser et al. 2006). Dies wird durch Aussagen aus der Praxis gestützt, die besonders den Anbau resistenter Sorten anführen, um die Erträge im Öko-Anbau zu stabilisieren (B03, Pos.14; B04, Pos.16; B06, Pos.16).

Weiter kann eine frühe Aussaat und die Vorkeimung der Kartoffel zu höheren Erträgen zu Beginn der Saison führen, was sich besonders in Jahren mit kurzer Vegetationsperiode (z. B. bei frühem Ausbruch der Krankheit) am wirksamsten erwies (Hospers-Brands et al. 2008). Das Vorkeimen der Pflanzkartoffel hat darüber hinaus eine generelle ertragssichernde Wirkung,

da dies einen Wachstumsvorsprung von 10-14 Tagen ausmacht. Untersuchungen in Sachsen zeigten, dass das Vorkeimen einen Mehrertrag von 20% ausmachen kann (Kolbe et al. 2012).

Eine weitere Anbaumethode, die einen ertragssteigernden Effekt aufweist, ist die zusätzliche Beregnung der Kartoffelpflanze. Die Kartoffelpflanze hat relativ früh ab Beginn des Knollenansatzes und der ersten Blütenansätze einen hohen Wasseranspruch. Besonders zum Knollenwachstum wirkt sich zusätzliches Wasser positiv auf den Ertrag aus. Eine zusätzliche Beregnung kann die Erträge der Kartoffel unter Berücksichtigung der klimatischen Wasserbilanz um 20-35 % steigern. Dies lässt für den ökologischen Landbau eine Beregnung insbesondere angesichts der hohen Markterlöse der ökologisch produzierten Kartoffel wirtschaftlich erscheinen (Kolbe et al. 2012; Landzettel und Dreyer 2011; Böhm et al. 2011b).

Die Literatur wie die Aussagen aus der Praxis beschreiben die Bodenbearbeitung als wichtige Voraussetzung für den Kartoffelanbau. Das grundlegende Ziel der Grundbodenbearbeitung und der Pflanzbettvorbereitung im Kartoffelanbau ist, einen möglichst hohen Anteil der vermarktbareren Kartoffelknollen zu erreichen, wobei neben der Unkrautregulierung auch eine störungsfreie Ernte durch einen siebfähigen Boden mit der Bodenbearbeitung erzielt werden soll (Kolbe et al. 2012). Die Kartoffel ist aufgrund ihres gering ausgeprägten Wurzelwerks auf einen guten, strukturierten Boden angewiesen, um ausreichend Wasser und Nährstoffe aufzunehmen (Kolbe et al. 2012; Böhm 2011; Böhm et al. 2011b). Eine gute Bodenstruktur erzielt höhere Erträge zwischen 10-20% (Kolbe et al. 2012). Der Grundbodenbearbeitung kommt hier eine besondere Bedeutung zu.

Ertragssteigernde Strategien im Karottenanbau

Um die Ernteverluste durch Krankheits- und Schädlingsbefall im Öko-Anbau einzudämmen, sind insbesondere vorbeugende Maßnahmen relevant für eine erfolgreiche Karottenernte. Eine Anbaupause zwischen den Kulturen der Doldenblütler ist zwingend einzuhalten, um zu verhindern, dass sich Pilzkrankheiten wie Möhrenschräge (Alternaria), Sclerotinia und Chalara ausbreiten (B02, Pos. 28, 33 (Scheidiger 2015)). Getreide mit anschließender Leguminosengründung sind ideal, um die Karotte dann als Zwischenfrucht anzubauen, wobei reine Leguminosenbestände wie Luzerne oder Rotklee aufgrund der Gefahr hoher Nitratwerte und Nematodenprobleme sich ungünstig auswirken. Ältere Klee grasbestände sind als Vorkultur nicht zu empfehlen, da hierbei das Risiko eines Drahtwurmbefalles erhöht ist und Stickstoff von der Karotte nicht ideal verwertet werden kann (Oekolandbau 2021; Scheidiger 2015).

Die Praxis spricht noch die Bewässerung der Möhrenanbauflächen als ertragssichernde Maßnahme an. Besonders im Hinblick auf die Zukunft mit längeren Dürreperioden ist die Bewässerungsfähigkeit der Anbauflächen elementar (B01, Pos. 8, (Buck 2022)). Eine unzureichende Wasser- und Nährstoffversorgung lässt Schaderreger zunehmen und sorgt für Ertragsunsicherheiten im Öko-Möhrenanbau. Hilfreich, um die Nährstoffversorgung zu verbessern, sind Maßnahmen zur Blattdüngung und Pflanzenschutz. Die Pflanzengesunderhaltung trägt zu einem wesentlichen Teil zur Ertragssicherheit bei (B02, Pos. 26, 28; (Buck 2022)). Dies zeigt eine aktuelle vierjährige Versuchsreihe. Die Behandlung mit Blattdüngung (z.B. magnesiumhaltige Dünger) und direkte Bekämpfung von Laubkrankheiten mit Pflanzenschutzmaßnahmen (Schwefeleinsatz gegen Echten Mehltau, Kupfermittel gegen Blattflecken) in Kombination mit termingerechter Ausbringung mit Hilfe von zuverlässigen, modernen Vorhersagemodellen zu den erwartenden Infektionsverläufen zeigte einen Mehrertrag in allen Versuchsjahren gegenüber der Kontrollgruppe. Die ertragsbeeinflussenden Blattkrankheiten konnten in allen Versuchsjahren reduziert werden und auch die Laub- und Möhrenqualität war ebenso besser bei den behandelten Möhren. Die Kosten für die Anwendungen halten sich in der Waage mit dem Mehrerlös (Buck 2022).

Eine aktuelle Studie von Bender et al. (2020) zum Vergleich des Ertrages und der Qualität ökologisch produzierter und konventioneller produzierter Karotten zeigte, dass bei gleichem Stickstoffgehalt des Bodens der Ertrag sowie die Qualität der ökologisch produzierten Karotte dem der konventionell angebauten übersteigt. Die Erträge des Bio-Anbaus waren 14,5% höher und es gab 10 % weniger Ausschussertrag. Auch die Qualitätseigenschaften in Form geringerer Nitratwerte und höherem Vitamin-C Gehalt übertrafen den der konventionellen Karotte (Bender et al. 2020). Dieses Ergebnis wird unterstützt durch die Erkenntnisse von Ahmad et al. (2014), die in ihrer Untersuchung feststellten, dass die Kombination von organischen Quellen zur Deckung des Nährstoffbedarfs von Karotten die Produktivität von Karotten verbessert. Dabei ergaben organische Düngemittel in der Kombination halber Geflügelmist und halber Gärrest den besten Ertrag und Qualität der Karotten (Ahmad et al. 2014).

Ertragssteigernde Strategien im Zwiebelanbau

Ein ertragssichernder Faktor bei der Zwiebel ist die Saatgutqualität. Hier ist besonders darauf zu achten, dass das Saatgut gesund ist und keine Fusarien mit aufs Feld bringt. Das Jungpflanzenverfahren ist nach Aussagen aus der Praxis eine Methode, um die Erträge der Zwiebel im Öko-Anbau zu sichern. Im Anbau bekommt man mit den Jungpflanzenverfahren

zum einen eine gute Qualität und zum anderen einen Wachstumsvorsprung der Zwiebel, der mitunter das Abflammen ersparen kann (B02, Pos.24).

Für einen verkaufsfähigen Ertrag wird von der Praxis die Lagerung der Zwiebel angeführt. Eine Lagerung in belüfteten Lagern, die die Feuchte rausblasen, trägt schon zu einer Sicherung der Ernte bei (B01, Pos.22).

Ertragssteigernde Strategien im Speisekürbisanbau

Verschiedene Studien zeigen, dass der Ertrag von Kürbissen durch die Erhöhung des Pflanzenbestandes pro Hektar gesteigert werden kann (Reiners und Riggs 1999; Cushman et al. 2004; El-Hamed und Elwan 2011). Die durchschnittliche Fruchtgröße nimmt zwar mit höherem Pflanzenbestand ab, doch die höhere Anzahl von Früchten gleicht die Abnahme des Fruchtgewichtes aus. Eine kleinere Fruchtgröße wird als nicht nachteilig betrachtet, sondern kann dazu führen, dass der Kürbis unter den Verbrauchern an Beliebtheit zunimmt. Bislang gelten zu große Früchte als Kaufhindernis des Konsumenten (El-Hamed und Elwan 2011).

Bei der Erhöhung der Anzahl der Pflanzen gibt es zwei Möglichkeiten: die Abstände zwischen den Reihen oder innerhalb der Reihen können erhöht werden. Für den Öko-Anbau empfiehlt der Ökolandbau einen Reihenabstand je nach Kürbissorte zwischen 1,5 und 2,5 Meter und einen Abstand in der Reihe von 0,5 bis 1,5 Meter. In der Regel lag die Empfehlung für alle Kürbisarten bei ca. 6.000 Pflanzen pro Hektar. In den Niederlanden werden bisweilen an die 15.000 Hokkaidosamen pro Hektar ausgesät, was zu kleineren, gleichmäßiger abreifenden Früchten führt. Der Reihenabstand liegt den Empfehlungen dabei bei 75 Zentimetern, wenn eine schnelle Bedeckung der Fläche erreicht werden soll oder bei 1,5 Metern, wenn zunächst die Reihen selbst schnell geschlossen sein sollen (Oekolandbau 2022).

Die Verringerung des Pflanzabstandes ist auch abhängig vom Genotyp der Kürbispflanze. In Untersuchungen zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich des Ertrages bei gleicher Erhöhung des Pflanzbestandes zwischen verschiedenen Genotypen. Die Produktion von Kürbis könnte zusätzlich mit der Züchtung von Kürbisgenotypen mit höherem Ertrag gefördert werden (El-Hamed und Elwan 2011).

Tabelle 2: Strategien der Ertragssicherung im ökologischen Anbau, überarbeitet nach Rööös et al. 2018

<i>Interventionsbereich</i>	<i>Wichtig für</i>	<i>Strategien der Ertragssicherung</i>
<i>Bodenfruchtbarkeit</i>	<i>Alle Kulturen, insb. Betriebe ohne Viehhaltung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fruchtfolgegestaltung und -Management</i> • <i>Reduzierte Bodenbearbeitung</i> • <i>Beimpfung der Böden</i> • <i>Einsatz Bioeffektoren</i> • <i>Beratung</i>
<i>Nährstoffversorgung der Pflanzen</i>	<i>Alle Kulturen, insb. Kartoffel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Optimierte Fruchtfolgegestaltung mit Leguminosen</i> • <i>Ausbringung organischer Düngemittel auf zugelassene Höchstmenge</i> • <i>Viehhaltung und Umverteilung regionaler Kreisläufe</i> • <i>Anwendung neuer Techniken (Kompost und Fermentierung, Klärschlamm)</i> • <i>Beratung</i>
<i>Unkrautregulierung</i>	<i>Alle Kulturen, insb. Karotte und Zwiebel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bekannte Methoden der Unkrautregulierung</i> • <i>Einsatz von Robotern und Präzisionsmaschinen</i> • <i>Fruchtfolgengestaltung</i> • <i>Beratung</i>
<i>Krankheiten</i>	<i>Alle Kulturen, insb. Kartoffel, Karotte, Zwiebel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Verstärkter direkter Pflanzenschutz</i> • <i>Vorbeugende Maßnahmen wie Fruchtfolgengestaltung, Anbaupausen, Zwischenfrucht</i> • <i>Saatgut-Zertifizierung</i> • <i>Züchtung und Verwendung resistenter Sorten</i> • <i>Beratung</i>
<i>Schädlinge</i>	<i>Alle Kulturen, insb. Karotte, Kartoffel, Zwiebel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Direkter Pflanzenschutz (Einsatz von zugelassenen Schädlingsbekämpfungsmitteln und physikalischen Methoden)</i> • <i>Fruchtfolgengestaltung</i> • <i>Anbaupausen</i> • <i>Erhöhung der Vielfalt auf dem Feld und der angrenzenden Landschaft</i> • <i>Beratung</i>
<hr/> <i>Maßnahmen für die untersuchten Ackerkulturen</i> <hr/>		
<i>Kartoffel</i>		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nährstoffversorgung</i> • <i>Vorkeimung</i> • <i>Beregnung</i> • <i>Bodenbearbeitung</i>

<i>Karotte</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bewässerung</i> • <i>Pflanzengesunderhaltung</i> • <i>Ausgewogene Nährstoffversorgung</i>
<i>Zwiebel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Saatgutgesundheit</i> • <i>Jungpflanzenverfahren</i> • <i>Sachgerechte Lagerung</i>
<i>Kürbis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Erhöhung des Pflanzenbestandes</i>

6. Diskussion

Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Forschungsfragen sind die Höhe der Ertragslücke und die Ursachenklärung dieser zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft, insbesondere im Hinblick auf die Ackerkulturen Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis. Die im vorangegangenen Kapitel dargestellten Ergebnisse werden in diesem Kapitel zur Beantwortung der Forschungsfrage herangezogen und diskutiert. Anschließend erfolgen eine kritische Betrachtung und Diskussion des Forschungsprozesses und der angewandten Methodik.

6.1 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit haben die Ergebnisse der Forschung gezeigt, dass die systembedingten Ursachen der niedrigeren Erträge im Bio-Anbau insbesondere in der limitierten Nährstoffversorgung und dem limitierten Pflanzenschutz liegen. Hierzu konnten die aus der Literatur abgeleiteten Hypothesen zumindest gestützt werden. Nicht ganz bestätigt werden konnten die Hypothesen zur Unkrautregulierung, obwohl sich zeigte, dass auch die Unkrautbekämpfung einen wesentlichen Einfluss auf den Ertragserfolg hat. Abgelehnt wurde die Hypothese zur Bodenqualität. Es konnte nicht gezeigt werden, dass ökologische Betriebe überwiegend auf Ungunststandorten mit schlechten Bodeneigenschaften oder schlechten klimatischen Voraussetzungen angesiedelt sind und sich dadurch der Ertragsunterschied erklären lässt. Neue Erklärungsfaktoren, die sich in der Befragung ergaben, sind die Produktionskosten und die Züchtung und Forschung, die systembedingt eine Rolle bei den Ertragsunterschieden spielen.

Die kulturspezifischen Ursachen hängen nach den Ergebnissen dieser Untersuchung mit den systembedingten Ursachen zusammen. So ist für die Kartoffel die Nährstofflimitierung und Krankheiten und Schädlinge Faktoren in der Erklärung des Ertragsunterschiedes. Neben

der Kraut- und Knollenfäule zeigte sich insbesondere der Befall von Drahtwürmern als wesentlich für die Ernteverluste im ökologischen Landbau. Es konnten zudem noch weitere Faktoren im Kartoffelanbau identifiziert werden, die einen Einfluss auf den Ertrag haben: die Bodenstruktur, die Unkrautregulierung und die Sortenwahl. Im Möhrenanbau stellte sich vor allem der Befall von Schaderregern oder Krankheiten als Ertragsfaktor heraus. Die Hypothesen 2a und 3b konnten aufgrund fehlender Vergleichszahlen allerdings nicht vollständig angenommen werden. Dies zeigte sich auch bei der Hypothese zur Unkrautregulierung. Die Unkrautbekämpfung hat einen Einfluss auf die Ertragsmenge, dennoch konnten keine direkten Vergleiche zum konventionellen Anbau gezogen werden. Eine Bewässerung im Möhrenanbau stellte sich als neuer Aspekt in der Ursachenklärung heraus. Der ökologische Zwiebelanbau wird den Ergebnissen zufolge insbesondere durch die Unkrautregulierung und den Befall von Schädlingen oder Krankheiten beeinträchtigt. Die Hypothesen zum Speisekürbis konnten aufgrund geringer Datenlage weder bestätigt noch verworfen werden. Die vorhandene Datenlage weist darauf hin, dass das niedrige Erregerspektrum der Krankheiten und Schädlinge und die geringen Unterschiede zu den Anbaumethoden des konventionellen Anbaus für die geringe Ertragslücke verantwortlich sind.

Nachfolgend werden neue Erkenntnisse und überraschende Ergebnisse aus der Untersuchung erläutert und in den Forschungskontext eingeordnet.

Die Nährstofflimitierung des ökologischen Landbaus ergibt sich nach den Ergebnissen dieser Untersuchung aufgrund des Einsatzes organischer Düngemittel im Gegensatz zu mineralischen Düngemitteln. Die Herausforderungen, die die Anwendung organischer Düngemittel mit sich bringt und Strategien zur verbesserten Nährstoffversorgung wurden im Ergebniskapitel ausführlich dargestellt. Dadurch, dass Deutschland eine sehr intensive konventionelle Landwirtschaft betreibt mit intensiver Düngung, stellt sich im Hinblick auf die Nährstoffversorgung die Frage, wie die Ertragslücken aussehen würden, wenn die konventionelle Landwirtschaft extensiver, d.h. mit weniger Eingriffen in den Bodenhaushalt mit Düngemitteln, betrieben würde. Die Ertragsvergleiche aus osteuropäischen Ländern oder der USA und Kanada, die eine extensiver betriebene konventionelle Landwirtschaft betreiben, zeigt, dass hier die Erträge des Öko-Anbaus vergleichsweise hoch oder sogar gleich hoch sind wie die im konventionellen Anbau. So ernten US-amerikanische und kanadische Landwirt:innen im Schnitt 31 Dezitonnen Getreide pro Hektar. Die Getreideernten (ohne Körnermais) von deutschen Bio-Landwirt:innen liegen im Schnitt bei 33,6 Dezitonnen je

Hektar. Dagegen zeigt sich in Ländern mit hohen Düngegaben wie Deutschland (202 kg Mineraldünger pro Hektar) oder auch den Niederlanden (258 kg/ha) sowie Belgien (284 kg/ha) besonders hohe Ertragsunterschiede. In der Ukraine werden vergleichsweise nur 44 Kilogramm Dünger pro Hektar verwendet und in Russland 17 Kilogramm. (Oekolandbau 2020). Anzunehmen ist, dass die Ertragslücken mit einer Ökologisierung des konventionellen Anbaus geringer ausfallen würden. Angesichts aktuell steigender Produktionskosten aufgrund steigender Energiepreise und Restriktionen aus der Politik zum Einsatz von Düngemitteln ergibt sich hier möglicherweise ein zukünftiges Szenario zwar nicht unbedingt mit einer Steigerung ökologischer Erträge aber der Angleichung der Erträge zwischen den beiden Anbausystemen.

In Bezug auf die Wirkung der Unkrautregulierung ergab sich ein überraschendes Ergebnis. Die Unkrautregulierung wird in der Praxis zwar als ein bedeutender Ertragsfaktor gesehen, doch wird dies nicht als Erklärungsfaktor für die Ertragsunterschiede herangezogen. Die Effektivität des Öko-Landbaus in der Unkrautregulierung wird im Vergleich zu den Methoden des konventionellen gleichgesetzt. Hier widersprechen sich die Aussagen aus der Forschung mit den Aussagen aus der Praxis. Eine Erklärung für die unterschiedlichen Positionen kann darin liegen, dass direkte Vergleiche der effektiven Unkrautbekämpfung den Befragten nicht vorliegen. Die Aussagen stützen sich auf die Erfahrungen und Einschätzungen, die sie selbst auf dem Feld gemacht haben und beruhen auf Annahmen, wie es bei konventionellen Betrieben aussieht. Des Weiteren lässt sich ein Ertragsverlust aufgrund von einem Unkrautbefall schwierig beziffern. Erwähnt werden muss in diesem Zusammenhang auch der hohe Arbeitsstundenaufwand, der sich in der Unkrautregulierung in ökologischen Anbausystemen ergibt und auch von den Befragten angeführt wird. Ein hoher Einsatz in der Unkrautregulierung kann unter Umständen bedeuten, dass für andere Pflegemaßnahmen auf dem Betrieb weniger Zeit bleibt und sich so Erträge reduzieren.

In den Ergebnissen zeigte sich, dass ökologische Betriebe auf verschiedenen klimatischen Standorten mit unterschiedlichen Bodentypen angesiedelt sind. Die Hypothese 4 konnte nicht bestätigt werden. Die verfügbaren Untersuchungen zu der räumlichen Verteilung des Öko-Landbaus in Deutschlands sind aus den frühen 2000er Jahren. Seitdem sind zwei Jahrzehnte vergangen und der Öko-Landbau hat in Deutschland stark zugenommen. Im Jahr 2001 gab es in Deutschland 14.703 ökologische Betriebe. 2019 waren es 34.110. Dies ist eine Zunahme von rund 130 %. Die Öko-Fläche hat sich von einem Anteil von 3,57 % auf 12,93 % der

landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland erhöht (Schaack und Rampold 2021). So ist es nicht überraschend, dass sich auch die Standorte der ökologischen Betriebe diversifiziert haben.

Des Weiteren wird aus der Praxis die Züchtung und Forschung als ein Faktor in der Erklärung des Ertragsunterschiedes angeführt, der im Vorfeld der Literaturrecherche und Hypothesenentwicklung zwar erwähnt, doch nicht als Ertragsfaktor benannt wurde, aber dennoch ein wichtiger Faktor in der Erklärung der Ertragsunterschiede ist. Das Ergebnis der Befragung bezüglich der Relevanz der für den Öko-Anbau angepassten und resistenten Sorten wird durch aktuelle Beiträge aus der Forschung gestützt. Die Eigenschaften, die für den Bio-Anbau wichtig sind, wurden in den früheren Züchtungsprogrammen vernachlässigt und die Konzentration lag auf der Schaffung ertragreicher Sorten, die für die konventionellen Betriebsmittel angepasst waren. Das Fortschreiten der ökologischen Züchtung in Bezug auf eine erhöhte Krankheitsresistenz, eine verbesserte Zusammenarbeit mit Pflanzensymbionten oder höhere Resistenz und Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern kann dazu beitragen, die Ertragsunterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft zu verringern (Knapp und van der Heijden 2018; Ponisio et al. 2015).

Das Datenmaterial der jeweiligen Ackerkulturen fiel sehr unterschiedlich aus. So konnten zu der Kartoffel und der Karotte sowohl wissenschaftliche Literatur und Interviewpartner:innen in einem stärkeren Umfang gefunden werden, wohingegen Anbaumethoden für die Zwiebel und Kürbis weniger gut erforscht und publiziert werden. Aufgrund der unterschiedlichen Datenlage konnten in dieser Untersuchung verstärkt die Ursachen des Ertragsunterschiedes und ertragssteigernde Strategien für die Kartoffel und Karotte eruiert werden. Die Kartoffel sowie die Karotte nehmen in der deutschen Landwirtschaft einen höheren Stellenwert ein. Die Kartoffel ist das viertwichtigste Grundnahrungsmittel weltweit (Hambloch und Rampold 2020) und die Karotte zählt zu den bedeutendsten Bio-Gemüse Deutschlands (Oekolandbau 2020). So gesehen überrascht der deutlich höhere Anteil an wissenschaftlicher Literatur zu diesen beiden Ackerkulturen nicht. Die Ergebnisse zum Zwiebel- und Kürbisanbau müssen vor dem Hintergrund der geringeren Verfügbarkeit von Daten als eingeschränkt betrachtet werden.

Weiterhin sind die neuen Aspekte aus den Befragungen besonders interessant, die weitere Hinweise zu entscheidenden Ertragsfaktoren in der Erklärung des Ertragsunterschiedes geben. Neue Aspekte sind demnach Betriebsfaktoren, Betriebsentscheidungen und zukünftige Risiken im Anbau.

Erwähnenswert sind besonders die Betriebsentscheidungen als Wirkfaktor im Hinblick auf die Ertragsunterschiede. Unerfahrenheit und Unwissen können zu Ertragseinbußen führen. Dies ist insofern interessant, da dies im Umkehrschluss bedeutet, dass mit der Verbesserung der Management Skills und dem Aufbau eines umfassenden Erfahrungsschatzes die Erträge im ökologischen Landbau gesteigert werden können. Die Ausführungen zu den ertragssichernden Strategien zeigte ebenso, dass die Beratung einen wesentlichen Einfluss auf die Erhöhung der Erträge hat (Niggli et al. 2016). Diese Zusammenhänge gelten selbstverständlich auch für den konventionellen Anbau.

In dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass zur Sicherung und Steigerung der Erträge schon eine Vielzahl von Anbaumethoden der Landwirtschaft zur Verfügung stehen. Erwähnenswert ist das Ergebnis, dass die Erträge und die Qualität im Möhrenanbau bei gleich hohem Stickstoffgehalt im Boden höher liegen als im konventionellen Anbau. Dies wird insofern relevant im Hinblick auf die Forschungsfrage, wenn die Ziele der Farm-to-Fork-Strategie der EU mit 20 % weniger chemischer Düngereinsatz bis 2030 hinzugezogen wird (Europäische Union 2020). Mit der Eingrenzung der Stickstoffversorgung konventionell angebaute Kulturen werden sich die Stickstoffgehalte im ökologischen und konventionellen Anbau mitunter angleichen. Problematisch wiederum erscheint auch hier, dass es zwar so zu einer Angleichung der Erträge kommen kann, aber die Erträge insgesamt nicht gesteigert werden. Ein möglicher Ansatzpunkt wäre hier zum einen die Verwendung organischer Düngemittel mit höherem N-Gehalt und die Verbesserung der N-Aufnahme und N-Verwertung durch neue Sortenzüchtung, d.h. die Steigerung der Effizienz der Nährstoffnutzung von organischen Düngemitteln für ökologische sowie konventionelle Anbausysteme (Palmer et al. 2013).

Ferner ist im Hinblick auf die Ertragssteigerung im ökologischen Landbau die Debatte um die Grenzen der Ertragsmaximierung in ökologischen Anbausystemen zu beachten. In der aktuellen wissenschaftlichen Debatte wird der Fokus allein auf die Steigerung der ökologischen Erträge kritisch gesehen. Eine Effizienzsteigerung - unabhängig in welchem Anbausystem - geht mit höheren Umweltbelastungen einher und die Ausweitung von landwirtschaftlicher Fläche durch Landnutzungsänderung fast immer mit dem Verlust der Biodiversität (Berners-Lee et al. 2018; Rööös et al. 2018). Ökologische Anbausysteme arbeiten mit einem eigenen Wertesystem. Die Erzeugung von Nahrungsmitteln für den Menschen geht einher mit der Erhaltung der Biodiversität oder der Erhaltung der natürlichen Ressourcen. Bei

der Steigerung der Erträge im ökologischen Landbau muss geklärt werden, wie groß die potenzielle Ertragslücke sein darf, die die Menschheit bereit ist zu akzeptieren, um die negativen Umweltauswirkungen von Ertragsteigerungen zu vermeiden und somit nicht die Werte des Öko-Anbaus zu untergraben (Wilbois und Schmidt 2019).

6.2 Reflexion Forschungsprozess und Aussagekraft der Ergebnisse

Im Folgenden wird die Aussagekraft der Ergebnisse diskutiert und der Forschungsprozess reflektiert. Selbstkritisch sind folgende Punkte anzumerken: die Eignung des Forschungsdesigns zur Beantwortung der Forschungsfrage und die Auswirkung des Forschungsprozesses auf die Aussagekraft der Ergebnisse.

6.2.1 Forschungsdesign

Im Hinblick auf das Forschungsdesign lässt sich zu der vorliegenden Arbeit kritisch hinterfragen, inwieweit die Forschungsfrage anhand der gewählten Methodik beantwortet werden kann. Der Hauptteil der vorliegenden Arbeit beruht auf einer qualitativen Erhebung. Qualitative Erhebungen beruhen auf den Prinzipien der Offenheit, Kommunikativität und Reflexivität, wohingegen die quantitativen Methoden auf eine zeit- und kontextfreie Verallgemeinerung abzielen. In der quantitativen Methodologie werden ex-ante Hypothesen anhand der erhobenen Daten überprüft. In der qualitativen Forschung wird meist auf die Aufstellung von Hypothesen im Vorfeld verzichtet, um das Prinzip der Offenheit und der Unvoreingenommenheit vor dem Feld nicht zu verletzen und es meist darum geht neue Theorien abzuleiten (Kleipañ 2012). Anzumerken ist, dass nach wie vor keine klare Abgrenzung zwischen den quantitativen und qualitativen Forschungsparadigmen vorhanden ist und es fließende Grenzen zwischen den beiden Denkrichtungen gibt. Die Anwendung von „Mixed Methods“, bei denen sich die Forschenden „das beste aus beiden Welten“ herausuchen können, um sich ein eigenes Forschungsdesign zu konstruieren, wird mittlerweile auch als verbindendes Element zwischen den beiden Richtungen gesehen (Kleipañ 2012). Mixed Methods beschreibt demnach:

"the class of research where the researcher mixes or combines quantitative and qualitative research techniques, methods, approaches, concepts or language into a single study" (Johnson und Onwuegbuzie 2004)

Die in dieser Arbeit zu beantworteten Forschungsfragen waren zum einen die Höhe der Ertragsunterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft. Zum anderen sollte auch die Frage nach den Ursachen der Ertragslücke beantwortet werden. In der vorliegenden Arbeit handelt es sich um das sogenannte explanative Design der Mixed Methods (Hussy et al. 2013), bei dem zunächst der erste Teil der Forschungsfrage quantitativ beantwortet wurde. Die Ursachenklärung der Ertragslücke wurde anschließend mit einem qualitativen Forschungsprozess versucht zu beantworten und zu vertiefen. Hierzu wurde sich im Vorfeld an die qualitative Befragung eingehend mit der wissenschaftlichen Literatur beschäftigt und hieraus Hypothesen generiert. Mit der Befragung der Expert:innen konnten zunächst die ex-ante aufgestellten Hypothesen mit der Praxis abgeglichen werden und wiederum neue Aspekte in die Ursachenklärung einfließen. Die qualitative Erhebungsmethode brachte hier den Vorteil der eher offen gestalteten Forschungsfrage mit

Wie oben schon angeführt, ist die ex-ante Aufstellung von Hypothesen im Vorfeld einer qualitativen Untersuchung unüblich und wurde in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts sogar größtenteils von der qualitativen Sozialforschung angefochten. Die Anwendung von ex-ante Hypothesen in der qualitativen Sozialforschung wird heutzutage nicht mehr vollständig abgelehnt und ihnen sogar einen legitimen Platz eingeräumt. Die Beschäftigung mit der wissenschaftlichen Literatur wird auch als Kontrolle des Vorwissen, des Explizierens und der Reflexion der theoretischen und methodischen Vorarbeit gewertet (Meinefeld 1997).

Der ex-ante Aufstellung von Hypothesen und anschließenden Überprüfung anhand qualitativ geführter Interviews ist dementsprechend nichts entgegenzusetzen. Dennoch zeigten sich im Forschungsprozess Herausforderungen, die mit dem gewählten Forschungsdesign zusammenhängen und die Eignung des qualitativ gewählten Forschungsdesigns in Frage stellen. Die Untersuchung zeigte die Komplexität der Ursachen bezüglich der Ertragsunterschiede der zwei untersuchten Anbausysteme. Die Befragung konnte die aus der Wissenschaft gefunden Ursachen vertiefen und ergänzen. Doch auch nach dieser Untersuchung sind die Ursachen der Ertragsunterschiede nicht umfassend geklärt. Zur Klärung, welche Faktoren in den Anbausystemen welchen Einfluss in welchen Ausmaßen auf die Ertragsmenge haben, wäre die Anwendung eines quantitativen Forschungsdesigns geeigneter. Hierzu müssten allerdings eine Vielzahl an Daten⁷ von landwirtschaftlichen

⁷ Erhebung von Daten wie Standortfaktoren, Ernteverluste, Erntemengen, Anbaumethoden, Düngemittleinsatz etc.

Betrieben erhoben werden, die sehr zeitintensiv zu erheben wären oder wenn vorhanden, der Zugang sich zu diesen Daten als Hürde erweist.

Des Weiteren konnten mit dem qualitativen Forschungsdesign Hypothesen nicht vollständig bestätigt werden, da hier statistische Vergleichsdaten fehlten (beispielsweise Hypothese 2 und 3). Aussagen zu der Höhe der Ertragsschäden oder -ausfälle aufgrund von Krankheiten oder Schädlingen waren beispielsweise zu unsicher, da sie auf Schätzungen der Befragten beruhten. Dies heißt demnach nicht, dass der Öko-Landbau nicht mit höheren Ernteverlusten aufgrund von Schaderregern und Krankheiten zu rechnen hat, sondern vielmehr ein anderes Forschungsdesign im quantitativen Sinn angewandt werden müsste, um Aussagen über die Höhe der Erntemengen und -verluste treffen zu können.

6.2.2 Auswirkungen des Forschungsprozesses auf die Aussagekraft der Ergebnisse

Abgesehen vom Forschungsdesign, lässt sich der Forschungsprozess selbst im Hinblick auf die Aussagekraft der Ergebnisse reflektieren. Einfluss auf die Aussagekraft der Ergebnisse hat der Erhebungsprozess sowie die Auswertung und Interpretation der erhobenen Daten.

Während der Erhebungsphase nimmt bei qualitativen Leitfadeninterviews die befragende Person eine tragende Rolle ein, da sie an der Gestaltung der Gesprächsführung aktiv beteiligt ist. Verzerrungen sind dabei möglich und die Aussagekraft der Ergebnisse kann durch die Interviewführung weiter begrenzt sein (Bogner et al. 2014). Aufgrund der geringen Erfahrung der Interviewführerin können negative Intervieweinflüsse aufgetreten sein. Nicht alle Fragen wurden jedem Befragten gestellt und die Schwerpunktsetzung lag aufgrund der offenen Gesprächssituation bei den Befragten selbst. Dies brachte zwar neue Aspekte in die Diskussion der Ertragsunterscheide, doch wurden dabei teils vorbereitete Fragen außer Acht gelassen.

Die Auswertung der Untersuchung ist in Alleinarbeit vonstattengegangen. So ist die Kategorienbildung und die Zuordnung der einzelnen Textpassagen zu den Codes nicht von einer zweiten oder dritten Person überprüft worden. Es konnte demnach kein konsensuelles Codieren⁸ angewandt werden, welches in der qualitativen Forschung häufig praktiziert wird, um die Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen (Kuckartz 2018). Das Fehlen des konsensuellen Codierens schränkt die sogenannte interne Intercoder-Reliabilität der Untersuchung ein und

⁸ Zwei Personen codieren unabhängig voneinander einen Text und vergleichen anschließend die Codierungen. Differenzen können diskutiert und angepasst werden oder bei Uneinigkeit eine dritte Person herangezogen werden (Kuckartz 2018).

stellt einen Kritikpunkt dieser Untersuchung dar. Die Verallgemeinerung und Übertragbarkeit der Ergebnisse werden somit auch beeinflusst.

Auch die Auswahl der Expert:innen kann einen Einfluss auf die Ergebnisse der Befragungen haben. Zum einen ist die Eignung der Stichprobe für die Untersuchung der Forschungsfrage zu betrachten. Menschen, die auf landwirtschaftlichen Betrieben tätig sind, sollten als Fachleute gelten, da sie mit den täglichen Herausforderungen des Anbaus in ihrer Arbeit konfrontiert sind und hierzu vielfältige Erfahrungswerte aufweisen. Besonders die Fachberater:innen der Öko-Verbände, die sich neben der Beratung auch mit dem aktuellen Forschungsstand der Landwirtschaft auseinandersetzen, scheinen ebenso als geeignete Personen zur Beantwortung der Forschungsfrage. Zum anderen ist die Stichprobengröße von Bedeutung für die Repräsentativität der Untersuchung. Die in dieser Untersuchung begrenzte Anzahl der Befragten macht eine Verallgemeinerung der Ergebnisse problematisch. Hinzu kommt, dass nicht jeder Person die gleichen Fragen gestellt wurden und der thematische Schwerpunkt je nach Ackerkultur bei den Interviews unterschiedlich gesetzt wurde. So konnten im Hinblick auf die einzelnen Ackerkulturen mindestens nur zwei Expert:innenmeinungen angehört werden, welches die Fallauswahl somit noch weiter reduziert und die Repräsentativität stark einschränkt. Das Gütekriterium der Repräsentativität der Sozialforschung kann in dieser Untersuchung nicht erfüllt werden. Die Ergebnisse der Interviewerhebung sind nicht generalisierbar und beschränken sich so nur auf die hier dargestellte Fallauswahl. Die hier dargestellten Ergebnisse können daher nicht als Tatsachen angenommen werden, sondern stellen nur einen kleinen Ausschnitt aus der Praxis dar.

7. Schlussbetrachtung

In der Diskussion zeigte sich, dass sich die Erträge der konventionellen und ökologischen Landwirtschaft aufgrund einer Ökologisierung des konventionellen Landbaus einerseits und verbesserter Anbaustrategien im ökologischen Landbau andererseits angleichen könnten. Dies würde allerdings nicht unbedingt mit einer Steigerung der Erträge einhergehen, sondern mitunter mit insgesamt niedrigeren Erträgen, da bei einer breiten Ökologisierung der Landwirtschaft mit niedrigeren Ertragsmengen bei bestimmten Kulturen zu rechnen ist (Wilbois und Schmidt 2019).

Angesichts der fortschreitenden Klimakrise und der Bedeutung der Landwirtschaft bei der Überschreitung der planetaren Belastungsgrenzen steht es außer Frage, dass sich in der Produktionsweise unserer Lebensmittel etwas ändern muss. Auch die konventionelle

Landwirtschaft muss nachhaltigere Anbauweisen entwickeln, welche einen verringerten Düngemittel- und Pflanzenschutzinsatz erforderlich machen. Die Frage, ob die Biolandwirtschaft die Welt ernähren kann, sollte dabei nicht im Vordergrund stehen. Denn es zeigt sich, dass trotz Bevölkerungswachstum der Erdbevölkerung pro Kopf rund 30% mehr Lebensmittel zur Verfügung stehen als noch vor 60 Jahren. In den letzten Jahren wurden für Weizen und Mais Rekordernten eingefahren. Im Jahr 2020 liegen laut FAO die Getreideernten 2,6 % höher als im Jahr 2019. Auch die Getreidespeicher sind seit 2014 um ein Drittel auf 927 Millionen Tonnen angestiegen. Insgesamt liefern alle geernteten Pflanzen zusammen das 2,5 fache der benötigten Kalorienmenge. Nach UN-Schätzungen gibt es derzeit genügend Nahrung für zehn bis zwölf Milliarden Menschen auf der Erde (Herre 2021). Das heißt also, dass wir im Hinblick auf die Ernährungssicherheit vor allem die Frage nach der Verteilungsgerechtigkeit beantworten müssen als die Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge zu leisten. Und wir werden vielmehr damit konfrontiert sein, wie ein nachhaltiges Ernährungssystem gestaltet werden kann, unabhängig von den Labels konventionell oder ökologisch. Niedrigere Erträge bestimmter Kulturen können eine Folge der nachhaltigen Umgestaltung sein. Lebensmittelverschwendung, veränderte Ernährungsgewohnheiten wie eine pflanzenbasierte Ernährung oder die Reduktion der Pflanzenproduktion für Biokraftstoffe stellen allerdings dabei große Stellschrauben dar (Berners-Lee et al. 2018; Muller et al. 2017), die die niedrigeren Erträge ökologischerer und nachhaltiger Anbausysteme wieder wett machen können. Es braucht dabei einen systemischen Ansatz: Lebensmittelverschwendung angehen, Verteilungsfragen lösen, Ernährungsgewohnheiten umstellen und eine nachhaltigere Gestaltung unserer Landwirtschaft bewirken.

Diese Untersuchung bietet Anhaltspunkte für weiteres Nachforschen in der Ursachenidentifizierung der Einflussfaktoren auf den Ertragsunterschied der beiden Anbausysteme. Obwohl einige Faktoren in der Ursachenklärung identifiziert werden konnten, die zu den niedrigeren Erträgen im ökologischen Landbau führen, konnten nicht alle Faktoren vollständig überprüft und bestätigt werden. Zudem gibt es Hinweise, dass weitere Faktoren in der Erklärung des Ertragsunterschiedes eine wesentliche Rolle spielen (wie die Art der Fruchtfolgengestaltung und weitere Anbaumethoden). Die potenziell zu erreichende Ertragsmenge ist extrem kontextabhängig und ein Zusammenspiel verschiedener Einflussfaktoren, die sich gegenseitig beeinflussen.

Zum anderen besteht weiterer Forschungsbedarf zu Methoden der Steigerung der ökologischen Erträge, ohne die Umweltleistungen des Öko-Anbaus zu untergraben. Der Schwerpunkt der zukünftigen Agrarforschung sollte sich weg von der Ertragsmaximierung durch verstärkten Input bzw. Betriebsmitteln hin zu einer Ertragsmaximierung durch eine Umwandlung der natürlichen Ressourcen verschieben. Dies heißt in anderen Worten, dass weiterer Forschungsbedarf in der Züchtung von Sorten, die unter ökologischen Anbaubedingungen ihr Ertragspotential entfalten können wie beispielsweise die Bodenfruchtbarkeit, aufgrund verbesserter rhizosphärischen Eigenschaften effizienter genutzt werden können, indem sie Mikronährstoffe durch die Wurzel besser aufnehmen können (Wilbois und Schmidt 2019). Oder die Anwendung neuer Technologien, die sinnvoll in der ökologischen Landwirtschaft eingesetzt werden können wie Robotik und Sensorik.

8. Literaturverzeichnis

Ahmad, T.; Amjad, M.; Iqbal, Q.; Nawaz, A.; Iqbal, Z. (2014): Integrated nutrient management practices improve growth and yield of carrot. In: *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 20 (6), S. 1457–1465.

Bachinger, Johann (2002): Ökolandbau und Nordostdeutschland. In: *FORSCHUNGSReport Verbraucherschutz - Ernährung - Landwirtschaft*, S. 30–34.

Bachmann, Daniel (2016): Kulturblatt Speisekürbis. Hg. v. Strickhof Fachstelle Gemüsebau. Online verfügbar unter <https://redaktion.strickhof.ch/server/api/Dokument/GetDokument?id=70>, zuletzt geprüft am 28.02.2022.

Badgley, Catherine; Moghtader, Jeremy; Quintero, Eileen; Zakem, Emily; Chappell, M. Jahi; Avilés-Vázquez, Katia et al. (2007): Organic agriculture and the global food supply. In: *Renewable Agriculture and Food Systems*: (22 (2)), S. 86–108. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1017/S1742170507001640>, zuletzt geprüft am 28.12.2021.

Bäßler, Reinhold (2005): Primärbefall der Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) mit *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary unter Berücksichtigung zweier physikalischer Bodenparameter und einer Pflanzgutbeizung. Technische Universität München. Online verfügbar unter <https://mediatum.ub.tum.de/603639>.

Bender, Ingrid; Edesi, Liina; Hiiesalu, Inga; Ingver, Anne; Kaart, Tanel; Kaldmäe, Hedi et al. (2020): Organic Carrot (*Daucus carota* L.) Production Has an Advantage over Conventional in Quantity as Well as in Quality. In: *Agronomy* 10 (9), S. 1420. DOI: 10.3390/agronomy10091420.

Berners-Lee, M.; Kennelly, C.; Watson, R.; Hewitt, C. N. (2018): Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. In: *Elementa: Science of the Anthropocene* 6. DOI: 10.1525/elementa.310.

Bichler, Barbara; Lippert, Christian; Häring, Anna Maria und Dabbert, Stephan (2005): Die Bestimmungsgründe der räumlichen Verteilung des ökologischen Landbaus in Deutschland. In: *Berichte über Landwirtschaft* (Band 83 (1)), S. 50–75.

Bogner, Alexander; Littig, Beate; Menz, Wolfgang (2014): Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung. Wiesbaden: Springer (Qualitative Sozialforschung). Online verfügbar unter <http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-531-19416-5>.

Böhm, Herwart (Hg.) (2011): Abschlussbericht zum Verbundvorhaben Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion. *Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research* (Sonderheft 348): Johann Heinrich von Thünen-Institut.

Böhm, Herwart; Dreyer, Wilfried; Buchecker, Kirsten (2011a): Anbaubedeutung von Kartoffeln im Ökologischen Landbau, Vermarktung und zukünftige Entwicklung. In: Herwart Böhm (Hg.): Abschlussbericht zum Verbundvorhaben Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion. *Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research* (Sonderheft 348): Johann Heinrich von Thünen-Institut, S. 15–24.

Böhm, Herwart; Gronle, Annkathrin; Dreyer, Wilfried; Landzettel, Christian; Buchecker, Kirsten; Mahnke-Plesker, Sylvia; Westhues, Franz (2011b): Bestimmungsfaktoren für den Ertrag sowie die Qualitätsausbildung von ökologisch erzeugten Kartoffeln unter Verwendung der multiplen Regressionsanalyse. In: Herwart Böhm (Hg.): Abschlussbericht zum Verbundvorhaben Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion. *Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research* (Sonderheft 348): Johann Heinrich von Thünen-Institut, S. 129–139.

Brückler, Martin; Resl, Thomas; Reindl, Andreas (2017): Comparison of organic and conventional crop yields in Austria. In: *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment* (Volume 68, Issue 4), S. 223–236.

Buck, Holger (2022): Paradigmenwechsel im Bio-Lagergemüseanbau. In: *ÖKomenischer Gärtnerrundbrief* (Nr. 01-2022).

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Hg.) (2020): Bericht zur Markt- und Versorgungslage. Kartoffeln. Online verfügbar unter https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Kartoffeln/2020BerichtKartoffeln.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2021a): Die Bedeutung des Bodens für die Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-funktioniert-landwirtschaft-heute/die-bedeutung-des-bodens-fuer-die-landwirtschaft>, zuletzt aktualisiert am 21.03.2022, zuletzt geprüft am 21.03.2022.

Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2021b): Kartoffeln. Online verfügbar unter <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaftliche-produkte/wie-werden-unsere-lebensmittel-erzeugt/pflanzliche-produkte/kartoffeln>, zuletzt aktualisiert am 21.03.2022, zuletzt geprüft am 21.03.2022.

Bundeszentrum für Ernährung (2020): Kartoffeln: Erzeugung. Online verfügbar unter <https://www.bzfe.de/lebensmittel/vom-acker-bis-zum-teller/kartoffeln/kartoffeln-erzeugung/>, zuletzt aktualisiert am 21.02.2022, zuletzt geprüft am 21.02.2022.

Campbell, Bruce M.; Beare, Douglas J.; Bennett, Elena M.; Hall-Spencer, Jason M.; Ingram, John S. I.; Jaramillo, Fernando et al. (2017): Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. In: *E&S* 22 (4). DOI: 10.5751/ES-09595-220408.

Cassman, Kenneth (2007): Editorial response by Kenneth Cassman: Can Organic agriculture feed the world - science to the rescue. In: *Renewable Agriculture and Food Systems*: (22(2)), S. 83–84. DOI: 10.1017/S1742170507001871.

Clark, Michael; Tilman, David (2017): Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. In: *Environ. Res. Lett.* 12 (6), S. 64016. DOI: 10.1088/1748-9326/aa6cd5.

Connor, D. J. (2008): Organic agriculture cannot feed the world. In: *Field Crops Research* 106 (2), S. 187–190. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.11.010.

Cushman, Kent E.; Horgan, Thomas E.; Nagel, David H.; Gerard, Patrick D. (2004): Plant Population Affects Pumpkin Yield Components. In: *horttech* 14 (3), S. 326–331. DOI: 10.21273/HORTTECH.14.3.0326.

Davis, R. Michael; Nunez, Joe (2007): Integrated Approaches for Carrot Pests and Diseases Management. In: A. Ciancio und K. G. Mukerji (Hg.): General Concepts in Integrated Pest and Disease Management. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 149–188.

DLG (2019): DLG-Merkblatt 449. Mechanische Unkrautregulierung - Technik für die Praxis. Frankfurt am Main. Online verfügbar unter https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_449.pdf, zuletzt geprüft am 03.03.2022.

Dreyer, Wilfried; Böhm, Herwart; Dresow, Jana F. (2011): Fruchtfolgestellung und N-Versorgung von Kartoffeln im Ökologischen Landbau sowie Möglichkeiten der Überprüfung des N-Versorgungsstatus. In: Herwart Böhm (Hg.): Abschlussbericht zum Verbundvorhaben Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion. Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research (Sonderheft 348): Johann Heinrich von Thünen-Institut, S. 43–54.

El-Hamed, Khalid El-Sayed Abd; Elwan, Mohammed Wasfy Mohammed (2011): Dependence of Pumpkin Yield on Plant Density and Variety. In: *AJPS* 02 (05), S. 636–643. DOI: 10.4236/ajps.2011.25075.

Europäische Union (2018): Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 843/2007 des Rates. EU-VO 2018/848. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=de>, zuletzt geprüft am 22.01.2022.

Europäische Union (2020): Farm to Fork Strategy. For a fair, healthy and environmentally-friendly food system. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf, zuletzt aktualisiert am 30.05.2022, zuletzt geprüft am 30.05.2022.

Forster, F. J.; Reents, H. J.; Schmid, H.; Hülsbergen, K. J. (2015): Ursachen für Ertragsunterschiede in Betrieben mit unterschiedlicher Wirtschaftsweise und Betriebsstruktur in zwei Regionen Deutschlands am Beispiel von Winterweizen. TUM. München.

Fuchs, Alexander; Mansberg, Arved von; Rascher, Birgit (2005): Neue Anbaustrategien bei Zwiebel als vorbeugende Maßnahme zur Vermeidung von Krankheiten (Falscher Mehltau, Fusarien) im Zwiebelanbau. Hg. v. Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖLN).

Gerten, Dieter; Heck, Vera; Jägermeyr, Jonas; Bodirsky, Benjamin Leon; Fetzer, Ingo; Jalava, Mika et al. (2020): Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. In: *Nat Sustain* 3 (3), S. 200–208. DOI: 10.1038/s41893-019-0465-1.

Gerten, Dieter; Hoff, Holger; Rockström, Johan; Jägermeyr, Jonas; Kummu, Matti; Pastor, Amandine V. (2013): Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use:

role of environmental flow requirements. In: *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5 (6), S. 551–558. DOI: 10.1016/j.cosust.2013.11.001.

Haas, Guido; Zenger, Corinna; Freyer, Bernhard (2003): Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen: Bestimmungsgründe der räumlichen Verteilung. In: *Ökologischer Landbau der Zukunft: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*. Online verfügbar unter <https://orgprints.org/13908/>.

Hambloch, Christoph; Rampold, Christine (2020): AMI Markt Bilanz Kartoffeln 2020/2021. Daten, Fakten, Entwicklungen, Deutschland, EU, Welt. Hg. v. AMI.

Herre, Roman (2021): So viel Hunger - so viel Nahrung. Warum es uns nicht gelingt, das Recht auf Nahrung für alle Menschen durchzusetzen. In: *Rundbrief. Forum Umwelt und Entwicklung* 2021 (2).

HLPE (2020): Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. Online verfügbar unter <https://www.fao.org/3/ca9731en/ca9731en.pdf>, zuletzt geprüft am 14.06.2022.

Hospers-Brands, A. J. T. M.; Ghorbani, R.; Bremer, E.; Bain, R.; Litterick, A.; Halder, F. et al. (2008): Effects of Presprouting, Planting Date, Plant Population and Configuration on Late Blight and Yield of Organic Potato Crops Grown with Different Cultivars. In: *Potato Res.* 51 (2), S. 131–150. DOI: 10.1007/s11540-008-9095-0.

Hussy, Walter; Schreier, Margrit; Echterhoff, Gerald (2013): Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor. Unter Mitarbeit von Walter Hussy, Margrit Schreier und Gerald Echterhoff. 2., überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1554162>.

Johnson, R. Burke; Onwuegbuzie, Anthony J. (2004): Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. In: *Educational Researcher* 33 (7), S. 14–26. DOI: 10.3102/0013189X033007014.

Kirchmann, H.; Kätterer, T.; Bergström, L.; Börjesson, G.; Bolinder, M. A. (2016): Flaws and criteria for design and evaluation of comparative organic and conventional cropping systems. In: *Field Crops Research* 186, S. 99–106. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.11.006.

Kirchmann, Holger; Bergström, Lars; Kätterer, Thomas; Andrén, Olof; Andersson, Rune (2008): Can Organic Crop Production Feed the World? In: Holger Kirchmann und Lars Bergström (Hg.): *Organic Crop Production – Ambitions and Limitations*. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 39–72.

Kleipass, Ulrich (2012): Die Auswahl des Forschungsdesigns. In: Ulrich Kleipass (Hg.): *Beratungszufriedenheit bei B2B-Lösungen. Eine Relationship-Marketing-Perspektive aus der Sicht von IT-Nachfragern*. Wiesbaden: Springer Gabler (Gabler Research. Schriften zum Europäischen Management), S. 121–127.

Klöble, Ulrike (Hg.) (2019): *Faustzahlen für den Ökologischen Landbau*. Unter Mitarbeit von Johann Bachinger. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. 2. Auflage. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL.

Knapp, Samuel; van der Heijden, Marcel G.A. (2018): A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. In: *Nature Communications* (9). Online verfügbar unter <https://www.nature.com/articles/s41467-018-05956-1.pdf>, zuletzt geprüft am 03.01.2022.

Kniss, Andrew R.; Savage, Steven D.; Jabbour, Randa (2016): Commercial Crop Yields Reveal Strengths and Weaknesses for Organic Agriculture in the United States. In: *PLOS ONE* 11 (8), e0161673. DOI: 10.1371/journal.pone.0161673.

Kolbe, Hartmut; Karalus, Wolfgang; Schuster, Martin; Hänsel, Martin; Schaerff, Annette; Pölit, Birgit (2012): Kartoffeln im Ökolandbau. Information für Praxis und Beratung. Hg. v. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

Koller, Martin; Lichtenhahn, Martin; Six, Roswitha (2007): Merkblatt. Biologischer Anbau von Zwiebeln. Hg. v. Bio-Austria, Bioland, KÖN & FiBL.

Kuckartz, Udo (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim/Basel: Beltz Juventa.

Kusche, D.; Hoppe, J.; Hupe, A.; Heß, J. (2019): Wasserschutz. In: Jörn Sanders und Jürgen Heß (Hg.): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft: Johann Heinrich von Thünen-Institut, S. 25–57.

Lammerts van Bueren, E. T.; Jones, S. S.; Tamm, L.; Murphy, K. M.; Myers, J. R.; Leifert, C.; Messmer, M. M. (2011): The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: A review. In: *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences* 58 (3-4), S. 193–205. DOI: 10.1016/j.njas.2010.04.001.

Land schafft Leben (2022): Die hohe Schule des Anbaus: Zwiebel. Online verfügbar unter <https://www.landschaftleben.at/lebensmittel/zwiebel/herstellung/die-hohe-schule-des-anbaus>, zuletzt aktualisiert am 21.03.2022, zuletzt geprüft am 21.03.2022.

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) (2014): Hinweise zum Pflanzenbau. Kartoffel. Online verfügbar unter https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E1890736380/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Service/Schriftenreihen/Hinweise%20zum%20Pflanzenbau/Hinweise%20zum%20Pflanzenbau_Kartoffel.pdf, zuletzt geprüft am 28.02.2022.

Landzettel, Christian; Dreyer, Wilfried (2011): Anbaumethoden auf den untersuchten Projektbetrieben. In: Herwart Böhm (Hg.): Abschlussbericht zum Verbundvorhaben Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion. Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research (Sonderheft 348): Johann Heinrich von Thünen-Institut, S. 31–42.

Lichtenhahn, Martin (1998): Merkblatt. Karotten. Hg. v. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). Online verfügbar unter <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1014-karotten.pdf>, zuletzt geprüft am 23.02.2022.

Meinefeld, Werner (1997): Ex-ante Hypothesen in der Qualitativen Sozialforschung: zwischen „fehl am Platz“ und „unverzichtbar“. In: *Zeitschrift für Soziologie* 26 (1), S. 22–34. DOI: 10.1515/zfsoz-1997-0102.

Misoch, Sabina (2015): *Qualitative Interviews*. 2015. Aufl. Linz: Institut für Sozial- und Wirtschaftswissenschaften.

Muller, Adrian; Schader, Christian; El-Hage Scialabba, Nadia; Brüggemann, Judith; Isensee, Anne; Erb, Karl-Heinz et al. (2017): Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. In: *Nature Communications* 8 (1), S. 1290. DOI: 10.1038/s41467-017-01410-w.

Niggli, Urs; Schmidt, Jennifer; Watson, Christine; Kriipsalu, Mait; Shanskiy, Merrit; Barberi, Paolo et al. (2016): Organic Knowledge Network Arable - State-of-the-art research results and best practices. Research Institute of Organic Agriculture FiBL. Online verfügbar unter https://orgprints.org/id/eprint/30506/1/OK_Net_WP3_D31_final.pdf, zuletzt geprüft am 29.05.2022.

Noleppa, Steffen (2016): Pflanzenschutz in Deutschland und Biodiversität. Auswirkungen von Pflanzenschutzstrategien der konventionellen und ökologischen Landbewirtschaftung auf die regionale und globale Artenvielfalt. Hg. v. HFFA Research. Berlin.

Oekolandbau (2020): Erträge im biologischen und konventionellen Landbau. Online verfügbar unter <https://www.oekolandbau.de/handel/marktinformationen/der-biomarkt/marktberichte/ertraege-im-biologischen-und-konventionellen-landbau/>, zuletzt aktualisiert am 18.02.2022, zuletzt geprüft am 18.02.2022.

Oekolandbau (2021): Oekolandbau: Möhren. Online verfügbar unter <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/spezieller-pflanzenbau/gemuese/feldgemuesebau/moehren/>, zuletzt aktualisiert am 23.02.2022, zuletzt geprüft am 23.02.2022.

Oekolandbau (2022): Oekolandbau: Kürbisse. Online verfügbar unter <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/spezieller-pflanzenbau/gemuese/feldgemuesebau/kuerbisse/>, zuletzt aktualisiert am 28.02.2022, zuletzt geprüft am 28.02.2022.

Palmer, Mike W.; Cooper, Julia; Tétard-Jones, Catherine; Średnicka-Tober, Dominika; Barański, Marcin; Eyre, Mick et al. (2013): The influence of organic and conventional fertilisation and crop protection practices, preceding crop, harvest year and weather conditions on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum*) in a long-term management trial. In: *European Journal of Agronomy* 49, S. 83–92. DOI: 10.1016/j.eja.2013.03.004.

Persson, Linn; Carney Almroth, Bethanie M.; Collins, Christopher D.; Cornell, Sarah; Wit, Cynthia A. de; Diamond, Miriam L. et al. (2022): Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. In: *Environmental science & technology* 56 (3), S. 1510–1521. DOI: 10.1021/acs.est.1c04158.

Pittelkow, Cameron M.; Liang, Xinqiang; Linqvist, Bruce A.; van Groenigen, Kees Jan; Lee, Juhwan; Lundy, Mark E. et al. (2015): Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. In: *Nature* 517 (7534), S. 365–368. DOI: 10.1038/nature13809.

Ponisio, L. C.; M’Gonigle, L. K.; Mace, K. C.; Palomino, J.; Valpine, P. de; Kremen, C. (2015): Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. In: *Proc. R. Soc. B* 282: 20141396. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>.

Ponti, Tomek de; Rijk, Bert; van Ittersum, Martin K. (2012): The crop yield gap between organic and conventional agriculture. In: *Agricultural Systems* (108), S. 1–9.

Rahmann, Gerold; Nieberg, Hiltrud; Drengemann, Susanne; Fenneker, Alois; March, Solveig; Zurek, Christina (2004): Bundesweite repräsentative Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzes. Sonderheft 276. Hg. v. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).

Reiners, Stephen; Riggs, Dale I.M. (1999): Plant Population Affects Yield and Fruit Size of Pumpkin. In: *HortSci* 34 (6), S. 1076–1078. DOI: 10.21273/HORTSCI.34.6.1076.

Rockström, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin; Persson, Asa; Chapin, F. Stuart; Lambin, Eric F. et al. (2009): A safe operating space for humanity. In: *Nature* 461 (7263), S. 472–475. DOI: 10.1038/461472a.

Röös, Elin; Mie, Axel; Wivstad, Maria; Salomon, Eva; Johansson, Birgitta; Gunnarsson, Stefan et al. (2018): Risks and opportunities of increasing yields in organic farming. A review. In: *Agron. Sustain. Dev.* 38 (2). DOI: 10.1007/s13593-018-0489-3.

Savary, Serge; Willocquet, Laetitia; Pethybridge, Sarah Jane; Esker, Paul; McRoberts, Neil; Nelson, Andy (2019): The global burden of pathogens and pests on major food crops. In: *Nat Ecol Evol* 3 (3), S. 430–439. DOI: 10.1038/s41559-018-0793-y.

Schaack, Diana; Rampold, Christine (2021): AMI Markt Bilanz Öko-Landbau 2021. Daten, Fakten, Entwicklungen, Deutschland, EU, Welt. Hg. v. AMI.

Scheidiger, Margareta (2015): Kulturblatt Karotten. Hg. v. Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg. Online verfügbar unter <https://arenenberg.tg.ch/public/upload/assets/14899/2015%20Kulturblatt%20Karotte.pdf>, zuletzt geprüft am 24.02.2022.

Schrama, M.; Haan, J. J. de; Kroonen, M.; Versteegen, H.; van der Putten, W. H. (2018): Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 256, S. 123–130. DOI: 10.1016/j.agee.2017.12.023.

Schrot&Korn (2004): Bio-Möhrenanbau. Online verfügbar unter <https://schrotundkorn.de/umwelt/bio-moehrenanbau>, zuletzt aktualisiert am 24.02.2022, zuletzt geprüft am 24.02.2022.

Seufert, Verena; Ramankutty, Navin; Foley, Jonathan A. (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture. In: *Nature* (VOL 485), S. 229–232.

Speiser, B.; Tamm, L.; Amsler, T.; Lambion, J.; Bertrand, C.; Hermansen, A. et al. (2006): Improvement of Late Blight Management in Organic Potato Production Systems in Europe: Field Tests with More Resistant Potato Varieties and Copper Based Fungicides. In: *Biological Agriculture & Horticulture* 23 (4), S. 393–412. DOI: 10.1080/01448765.2006.9755339.

Steffen, Will; Richardson, Katherine; Rockström, Johan; Cornell, Sarah E.; Fetzer, Ingo; Bennett, Elena M. et al. (2015): Sustainability. Planetary boundaries: guiding human

development on a changing planet. In: *Science (New York, N.Y.)* 347 (6223), S. 1259855. DOI: 10.1126/science.1259855.

Theiler, Robert; Buser, Hanspeter; Vidalli, Otto (2004): Zwiebeln (*allium cepa* L.). Sorten, Anbau, Lagerung. In: *AGRARForschung* (11), S. 504–509. Online verfügbar unter https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2004_1112_915.pdf, zuletzt geprüft am 21.03.2022.

UmweltDialog (2016): Verursacht Ökolandbau größere Biodiversitätsverluste als konventioneller Ackerbau? Online verfügbar unter <https://www.umweltdialog.de/de/wirtschaft/produktion/2016/Verursacht-Oekolandbau-groessere-Biodiversitaetsverluste-als-konventioneller-Ackerbau.php>, zuletzt geprüft am 04.01.2022.

UN (2021a): The State of Food Security and Nutrition in the World. Transforming Food Systems for Food Security, improved Nutrition and affordable Healthy Diets for all. Hg. v. Welternährungsprogramm (WFP), Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO), Kinderhilfsprogramm (Unicef), Weltgesundheitsorganisation (WHO), Fonds für Landwirtschaftsentwicklung (Ifad).

UN (2021b): Ziele für nachhaltige Entwicklung. Bericht 2021. Online verfügbar unter <https://www.un.org/depts/german/millennium/SDG%20Bericht%202021.pdf>, zuletzt geprüft am 14.06.2022.

Vogt, Stefanie; Werner, Melanie (2014): Forschen mit Leitfadeninterviews und qualitativer Inhaltsanalyse. Köln. Online verfügbar unter https://www.th-koeln.de/mam/bilder/hochschule/fakultaeten/f01/skript_interviewsqualinhaltsanalyse-fertig-05-08-2014.pdf, zuletzt geprüft am 06.04.2022.

Wang-Erlandsson, Lan; Tobian, Arne; van der Ent, Ruud J.; Fetzer, Ingo; te Wierik, Sofie; Porkka, Miina et al. (2022): A planetary boundary for green water. In: *Nat Rev Earth Environ*. DOI: 10.1038/s43017-022-00287-8.

WBAE (2020): Politik für eine nachhaltigere Ernährung. Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz. Hg. v. BMEL. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/wbae-gutachten-nachhaltige-ernaehrung.html, zuletzt geprüft am 22.01.2022.

Wilbois, Klaus-Peter; Schmidt, Jennifer (2019): Reframing the Debate Surrounding the Yield Gap between Organic and Conventional Farming. In: *Agronomy* 9 (2), S. 82. DOI: 10.3390/agronomy9020082.

Wittwer, Raphaël A.; Bender, S. Franz; Hartmann, Kyle; Hydbom, Sofia; Lima, Ruy A. A.; Loaiza, Viviana et al. (2021): Organic and conservation agriculture promote ecosystem multifunctionality. In: *Science Advances* (7). Online verfügbar unter <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/sciadv.abg6995>, zuletzt geprüft am 03.01.2022.

9. Anhang

Anhang 1: Anbauinformationen Kartoffeln

Standortansprüche	<ul style="list-style-type: none">• Gute Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Böden, gut geeignet: leichte bis mittelschwere Böden, humose lehmige Sande und Lehmböden; Schwere, bindige oder sehr leichte Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit gehen mit Ertrags- und Qualitätseinbußen einher¹• Gut, strukturierter Boden mit möglichst hohem Anteil an verrotteter organischer Substanz¹• Boden pH-Wert zwischen 5,0 und 6,0 optimal (hier Fruchtfolge beachten)¹• Kartoffel hat ab dem Beginn des Knollenansatzes, dabei werden die ersten Blütenansätze sichtbar, einen hohen Wasseranspruch¹
Nährstoffversorgung und Düngung	<ul style="list-style-type: none">• Nährstoffaufnahme geht Trockensubstanzbildung und Massenzuwachs zeitlich voraus (P,Mg,N,K,Ca), d.h. Nährstoffe müssen frühzeitig zur Verfügung stehen¹• Fehlen Nährstoffe in der Phase der Krautentwicklung (Mai, Juni) schlägt sich dies über verringerte Blattmasse- und Photosyntheseleistung nieder → Ertragseinbußen¹• Auf schweren Böden kann durch Zufuhr von festem organischem Düngemittel (Stallmist, Kompost, Gründüngung) die Einschränkung der Mineralisierung auf Wurzelentwicklung entgegengewirkt werden¹
Fruchtfolge und Zwischenfruchtanbau	<ul style="list-style-type: none">• Fruchtfolgengestaltung richtet sich nach Bodenart, klimatische Lage und Nährstoffversorgung¹• Höchste Erträge oft nach mehrjährigen Leguminosengras und Ackerfutter¹• Zu beachten: bei hohem Stickstoffangebot Gefahr der N-Auswaschung und Senkung der Knollenqualität¹• Wechselwirkung zwischen Nährstoffversorgung und Pflanzenschutz: nach mehrjährigem Klee gras können Drahtwürmer auftreten oder Rhizoctonia wird durch organische Materialien gefördert¹
Sortenwahl	<ul style="list-style-type: none">• Sortenwahl abhängig von Standortbedingungen und Anbauverfahren¹• Sehr frühe, frühe, mittelfrühe, mittelspäte bis späte Sorten¹• Empfehlung mehrere Sorten anzubauen mit Ziel der Risikominderung¹• Verwendung von zertifiziertem Pflanzgut ist aufgrund der geringen Virusbelastung anzuraten. Bei der Verwendung von eigenem Nachbau muss mit einer Ertragsdepression von 20 – 30 % pro Jahr gerechnet werden¹
Anbautechnik und Pflegemaßnahmen	<ul style="list-style-type: none">• Evtl. Vorkeimung der Pflanzkartoffel¹• Pflanzzeitpunkt abhängig von Witterung und Bodenart, Anfang bis Mitte April auf leichten Standorten, schwere Standorte ca. 2 Wochen später¹• Unkrautregulierung: in der Regel mechanisch¹• Bodentemperaturen von 8-10 C beste Keimung¹• Für lange Vegetationsperiode möglichst früh in Erde, aber Gefahr von Frostschäden¹• Anbau in Dämmen²
Krankheiten und Schädlinge	<ul style="list-style-type: none">• Rhizoctonia, Silberschorf und Drahtwurm führen zu nicht Vermarktung der befallenen Knollen¹• Kraut- und Knollenfäule als wichtigste Krankheit im Anbau¹• Nassfäule und Schwarzbeinigkeit¹• Kartoffelkäfer¹• Dürrfleckenkrankheit¹

-
- *Kartoffelschorf*¹
 - *Kartoffelzystennematode*¹
 - *Eisenfleckigkeit*¹
 - *Y-Virus und Blattrollvirus*¹

Pflanzenschutz

- *Im Öko-Landbau: gegen Kraut- und Knollenfäule: Kupfer-Beizung (bei Demeter ausgeschlossen) alternativ Pflanzenstärkungsmittel, Generell: Einsatz anerkanntes Pflanzgut und Bodenproben*¹
- *Konventionell: vorbeugend mit Fungiziden, da zur kurativen Behandlung keine ausreichend wirksamen Mittel zur Verfügung stehen*¹
- *Um Krankheiten zu vermeiden ist auf eine weite Fruchtfolge und auf Sorten zu achten, die vor allem widerstandsfähig sind gegen Kraut- und Knollenfäule, Dürrfleckenkrankheit, Schorf, Eisenfleckigkeit und Virose
Im Anbau von Speisekartoffeln beschränkt sich die Bekämpfung von Schädlingen meist auf den Kartoffelkäfer*³

Besonderheiten Öko-Landbau

- *Standortwahl fällt im Öko-Landbau besondere Bedeutung zu*¹
- *Organische Düngemittel unterschiedlich gut geeignet (Stallmist (Rottemist) und Kompost sehr gut bis gut geeignet), können zu Ertragserhöhung führen (40-65 dt/ha)*¹
- *Vorkeimen der Pflanzkartoffel als Ertragssicherung im Öko-Landbau (Wachstumsvorsprung von 10-14 Tagen)*¹
- *hohe Markterlöse von Kartoffeln lassen eine Beregnung auch im Ökologischen Landbau trotz niedriger Ernteerträge wirtschaftlich und aussichtsreich erscheinen. Im konventionellen Landbau kann mit 20 – 35 % Mehrertrag durch 65 – 150 mm Beregnungswasser, verregnet unter Berücksichtigung der klimatischen Wasserbilanz, bei Kartoffeln gerechnet werden*¹
- *Vorteilhaft im ökologischen Anbau sind gute Vorfruchtwirkungen und der Effekt der Unkrautbekämpfung*²

Quellen: ¹Kolbe et al. 2012; ²Bundeszentrum für Ernährung 2020; ³Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) 2014

Anhang 2: Anbauinformationen Karotten

Standortansprüche

- Geringe Ansprüche an Klima¹
- Windoffene Feldlagen sind zu bevorzugen¹
- Nur siebfähige Böden sind geeignet (Sand, lehmiger Sand, anmooriger Boden); leichte tiefgründige Böden¹
- Karotten ertragen trockene Bedingungen besser als Nässe. Schon zwei Tage im stehenden Wasser haben zur Folge, dass die Karotten nicht mehr lagerfähig sind. Trockenheit kann zu Bitterkeit und unerwünschten Deformationen führen¹
- Eine gleichmäßige Bodenfeuchtigkeit fördert die Qualität und den Ertrag maßgeblich. In Gebieten mit regelmäßiger Sommertrockenheit ist es empfehlenswert, eine Bewässerungsmöglichkeit einzurichten. Zur Keimung und zur Wurzelbildung ist der Wasserbedarf am größten^{1,2}
- pH-Wert von über 5,5 auf Sandböden; auf schweren Böden über 6. Bei einem zu niedrigen pH-Wert kann es zu Auflaufschwierigkeiten und Wachstumsdepressionen kommen³

Nährstoffe und Düngung

- Karotten sind mittelstarke Nährstoffzehrer mit hohem Kalibedarf. Sie besitzen ein gutes Nährstoffaneignungsvermögen¹

Bodenvorbereitung

- Ein gut gelockerter Boden ist eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Karottenkultur¹
- Das Saatbeet wegen Verschlammungsgefahr nicht zu fein bearbeiten. Keimende Karotten haben Mühe, eine verhärtete Bodenoberfläche zu durchstoßen¹
- Große Bedeutung hat die Kulturführung auf Dämmen. Die Dammkultur macht vor allem auf schweren Böden den Einsatz eines Vollernters problemloser. Weiter ist damit eine Qualitätsverbesserung möglich, da die Karotten in lockerem Boden heranwachsen können. Bei ungünstiger Witterung oder starken Niederschlägen trocknet die Bodenoberfläche schneller ab, was sich für eine Verminderung von *Alternaria* auf den Blättern günstig auswirkt. Aber bei Trockenheit erfordert Dammkultur rasche Bewässerung¹

Anbautechnik

- nur Direktsaat mit Einzelkornsäugerät, Frühkarotten sobald wie möglich im Februar/März säen (ev. Vlies einsetzen)¹
- Saattermin: Mitte April bis Mitte Mai¹

Unkrautregulierung

- Verfügen über eine geringe Konkurrenzkraft gegen Unkraut in Jugendphase¹
- Vor und nach Kulturbeginn von Karotten haben deshalb alle Maßnahmen zur Unkrautunterdrückung eine große Bedeutung¹
- Chemisch: Es stehen wirksame kombinierte Boden-/Blattherbizide zur Verfügung. Im Voraufbau nur bei stark verunkrauteten Standorten oder bei Folienkulturen. Im Normalfall: Nachaufbau ab 2- bis 3-Blattstadium der Karotten. Niedrigdosierungsverfahren möglich. Der Einsatz von Herbiziden kann zu Ertragseinbußen führen²

Wichtigste Krankheiten und Schädlinge

- *Alternaria*/Möhrenschwärze
Frühbefallene Kulturen können vollständig geschädigt werden, Spätinfektionen reduzieren die Erträge¹
 - Möhrenfliege:
Grossräumig wechselnder Doldenblütleranbau. Frühe und späte Saaten können nur von einer Generation befallen werden¹
Windoffene Lagen vermindern das Befallsrisiko. Flugkontrolle mit orangen Klebfallen möglich Abdecken der Kulturen mit Netz (Maschenweite 1 mm)²
-

Fruchtfolge

- Weitgestellte Fruchtfolge einhalten, mindestens 4-jährig ¹
- Wurzelgallenälchen-Befall (*Meloidogyne hapla*): Fruchtwechsel mit Getreide, Mais oder Futtergräsern ¹
- stark gedüngte Gemüsearten oder Feldfrüchte als Vorfrucht, oder Spätsaaten nach Frühkartoffeln, Spinat oder Erbsen ¹
- Nicht zu empfehlen als Vorkultur sind ältere Klee grasbestände, da eine erhöhte Gefahr des Drahtwurmbefalls besteht und da die Stickstoffmenge von der Möhre nicht ideal ausgenutzt wird ³
- Günstige Vorkulturen: Karotten gelten als Hackfrucht und stehen optimal nach einer
 - Gründüngung / Zwischenfutterbau
 - Ein bis max. Zweijähriger Kunstwiese
 - Getreide
 - Kartoffeln
 - Kohlarten oder anderen Gemüsearten (keine Doldenblütler ²)
- Ungünstige Vorkulturen sind reine Leguminosenbestände wie Luzerne oder Rotklee (Gefahr hoher Nitratwerte und Nematodenprobleme) ²

Besonderheiten Öko-Landbau

- da im Bioanbau ungebeiztes Saatgut verwendet wird, muss wegen häufiger auftretenden Keimlingskrankheiten mit einem schlechteren Feldaufgang gerechnet werden. Dieser Nachteil kann durch etwas höhere Saattmengen ausgeglichen werden ¹
- auch für den Bioanbau haben sich F1-Hybriden bewährt, nicht zuletzt wegen der rascheren Jugendentwicklung und den guten Ertragsleistungen
- Hybridsorten sind bei rechtzeitiger Bestellung ungebeizt erhältlich ¹
- Der Arbeitsaufwand für die Unkrautregulierung entscheidet über die Wirtschaftlichkeit der Kultur. Die sorgfältige Planung des Karottenanbaus ist deshalb wichtig ¹
- Hauptmerkmal des Karottenanbaus ist der hohe Arbeitsstundenbedarf. Dieser muss bei der Kulturplanung berücksichtigt werden und auf den Arbeitsbedarf der übrigen Betriebszweige abgestimmt werden ¹

Anhang 3: Anbauinformationen Zwiebeln

Standortansprüche	<ul style="list-style-type: none">• <i>Leichter Frost im Keimlingsstadium schadet nicht, frühe Saat möglich</i>• <i>Gebiete mit weniger als 800mm Jahresniederschlag sind besonders günstig</i>• <i>Für Ernte ab August sollte Witterung warm und trocken sein, verbessert Lagerfähigkeit</i>• <i>Windoffene Lagen verringern Krankheitsdruck</i>• <i>Mittelschwere, humus- und nährstoffreiche Böden bevorzugt mit guter Wasserhaltevermögen und guter Drainage; optimal sind sandiger Lehm, lehmiger Sand oder auch Löss</i>• <i>ph-Wert 6,5-7,2</i>• <i>Parzellen mit wenig Unkrautdruck wählen</i>
Anbau	<ul style="list-style-type: none">• <i>Sommer- oder Winterzwiebel</i>• <i>3 Arten des Anbaus: Direktsaat, Steckzwiebeln, Jungpflanzen. Vermarktete Erträge bei allen drei Arten ähnlich hoch</i>• <i>Direktsaat birgt aufgrund langer Kulturdauer hohes Anbaurisiko, erfordert viel Handarbeit und Unkrautregulierung</i>• <i>Direktsaat im konventionellen Anbau üblich</i>• <i>Steckzwiebeln und Jungpflanzen ist Anbaurisiko unter günstigen Bedingungen gering, Kosten für Pflanzgut und Pflanzung hingegen hoch</i>• <i>Anbau Direktsaat: bessere Lagerfähigkeit und bessere Schalenfestigkeit der Zwiebeln</i>• <i>Anbau über Steckzwiebeln weit verbreitet, Risiko der Pilz- und Bakterieneintragung durch Pflanzgut</i>
Fruchtfolge	<ul style="list-style-type: none">• <i>Zwiebeln gelten als Schwachzehrer. In Bio-Fruchtfolge stehen sie daher am besten im 3. Jahr oder 4. Jahr nach Gründüngungen und Klee gras</i>• <i>Nach Zwiebelgewächsen unter normalen Bedingungen eine Anbaupause von mindesten 4 Jahren</i>
Düngung	<ul style="list-style-type: none">• <i>Stickstoffbedarf von Zwiebeln eher gering, können Stickstoff über Dauer von mehr als 12 Wochen aufnehmen</i>• <i>Unter günstigen Bodenbedingungen erfolgt N-Versorgung bei Trockenzwiebeln weitgehend aus organischer Bodensubstanz</i>• <i>Stickstoffdüngung nur in leichten und nährstoffarmen Böden oder bei früher Ernte für den Frischkonsum erforderlich</i>
Beregnung	<ul style="list-style-type: none">• <i>Für sichere Erträge ist ausreichende Wasserversorgung erforderlich, Beregnung daher von Vorteil</i>• <i>Bewässerung sollte gegen Befallsrisiko mit Falschen Mehltau abgewägt werden</i>
Unkrautregulierung	<ul style="list-style-type: none">• <i>Unkrautregulierung anspruchsvoll</i>• <i>Bei früher Saat im Voraufbau oft keine Eingriffe möglich oder sinnvoll, Zwiebeln sind in den ersten 8-10 Wochen gegenüber Unkraut Konkurrenzfähig</i>• <i>Geringer Unkrautdruck und optimales Saatbeet Voraussetzungen für wirtschaftlichen Anbau</i>• <i>Abflammen ist bei Saatzwiebeln die effektivste Unkrautbekämpfung und kann 100-200 Akh pro ha einsparen</i>• <i>Unkrautregulierung durch Hacken, Anhäufeln oder nach Anwaschen mit Striegel und Abflammen</i>
Krankheiten und Schädlinge	<ul style="list-style-type: none">• <i>Falscher Mehltau: Übertragung durch überwinterte Zwiebeln, Pflanzenresten, Steckzwiebeln</i> <i>Anbau resistenter Sorten als Vorbeugung</i>

Windoffene Lagen, gute Durchlüftung der Bestände

- *Im Öko-Landbau: Vorbeugende Behandlung mit Steinmehl, Pflanzenstärkungsmitteln, Kupferoxychlorid (Demeter nicht erlaubt)*
- *Zwiebelhalsfäule: Übertragung durch Saat- und Pflanzgut*
- *Mehlkrankheit: Anbaupausen beachten*
- *Zwiebelthrips*
- *Lauchminierfliege*
- *Zwiebelfliege*
- *Nematoden*

Arbeitsaufwand

- *Im Öko-Landbau bildet Unkrautregulierung größten variablen Faktor bei Bio-Zwiebeln*
- *Direktsaat: unter günstigen Bedingungen genügen 200 Akh für manuelle Unkrautregulierung, sobald hoher Unkrautdruck oder Termin zum Abflammen nicht eingehalten werden kann, steigt Akh um das 2-3 fache*
- *Jungpflanzen: 50-150 Akh/ha Jätaufwand, nur bei optimaler mechanischer Unkrautregulierung*
- *Steckzwiebeln: viele Möglichkeiten der mechanischen und thermischen Unkrautregulierung aufgrund schneller Jugendentwicklung*
- *Aufwand für manuelle Unkrautregulierung bei Steckzwiebeln am geringsten*

Quelle: Koller et al. 2007

Anhang 4: Anbauinformationen Speisekürbis

Standortansprüche	<ul style="list-style-type: none">• Bevorzugt werden leicht erwärmbare, nährstoffreiche Böden mit einem hohen Humusgehalt, einer lockeren Struktur und einem guten Wasserhaltevermögen• pH-Wert sollte zwischen 6 und 7 liegen¹• Die Kultur kann z.B. in Trockenphasen etwas länger ohne Bewässerung auskommen¹• Kürbis ist wärmeliebend, ein längeres Absinken der Temperatur unter 10°C kann bereits zu Verzögerungen im Wachstum führen. Eine Flachabdeckung im Frühjahr kann an kühlen Standorten daher Sinn machen¹
Düngung	<ul style="list-style-type: none">• Eine Grunddüngung mit Hof- oder Recyclingdüngern zur Herbstfurche hat sich im Kürbisanbau bewährt¹• Kürbisse sind auf einen humosen Boden mit guter N-Nachlieferung angewiesen. Wird eine mineralische N-Kopfdüngung vorgenommen, soll diese bei beginnender Fruchtbildung erfolgen, weil in dieser Phase der Bedarf am höchsten ist¹
Fruchtfolge	<ul style="list-style-type: none">• Wegen der Anfälligkeit von Kürbis auf <i>Sclerotinia</i> ist Getreide als Vorkultur geeignet¹• Kürbisgewächse – wozu auch Gurken, Zucchetti und Melonen gehören – können innerhalb von 7 Jahren insgesamt 2-mal als Hauptkultur angebaut werden¹
Anzucht/Aussaat	<ul style="list-style-type: none">• Anzucht Jungpflanzen¹• Direktsaat ab Mai¹• Bei verfrühten Kulturen unter Vlies kann eine Pflanzung bereits ab Anfang Mai erfolgen¹
Unkrautregulierung	<ul style="list-style-type: none">• Aufgrund der begrenzten Möglichkeiten zur chemischen Unkrautbekämpfung ist auf möglichst unkrautfreie Parzellen zu achten¹• Die Unkrautbekämpfung kann in der Pflanzreihe durch das Verlegen von Mulchfolien erfolgen¹• Während der Jugendphase kann zwischen den Reihen eine (abgeschirmte) Behandlung mit den zugelassenen Herbiziden erfolgen, allerdings ist die Auswahl an Herbiziden beschränkt¹• Alternativ kann mehrmalig oberflächlich gehackt werden. Dadurch wird gleichzeitig die Bodendurchlüftung gefördert. Durch die hohe Konkurrenzkraft der Kürbisse ist in älteren Beständen in der Regel keine Unkrautbekämpfung mehr erforderlich¹
Krankheiten und Schädlinge	<ul style="list-style-type: none">• Krankheits- und Schädlingsbefall sind an sich von untergeordneter Bedeutung. Schnecken und Echter Mehltau können Ausfälle verursachen. Mehltau tritt vor allem in älteren Beständen auf und führt in der Regel nicht zu größeren Ausfällen²• echter Mehltau (Anbau resistenter oder toleranter Sorten, Keine zu dichten Pflanzungen)¹• Im konventionellen Landbau: chemische Bekämpfung zulässig¹
Besonderheiten Öko-Landbau	<ul style="list-style-type: none">• Zeitiges Auspflanzen vor Mitte Mai bringt meist Misserfolge, da die Pflanzen bereits bei Temperaturen unter fünf Grad Celsius geschädigt werden. Der Reihenabstand sollte je nach Kürbissorte zwischen 1,5 und 2,5 Meter und der Abstand in der Reihe 0,5 bis 1,5 Meter betragen. Die Pflanzenzahl pro Hektar ist wichtig für die Zahl der angesetzten Früchte und für die Fruchtgröße²• Landwirtinnen und Landwirte sollten beachten, dass die Verwendung von technischen Mulchmaterialien in den Verbänden des biologischen Landbaus

unterschiedlich geregelt ist. Neben den üblichen Kunststofffolien stehen auch zunehmend abbaubare Mulchmaterialien zur Verfügung ¹

- *Bevor die Kürbisse zu ranken beginnen, muss der Unkrautwuchs von Hand oder maschinell eingeschränkt werden. Beim Hacken ist das relativ flache Wurzelsystem der Kürbisse zu berücksichtigen. Nach Rankbeginn sind in der Regel keine weiteren Pflegemaßnahmen nötig, da die Bestände recht schnell schließen ²*

Quelle: ¹Bachmann 2016; ²Oekolandbau 2020

Anhang 5: Angaben zu den Expert:innen-Interviews

Nr.	Name Interviewpartner	Datum	Dauer (Min.)	Beruf	Betrieb/Tätigkeit	Ackerkultur
1	Albrecht Freytag	08.04.22	53:50	Landwirt	Demeterhof Freytag Münsingen-Bichishausen	Kartoffel Karotte
2	Wolfgang Hees	13.04.22	27:35	Landwirt	Eichstetten am Kaiserstuhl	Karotte
3	Otmar Binder	11.04.22	34:59	Landwirt	Lindenbrunnenhof Bioland-Verband	Kartoffel
4	Christian Landzettel	20.04.22	48:38	Kartoffelbau- Fachberater	Bioland- Fachberatung	Kartoffel
5	Holger Buck	26.04.22	46:35	Fachberater Feldgemüsebau	Naturland Fachberatung	Zwiebel und Speisekürbis
6	Patrik Weinmann	27.04.22	35:27	Fachberater Feldgemüsebau	Beratungsdienst Ökologischer Gemüsebau e.V.	Karotte und Zwiebel

Anhang 6: Interviewleitfaden Version 1

Forschungsfrage	<p>Was sind die Ursachen des Ertragsunterschiedes zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft, insbesondere bei den Ackerkulturen Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis? Wie kann die Ertragslücke geschlossen werden?</p>
Briefing	<p>Begrüßung und Vorstellung, Ablauf und Zeitdauer des Interviews, Aufnahme abklären, kurzer Umriss Thematik Abschlussarbeit</p> <p><i>In meiner Bachelorarbeit geht es um den Ertragsunterschied zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft. Die Ackerkulturen Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis werden dabei besonders in den Blick genommen. Im Rahmen dieser Arbeit befrage ich mehrere Landwirte/Fachberater zu Ihren Erfahrungen und Einschätzungen im Anbau einer der Ackerkulturen.</i></p>
Einstieg	<p>Landwirt: Erzählen Sie doch mal, was für einen Betrieb Sie bewirtschaften?</p> <p>Fachberater: Erzählen Sie doch mal, was für einer Tätigkeit Sie nachgehen?</p>
Themenkomplex I Erfolgsfaktoren	<p>Leitfrage: Was sind für Sie wesentliche Faktoren für einen erfolgreichen Anbau von Kartoffel/Karotte/Zwiebel/Kürbis?</p> <p><i>Memofragen:</i></p> <p><i>Welchen Einfluss hat eine erfolgreiche Unkrautregulierung aus ihrer Sicht auf die Höhe des Ertrags?</i></p> <p><i>Welchen Beitrag leistet die Stickstoffversorgung der Pflanzen zum Ertragserfolg?</i></p>

<p>Themenkomplex II Herausforderungen im Anbau</p>	<p>Leitfrage: Was sind aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen im Anbau von Kartoffel/Karotte/Zwiebel/Kürbis?</p> <p><i>Memofragen:</i></p> <p><i>Wie hoch sind die Ernteausfälle aufgrund von Krankheiten oder Schädlingen?</i></p> <p><i>Speziell zu Kartoffel:</i> <i>Welchen Einfluss hat der Befall von Kraut- und Knollenfäule auf die Vegetationszeit der Kartoffel?</i> <i>Welche Rolle spielt diese in Zusammenhang mit dem Ertragserfolg?</i></p> <p><i>Wie bewerten Sie den Erfolg der Unkrautbekämpfung im Ökologischen Landbau im Vergleich zum Konventionellen?</i></p> <p><i>Welche Herausforderungen ergeben sich für die Stickstoffversorgung der Pflanzen mit organischen Düngemitteln im Vergleich zum Einsatz mit mineralischen Düngemitteln?</i></p>
<p>Themenkomplex III Steigerungspotenzial</p>	<p>Leitfrage: Was wäre ein optimales Anbauverfahren, um die Erträge im ökologischen Anbau zu erhöhen?</p>
<p>Abschluss</p>	<p>Wir sind jetzt am Ende des Interviews angelangt. Gibt es noch etwas, was Sie ergänzen oder noch loswerden möchten?</p> <p>Kurzfragebogen, Dank für die Zeit, Information über Auswertung der Ergebnisse und Anonymisierung, Verabschiedung</p>

Anhang 7: Interviewleitfaden Version 2

Forschungsfrage	Was sind die Ursachen des Ertragsunterschiedes zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft, insbesondere bei den Ackerkulturen Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis? Wie kann die Ertragslücke geschlossen werden?
Briefing	Begrüßung und Vorstellung, Ablauf und Zeitdauer des Interviews, Aufnahme abklären, kurzer Umriss Thematik Abschlussarbeit <i>In meiner Bachelorarbeit geht es um den Ertragsunterschied zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft. Die Ackerkulturen Kartoffel, Karotte, Zwiebel und Speisekürbis werden dabei besonders in den Blick genommen. Im Rahmen dieser Arbeit befrage ich mehrere Landwirte/Fachberater zu Ihren Erfahrungen und Einschätzungen im Anbau einer der Ackerkulturen.</i>
Einstieg	Landwirt: Erzählen Sie doch mal, was für einen Betrieb Sie bewirtschaften? Fachberater: Erzählen Sie doch mal, was für einer Tätigkeit Sie nachgehen?
Themenkomplex I Ursachen	Leitfrage: Die Ertragslücke ist bei den verschiedenen Ackerkulturen recht unterschiedlich. Der Ertragsunterschied zwischen dem konventionellen und ökologischen Anbauvon Kartoffeln beträgt im Schnitt 47,83%. ...von Karotten beträgt im Schnitt 21,69%. ...von Zwiebel beträgt im Schnitt 32,22 %. ...von Kürbis beträgt im Schnitt 6,68%. Wie erklären Sie sich diesen Unterschied?
Themenkomplex II Erfolgsfaktoren	Leitfrage: Was sind für Sie wesentliche Faktoren für einen erfolgreichen Anbau von Kartoffel/Karotte/Zwiebel/Kürbis? <i>Memofragen:</i> <i>Welchen Einfluss hat eine erfolgreiche Unkrautregulierung aus ihrer Sicht auf die Höhe des Ertrags?</i> <i>Welchen Beitrag leistet die Stickstoffversorgung der Pflanzen zum Ertragserfolg?</i> <i>Speziell zu Zwiebel:</i> <i>Welch Anbautechnik wird im Ökolandbau hauptsächlich genutzt (Direktsaat, Steckzwiebel, Jungpflanzen)?</i>

<p>Themenkomplex III Herausforderungen im Anbau</p>	<p>Leitfrage: Was sind aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen im Anbau von Kartoffel/Karotte/Zwiebel/Kürbis?</p> <p><i>Memofragen:</i></p> <p><i>Wie hoch sind die Ernteausfälle aufgrund von Krankheiten oder Schädlingen?</i></p> <p><i>Wie bewerten Sie den Erfolg der Unkrautbekämpfung im Ökologischen Landbau im Vergleich zum Konventionellen?</i></p> <p><i>Welche Herausforderungen ergeben sich für die Stickstoffversorgung der Pflanzen mit organischen Düngemitteln im Vergleich zum Einsatz mit mineralischen Düngemitteln?</i></p> <p><i>Speziell zu Kartoffel:</i> <i>Welchen Einfluss hat der Befall von Kraut- und Knollenfäule auf die Vegetationszeit der Kartoffel?</i> <i>Welche Rolle spielt diese in Zusammenhang mit dem Ertragserfolg?</i></p>
<p>Themenkomplex IV Steigerungspotenzial</p>	<p>Leitfrage: Was wären Möglichkeiten oder Ansatzpunkte, um die Erträge im ökologischen Anbau zu erhöhen?</p>
<p>Abschluss</p>	<p>Wir sind jetzt am Ende des Interviews angelangt. Gibt es noch etwas, was Sie ergänzen oder noch loswerden möchten?</p> <p>Kurzfragebogen, Dank für die Zeit, Information über Auswertung der Ergebnisse und Anonymisierung, Verabschiedung</p>

Anhang 8: Kurzfragebogen

- Seit wann besteht der Betrieb?
- Seit wann wird der Betrieb ökologisch bewirtschaftet?
- Unter welchem Verband wirtschaftet der Betrieb?
- Seit wann wird Kartoffel/Karotte/Zwiebel/Kürbis angebaut?
- Auf wieviel ha wird die Ackerkultur angebaut?
- Wie hoch waren die Erträge in den letzten fünf Anbaujahren (2015-2020 - dt/ha)?
(Wenn Betrieb kurz vorher umgestellt, Erträge aus den Jahren vor Umstellung aufnehmen)
- Fruchtfolgestaltung:
- Gesamtzufuhr an N durch Düngemittel [kg N/(ha*a)]:
- Welche Strategien zur Unkrautbekämpfung werden eingesetzt?
- Wie hoch ist der Arbeitsaufwand der Unkrautregulierung (in Akh)?
- Welche Krankheiten bzw. Schädlinge treten am häufigsten auf? Wie oft kommen diese vor (jährlich/alle paar Jahre etc.)?
- Welche Strategien des Pflanzenschutzes werden eingesetzt?
- Wie hoch sind die Ernteaufälle aufgrund von Krankheiten oder Schädlingen?
- Bodenpunkte/Ackerzahl des Betriebes:
- Sonstiges/Besonderheiten:

Anhang 9: Codebuch

Codesystem

1 systembedingte Ursachen	0
1.1 Bodenqualität	3
1.2 Züchtung und Forschung	11
1.3 Produktionskosten	5
1.4 Nährstoffversorgung	5
1.5 Pflanzenschutz	11
1.6 Unkrautregulierung	9
2 Kartoffel	0
2.1 Sorten und Züchtung	6
2.2 weitere Ertragsfaktoren- Einzelnennungen	6
2.3 Boden	5
2.4 Nährstoffversorgung	7
2.5 Krankheiten und Schädlinge	10
2.6 Unkrautregulierung	4
3 Karotte	0
3.1 Krankheiten und Schädlinge	5
3.2 Unkrautregulierung	6
3.3 Standortansprüche	7
4 Zwiebel	0
4.1 Krankheiten und Schädlinge	6
4.2 Unkrautregulierung	4
4.3 weitere Ertragsfaktoren	2
4.3.1 Standortansprüche	2
5 Speisekürbis	0
5.1 Krankheiten und Schädlinge	1
5.2 Unkrautregulierung	1
6 Betriebsfaktoren	0
6.1 betriebliche Ausstattung	3
6.2 Spezialisierung	4
7 Betriebsentscheidungen	11
8 zukünftige Risiken	5
9 Marktansprüche	7
10 Lagerung	2
11 Ertragssichernde Faktoren ökologische Erträge	0
11.1 Pflanzenschutz	4
11.2 Saatgutqualität	3
11.3 Bodenpflege	2
11.4 Fruchtfolgestaltung	3

1 systembedingte Ursachen

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Anbaumethoden oder Praktiken des ökologischen Landbaus gemacht werden, die im Zusammenhang mit einem niedrigeren Ertrag im Vergleich zum konventionellen Anbau gemacht werden.

Code-Generierung: deduktiv

Ankerbeispiel:

B: Ich muss auch dazu sagen, ich habe bisher immer nur vom Hacken mit der Maschine gesprochen, dass da praktisch mit nem Schlepper durchgefahren wird und dann gehackt wird. aber selbst mit der besten Maschinenhacke ist es notwendig, dass man noch Leute duschickt zum Jäten. Das man mindestens einen eigentlich zwei bis drei Jätedurchgänge macht, um dann das was in der Reihe dann selber noch gekeimt ist, dann mit der Hand entfernt. Das gehört auch noch dazu. Wenn das konsequent gemacht wird, dann ist der Erfolg sicherlich gleich wie beim Konventionellen. Obwohl man ganz klar sagen muss, es ist halt im Einsatz mit Herbiziden oder Spritzmitteln viel unabhängiger. Man kann auch bei ungünstigeren Bedingungen reinfahren, selbst wenn es n bisschen nass ist kann man noch ne Behandlung durchführen während man mit der Hacke nicht reinfahren könnte. Es gibt nicht dieses Handjäten was dann noch dazu kommt. (B01, Pos. 10)

1.1 systembedingte Ursachen >> Bodenqualität

Der Code wird verwendet, wenn die Qualität der Böden auf denen ökologische Betriebe arbeiten im Zusammenhang mit dem Ertragserfolg thematisiert wird.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiele:

B: Eigentlich haben wir unsere Betriebe überall also selbst in der Pfalz oder auf den Fildern, da wo es gute Böden gibt, Südbaden, Kaiserstuhl, also da wo es tiefgründige gute Böden gibt, haben wir genauso Betriebe wie auf extremen Standorten. Ich denke da, damit hat es nicht wirklich was zu tun. (B01, Pos. 24)

B: Da gibt es ne ganze Bandbreite. Es gibt Ökolandbau auf nur Grenzstandorten mit was weiß ich 20 Bodenpunkten, wo es gerade nicht mehr geht. Aber die haben auch wiederum Nachbarn die konventionelle wirtschaften und die dann das gleiche machen. Aber wir haben auch Ökolandbau in Regionen, wo wir beste Böden haben. Das würde ich sagen ist kein Grund und das würde ich auch sagen ist kein Faktor. Das spielt keine Rolle. Wir haben mittlerweile Ökolandbau überall vertreten. Aber das er schwerpunktmäßig auf den schweren Standorten stattfindet kann man definitiv nicht sagen. (B02, Pos. 30)

1.2 systembedingte Ursachen >> Züchtung und Forschung

Dieser Code wird vergeben, wenn Aussagen zur ökologischen Züchtung oder Forschung im ökologischen Bereich getroffen werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Es ist auch ne züchterische Frage. Im Ökologischen müsste man viel mehr züchten - man hat da viel zu wenig züchterisch reingesteckt. Viel zu wenig. Und da wir ein Mischbetrieb sind - wenn man 5 oder 10 Ha machst, der hat sich dann richtig drauf spezialisiert, da sind wir ein bisschen hinten dran. (B03, Pos. 14)

1.3 systembedingte Ursachen >> Produktionskosten

Der Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Produktionskosten im ökologischen Landbau gemacht werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Sie sehen ja die Unterschiede vom Ertrag her, die Produktion ist ja nicht billiger. Wir haben dieselben Düngekosten, wir haben keine so hohen Pflanzenschutzmittelkosten wir haben keine Herbizidkosten aber dafür brauchen wir Technik und Zeit und Personal, (B04, Pos. 18)

1.4 systembedingte Ursachen >> Nährstoffversorgung

Der Code wird verwendet, wenn es um die Nährstoffversorgung der Ackerkulturen im ökologischen Landbau geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Das zweite warum ist der Ertragsunterschied. Das hängt zum einem mit der Pflanzenernährung zusammen. Wir haben ja im Bioanbau nur organische Düngemittel zur Verfügung. Die sind nicht unbedingt von der Wirkung her steuerbar wie jetzt das Galgomon oder was die Konventionellen da (...) chemischen Dünger die werden halt genau zum richtigen Zeitpunkt, die wir immer organisch machen muss die erst mineralisiert werden müssen erst umgewandelt im Boden. Das ist sehr stark witterungsabhängig. Das ist eine Begründung. (B04, Pos. 4)

1.5 systembedingte Ursachen >> Pflanzenschutz

Der Code wird verwendet, wenn es um Schädlinge und Krankheiten im ökologischen Anbau geht und die Herausforderungen im Zusammenhang der Bekämpfung.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiele:

B: Wie gesagt, die Produktpalette ist gering die man hat. Das ist vor allem der Schwefeinsatz, den man gegen die Pilzgruppen machen kann, wobei es dabei ganz stark darauf ankommt wann und wie und in welchem Stadium man das schafft, weil das in der Regel Mittel sind die jetzt nicht irgendwie heilend wirken, sondern eher halt das schützen was noch gesund ist am Laub. Da kommt es ganz entscheidend drauf an wann man den Einsatz dann fährt aber auch wie sich die Witterung entwickelt. Wenn alles ungünstig ist, wie im vergangenen Jahr wenn es nicht aufhört feucht zu sein und immer regnet dann ist man da auch n stückweit machtlos. (B01, Pos. 16)

B: Und dann ist es so, dass Pflanzenschutz es gibt, natürlich schon manche Mittelchen die bestimmte Risiken einfach wegfedern. nehmen wir Rhizoctonia. Da ist es einfach so dass man im Bio Bereich verstärkt guckt gesunde Pflanzgut zu haben, die Fruchtfolge weit genug etc. aber konventionell kann

ich auch nette Beizmittelchen darauf schütten die mir Rhizoctonia auch nicht 100 % wegmachen aber die sichern mir das Auflaufen schon ganz anders ab. das sind viele so kleine Bausteine die, wenn man die dann zusammen nimmt zu diesem Unterschied führen. (B06, Pos. 20)

1.6 systembedingte Ursachen >> Unkrautregulierung

Der Code wird verwendet, wenn es um die Unkrautregulierung im ökologischen Landbau unabhängig von bestimmten Ackerkulturen geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Oh ja, das kann man ganz schnell erzählen. Einen sehr großen sogar. In jeder Kultur hat die Unkrautregulierung extreme Bedeutung, also die Unkrautregulierung die Bestandspflege ist nach wie vor im Ökolandbau Thema Nummer eins. Also das Unkrautmanagement, wenn das nicht gut geklappt hat, kann das ein gewichtiger Ertragsfaktor sein. (B02, Pos. 16)

2 Kartoffel

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Anbaumethoden oder Eigenschaften der Kartoffel gemacht werden, die im Zusammenhang mit dem Ertragserfolg dieser Kulturen stehen, wie Standorteigenschaften, Anfälligkeiten, Pflege- und Arbeitsaufwand.

Code-Generierung: deduktiv

Ankerbeispiele:

B: Also Krautfäule, wenn's jetzt nicht super extreme Jahre gibt, macht weniger Kopfzerbrechen. Was uns Kopfzerbrechen macht, was ein großer Feind von der Kartoffel ist, ist der Drahtwurm. Also Drahtwurm haben wir fast keine direkte Bekämpfungsmöglichkeit. (B04, Pos. 10)

B: Die beste Voraussetzung ist Fläche zu haben, damit man eine sehr weite Kartoffelfruchtfolge fahren kann. Das ist das Manko. Da ist man schon beschränkt, wenn man alle vier Jahre Kartoffel bringt, ist der höchste potentielle Ertrag schon nicht mehr drin. (B04, Pos. 16)

B: Die Kartoffel ist Kali und Phosphor liebend und dann kann man auch noch was düngen im Frühjahr. Das machen wir alles nicht, wir nehmen einfach unseren Mistkompost im Herbst und mit dem Winterroggen und der Winterwicke haben wir unseren Stickstoff. Das kann zu wenig sein. (B03, Pos. 8)

2.1 Kartoffel >> Sorten und Züchtung

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Sorten und zu Züchtung im ökologischen Kartoffelanbau gemacht werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Der nächste Punkt ist, dass wir in Bio verstärkt, aber auch konventionell merkt man das. Die Züchtung beschäftigt sich mehr und mehr mit der Schaffung resistenter Sorten. Überdurchschnittlich stabiler Sorten. Die brauchen dann auch nicht keinen Pflanzenschutz, weil man muss n bisschen was tun (...) aber die brauchen viel viel weniger Kupfer oder auch konventionellen Einsatz und damit kann man natürlich schon ganz nett was anfangen. das muss man auch sagen. Aber es ist eben tatsächlich so dass wir im Bio-Bereich in dem Jahr wie dem letzten da kann es tatsächlich sein, dass Bio weniger wie die Hälfte hat wie konventionell. Weil konventionell einfach mit ganz anderen Fungiziden da ran geht. (B06, Pos. 12)

2.2 Kartoffel >> weitere Ertragsfaktoren- Einzelnennungen

Dieser Code wird vergeben, wenn Faktoren im Kartoffelanbau benannt werden, die sich keiner der Subcodes zuordnen lassen sich dennoch auf den Ertrag auswirken können. Es handelt sich hierbei zumeist um Einzelnennungen.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiele:

B: Jetzt muss man aber auch an der Stelle wieder sagen das Gleiche kann ihnen mit Hitzestress passieren, 2018 haben viele auch bloß die Erträge gehabt, weil einfach die Kartoffel auf dem Acker ausgebrannt ist und keine Bewässerung da war. (B06, Pos. 12)

2.3 Kartoffel >> Boden

Dieser Code wird verwendet, wenn es um den Faktor des Bodens im Anbau von Kartoffeln geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Wenn es im Frühjahr zu nass ist, zum Beispiel beim Mulchen oder beim Pflügen ist das ein Risiko. Wenn man einmal den Acker verfahren hat, ist es vorbei, Kartoffeln wollen einen lockeren Boden, wenn der Boden einmal verdichtet ist, ist es beschissen, die wollen einen lockeren luftigen Boden, auch beim Stecken. Wenn der Boden einmal verdichtet ist, ist die Sache vorbei. Die Bodenbearbeitung ist das A und O. Die Kartoffel reagiert da total drauf. (B03, Pos. 4)

B: Aber das erste was wirklich wichtig ist, ist die Bodenstruktur. Wenn ich hier Kompromisse mache und hier einfach n verdichteten Boden habe der in ner schlechten Struktur ist und die Kartoffel nicht sauber im Reihenschluss wächst etc. dann kann ich noch so gut düngen und sonst was machen. Dann komme ich nicht auf ein solches Ergebnis. Was ein ganz wichtiger Punkt ist, Kartoffeln haben, wenn sie einen Quadratmeter Kartoffelland nehmen haben sie darunter 1,1 km Wurzel. Bei einem Weidelgrasbestand reden wir von 50 km, also das 50fache. Und das sagt ja aus, dass die Sprengkraft der Kartoffel einfach sehr sehr schwach ist. Das ist nicht die Pflanze die verdichteten Strukturen aufbricht etc. Und genau an dieser Stelle ist die Herausforderung. Hier müssen wir es schaffen das wir ne Struktur haben wo die Kartoffel gut loswächst (B06, Pos. 6)

2.4 Kartoffel >> Nährstoffversorgung

Dieser Code wird verwendet, wenn es um die Nährstoffversorgung der Kartoffel im ökologischen Landbau geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Kali und Magnesium-Versorgung, das ist sehr wichtig für die Kartoffel. (B04, Pos. 14)

2.5 Kartoffel >> Krankheiten und Schädlinge

Dieser Code wird vergeben, wenn Aussagen zu Krankheiten und Schädlingen im ökologischen Kartoffelbau gemacht werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Der Drahtwurm und die schwarzen Dinger, wenn wir die drin haben, dann ist oft Hälfte bis dreiviertel der Ernte Ausschuss. (B03, Pos. 10)

B: Also die Krautfäule ist nach wie vor die Kartoffelkrankheit. Allerdings muss ich eines ganz klar sagen, wir haben bei der Krautfäule eine Ertragsreduktion. Eine potentielle. (B06, Pos. 12)

2.6 Kartoffel >> Unkrautregulierung

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zur Unkrautregulierung im ökologischen Kartoffelanbau gemacht werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiele:

B: Dann wahrscheinlich eine sehr große Begründung ist die Unkrautbekämpfung. Also das sehe ich. Man greift ja mit Striegeln und mit Hackmaschinen in die Bestände ein. Kartoffel ist ne Hackfrucht, aber die ein vielverzweigtes Wurzelwerk und mit jedem Hacken beschädigt man auch Wurzeln und Wurzelteile und die konventionellen Gelege, die machen einen Riesendamm, einen Riesenerdhäufen sag ich mal so, nutzen Herbizide, da kommt kein Unkraut, die brauchen nicht mehr reinfahren, da kann sich die Kartoffel ungestört entwickeln. Bei uns wird sie drei viermal um gestriegelt, da wird sie immer wieder gestört in ihrem Entwicklungsprozess. (B04, Pos. 4)

B: Ja natürlich. Das ist eine ganz große Frage. Wenn die Kartoffeln Anfang Juni dann anfangen zu blühen und dann im Unkraut hocken und vor der Blüte und nach der Blüte brauchen die dann Stickstoff und wenn du dann einen hohen Unkrautbestand hast, auch wenn der relativ klein ist, holt dir das Unkraut den Stickstoff weg. Und macht auch dicht, dann hat man mehr Pilze und mehr Feuchtigkeit. Das ist die große Kunst, dass man mit Häufeln und Striegeln, solange man das kann, das Beikraut im Keimstadium bekämpft, bekämpfe das Unkraut, bevor du es siehst. da kann man noch mit Striegeln, Hacken, Häufeln zu 80 % das Unkraut bekämpfen. Ist das Primärblatt oder das Sekundärblatt da, dann ist auch schon die Wurzelmasse relativ groß und die Bodenfestigkeit ist schon groß von dem Beikraut. Das spielt ne große Rolle, man braucht gute Striegel und gute Hackvorrichtungen. Man muss mechanisch gut ausgerichtet sein. Wenn man das Beikraut nicht in Griff kriegt, dann ergibt das die Hälfte weniger Ertrag mindestens. Das schlägt sich so hoch rein. (B03, Pos. 14)

3 Karotte

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Anbaumethoden oder Eigenschaften der Karotte gemacht werden, die im Zusammenhang mit dem Ertragserfolg dieser Kulturen stehen, wie Standorteigenschaften, Anfälligkeiten, Pflege- und Arbeitsaufwand.

Code-Generierung: deduktiv

Ankerbeispiele:

B: ja grad bei der Möhre, die auf Dämme angebaut wird, kommt es drauf an wie gut sind die Dämme gerichtet, sind die gut aufgebaut, gut verfestigt, dass die Möhre dann auch n guten Bodenschluss hat nach der Saat. Also wenn da ein guter Grundstein gelegt ist bei Saat und Pflanzung, wenn Flächen bewässerbar sind, das ist auch wichtiger Erfolgsfaktor, die Möhre ist grad ziemlich angewiesen drauf, dass es von der Wasserversorgung gut ist bei der Saat. Deswegen sind grad viele, die die Möhre professioneller anbauen drauf angewiesen, dass sie bewässern können. (B01, Pos. 8)

B: Ja mit der Karotte ist es so. Die braucht von der Fruchtfolge da steht die ganz hinten. Die braucht bloß keine Nährstoffe. Da kann ruhig mal ein Dinkel sein oder auch mal ne Gerste/Hafer sein und dann kann Karotte kommen. Die Karotte braucht, da wir lehmigen Ton und sandigen Lehm also relativ schwere Böden haben, braucht die auch einen lockeren Boden. (B03, Pos. 16)

3.1 Karotte >> Krankheiten und Schädlinge

Dieser Code wird verwendet, wenn es um Krankheiten und Schädlinge im Karottenanbau geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiele:

B: Also es kann manche Jahre doch auch den Ertrag schmälern. Es kommt immer drauf an, also bei der Möhre wäre das vor allem was da immer das Thema ist, ist der Echte Mehltau. Der ja wirklich auch das Laub befällt und da ja einen direkten Einfluss hat auf den Ertrag. (B01, Pos. 14)

B: Was das größte Problem ist, ist die Möhrenfliege. Und die Möhrenfliege, ich hatte sie schon stark im Befall. Das liegt auch an der Wetterlage, die Möhrenfliege gibts ja auch auf 27 Meter und die fliegen auch ein vom Unterland hoch. Und die Möhrenfliege, hab ich gehört, kann auch im alten Mistkompost überwintern und dann schlüpft sie im Mai und Juni und kommt dann. Und natürlich habe ich auch durch meinen Mistkompost die Fliege im Mist, wenn ich die alten Möhren wegschmeiße und vielleicht überlebt da auch noch eine. Dann hab ich auf dem Gelände auch welche. Aber ich hab toi toi toi in den letzten Jahren ganz wenig Möhrenfliege. Ich hatte gute verkaufsfähige Möhren in den letzten Jahren. Aber es kann auch mal in die Hose gehen. (B03, Pos. 20)

3.2 Karotte >> Unkrautregulierung

Dieser Code wird vergeben, wenn es um die Unkrautregulierung im ökologischen Möhrenanbau geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Ganz entscheidend. Das ist ja eigentlich das Hauptproblem bei der Möhrenkultur, dass man die langsam wachsenden Jungmöhren weitestgehend freihält von Beikräutern. Und das ist vielleicht die größte Herausforderung im Möhrenanbau. (B05, Pos. 10)

3.3 Karotte >> Standortansprüche

Dieser Code wird für Aussagen zum Karottenanbau verwendet, die die Standortansprüche der Möhre benennen.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Grad die Möhre ist eher ein Schwachzehrer in den Betrieben. Muss jetzt gar nicht so stark aufgedüngt, das ist meistens mit weniger als 50 kg N wird da gedüngt pro ha. Ist oft irgendwie so in der Fruchtfolge des abtragende Glied. Das davor entweder n Getreide steht oder ne andere Kultur, die dann zwar n guten Boden hinterlässt, aber nicht irgendwie die großen Nährstoffmengen bringt. Und man düngt dann auch nicht so stark auf, weil man grad bei der Möhre jetzt auch ne viel bessere Qualität kriegt oder ne bessere Lagerqualität hat wenn die Möhre nicht so stark mit Stickstoff versorgt ist. Dann hält sie sich deutlich länger, ist geschmacklich wird sie auch besser bewertet. (B01, Pos. 18)

4 Zwiebel

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Anbaumethoden oder Eigenschaften der Zwiebel gemacht werden, die im Zusammenhang mit dem Ertragserfolg dieser Kulturen stehen, wie Standorteigenschaften, Anfälligkeiten, Pflege- und Arbeitsaufwand.

Code-Generierung: deduktiv

Ankerbeispiele:

B: Das zählt eigentlich auch für die Zwiebel. Auf guten Böden braucht sie nicht so viel Wasser, eigentlich reicht das sie gut gepflanzt wird und das der Boden abgereift wird aber wie bei allen Gemüsekulturen eigentlich spielt das wirklich ne wichtige Rolle ob man bewässern kann. (B01, Pos. 8)

B: Bei Zwiebeln gibt es zwei pilzliche Krankheiten, die eine größere Rolle spielen. Und zwar sind das der Falsche Mehltau, also eine Blattkrankheit, eine Laubkrankheit, und die Zwiebelhalsfäule.

4.1 Zwiebel >> Krankheiten und Schädlinge

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen über Krankheiten und Schädlinge im Anbau von Zwiebel und/oder deren Bekämpfung im ökologischen Anbau getroffen werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Bei Zwiebeln gibt es zwei pilzliche Krankheiten, die eine größere Rolle spielen. Und zwar sind das der Falsche Mehltau, also eine Blattkrankheit, eine Laubkrankheit, und die Zwiebelhalsfäule. (B02, Pos. 6)

4.2 Zwiebel >> Unkrautregulierung

Dieser Code wird vergeben, wenn es in den Textpassagen um die Unkrautregulierung im Anbau von Zwiebel geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Auch wenn eine Kultur vielleicht nur kurzfristig einmal überwaschen wurde von Unkraut und sie man dann aber beseitigt und die Kultur dann wieder sehr sauber aussieht und man das Gefühl hätte da war doch gar nichts, dann könnte das schon in der Folge in der Entwicklung einer Kultur insbesondere bei Zwiebeln, starke Auswirkungen auf den Ertrag haben, weil dann ja die Konkurrenz um Licht, Wasser, Nährstoffe enorm groß ist. (B02, Pos. 16)

4.3 Zwiebel >> weitere Ertragsfaktoren

Der Code wird vergeben, wenn Aussagen zu weiteren Ertragsfaktoren im Zwiebelanbau gemacht werden, die sich keinem der Subcodes der Zwiebel zuordnen lassen.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: und dann eben ganz viel aussortieren muss und das ist bei der Zwiebel eben genauso. Da kommt es eben auch drauf an die Zwiebel gut abtrocknen zu lassen auf dem Feld. Zwiebel wird meistens in so luftgekühlten oder belüfteten Lagern gelagert. Die braucht nicht so viel wie die Möhre. Da ist es eher wichtig, dass es nicht zu feucht wird, dass man da Luftgebläse hat, die die Feuchte rausbläst oder abtrocknen lässt. Wenn das irgendwie stimmt, dann ist es entscheidend, dass man da verkaufsfähigen Ertrag hat. (B01, Pos. 22)

4.3.1 Zwiebel >> weitere Ertragsfaktoren >> Standortansprüche

Dieser Code wird verwendet, wenn es um die Ansprüche der Zwiebel an ihren Standort geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Das zählt eigentlich auch für die Zwiebel. Auf guten Böden braucht sie nicht so viel Wasser, eigentlich reicht das sie gut gepflanzt wird und das der Boden abgereift wird aber wie bei allen Gemüsekulturen eigentlich spielt das wirklich ne wichtige Rolle ob man bewässern kann. (B01, Pos. 8)

5 Speisekürbis

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Anbaumethoden oder Eigenschaften der Speisekürbis gemacht werden, die im Zusammenhang mit dem Ertragserfolg dieser Kulturen stehen, wie Standorteigenschaften, Anfälligkeiten, Pflege- und Arbeitsaufwand.

Code-Generierung: deduktiv

Ankerbeispiel:

B: Ich denke beim Kürbis ist das ein wichtiger Faktor, dass Unkraut in Griff zu haben. Bis er mal selber groß genug ist das alles zu überwachen. Ich vermute mal, dass die Konventionellen die ähnlichen Schwierigkeiten haben wie die Öko Betriebe. Oder es ist eigentlich ne Kultur, wenn sie mal etabliert, ist dann nicht mehr so kompliziert. (B01, Pos. 20)

5.1 Speisekürbis >> Krankheiten und Schädlinge

Der Code wird verwendet, wenn Krankheiten oder Schädlinge beim Kürbisanbau benannt werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Also wir haben hier nicht diese Bandbreite wie zum Beispiel bei den Kohlkulturen, bei den Kreuzblütlern, um nochmal eine weitere Kulturgruppe zu nennen, die so eine lange Liste an Krankheiten und Schädlingen aufweist. Gegen die man unter Umständen was tun muss. Das alles gibt es beim Kürbis nicht. Der Kürbis ist was das angeht, was das Schaderregerspektrum angeht, das stimmt, das ist genau ein wichtiger Aspekt, wenn man versucht jetzt ein bisschen zu verdichten, dann ist das Schaderregerspektrum in der Summe nicht so gravierend wie bei der Zwiebel oder anderen Kulturen. Die Sensibilität gegenüber diesen Themen ist dann bei Zwiebeln deutlich höher anzusiedeln, auch bei Möhren und andern Feldgemüsekulturen im Vergleich zum Kürbis. Das würde ich schon sagen, diese Zusammenhänge kann man denke ich gut nennen. (B02, Pos. 26)

5.2 Speisekürbis >> Unkrautregulierung

Der Code wird verwendet, wenn es um die Unkrautregulierung beim Kürbisanbau geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Ich denke beim Kürbis ist das ein wichtiger Faktor, dass Unkraut in Griff zu haben. Bis er mal selber groß genug ist das alles zu überwachen. Ich vermute mal, dass die Konventionellen die ähnlichen Schwierigkeiten haben wie die Öko Betriebe. Oder es ist eigentlich ne Kultur, wenn sie mal etabliert, ist dann nicht mehr so kompliziert. Am Anfang muss man eben gucken, das sie nicht vom Unkraut überwachsen wird, aber das kriegen auch die meisten Bio-Betriebe bei uns gut hin. Ob sie jetzt irgendwelche Mulchvliese auslegen oder ob sie des jetzt regelmäßig zwischendurch fahren mit dem Hackgerät. Das machen die Konventionellen eigentlich ähnlich. (B01, Pos. 20)

6 Betriebsfaktoren

Der Code wird verwendet, wenn in Bezug auf den Ertragserfolg betriebliche Aspekte genannt werden, wie die Betriebsgröße oder Spezialisierungsgrad der Betriebe oder betriebsinterne Entscheidungen.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Also es gibt unterschiedliche Anbauformen, unterschiedliche Betriebsgrößen, unterschiedliche Professionalität, die angebaut wird. Unterschiedliche Vermarktungswege, also jemand der für die Direktvermarktung im kleinen Stil Möhre oder Zwiebel anbaut, der ist ganz anders ausgestattet technisch oder auch im Gegensatz zum Betrieb der 2-5 ha , oder 7 ha ist einer der größten Betriebe bei uns, der Möhren macht und dementsprechend an den Großhändler verkauft. Und dementsprechend ist die Spannweite selbst im Bio-Bereich ziemlich hoch. (B01, Pos. 6)

6.1 Betriebsfaktoren >> betriebliche Ausstattung

Der Code wird verwendet, wenn Aussagen dazu gemacht werden, dass der Ertragserfolg auch mit der Betriebsausstattung zusammenhängt. Oder Aussagen in denen Anbaumethoden je nach Betriebsausstattung differenziert werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Also es gibt unterschiedliche Anbauformen, unterschiedliche Betriebsgrößen, unterschiedliche Professionalität, die angebaut wird. Unterschiedliche Vermarktungswege, also jemand der für die Direktvermarktung im kleinen Stil Möhre oder Zwiebel anbaut, der ist ganz anders ausgestattet technisch oder auch im Gegensatz zum Betrieb der 2-5 ha, oder 7 ha ist einer der größten Betriebe bei uns, der Möhren macht und dementsprechend an den Großhändler verkauft. Und dementsprechend ist die Spannweite selbst im Bio-Bereich ziemlich hoch. Ich sag mal 20 Tonnen pro ha ist ein Ertrag der eher als niedrig einzuschätzen ist. Das ist dann eher ein Betrieb der viel Handarbeit macht und ja weniger mit angepasster Technik unterwegs ist. Und 40 Tonnen ha, der die doppelte Erntemenge produziert in Betrieb der da wirklich n starken Fokus drauf hat. Der da mit ner wirklich guten Technik unterwegs ist. Das ist es was es gar nicht so leicht macht zu sagen ja die Bio-Produktion steht jetzt an dem einem Punkt, denn es ist selbst innerhalb der Bioproduktion eine große Spannweite. die hauptsächlich abhängig ist von den Betriebsstrukturen oder den Betriebsgrößen, die man da so hat. (B01, Pos. 6)

6.2 Betriebsfaktoren >> Spezialisierung

Der Code wird verwendet, wenn es um den Spezialisierungsgrad von ökologischen Betrieben geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Wir haben anteilmäßig wenig große Betriebe 28 ha oder mehr. Sondern der Schwerpunkt liegt wirklich bei 1-3 ha. ungefähr 2/3 unserer Betriebe haben eine kleine Betriebsgröße und die haben da eine große Vielfalt an Kulturen und da ist dann eine Möhre oder eine Zwiebel sehr im kleineren Umfang angebaut. Auf der anderen Seite gibt es dann auch viele Betriebe, die eigentlich nicht wirklich Gemüsebaubetriebe sind sondern eher Ackerbaubetriebe, die dann aber auch im Feldgemüse noch 1 oder 2 Gemüsekulturen anbauen. Zusätzlich zu Weizen, Mais und den anderen Ackerkulturen und dann gibt es auch einige Betriebe die Möhre und Zwiebel auf 2-5 ha anbauen. Das ist so die typische Struktur. Und dementsprechend unterschiedlich sind dann auch die Ertragszahlen, die ich von den Betrieben höre. (B01, Pos. 6)

7 Betriebsentscheidungen

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen getroffen werden, die das Fachwissen und die Betriebsentscheidungen des Landwirtes im Zusammenhang mit dem Erfolg im ökologischen Landbau ansprechen.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Da ist quasi das einzelbetriebliche Management, also die Betriebsleiterentscheidungen, die verantwortlich sind für den Erfolg. So würde ich das sagen. Wenn ich mir anschau, dass die autonomen Geräte wie der Farmdroid als Roboter, der kann das Aussäen von Zwiebeln durchführen und kann auch die das Hacken der Zwiebel durchführen. Also wir haben mittlerweile was die Effektivität angeht und den Fortschritt von Technik auf dem Acker einen Stand erreicht wo man sagen kann wir sind in einer neuen Phase. (B02, Pos. 22)

B: Man sammelt auch Erfahrung. Also die Krautfäule können wir nur bekämpfen, wir können vorbeugen durch verschiedene Feldhygienemaßnahmen, wie selber arbeiten mit Effektiven Mikroorganismen, mit Schachtelhalmttee mit Brennesseltee, also wir machen das net selber, wir kaufen das als Substrat da gibts ne Firma wo dies verkaufen, das kostet viel Geld. Wir betreiben da n gewissen Aufwand aus Vorbeugung, um Cuprozin einzusparen. Kupfer ne. Aber bei so Jahren wie letztes Jahr haben wir das alles verwendet aber trotzdem die volle Menge Kupfer gebraucht. Und so ist der Trick dabei, fahren in jeder freien Minute wenn's geht mit Kleinstmengen Kupfer. Und das haben wir 2016 nicht gewusst, da haben wir 5mal Spritzen dürfen und jedes Mal die vollste Menge draufgehauen und dann waren wir halt fertig und dann kam die Krautfäule erst recht. Das sind auch gewisse Erfahrungswerte. (B04, Pos. 10)

B: ein Punkt ist mir noch wichtig, der fällt mir gerade noch ein. Das für den ökologischen Anbau das ist auch ein wesentlicher Aspekt, der häufig auch häufig von betrieblicher Seite komplett unterschätzt wird und nicht oder unzureichend berücksichtigt wird, ist die Schlagkraft. Also die Schlagkraft wieviel Maschine habe ich für welche Fläche oder wieviel Manpower, wieviel Jätearbeitskräfte habe ich für die Fläche zur Verfügung. Und gibt es genügend Risikopuffer einkalkuliert. Da neigt der Mensch im allgemeinen auch Unternehmer im Ökolandbau also Landwirte dazu sich zu überschätzen. (B02, Pos. 34)

8 zukünftige Risiken

Aussagen zu Aspekten, die zukünftig die Erträge der Landwirtschaft beeinträchtigen können.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiele:

B: Aber beim Bereich Bio, manchmal die Steigerung der Ertragspotenziale, die wird von zwei Dingen begrenzt einmal vom Klimawandel, der wirkt aber Bio wie konventionell analog, und Bio ist eigentlich besser gerüstet als konventionell, weil man schon mit anderen Methoden arbeitet. (B06, Pos. 18)

B: Wir erleben das schon seit Jahren und weil diese Wetterextreme zunehmen, weil es dann mal innerhalb weniger Stunden viel Millimeter schütten kann, habe ich dann auch viele Tage da kann ich auf meiner Fläche nicht arbeiten und ich muss im Prinzip entweder alles vorher erledigt haben oder ich muss dann weil die Zeit drückt und das Problem mit dem Unkrautwachstum usw. oder Schaderregerdruck so groß wird das ich dann nach dem Regen innerhalb sehr kurzer Zeit verrichten muss. (B02, Pos. 34)

9 Marktansprüche

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen getroffen werden, in denen auf die Rolle der Abnehmer oder die Problematik in Bezug auf die gewünschte Qualität oder weitere Anforderungen der Kunden eingegangen wird.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Da werden die samenfesten Sorten längst nicht das Potential haben und die Ansprüche erfüllen, die der Handel hat, Stichwort Qualitäten, und das alles was erwünscht ist im Handel zu erfüllen, das Problem ist Öko Ware muss sich mit Konventioneller Ware messen lassen, es gibt hier keine unterschiedlichen Ansprüche. Es gibt einen Anspruch und der ist bei Beiden enorm hoch. Darum müssen auch die Ökobetriebe, die insbesondere den LEH und den Discount beliefern, auch diese hohen Marktansprüche erfüllen und das können sie nur mit Sorten, die beispielsweise eben dann die

Homogenität und die Qualität dann am Ende im Produkt auch aufweisen und insofern ist das Thema schwierig. (B02, Pos. 14)

B: Und diese Verlockungen des Marktes, ich möchte diesen Begriff Verlockungen des Marktes dem wird viel zu oft unterlegen. Das Betriebsleiter einfach zu oft zu Gunsten des Marktes und zu wenig zu Gunsten der Ressourcen, die sie haben, ob es jetzt eigene Arbeitszeit ist, die der Mitarbeiter oder Stichwort Schlagkraft, was die maschinelle Schlagkraft angeht, überhaupt Flächen in der dafür notwendigen Zeitfenster bearbeiten zu können und zu müssen. (B02, Pos. 34)

10 Lagerung

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Lagerung der Ernte gemacht werden.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Da kommt es natürlich ganz stark drauf an, dass man schonend umgeht mit dem Lagergut. Das man zu hohe Fallstufen vermeidet, dass man jetzt nicht alles runterprasseln lässt in die Kiste. Sondern dass man das möglichst schonende behandelt und auch schnell runterkühlt auf die Lagertemperatur und das man gute Bedingungen im Lager hat. Ist auch ganz entscheidend. Und da gibt es viele Stellschrauben wie man jetzt lagert. (B01, Pos. 22)

11 Ertragssichernde Faktoren ökologische Erträge

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen zu Anbaumethoden oder Praktiken im ökologischen Landbau getroffen werden, die die Erträge unabhängig von bestimmten Ackerkulturen steigern oder sichern können.

Code-Generierung: deduktiv

Ankerbeispiele:

B: Das betriebliche Unkrautmanagement haben sie angesprochen. Auch ein ganz wichtiger Punkt. Das gehört für mich auch zum Thema direkten Pflanzenschutz und Ertragssicherheit. Aber auch der Schutz der Kultur vor Krankheiten, ob es jetzt pilzliche oder tierische Krankheiten sind. (B02, Pos. 28)

B: Also Saatgut haben wir für die indirekten Sachen, die Saatgutgesundheit ist für mich auch ein zentrales Thema. (B02, Pos. 28)

11.1 Ertragssichernde Faktoren ökologische Erträge >> Pflanzenschutz

Dieser Code wird verwendet, wenn Pflanzenschutz als ein Faktor in der Ertragsgenerierung im Öko-Anbau genannt wird.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Im Übrigen auch der echte Mehltau bei Möhren, oder die Krautfäule bei Kartoffeln, also wir haben bestimmte Kulturen mit Schaderregern, also wichtige Krankheiten die eine Rolle spielen, und im Grunde ist das was ich auch sagen möchte, dass meine vierjährige Versuchsreihe in Möhren zur Gesunderhaltung mit Blattdüngung und Pflanzenschutz dazu geführt hat auch in der Beratungsarbeit, wenn ich jetzt Aussagen treffe ist, dass Pflanzenschutz zum ökologischen Feldgemüsebau dazu gehört. (B02, Pos. 26)

11.2 Ertragssichernde Faktoren ökologische Erträge >> Saatgutqualität

Dieser Code wird verwendet, wenn es um die Qualität des verwendeten Saatgutes als Ertragsfaktor geht.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Zum indirekten Pflanzenschutz gehört auch das Landwirte und Gärtner sich informieren müssen über Qualitäten zu Betriebsmitteln und dazu gehört Saatgut, Dünger und Pflanzenschutz wie sie hörten und in welcher Qualität sie sie einkaufen. Bei Saatgut hatte ich schon erwähnt geht das für mich auch um gutes Saatgut um sauberes Saatgut, für den ökologischen Anbau geeignetes möglichst unbelastetes Saatgut. (B02, Pos. 12)

11.3 Ertragssichernde Faktoren ökologische Erträge >> Bodenpflege

Dieser Code wird verwendet, wenn Aussagen gemacht werden, die die Bodenpflege, den Bodenaufbau als wesentlichen Erfolgsfaktor in der Ertragssteigerung sehen.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Öko-Betriebe bauen Humus auf, da sind wir im Vorsprung. Das man das auch mal sieht. Ganz wichtiger Punkt. (B03, Pos. 26)

11.4 Ertragssichernde Faktoren ökologische Erträge >> Fruchtfolgestaltung

Dieser Code wird verwendet, wenn Fruchtfolge als ein Faktor für den Ertragserfolg im ökologischen Landbau genannt wird.

Code-Generierung: induktiv

Ankerbeispiel:

B: Es geht um indirekten Pflanzenschutz Stichwort Fruchtfolgestaltung. Ein wichtiger Aspekt, den man immer also ich wäre kein guter Berater, wenn ich diesen Aspekt nicht zu 50% mit in meine Beratung verankern würde. Das muss so sein, dass wir ne gute Fruchtfolge brauchen, denn die ist Voraussetzung für gesunde Pflanzen, um nicht auch das Thema Fruchtfolgenkrankheitserreger oder Schaderreger also das Aufschaukeln von bestimmten Krankheiten in zu kurzen Fruchtfolgen ist, denke ich, auch ein wichtiges Thema. Da brauchen wir Vielfalt, da brauchen wir Fruchtfolge, da brauchen wir strategisch sinnvolle Fruchtfolgen. Das ist ein wichtiger Beitrag. Indirekter Pflanzenschutz beginnt bei Fruchtfolge. Fruchtfolge ist das A und O. (B02, Pos. 12)

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Vorname, Name und Heimatort:

Franziska Bürker

Tübingen

Ort, Datum:

Rottenburg, den 13. Juni 2022

.....

(Unterschrift)