Universität für Bodenkultur, Wien

Diplomarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades:

Diplom-Ingenieur

Titel:

Modellkonzeption zur Fruchtfolge- und Nährstoffplanung für biologisch wirtschaftende Marktfruchtbetriebe

Autor:
Florian Grassauer, BSc 01340341

Betreuer:
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Günter Breuer
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Michael Eder

Wien, Mai 2020

Danksagung

An dieser Stelle sei allen Personen gedankt, welche zur Fertigstellung dieser Arbeit und letztlich zum Abschluss meines Studiums an der Universität für Bodenkultur Wien beigetragen haben.

Großen Anteil am erfolgreichen Studienabschluss haben natürlich die studentischen Wegbegleiter. Durch die teils ewigen Diskussionen, nächtelanges gemeinsames Lernen und vereintes Bestehen bzw. Scheitern konnte nicht nur der persönliche Horizont stetig erweitert werden, sondern auch eine wertvolle Freundschaft aufgebaut und gepflegt, sowie eine unvergessliche Studienzeit erlebt werden. Lieber Lukas, lieber Daniel, lieber Christoph, lieber Niklas, lieber Johannes, lieber Daniel und lieber Franz: Von Herzen vielen Dank für alles!

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei meinen Eltern für die immerwährende Unterstützung in allen Lebenslagen und die Ermöglichung, den Weg eines Hochschulstudiums überhaupt erst beschreiten zu können.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Florian Grassauer

Abstract

Organic farming and in particular organic arable farming has gained increasing importance in Austria. Especially in organic farms, the best possible combination of the limited available production factors is indispensable for the achievement of an adequate income. Therefore, this thesis attempts to develop an application-oriented flexible planning model for crop rotation and nutrient planning, which serves as a decision support in production planning. Based on the linear planning calculation and under simultaneous consideration of biological laws, agricultural policy conditions and the influence of price and cost changes, a model is designed which provides data and key figures for entrepreneurial decisions. After the conception of the model, it will be evaluated using the example of a fictitious cattle-free crop farm. In order to document the flexibility of the model, a scenario analysis is carried out. Within the framework of six different scenarios, variables were changed in the model and their effects on the calculation results were investigated and described. The results show that in organic farming complex interactions between the production processes have to be considered. As can be expected, changes in economic and agricultural policy conditions lead to adaptation measures both in crop rotation and in production intensity.

Zusammenfassung

Biologische Landwirtschaft und insbesondere biologischer Ackerbau gewinnt in Österreich immer mehr an Bedeutung. Da speziell in biologisch wirtschaftenden Betrieben die bestmögliche Kombination der beschränkt verfügbaren Produktionsfaktoren für die Erzielung eines adäquaten Einkommens unumgänglich ist, wird in dieser Arbeit der Versuch unternommen, ein anwendungsorientiertes flexibles Planungsmodell für die Fruchtfolge- und Nährstoffplanung zu entwickeln, welches als Entscheidungshilfe in der Produktionsplanung dient. Unter Abstützung auf die lineare Planungsrechnung und unter simultaner Berücksichtigung von biologischen Gesetzmäßigkeiten, agrarpolitischen Rahmenbedingungen und Einflüssen von Preis- und Kostenänderungen wird ein Modell konzipiert, welches Daten und Kennzahlen für unternehmerische Entscheidungen bereitstellt. Nach der Konzeption des Modells wird dieses am Beispiel eines fiktiven viehlosen Marktfruchtbetriebes evaluiert. Um die Flexibilität des Rechenmodelles zu dokumentieren wird eine Szenarioanalyse durchgeführt. Im Rahmen von sechs verschiedenen Szenarien werden im Rechenmodell Variablen verändert, und ihre Auswirkungen auf das Rechenergebnis untersucht bzw. beschrieben. Die Ergebnisse zeigen, dass in der biologisch geführten Landwirtschaft komplexe Wechselwirkungen zwischen den Produktionsverfahren zu beobachten bzw. zu berücksichtigen sind. Wie zu erwarten, führen veränderte wirtschaftliche und agrarpolitische Rahmenbedingungen zu Anpassungsmaßnahmen sowohl bei der Fruchtfolge als auch bei der Produktionsintensität.

Inhaltsverzeichnis

I. Abbildungsverzeichnis 9

II. Tabellenverzeichnis 10

1. Einleitung 13

1.1 Problemstellung und Zielsetzung 13

1.2 Aufbau und Gliederung 14

2. Entwicklung der biologischen Landwirtschaft in Österreich 15

3. Rechtliche und agrarpolitische Rahmenbedingungen 17

3.1 Biolandbauverordnung 18

3.2 Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung 18

3.3 Agrarpolitische Rahmenbedingungen 20

4. Pflanzenbauliche Grundlagen 22

4.1 Fruchtfolge 22

4.2 Einsatz ertragssteigernder Betriebsmittel 24

4.2.1 Düngung 24

4.2.2 Pflanzenschutz 25

5. Produktionstheoretische Grundlagen 26

5.1 Optimale spezielle Intensität 26

5.2 Optimale Produktionsrichtung 28

6. Konzeption des Fruchtfolge- und Nährstoffplanungsmodelles 31

6.1 Vorbemerkungen 31

6.2 Modellwahl 32

6.3 Modellkonzeption 35

7. Modellevaluierung 38

7.1 Beschreibung der Planungssituation 38

7.2 Datengrundlage 39
7.2.1 Faktor-Produkt-Beziehungen 39
7.2.2 Variable Kosten und Pachtkosten 42
7.2.3 Kosten für Düngemittel und kalkulatorische Nährstoffkosten 43
7.2.4 Arbeitszeit 43
7.2.5 Leistungen 44
7.2.5.1 Erzeugerpreise 44
7.2.5.2 Direktzahlungen 45
7.2.6 Daten zur Erstellung der Nährstoffbilanzen 45
7.2.6.1 Nährstoffentzüge der verschiedenen Kulturen 46
7.2.6.2 Stickstoffbindung der Leguminosen 46
7.2.6.3 Nährstoffzufuhr über die Düngung 46
8. Ergebnisse 47
8.1 Beschreibung der Szenarien 47
8.2 Referenzszenario 48
8.2.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau 48
8.2.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen 50
8.2.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf 51
8.3 Szenario „Kein Düngerzukauf“ 52
8.3.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau 52
8.3.2 Nährstoffbilanzen 53
8.3.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf 54
8.4 Szenario „Biokompost Zukauf“ 55
8.4.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau 55

8.4.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen 56

8.4.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf.....58

8.5 Szenario „Reduktion Arbeitskraft“.....59

8.5.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau 59

8.5.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen 60

8.5.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf.....61

8.6 Szenario „Preisverfall Getreide“ 62

8.6.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau 62

8.6.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen 63

8.6.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf.....65

8.7 Szenario „Preisverfall Körnermais 66

8.7.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau 66

8.7.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen 67

8.7.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf.....68

8.8 Vergleich der Szenarien und Interpretation der Ergebnisse.....69

9. Zusammenfassung, Diskussion und Empfehlungen 72

10. Quellenverzeichnis.....73

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kennzahlen zur biologischen Landwirtschaft 2017 (Quelle: BMNT, 2018, 50) .15

Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Bio-Ackerfläche und der Anbauausmaße von Getreide, Ölfrüchten, Körnerleguminosen und Hackfrüchten in der biologischen Landwirtschaft von 2000 bis 2017 (Quelle: BMNT, 2018, 163) 16

Abbildung 3: Grafische Bestimmung der optimalen Stickstoffeinsatzmenge (nach BREUER, 1993, 46).....28

Abbildung 4: Grafische Bestimmung der optimalen Verteilung einer gegebenen Stickstoffmenge auf Winterweizen und Körnermais bei gleichen Flächenanteilen der beiden Produkte (nach BREUER, 1993, 54).....30

Abbildung 5: Grafische Darstellung der Produktionsfunktionen von Winterweizen in Abhängigkeit der Vorfrucht (Darstellung auf Grundlage der Daten von BREUER, 1993, 83) ..41

Abbildung 6: Grafische Darstellung der Produktionsfunktionen von Wintergerste und Körnermais (Darstellung auf Grundlage der Daten von BREUER, 1993, 83) 42

Abbildung 7: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Referenzszenario 48

Abbildung 8: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Kein Düngerzukauf" .52

Abbildung 9: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Biokompost Zukauf" .55

Abbildung 10: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Reduktion Arbeitskraft" 59

Abbildung 11: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Preisverfall Getreide" 62

Abbildung 12: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Preisverfall Körnermais".....66

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verbotszeiträume für die Ausbringung von stickstoffhältigen Düngemitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Quelle: AMA, 2018b, s.p.) 19

Tabelle 2: Maximale Anbauanteile von Getreide und Hackfrüchten 24

Tabelle 3: Schematische Darstellung des Rechenmodells 37

Tabelle 4: Erträge einzelner Kulturen in Abhängigkeit der Stickstoffdüngung (Quelle: BREUER, 1993, 83) 39

Tabelle 5: Zusammensetzung der variablen Kosten der verschiedenen Kulturen in €/ha 43

Tabelle 6: Preis für Düngemittel und kalkulatorische Nährstoffkosten 43

Tabelle 7: Arbeitszeitbedarf der verschiedenen Kulturen und der Düngerausbringung 44

Tabelle 8: Erzeugerpreise der verschiedenen Kulturen in €/dt 44

Tabelle 9: Berücksichtigte Direktzahlungen der ersten und zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik 45

Tabelle 10: Nährstoffentzüge der verschiedenen Kulturen in kg/dt (Quelle: AWI, 2020, s.p.)46

Tabelle 11: Nährstoffgehalte der berücksichtigten Düngemittel in % 46

Tabelle 12: Beschreibung der verschiedenen Szenarien 47

Tabelle 13: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Referenzszenario 49

Tabelle 14: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Referenzszenario 49

Tabelle 15: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Referenzszenario 50

Tabelle 16: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Referenzszenario 50

Tabelle 17: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Referenzszenario 51

Tabelle 18: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Kein Düngerzukauf" 52

Tabelle 19: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Kein Düngerzukauf" 53

Tabelle 20: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Kein Düngerzukauf" 54

Tabelle 21: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Kein Düngerzukauf".....54

Tabelle 22: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Biokompost Zukauf".....55

Tabelle 23: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Biokompost Zukauf".....56

Tabelle 24: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Szenario "Biokompost Zukauf" 56

Tabelle 25: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Biokompost Zukauf".....57

Tabelle 26: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Biokompost Zukauf".....58

Tabelle 27: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Reduktion Arbeitskraft".....59

Tabelle 28: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Reduktion Arbeitskraft" 60

Tabelle 29: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Szenario "Reduktion Arbeitskraft"60

Tabelle 30: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Reduktion Arbeitskraft" 61

Tabelle 31: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Reduktion Arbeitskraft".....61

Tabelle 32: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Preisverfall Getreide" 62

Tabelle 33: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Preisverfall Getreide" ...63

Tabelle 34: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Szenario "Preisverfall Getreide"...63

Tabelle 35: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Preisverfall Getreide".....64

Tabelle 36: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Preisverfall Getreide".....65

Tabelle 37: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Preisverfall Körnermais".....66

Tabelle 38: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Preisverfall Körnermais" 67

Tabelle 39: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Szenario "Preisverfall Körnermais" 67

Tabelle 40: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Preisverfall Körnermais" 68

Tabelle 41: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Preisverfall Körnermais".....68

Tabelle 42: Vergleich von Kulturartenverteilung, ZF-Anbau und Nährstoffzukauf der verschiedenen Szenarien.....70

Tabelle 43: Vergleich der ökonomischen Kennzahlen der verschiedenen Szenarien 72

1. Einleitung

Eine zentrale Aufgabe in landwirtschaftlichen Betrieben ist die organisierte Erzeugung von pflanzlichen Produkten, die entweder direkt abgesetzt, verfüttert oder technisch weiterverarbeitet werden. Dies bedeutet eine Bindung der Produktionsprozesse an biologische Wachstumsvorgänge und damit auch an, nur bedingt voraus zu berechnende, Kausalzusammenhänge zwischen Gütereinsatz und Produktionsmenge. Die wirtschaftlich optimale Nutzung der verfügbaren Flächen ist ein zentrales Anliegen in landwirtschaftlichen Betrieben. Speziell in der biologischen Landwirtschaft, die in den letzten drei Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen hat, ist der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit ein zentrales Anliegen. Damit ergeben sich Herausforderungen für eine steigende Anzahl von biologisch wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieben, die Fruchtfolge und den Nährstoffeinsatz möglichst effizient zu gestellten.

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Speziell in biologisch wirtschaftenden Betrieben ist für eine erfolgreiche Unternehmensführung die bestmögliche Kombination der beschränkt verfügbaren Produktionsfaktoren für die Erzielung eines adäquaten Einkommens unumgänglich. In der landwirtschaftlichen Praxis fehlen nach wie vor gesamtbetriebliche Planungsmodelle, welche pflanzenbauliche Wechselbeziehungen und ökonomische Nebenbedingungen für eine wirtschaftlich optimale Fruchtfolge- und Nährstoffplanung lösen können. Zielsetzung der Arbeit ist es, ein anwendungsorientiertes flexibles Planungsmodell für die Fruchtfolge- und Nährstoffplanung zu entwickeln, welches als Entscheidungshilfe in der Produktionsplanung dient. Im Modell sollen biologische Gesetzmäßigkeiten, agrarpolitische Rahmenbedingungen und Einflüsse von Preis- und Kostenänderungen berücksichtigt werden. Ein weiteres Ziel des Modelles ist die Bereitstellung von Daten und Kennzahlen für unternehmerische Entscheidungen, wie z.B. die Abbildung von Zahlungsströmen oder Grenzwerten für beschränkt verfügbare Produktionsfaktoren.

Die Fragen der optimalen Fruchtfolgegestaltung und des adäquaten Düngereinsatzes stehen im Vordergrund dieser Arbeit. Das Modell soll so gestaltet werden, dass die wesentlichen Einflussfaktoren möglichst umfassend in das Modell integriert werden können, aber gleichzeitig darauf Rücksicht genommen wird, dass Veränderungen der Rahmenbedingungen sowie Anpassungen der Eingangsparameter vorgenommen werden können.

1.2 Aufbau und Gliederung

Der Modellevaluierung geht ein allgemeiner Teil voran. Im allgemeinen Teil wird zunächst die Entwicklung der biologischen Landwirtschaft in Österreich skizziert, damit die zunehmende Bedeutung des Planungsmodells erkennbar wird. Anschließend werden die betreffenden rechtlichen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen sowie pflanzenbaulichen Grundlagen, welche für das Modell Relevanz besitzen, kurz skizziert. Daran anknüpfend werden, zum besseren Verständnis des Modells, die produktionstheoretischen Grundlagen aus betriebswirtschaftlicher Perspektive behandelt. Nach der Beschreibung des Rechenmodells folgt der quantitative Teil der Arbeit, in dem das Modell mittels eines fiktiven Modellbetriebes evaluiert wird.

2. Entwicklung der biologischen Landwirtschaft in Österreich

Der Anteil an biologisch wirtschaftenden Betrieben in Österreich steigt. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, gibt es laut INVEKOS-Datenbank (2017) 23.065 biologisch wirtschaftende Betriebe in Österreich. Das ergibt einen Anteil an biologisch wirtschaftenden Betrieben von 20,7 %. Diese Betriebe bewirtschaften insgesamt eine Fläche von 620.764 ha (BMNT, 2018, 50). Der Anteil an biologisch bewirtschafteten Flächen wird demnach mit 24 % beziffert. Das entspricht

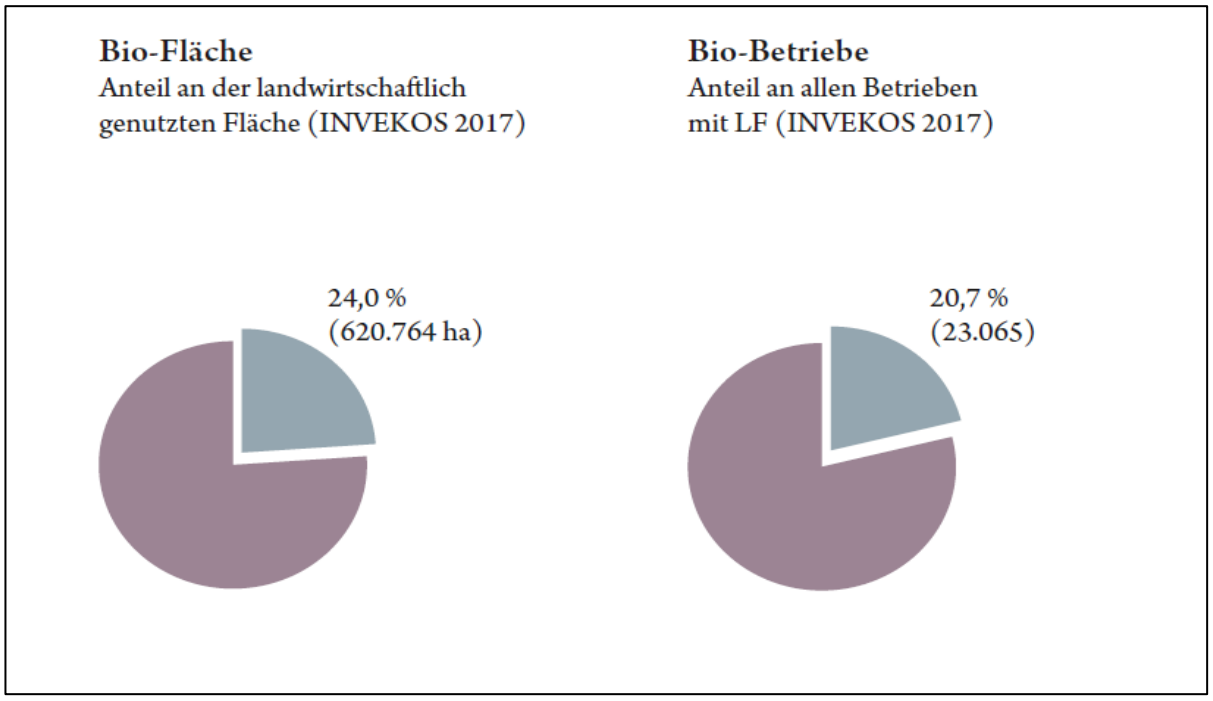
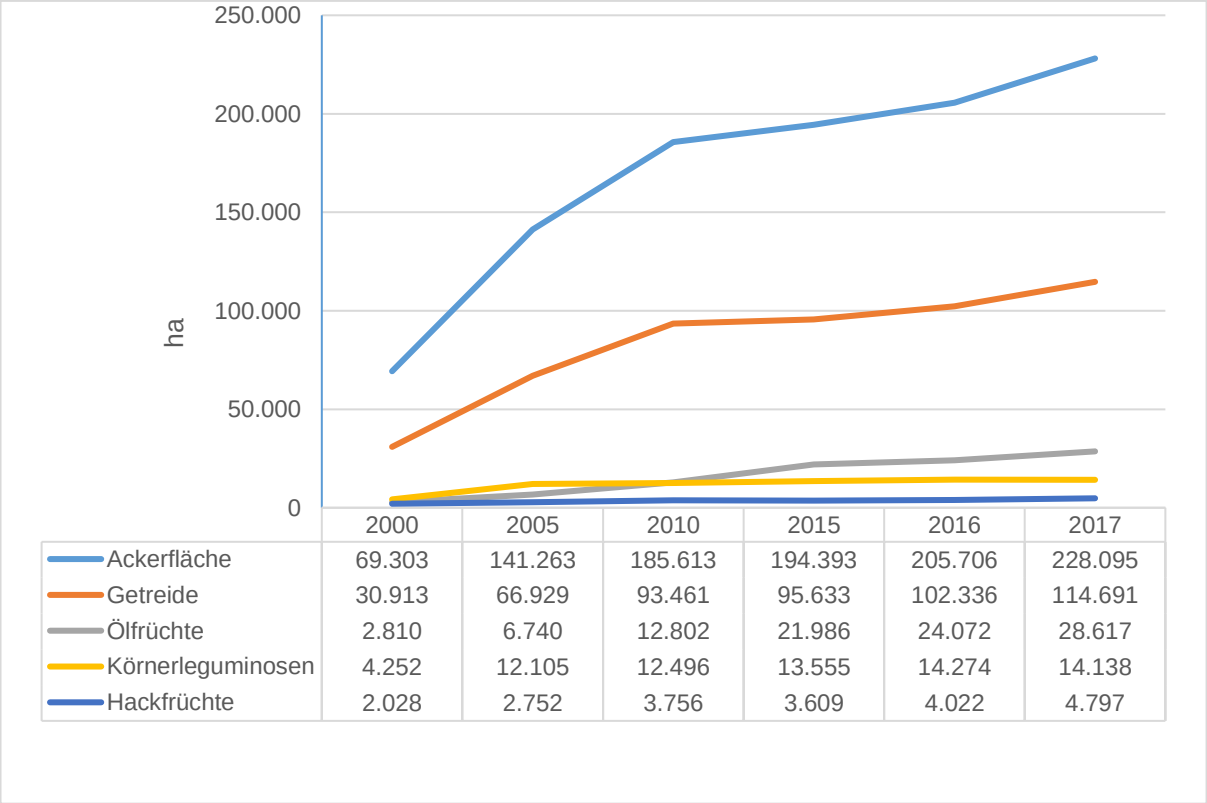


Abbildung 1: Kennzahlen zur biologischen Landwirtschaft 2017 (Quelle: BMNT, 2018, 50)

einer Steigerung von 20 % seit dem Jahr 2007 (BMNT, 2018, 50). Im Vergleich zu den anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union liegt Österreich damit auf dem ersten Platz (BMLFUW, 2015, 22).

Im biologischen Ackerbau wird eine Fläche von 225.477 ha bewirtschaftet (AMA, 2018a, 4). Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Bio-Ackerfläche sowie die Veränderung der Anbauausmaße von Getreide, Ölfrüchten, Körnerleguminosen und Hackfrüchten in der biologischen Landwirtschaft im Zeitraum von 2000 bis 2017. Daraus wird ersichtlich, dass die biologisch bewirtschaftete Ackerfläche in diesem Zeitraum um ca. 230 % gewachsen ist. Im Fall von biologisch angebautem Getreide beträgt die Zunahme etwa 270 %. Das Anbauausmaß von Bio-Ölfrüchten hat sich im betrachteten Zeitraum etwa verzehnfacht. Der Anbau von Bio-Körnerleguminosen hat etwa um 230 % zugenommen. Biologisch angebaute

Hackfrüchte konnten im Zeitraum von 2000 bis 2017 eine Zunahme von ca. 136 % verzeichnen (BMNT, 2018, 163).



	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Ackerfläche	69.303	141.263	185.613	194.393	205.706	228.095
Getreide	30.913	66.929	93.461	95.633	102.336	114.691
Ölfrüchte	2.810	6.740	12.802	21.986	24.072	28.617
Körnerleguminosen	4.252	12.105	12.496	13.555	14.274	14.138
Hackfrüchte	2.028	2.752	3.756	3.609	4.022	4.797

Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Bio-Ackerfläche und der Anbauausmaße von Getreide, Ölfrüchten, Körnerleguminosen und Hackfrüchten in der biologischen Landwirtschaft von 2000 bis 2017 (Quelle: BMNT, 2018, 163)

Der Anteil an biologisch bewirtschafteter Getreidefläche beträgt 17 % der gesamten Getreidefläche in Österreich. Bei Körnerleguminosen wird dieser Anteil mit 32 % beziffert (AMA, 2018a, 1f). Von der gesamten Kartoffelanbaufläche Österreichs werden 15 % biologisch bewirtschaftet. Gemüseflächen werden zu einem Anteil von 23 % biologisch bewirtschaftet. Bei Zuckerrüben beträgt das Ausmaß an biologischer Anbaufläche derzeit 1.174 ha. Das entspricht einem Anteil von knapp 3 % der gesamten Zuckerrübenfläche Österreichs (AMA, 2018a, 3f). Im Fall der Bio-Zuckerrüben denkt die Agrana wegen einer stetig steigenden Nachfrage bereits an eine Ausweitung der Anbaufläche. Langfristig wird ein Anbauausmaß von 3.000 ha als Ziel beziffert (Landwirt, 2018, s.p.).

Auch auf Seiten der Konsumentinnen und Konsumenten ist zurzeit ein deutlicher Trend in Richtung Bio-Lebensmittel zu verzeichnen. Generell wird angenommen, dass biologisch produzierte Lebensmittel aufgrund von geringeren Pestizidrückständen gesünder sind als Lebensmittel aus konventioneller Landwirtschaft (LEA UND WORSLEY, 2005, 6). Auch

gestiegenes Umweltbewusstsein ist ein Grund für die steigende Nachfrage nach diesen Lebensmitteln (LEE UND YUN, 2014, 259). Diese steigende Nachfrage ist auch Auslöser dafür, dass große Handelsketten immer mehr in die Vermarktung von Bio-Lebensmitteln einsteigen und so immer breitere Bevölkerungskreise erreichen (BMLFUW, 2015, 23). Der Gesamtwert an abgesetzten Bio-Lebensmitteln belief sich im Jahr 2017 auf rund 1,8 Mrd. €. Gegenüber dem Jahr 2016 bedeutet das eine Steigerung von 12 % (APA-OTS, 2018, s.p.). Der wertmäßige Anteil an Bio-Lebensmitteln im österreichischen Lebensmitteleinzelhandel beträgt durchschnittlich 8,6 %. Die höchsten Anteile erreichen die Produktgruppen: Eier (21,6 %), Trinkmilch (18,5 %) und Kartoffeln (16,9 %). Niedrigere Anteile finden sich in den Produktgruppen Fleisch (4,5 %) und Wurst (2,9 %) (HANDELSBLATT, 2018, s.p.).

3. Rechtliche und agrarpolitische Rahmenbedingungen

Für die Fruchtfolgeplanung und damit auch für ein diesbezügliches Rechenmodell sind agrarpolitische und rechtliche Rahmenbedingungen miteinzubeziehen. Zum einen gibt es gesetzliche Regelungen, welche sämtliche biologisch wirtschaftenden Betriebe in Europa betreffen, zum anderen gibt es speziell für Österreich geltende gesetzliche Rahmenbedingungen, welche in einem Fruchtfolgeplanungsmodell zu berücksichtigen sind. In diesem Abschnitt werden die wesentlichen rechtlichen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen angeführt.

Generell gilt biologische Landwirtschaft als die umweltschonendste Form der Landbewirtschaftung und setzt in ihrer Umsetzung eine Denkweise voraus, die folgenden wichtigen Prinzipien unterliegt (BMNT, 2019a, s.p.):

- Möglichst geschlossene Kreisläufe
- Ernährung des Bodens und nicht der Pflanze
- Nützen von natürlichen Selbstregulierungsmechanismen
- Möglichst geringer Einsatz von Fremdenergie

Ziele der biologischen Landwirtschaft sind vielseitige Fruchtfolgen, eine artgemäße Nutztierhaltung sowie der Einsatz von natürlichen Ressourcen und organischen Düngern (DIEPENBROCK et al., 2005, 126).

Um diesen Prinzipien und Zielen möglichst gerecht zu werden unterliegt die biologische Landwirtschaft speziellen politischen und gesetzlichen Grundlagen, welche im Folgenden schematisch beschrieben werden.

3.1 Biolandbauverordnung

Für die biologische Landwirtschaft existieren innerhalb der europäischen Union einheitliche Rahmenbedingungen. Auf Ebene der Europäischen Union wird die biologische Landwirtschaft durch die *Verordnung (EG) Nr.834/2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen* (Biolandbauverordnung) geregelt (BMASGK, 2019, s.p.). Gegenstand dieser Verordnung sind die Produktion, die Verarbeitung, die Kontrolle und der Import von biologischen Produkten (BIO-AUSTRIA, 2019, s.p.). Die Durchführung dieser Verordnung wird wiederum durch die *Verordnung (EG) Nr.889/2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle* normiert (BMASGK, 2019, s.p.).

Der biologische Ackerbau kommt mit der Biolandbauverordnung vor allem im Bereich der Stickstoffdüngung und des Pflanzenschutzes in Berührung. So normiert die Biolandbauverordnung etwa ein Verbot für mineralische Stickstoffdünger sowie für chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel.

Der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit muss vielmehr durch mehrjährige Fruchtfolgen sowie dem Einsatz von Kompost und Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft gewährleistet werden. Im Bereich des Pflanzenschutzes hat sich die Vermeidung von Schäden durch Unkräuter, Krankheiten und Schädlingen an mechanischen und thermischen Bearbeitungsmaßnahmen, geeigneter Sortenwahl bzw. Fruchtfolge und der Förderung von Nützlingen zu orientieren.

Sollte dennoch Bedarf an zusätzlichen Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln bestehen, so dürfen lediglich jene Substanzen zur Anwendung kommen, welche gemäß Artikel 16 der Biolandbauverordnung zugelassen sind.

3.2 Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung

Um der Eutrophierung von Gewässern durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen vorzubeugen, erließ der Rat der Europäischen Gemeinschaften 1991 die *Richtlinie 91/676/EWG* und verpflichtete damit die Mitgliedstaaten ihrerseits Aktionsprogramme zur Verringerung und Vorbeugung derartiger Verunreinigungen festzulegen. Die Umsetzung dieser Richtlinie erfolgt in Österreich durch die Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV) in der geltenden Fassung. Die NAPV regelt durch bundesweit geltende Vorgaben den Einsatz von stickstoffhältigen Düngern auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (BMNT, 2019b, s.p.).

In §2 NAPV sind Verbotszeiträume für die Ausbringung von stickstoffhältigen Düngemitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen geregelt. Bei den landwirtschaftlich genutzten Flächen wird hierbei zwischen Dauergrünland/Ackerfutterflächen sowie sonstigen Flächen unterschieden. Unter Ackerfutterflächen werden jene Ackerflächen subsumiert, welche zum Anbau von Gras oder sonstigem Grünfutter genutzt werden. Neben einem generellen Ausbringungsverbot auf wassergesättigten, überschwemmten, gefrorenen und schneebedeckten Böden, definiert die NAPV je nach Flächennutzung unterschiedliche Verbotszeiträume welche in Tabelle 1 überblicksmäßig dargestellt sind.

Tabelle 1: Verbotszeiträume für die Ausbringung von stickstoffhältigen Düngemitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Quelle: AMA, 2018b, s.p.)

Flächennutzung	**Verbotszeitraum**	**Verbotene N-haltige Düngemittel**
Dauergrünland/ Ackerfutterflächen	30. November – 15. Februar	Mineralischer Dünger, Gülle, Biogasgülle, Gärrückstände, Jauche und nicht entwässerter Klärschlamm
Sonstige Flächen **ohne** Folgefrucht- bzw. Zwischenfruchtanbau bis zum 15. Oktober	15. Oktober – 15. Februar	Mineralischer Dünger, Gülle, Biogasgülle, Gärrückstände, Jauche und nicht entwässerter Klärschlamm
Sonstige Flächen **mit** Folgefrucht- bzw. Zwischenfruchtanbau bis zum 15. Oktober	15. November – 15. Februar	Mineralischer Dünger, Gülle, Biogasgülle, Gärrückstände, Jauche und nicht entwässerter Klärschlamm
Gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche	30. November – 15. Februar	Stallmist, Kompost, entwässerter Klärschlamm und Klärschlammkompost

Die mengenmäßigen Begrenzungen für die Ausbringung von stickstoffhältigen Düngemitteln regelt die NAPV in §8. Demnach dürfen mittels Wirtschaftsdünger, nach Abzug der Stall- und Lagerungsverluste, maximal 170 kg Stickstoff je Hektar und Jahr ausgebracht werden (Landwirtschaftskammer Wien, 2018, s.p.). Die Berechnung des Stickstoffanfalls aus den unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern erfolgt mittels Tabellenwerten.

Weiters normiert §8 NAPV, dass die jahreswirksame Ausbringungsmenge an Stickstoff die festgelegte Mengenbegrenzung je nach Ertragslage nicht überschreiten darf (Landwirtschaftskammer Wien, 2018, s.p.). Diese unterschiedlichen Mengenbegrenzungen sind ebenfalls mittels Tabellenwerten zu bestimmen. Die Ertragslage ist anhand der tatsächlichen durchschnittlichen Erträge der letzten Jahre zu ermitteln. Die Bestimmungen über die Obergrenze der Ausbringungsmenge für stickstoffhaltige Düngemittel sind auch für biologisch wirtschaftende Betriebe einzuhalten und daher im Modell zu berücksichtigen.

Für das Planungsmodell besitzen die Verbotszeiträume im Gegensatz zur jährlichen Höchstausbringungsmenge von Stickstoff keine Relevanz.

3.3 Agrarpolitische Rahmenbedingungen

Agrarpolitische Rahmenbedingungen haben unmittelbare Auswirkungen auf die Fruchtfolgeplanung sofern Direktzahlungen beantragt werden. Grundsätzlich bietet die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der österreichischen Agrarpolitik, über die EU-finanzierte Einheitliche Betriebsprämie (erste Säule) hinaus, die Möglichkeit, Direktzahlungen zu gewähren (zweite Säule). Direktzahlungen oder Beihilfen der ersten Säule umfassen Flächenzahlungen auf Basis bestimmter Auflagen. Hierunter fallen die Basisprämie und die Greeningprämie. Die Höhe der Basisprämie beträgt 195 €/ha (AMA, 2015, 10). Neben der Basisprämie wird zusätzlich die Greeningprämie in der Höhe von etwa 45 % der Basisprämie gewährt (AMA, 2015, 14). Die Greeningprämie wird daher mit 89 €/ha angenommen. Der Erhalt der Greeningprämie ist an folgende drei Anforderung geknüpft (BMNT, 2019c, s.p.):

1.) Dauergrünlanderhalt:
   Das Dauergrünland aller EU-Mitgliedstaaten darf um nicht mehr als 5 % abnehmen. Überdies muss jeder Mitgliedstaat ein absolutes Umbruchs- und Umwandlungsverbot für bestimmte Flächen erlassen (NATURA 2000 Gebiete).
2.) Anbaudiversifizierung:
   - Betriebe mit einer Ackerfläche von 10-30 ha müssen mindestens zwei Kulturen pro Jahr anbauen. Eine Kultur darf dabei nur maximal 75 % der Ackerfläche einnehmen.
   - Betriebe mit einer Ackerfläche von >30 ha müssen mindestens drei Kulturen pro Jahr anbauen. Zwei Kulturen dürfen dabei zusammen nur maximal 95 % der Ackerflächen einnehmen.
3.) Ökologische Vorrangflächen:
   Betriebe mit einer Ackerfläche >15 ha müssen fünf Prozent ökologische Vorrangflächen (ÖVF) auf ihrer Ackerfläche vorweisen. Als ÖVF gelten Brachen,

Landschaftselemente, Flächen auf denen Leguminosen oder Zwischenfrüchte kultiviert werden sowie Flächen mit Kurzumtrieb-Niederwald. Seit 2018 gelten auch Flächen mit Miscanthus und seit 2019 auch Flächen mit durchwachsener Silphie als ÖVF.
Diese verschiedenen Varianten werden unterschiedlich gewichtet und als ökologische Vorrangfläche angerechnet.

Biologisch wirtschaftende Betriebe sind von diesen drei Auflagen allerdings ausgenommen, da angenommen wird, dass die Anforderungen automatisch eigehalten werden (BMNT, 2019c, s.p.). Die Zahlungen für biologisch wirtschaftende Betriebe aus der ersten Säule der GAP belaufen sich demnach auf insgesamt 284 €/ha.

Die zweite Säule umfasst Zahlungen für Maßnahmen aus dem österreichischen Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL). Aus dem ÖPUL-Maßnahmenkatalog werden zwei förderungsfähige Verfahren für die Modellerstellung berücksichtigt:

1.) Begrünung Acker – Zwischenfruchtanbau:

Bei dieser Maßnahme verpflichtet sich der Betrieb dazu, Ackerfläche zu begrünen. Dazu stehen sechs vordefinierte Begrünungsvarianten zur Verfügung. Diese Varianten unterscheiden sich in ihren Anlage- und Umbruchsterminen, sowie in der Anzahl und Art der anzulegenden Kulturen (BMNT, 2017, s.p.). Die am häufigsten angewandten Varianten sind Variante 3 und 4. Im Jahr 2016 wurden diese beiden Varianten auf knapp 80 % der geförderten Ackerfläche angewandt (BMLFUW, 2017, 210). Folgende Bedingungen müssen je nach Variante für den Erhalt der Prämie erfüllt werden (AMA, 2019, 53):

- Variante 3: späteste Anlage am 20.08; frühester Umbruch am 15.11; Aussaat von mindestens 3 Mischungspartnern
- Variante 4: späteste Anlage am 31.08; frühester Umbruch am 15.02; Aussaat von mindestens 3 Mischungspartnern

Die Prämie für Variante 3 beträgt 160 €/ha bzw. 170 €/ha für Variante 4. Aufgrund dieser Ähnlichkeit wurde für das erstellte Modell einheitlich Variante 3 angenommen. Die Prämie wird daher mit 160 €/ha angenommen (AMA, 2019, 93).

2.) Biologische Wirtschaftsweise:

Für viehlose Marktfruchtbetriebe gelten die Voraussetzungen für diese Maßnahme mit

- Abschluss eines Vertrags mit einer Bio-Kontrollstelle und der folgenden Anerkennung als Biobetrieb,

- der Einhaltung der EU-Bio-Verordnung und ergänzender nationaler Bestimmungen sowie
- der Verpflichtung zur Weiterbildung

als erfüllt (AMA, 2019, 30f). Die Prämie für biologische Wirtschaftsweise beträgt für Ackerkulturen 230 €/ha (BMNT, 2017, s.p.). Weitere Abstufungen dieser Prämie gibt es beim Anbau von Ackerfutter (70 €/ha für viehlose bzw. 225 €/ha für viehhaltende Betriebe), Feldgemüse und Erdbeeren (450 €/ha) und Kulturen im geschützten Anbau (700 €/ha). Für Bodengesundungsflächen wird keine Prämie gewährt (AMA, 2020, 9).

4. Pflanzenbauliche Grundlagen

Für eine nach wirtschaftlichen Kriterien orientierte Ausgestaltung der Fruchtfolge sind pflanzenbauliche Grundlagen notwendig. Im folgenden Abschnitt werden daher einige Grundlagen zur Fruchtfolge und zu ertragssteigernden Betriebsmitteln angeführt.

4.1 Fruchtfolge

Der regelmäßige Wechsel verschiedener Kulturarten im zeitlichen Ablauf auf einem bestimmten Standort wird unter dem Begriff Fruchtfolge zusammengefasst (ANDREAE, 1968, 17). Fruchtfolgen sollen verschiedene, in Wechselwirkung stehende, Aufgaben erfüllen (DIEPENBROCK et al., 2005, 36) und mittels einer Abfolge unterschiedlicher Kulturen bestmögliche Wachstumsbedingungen für die nachfolgenden Kulturen gewährleisten (FREYER, 2016, 336). Dazu soll die zeitliche Abfolge der verschiedenen Kulturen so gestaltet sein, dass die verfügbare Vegetationszeit so gut wie möglich genutzt wird. Gleichzeitig gilt es, die Vorfrucht- und Fruchtfolgewirkungen effektiv zu nutzen. Weiters sollen durch kulturspezifische Anbaupausen Ertrags- und Wachstumsbeeinträchtigungen abgewendet werden (DIEPENBROCK et al., 2005, 36).

In der biologischen Landwirtschaft kommt der Gestaltung der Fruchtfolge aufgrund des Verzichts auf chemisch-synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel eine wesentliche Bedeutung zu. Hier werden der Fruchtfolge die Aufgaben der Stickstofffixierung, der Nährstoffmobilisierung sowie des Pflanzenschutzes und der Unkrautregulierung übertragen, welche sonst von externen Betriebsmitteln übernommen werden können (FREYER, 2016, 336). In Bezug auf die Stickstoffversorgung der Pflanzen kommt vor allem den Leguminosen große Bedeutung zu (SCHNEIDER et al., 2013, 54).

Jene Kulturen, welche über die gesamte oder den Großteil der Vegetationszeit auf dem Feld stehen, nennt man Hauptfrüchte. Demgegenüber stehen die Zwischenfrüchte. Dabei handelt

es sich um Kulturen, welche zum Schließen von Anbaulücken zwischen zwei Hauptfrüchten angebaut werden. Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten soll die verfügbare Vegetationszeit besser ausgenutzt werden. Gleichzeitig dienen sie der Erosionsminderung durch Bodenbedeckung, der Strukturverbesserung und der Konservierung bzw. Anreicherung von Nährstoffen (DIEPENBROCK et al., 2005, 38).

Weiters unterscheidet man in der Fruchtfolgesystematik zwischen Blatt- und Halmfrüchten. Blattfrüchte sind Kulturen mit hohem Blattanteil, wie zum Beispiel Leguminosen, Hackfrüchte und Kartoffeln. Blattfrüchte werden daher auch als Humusmehrer bezeichnet. Die verschiedenen Getreidekulturen werden hingegen als Halmfrüchte bzw. Humuszehrer bezeichnet. Der abwechselnde Anbau von Blatt- und Halmfrüchten ist ein wichtiger Grundsatz der Fruchtfolgeplanung in der biologischen Landwirtschaft (FREYER, 2003, s.p.).

Ein weiterer Grundsatz bei der Gestaltung von Fruchtfolgen im biologischen Ackerbau ist ein erhöhter Anbauanteil von Leguminosen. Leguminosen besitzen die Möglichkeit der autonomen Bindung von Luftstickstoff. Diese Fähigkeit verdanken sie einer bakteriellen Symbiose mit Rhizobien (DIEPENBROCK et al., 2005, 188). Der dadurch gebundene Stickstoff steht der nachfolgenden Kultur zur Verfügung. Für einen landwirtschaftlichen Betrieb bedeutet diese Stickstoffbindung folglich eine Nährstoffzufuhr. Die Hauptaufgabe der Leguminosen ist die Sicherung der Stickstoffversorgung über die Bindung von Luftstickstoff mittels symbiotischer Knöllchenbakterien (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2018, 9).

Weitere positive Aspekte des Leguminosenanbaus sind die Gareförderung, die Humuserhaltung bzw. –mehrung und die Unkrautunterdrückungswirkung speziell der Futterleguminosen (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2002, 12; FREYER, 2003, s.p.). Aufgrund von Virosen, Pilzen sowie pflanzlichen und tierischen Schaderregern sind nahezu alle Leguminosenarten selbstunverträglich. Kulturartspezifische Anbaupausen von mehreren Jahren müssen daher streng eingehalten werden (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2002, 23). Aus den unterschiedlichen Anbaupausen der einzelnen Leguminosen ergibt sich ein maximaler Anbauanteil für Leguminosen. In der Literatur finden sich verschiedene Werte für den maximalen Leguminosenanteil. So beziffert etwa das SÄCHSISCHE LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (2008, 2) den maximalen Hauptfrucht-Leguminosenanteil mit 25-35 %. Andere Werte für den maximalen Leguminosenanteil finden sich etwa bei FREYER (2003, s.p.) mit 20-30 % als Orientierungswert und bei BIO AUSTRIA (2019, s.p.) mit 20-25 % Leguminosenanteil.

Orientierungswerte für die Obergrenzen der Anbauanteile gibt es auch für Getreide und Hackfrüchte. Auch hier finden sich unterschiedliche Werte in der Literatur. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen maximalen Anbauanteile von Getreide und Hackfrüchten.

Tabelle 2: Maximale Anbauanteile von Getreide und Hackfrüchten

Getreide	Hackfrüchte	Quelle
≤ 50 %	25-30 %	BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2011, 11f)
60-70 %	5-15 %	BIO AUSTRIA (2019, s.p.)
50-60 %	10-20 %	FREYER (2003, s.p.)

Auf Grundlage der oben dargestellten Richtwerte für die maximalen Anteile der verschiedenen Kulturgruppen fließen folgende Maximalanteile in die Modellerstellung ein: Der Leguminosenanbau wird mit maximal 35 % der gesamten Ackerfläche begrenzt, Getreide kann bis zu einem Anteil von 60 % angebaut werden und der Maximalanteil von Hackfrüchten wird mit 30 % angenommen.

4.2 Einsatz ertragssteigernder Betriebsmittel

4.2.1 Düngung

Unter Düngung versteht man die Ausbringung von mineralischen sowie organischen Stoffen, welche Pflanzennährstoffe enthalten und so die Nährstoffversorgung von Böden verbessern, sogenannte Dünger. Ziel jeder Düngung ist es, das Pflanzenwachstum zu fördern und die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern (DIEPENBROCK et al., 2005, 85).

Pflanzen benötigen eine Vielzahl an Nährstoffen in unterschiedlicher Menge. Man unterscheidet dabei zwischen Makronährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Schwefel und Kalzium) und Mikronährstoffen (Eisen, Zink, Kupfer, Mangan, Molybdän und Bor) (DIEPENBROCK et al., 2005, 85). Maßgeblich für den Ertrag einer Kultur ist aber allem voran die Höhe der Stickstoffdüngung. Von ihr hängen auch die erforderlichen Mengen der anderen Nährstoffe ab (BRANDES UND WOERMANN, 1971, 165).

Die Stickstoffdüngung unterliegt dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses (DABBERT UND BRAUN, 2006, 27). Der Ertrag einer Kultur steigt demnach mit zunehmender Stickstoffdüngung unterproportional an und kann über einer gewissen Höhe an Dünger sogar absolut abnehmen (BRANDES UND WOERMANN, 1971, 162).

Dies kann in nassen, windreichen Jahren vor allem bei Getreide beobachtet werden. Eine zu hohe Stickstoffdüngung führt in solchen Jahren zu einem erhöhten Anteil an Lagergetreide und zieht somit Ernteschwierigkeiten und Ertragseinbußen nach sich (BRANDES UND WOERMANN, 1971, 163).

Eine zu hohe Stickstoffdüngung kann aber nicht nur den Ertrag einer Kultur negativ beeinflussen. So erreicht beispielsweise Gerste bei einer zu reichlich bemessenen Stickstoffdüngung möglicherweise einen zu hohen Eiweißgehalt und kann damit den Qualitätskriterien zur Anerkennung als Braugerste nicht mehr genügen. In solchen Fällen muss die Gerste als schlechter bezahlte Futtergerste vermarktet werden. Zur Erreichung von Braugerstenqualität ist eine mäßige Stickstoffdüngung daher von entscheidender Bedeutung. Werte von 90-120 kg N/ha sollten nicht überschritten werden (DIEPENBROCK et al., 2005, 187).

Auch bei der Zuckerrübe zeigt sich die Problematik einer zu hohen Stickstoffdüngung. Über einer gewissen Düngungshöhe wird nicht mehr der Zuckerertrag, sondern nur noch der Blattertrag der Zuckerrübe gesteigert. Dies ist vor allem bei viehlosen Marktfruchtbetrieben ungünstig, da das Rübenblatt als Gründüngung am Acker verbleibt und nicht verwertet wird. Gleichzeitig lagert sich bei zu hoher Düngung in der Zuckerrübe Stickstoff ab, welcher wiederum ihre Verarbeitung erschwert (BRANDES UND WOERMANN, 1971, 163f).

4.2.2 Pflanzenschutz

Zum Komplex des Pflanzenschutzes sind alle Maßnahmen zu zählen, welche zur Ertragssicherung und Ernteerleichterung beitragen. Zusammen mit der Düngung übernimmt der Pflanzenschutz aber auch die Aufgabe der Ertragssteigerung (BRANDES UND WOERMANN, 1971, 168). Im Ackerbau geht es dabei zum Großteil um chemische und mechanische Maßnahmen, welcher der Bekämpfung von Unkräutern sowie Pflanzenschädlingen und -krankheiten dienen.

Da im biologischen Ackerbau die Verwendung von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln verboten ist, konzentrieren sich biologisch wirtschaftende Ackerbaubetriebe auf mechanische Formen des Pflanzenschutzes. Dazu werden Geräte eingesetzt, welche den Boden flach bearbeiten und auf diese Weise die Unkrautkeimlinge ausreißen oder verschütten. Je nach Kulturgruppe werden dabei unterschiedliche Geräte eingesetzt. In Reihenkulturen (Hackfrüchte oder Mais) kommen verschiedenste Hackgeräte zum Einsatz. Eggen und Striegel werden demgegenüber bei Flächenkulturen wie Getreide und Körnerleguminosen verwendet (DIEPENBROCK et al., 2005, 113).

5. Produktionstheoretische Grundlagen

Die Leistungserstellung im landwirtschaftlichen Betrieb vollzieht sich in einem Kombinationsprozess von Produktionsfaktoren, dem teilweise biologische Gesetzmäßigkeiten zugrunde liegen. Aufgrund sich ständig ändernder Rahmenbedingungen für die reale Entscheidungssituation ist es notwendig, die Problemstellung analytisch zu durchdringen. Für unternehmerische Fragestellungen wie die Fruchtfolgeplanung, kann die Produktionstheorie eine Entscheidungshilfe bieten (MUßHOFF UND HIRSCHAUER, 2013, 182ff). Im Vergleich zu anderen Branchen gibt es in der Landwirtschaft zahlreiche Besonderheiten, die berücksichtigt werden müssen (SCHNEEBERGER UND PEYERL, 2011, 422ff). Für ein Planungsmodell müssen daher die relevanten Gesetzmäßigkeiten bzw. Besonderheiten soweit als möglich erkannt und modellintern erfasst werden. Im zu konzipierenden Fruchtfolgeplanungsmodell sind daher biologische Gesetzmäßigkeiten, wie z.B. das Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses, als auch Wechselwirkungen verschiedener Ackerfrüchte zu integrieren. Im folgenden Abschnitt sollen die wesentlichen produktionstheoretischen Grundlagen für die Erstellung des Planungsmodelles aufbereitet werden.

5.1 Optimale spezielle Intensität

Das Planungsmodell basiert unter anderem auf Faktor-Produkt Beziehungen zur Berechnung der optimalen speziellen Intensität im Bereich der Nährstoffversorgung der Kulturen. Im Konkreten werden die Beziehungen zwischen dem Produktionsfaktor Stickstoff und den daraus resultierenden physischen Erträgen durch Produktionsfunktionen dargestellt. Anders ausgedrückt soll die Frage beantwortet werden, wie viel Stickstoff eingesetzt werden soll, um das wirtschaftliche Optimum zu erreichen.

Allgemein werden Produktionsfunktionen in der betriebswirtschaftlichen Theorie verwendet, um den funktionalen Zusammenhang zwischen der eingesetzten Menge an Inputs und dem mengenmäßigen Output grafisch sowie mathematisch darzustellen (KEHRBERG UND REISCH, 1969, 15). Dabei wird der Output als abhängige Variable des Inputs dargestellt (LOITLSBERGER, 1990, 164). Dieser Zusammenhang wird in der Literatur auch als Aufwand-Ertrag-Beziehung bezeichnet und drückt die Abhängigkeit des physisch erzeugten Outputs (Ertrag) von der Einsatzmenge an Produktionsfaktoren (Input) aus (KEHRBERG UND REISCH, 1969, 15).

In der Regel ist der physische Ertrag von einer Vielzahl von eingesetzten Produktionsfaktoren abhängig (BREUER, 1993, 45) und lässt sich mathematisch in Form einer Gleichung darstellen:

$$y = f(x_1, x_2, \ldots\ldots x_n).$$

Dabei bezeichnet y den mengenmäßigen Output und x den mengenmäßigen Einsatz der Produktionsfaktoren 1 bis n (SCHNEEBERGER UND PEYERL, 2011, 219).

Unterstellt man nur einen variablen Produktionsfaktor (in vorliegenden Überlegungen die Stickstoffeinsatzmenge) und hält alle anderen konstant, vereinfacht sich die Produktionsfunktion auf folgende Gleichung:

$$y = f(x).$$

Im landwirtschaftlichen Produktionsprozess sind viele nichtlineare Faktor-Produkt Beziehungen zu beobachten. Dies hat zur Folge, dass im Rahmen der Produktions- und Anbauplanung der optimalen Einsatzintensität von ertragssteigernden Produktionsmitteln eine zentrale Bedeutung zukommt.

Gemäß dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses weist die Produktionsfunktion, hier am Beispiel des Produktionsfaktors „Stickstoff“ demonstriert, abnehmende Grenzerträge auf (Breuer, 1993, 46). Zur Bestimmung der betriebswirtschaftlich optimalen Einsatzmenge eines Produktionsfaktors müssen zunächst der physisch gemessene Ertrag (z.B. kg Weizen/ha) und die Einsatzmenge des Produktionsfaktors (z.B. kg N/ha) bewertet werden. Hieraus resultieren die Erlös- und die Kostenfunktion je Flächeneinheit, welche in €/ha ausgedrückt werden.

Wie Abbildung 3 verdeutlicht, führt das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs bei steigender Stickstoffeinsatzmenge je Flächeneinheit, bis zur Erreichung des maximalen Erlöses (E_{Max}), zu sinkenden Grenzerlösen. Anzumerken bleibt, dass auch ohne Stickstoffdüngung durch den Vorrat im Boden ein Ertrag bzw. Erlös erzielt wird.

Unter der Annahme, dass kein Preisvorteil bei größerer Zukaufsmenge eines Produktionsfaktors erzielt werden kann, ergibt sich, wie hier dargestellt, eine lineare Kostenfunktion für Stickstoff. Die wirtschaftlich optimale Stickstoffeinsatzmenge kann im Rahmen einer Grenzwertbetrachtung ermittelt werden, indem der Erlöszuwachs (Grenzerlös) dem Kostenzuwachs (Grenzkosten) bei steigender Einsatzmenge des Produktionsfaktors gegenübergestellt wird (DABBERT UND BRAUN, 2006, 33). Der optimale Einsatz eines variabel einsetzbaren Produktionsfaktors liegt dort, wo die Differenz zwischen Kosten und Erlös am größten ist. Anders ausgedrückt, bei jener Einsatzmenge, bei welcher der Grenzerlös gleich den Grenzkosten ist. Grafisch kann die optimale Einsatzmenge durch Parallelverschiebung der Kostenfunktion bis die Erlösfunktion tangiert wird, ermittelt werden. In diesem Punkt weisen beide Funktionen die gleiche Steigung auf (N_{Opt}). Die optimale Düngungsintensität wird

daher neben dem Verlauf der Produktionsfunktion auch von Faktor- und Produktpreisänderungen beeinflusst.

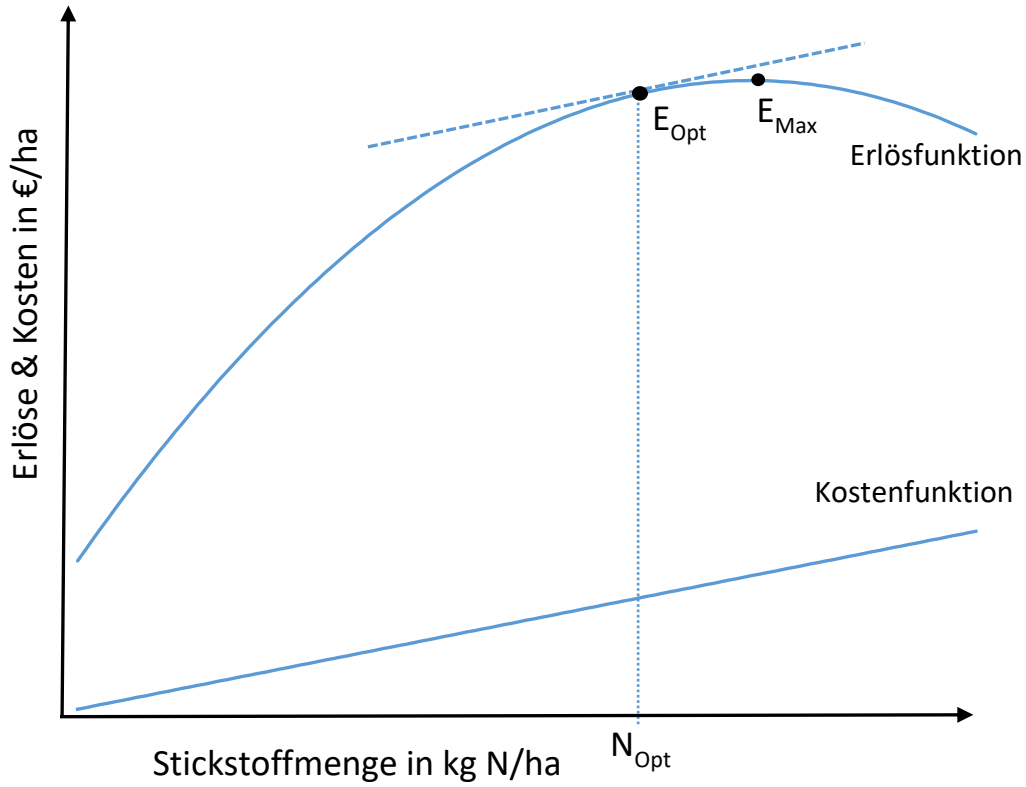


Abbildung 3: Grafische Bestimmung der optimalen Stickstoffeinsatzmenge (nach BREUER, 1993, 46)

5.2 Optimale Produktionsrichtung

Biologisch wirtschaftende Betriebe stellen in der Regel mehrere Produkte gleichzeitig her. Es stellt sich daher die Frage nach der optimalen Produktionsrichtung (Produktkombination) bei vorgegebenen Restriktionen des Einsatzes von Produktionsfaktoren. Im vorliegenden Fruchtfolgeplanungsmodell wird der Fokus auf die beschränkt verfügbare Fläche und die beschränkt verfügbaren Nährstoffe (Stickstoff) gelegt. Aus wirtschaftlicher Perspektive sind Wechselwirkungen diverser Produktkombinationen von großer Bedeutung, d.h. welche Produkte in welchem Umfang erzeugt werden sollen, damit die gewinnmaximale Produktkombination erreicht werden kann. Zusätzlich ist die Zuteilung der begrenzt verfügbaren Nährstoffe auf die einzelnen Kulturen und die Fruchtfolgewechselwirkungen, wie bereits bei den pflanzenbaulichen Grundlagen erwähnt, zu lösen.

Bei der Herstellung eines Produktes fallen zwangsläufig innerbetriebliche Leistungen in Form von Koppelprodukten (Nebenleistungen) an. Von besonderer Bedeutung in der Fruchtfolgeplanung ist die Stickstofffixierung von Leguminosen und Fruchtfolgewechselwirkungen, die zu Ertragsteigerungen führen.

Vor allem in biologisch wirtschaftenden viehlosen Betrieben bestehen Restriktionen hinsichtlich der verfügbaren Dünger- bzw. Nährstoffmengen. Grundsätzlich besteht bei begrenzt verfügbaren Nährstoffmengen ein Zuteilungsproblem. Hierbei unterscheidet man zwischen einer maximalen Ausbringungsmenge je Flächeneinheit und einer betriebsbezogenen maximalen Ausbringungsmenge, welche die maximal auszubringende Nährstoffmenge auf die betriebliche Gesamtfläche limitiert. Hieraus ergeben sich nach wirtschaftlichen Kriterien unterschiedliche Möglichkeiten der Nährstoffverteilung zu den einzelnen Kulturen.

Die Beschränkung der maximalen Ausbringungsmenge je Flächeneinheit kann aus den bereits dargelegten Prinzipien der Faktor-Produkt-Beziehungen modellhaft abgehandelt werden (vgl. Abbildung 3), d.h. sofern die optimale Produktionsintensität nicht überschritten wird, resultiert der physische Ertrag (kg/ha) und damit der Erlös bzw. die Nährstoffkosten (in €/ha) bei gegebener Produktionsfunktion durch die zur Verfügung stehende Nährstoffmenge (in kg/ha). Die flächenbezogenen Auswirkungen dieser Restriktion auf das Einkommen errechnen sich aus den Erlösen abzüglich den Nährstoffkosten bei der entsprechend verfügbaren Nährstoffmenge. Anzumerken bleibt, dass die Stickstoffnachlieferung von Leguminosen und damit die Fruchtfolge berücksichtigt werden muss.

Bei der betriebsbezogenen Restriktion besteht das Problem der wirtschaftlich optimalen Nährstoffverteilung auf die einzelnen Kulturen.

In der landwirtschaftlichen Praxis stellt die verfügbare Stickstoffmenge in biologisch wirtschaftenden Betrieben zumeist einen limitierenden Faktor dar. Wird von einem Betrieb mehr als eine Kultur angebaut, stellt sich daher die Frage nach der optimalen Verteilung der zur Verfügung stehenden Stickstoffmenge auf die einzelnen Kulturen (BREUER, 1993, 52).

Die grafische Lösung dieses Problems ist in Abbildung 4 exemplarisch für die Kulturen Winterweizen und Körnermais dargestellt. Eine steigende Einsatzmenge von Stickstoff erzielt sowohl bei Weizen als auch bei Mais einen Mehrertrag, gemäß dem Gesetz des abnehmenden Grenzertrages. Die in der Abbildung ausgewiesene Kapazitätslinie entspricht

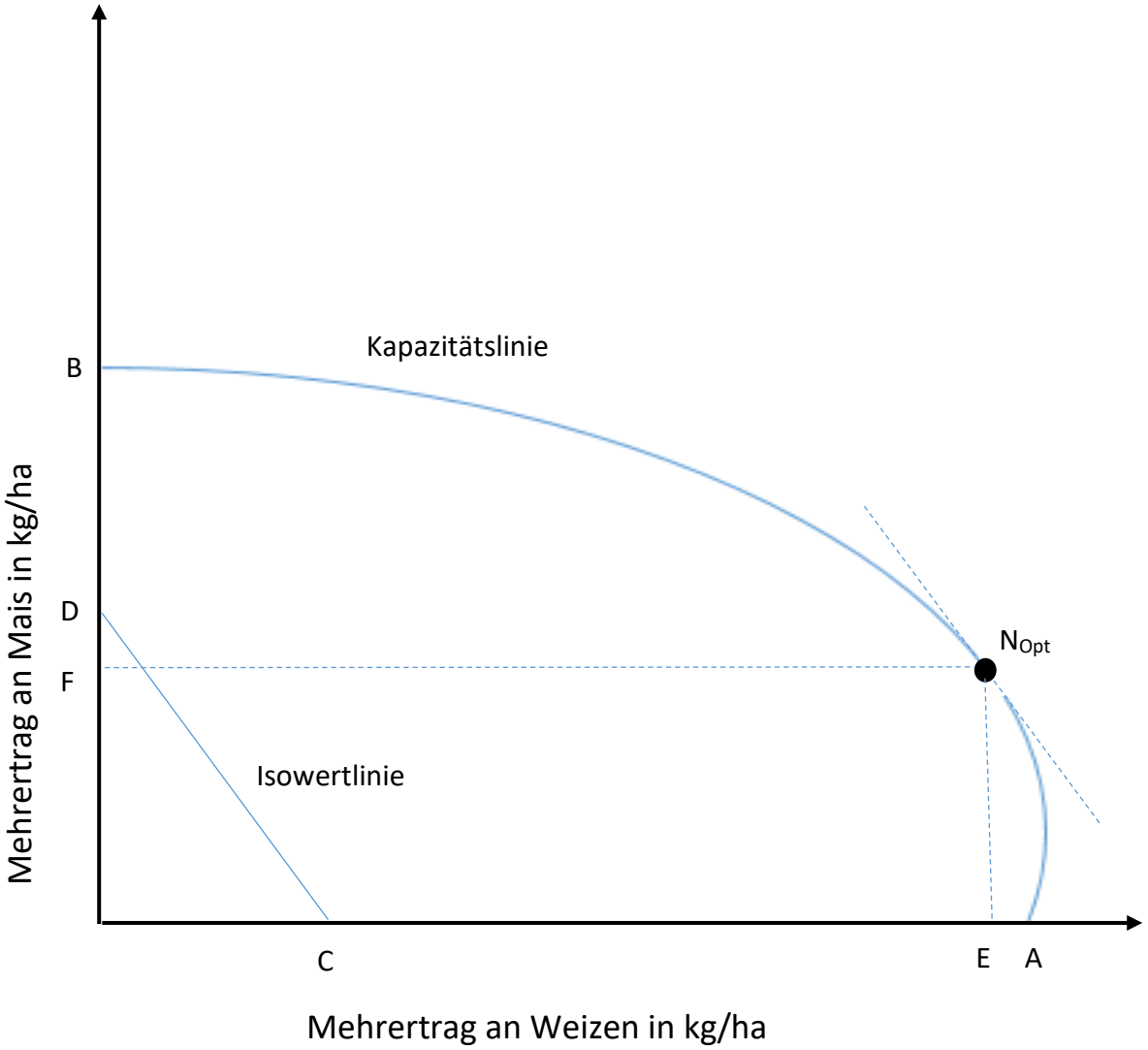


Abbildung 4: Grafische Bestimmung der optimalen Verteilung einer gegebenen Stickstoffmenge auf Winterweizen und Körnermais bei gleichen Flächenanteilen der beiden Produkte (nach BREUER, 1993, 54)

dem erzielbaren Mehrertrag bei einer konstant verfügbaren Düngermenge bei unterschiedlicher Zuteilung dieser Düngermenge zu Weizen und zu Mais. Durch die abnehmenden Grenzerträge bei steigendem Nährstoffeinsatz muss mit steigender Nährstoffzuteilung zu Weizen auf immer größer werdende Mengen an Mais verzichtet werden. Wird die verfügbare Düngermenge auf die Weizenfläche über das Ertragsmaximum hinaus zugeteilt, kommt es zu einer Verminderung des physischen Ertrages bei Weizen (ineffizienter Bereich), während auf Ertragszuwächse bei Mais verzichtete werden müsste (BREUER, 1993, 53).

Jeder Punkt auf der Kapazitätslinie entspricht einer bestimmten Verteilung einer verfügbaren Stickstoffmenge und verursacht dementsprechend einen Mehrertrag bei Winterweizen bzw. Körnermais. Würde die gesamte verfügbare Stickstoffmenge dem Winterweizen zugeteilt, ließe sich ein Mehrertrag von A erzielen. Andersherum würde eine vollständige Zuteilung des verfügbaren Stickstoffs zu Körnermais einen Mehrertrag in der Höhe von B bedeuten.

Der Wert des Mehrertrages C von Winterweizen sei gleich dem Wert des Mehrertrages D von Körnermais. Unter dieser Annahme bildet die Linie CD alle Kombinationen von Winterweizen und Körnermais ab, welche den gleichen Wert haben. Die Linie CD wird deshalb auch Isowertlinie genannt (KEHRBERG UND REISCH, 1969, 54).

Die optimale Verteilung einer verfügbaren Stickstoffmenge lässt sich nun grafisch durch Parallelverschiebung der Isowertlinie ermitteln. Im Berührungspunkt von Isowertlinie und Kapazitätslinie, bzw. an jenem Punkt wo Isowertlinie, als jene Kombination von Weizen und Mais, die zum gleichen monetären Wert führt, und Kapazitätslinie die gleiche Steigung aufweisen, liegt die optimale Verteilung der verfügbaren Stickstoffmenge (N_{Opt}) (KEHRBERG UND REISCH, 1969, 54; BREUER, 1993, 53; STEINHAUSER, 1982, 142f). Die Verteilung der Stickstoffmenge wäre in diesem Fall so zu wählen, dass bei Winterweizen ein Mehrertrag von E bzw. bei Körnermais ein Mehrertrag von F zustande kommt.

6. Konzeption des Fruchtfolge- und Nährstoffplanungsmodelles

6.1 Vorbemerkungen

Jeder Planungsprozess ist zukunftsbezogen. In diesem Zusammenhang ist zu klären, mit welchem Ziel die Planungsrechnung erstellt werden soll und welcher Teilbereich des Betriebes erfasst werden soll. Im vorliegenden Modell wird das Produktionsprogramm, respektive die Fruchtfolge, als Teilbereich der betrieblichen Unternehmensplanung erfasst.

Wie bereits dargelegt, vollzieht sich die Leistungserstellung im landwirtschaftlichen Betrieb in einem Kombinationsprozess von Produktionsfaktoren, dem biologische Gesetzmäßigkeiten zugrunde liegen. Im vorliegenden Fall wird mit einem Optimierungsmodell versucht, aus dem Entscheidungsfeld des landwirtschaftlichen Betriebes Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die Fruchtfolgeplanung ist stets zielorientiert. Das formulierte Zielkriterium liegt in der möglichst effizienten Verwertung der beschränkt verfügbaren Produktionsfaktoren. Hierzu wird ein Rechenmodell auf Basis der Teilkostenrechnung, im konkreten Fall der Deckungsbeitragsrechnung, erstellt.

Zusätzlich müssen betriebliche Interdependenzen zwischen den einzelnen Produktionsverfahren, die sich auch in der Konkurrenz um die Inanspruchnahme betrieblicher Kapazitäten (z.B. Boden), aber auch aus Vorgaben von agrarpolitischen Rahmenbedingungen ergeben, berücksichtigt werden. Planungsmodelle dienen dazu, die In-/Output-Relationen zu quantifizieren. Insofern sind technische und biologische Gesetz- und Regelmäßigkeiten zu erkennen, um das Modell an die Realität anzupassen (STORCK UND BOKELMANN 1995, 159f).

6.2 Modellwahl

Einfache Programmplanungsmethoden wie die Voranschlagsrechnung oder die Programmplanung sind unter Berücksichtigung der bereits diskutierten komplexen Zusammenhänge zwischen den Produktionsverfahren und dem Einsatz ertragssteigernder Betriebsmittel nur bedingt in der Lage, auftretende ökonomische Fragestellungen zu beantworten. Optimierungsmodelle zur Fruchtfolgeplanung ermöglichen im Gegensatz zu diesen das Auffinden von Optimalplänen. In der vorliegenden Fragestellung scheint die Lineare Planungsrechnung als die geeignete Methode.

Im zu konzipierenden Fruchtfolgeplanungsmodell sind daher biologische Gesetzmäßigkeiten, wie z.B. das Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses, als auch Wechselwirkungen verschiedener Ackerfrüchte, zu integrieren. Ausgangspunkt der betriebswirtschaftlichen Problemlösung ist eine strukturierte Deckungsbeitragsrechnung von ausgewählten Produktionsverfahren. Mit Hilfe der linearen Planungsrechnung kann das kurzfristig wirtschaftlich optimale Fruchtartenverhältnis errechnet und die Ergebnisse in Form von Kennzahlen bereitgestellt werden.

Grundsätzlich liegt der Produktion von landwirtschaftlichen Erzeugnissen ein Kombinationsprozess von Produktionsfaktoren zugrunde. Durch die Ausstattung des Betriebes mit Produktionsfaktoren und der Möglichkeit des Einsatzes von zugekauften Produktionsmitteln steht eine beliebige Zahl von Kombinationsmöglichkeiten für die Herstellung eines Produktes zur Verfügung. Jede Möglichkeit lässt sich durch ein Produktionsverfahren beschreiben. Das heißt, ein Produktionsverfahren legt den mengenmäßigen Einsatz an Produktionsfaktoren und der daraus resultierenden Produktmengen genau fest. Eine Änderung des Faktoreinsatzes führt daher zu einem weiteren Produktionsverfahren. Durch die Bewertung der eingesetzten Menge an Produktionsfaktoren und der Erzeugnisse können Kosten und Leistungen für wirtschaftliche Überlegungen generiert werden (REISCH UND KNECHT 1995, 106f). In der bodengebundenen Produktion werden die Produktionsverfahren auf einen Hektar Fläche bezogen.

Durch Variabilität der auszuwählenden Produktionsverfahren und deren Umfang ist es notwendig, die Kosten in fixe und variable Kosten zu differenzieren. Produktionsmittel, wie Saatgut, Nährstoffe, Energie etc., werden beim einmaligen Einsatz aufgebraucht, sind beliebig teilbar und verändern sich im gleichen Verhältnis mit dem Produktionsumfang eines Produktionsverfahrens. Solche Produktionsmittel verursachen demnach variable Kosten. Im Betrieb vorhandene unteilbare und längerfristig nutzbare Produktionsfaktoren, wie z.B. Maschinen und Gebäude, verursachen fixe Kosten, welche für die Bereitstellung anfallen (SEICHT, 1993, 35f). Fixe Kosten fallen daher unabhängig vom Umfang der Produktionsverfahren innerhalb eines Zeitraumes (Rechnungsperiode) in gleicher Höhe an und können kurzfristig nicht verändert werden. Wenn alle fixen Kosten planungsunabhängig anfallen, dann sind sie kurzfristig nicht entscheidungsrelevant. Damit eignet sich der Deckungsbeitrag, als Differenzbetrag der monetär erzielbaren Leistung (incl. Ausgleichszahlungen) abzüglich der variablen Kosten einer Rechnungsperiode, als Zielkriterium.

Die Deckungsbeitragsrechnung bildet daher den Ausgangspunkt für das Fruchtfolgeplanungsmodell. Mit dem Deckungsbeitrag kann die Verwertung der beschränkt verfügbaren Produktionsfaktoren (Fläche, Nährstoffe, Arbeitszeit etc.) einzelner Produktionsverfahren beurteilt werden. Der Deckungsbeitrag eines Produktionsverfahrens errechnet sich aus den direkt zurechenbaren Leistungen (z.B. Erlöse, Ausgleichszahlungen) und den direkt zurechenbaren variablen Kosten eines Produktionsverfahrens (DABBERT UND BRAUN, 2006, 164). Die Bezugsgröße des Deckungsbeitrages für ein Produktionsverfahren ist, wie bereits zuvor angeführt, in der Regel ein Hektar Fläche. Fixe Kosten bleiben in der Deckungsbeitragsrechnung unberücksichtigt, da sie kurzfristig nicht verändert werden können bzw. bei Änderung der Fruchtfolge bei bestehender Faktorausstattung konstant bleiben. Der Deckungsbeitrag leistet demnach einen Beitrag zur Deckung der fixen Kosten einer Abrechnungsperiode (SCHNEEBERGER UND PEYERL, 2011, 162).

Im Falle von Marktfrüchten ergibt sich die Leistung aus dem Ertrag pro Flächeneinheit (dt/ha) multipliziert mit dem Preis pro Mengeneinheit (€/dt) unter Hinzurechnung proportionaler Ausgleichzahlungen (€/ha), wie z.B. die Bioprämie. Werden davon nun die variablen Kosten (€/ha) abgezogen, erhält man den Deckungsbeitrag pro Flächeneinheit (€/ha).

In Mehrproduktbetrieben kann der betriebliche Gesamtdeckungsbeitrag (GDB) für eine Periode aus der Summe der Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsverfahren multipliziert mit dem jeweiligen Produktionsumfang und der Hinzurechnung von nicht proportionalen produktionsabhängigen Direktzahlungen nach folgender Formel berechnet werden (in Anlehnung an SCHNEEBERGER UND PEYERL, 2011, 173):

$$GDB = \sum_{i=1}^{n} db_i * x_i + D = \sum_{i=1}^{n} [(p_i * q_i) - kv_i + d_i] * x_i + D$$

n = *Anzahl der Produktionsverfahren*

db_i = *Deckungsbeitrag Produktionsverfahren i*

x_i = *Produktionsumfang in ha Produktionsverfahren i*

D = *nicht proportionale (produktionsabhängige) Direktzahlungen*

p_i = *Preis pro Mengeneinheit Produktionsverfahren i*

q_i = *Ertrag Produktionsverfahren i*

kv_i = *Variable Kosten Produktionsverfahren i*

d_i = *proportionale Direktzahlungen Produktionsverfahren i*

Nachdem die fixen Kosten kurzfristig unabhängig von der Fruchtfolge anfallen, sind für eine optimale Fruchtfolgegestaltung die Produktionsverfahren so auszuwählen, dass unter den beobachteten Fruchtfolgewechselwirkungen und unter Berücksichtigung sonstiger Restriktionen der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird. Hiermit kann gewährleistet werden, dass gleichzeitig der höchstmögliche Gewinn erzielt wird.

Durch einen den Anfordernissen angepassten Detailierungsgrad können aus der Deckungsbeitragsrechnung zusätzlich Information generiert werden. Im konkreten Fall soll mit der Deckungsbeitragsrechnung auch eine Grundlage für eine Finanzplanung geschaffen werden. Voraussetzung ist der getrennte Ausweis von zahlungswirksamen und kalkulatorischen Kostenpositionen. Im Planungsmodell wir daher der Düngerzukauf, welcher zu Auszahlungen führt, und eine Nährstoffbilanz zur Bewertung der verbrauchten Nährstoffmengen getrennt ausgewiesen.

Aufgrund der hohen Komplexität der bereits beschriebenen systemanalytischen und produktionstheoretischen Darstellungen scheint ein einfach zu bedienendes mathematisches Planungsmodell, welches die Realität hinreichend genau abbildet, als geeignet.

Für die Lösung des Problems wird ein lineares Optimierungsmodell (lineare Planungsrechnung) ausgewählt. Die lineare Planungsrechnung ist ein Rechenverfahren zur Ermittlung optimaler Verhaltensweisen, welches lineare Beziehungen zwischen den

Aktivitäten (Prozessen, Produktionsfaktoren) unterstellt. Die lineare Planungsrechnung ist eine Methode zur Betriebsplanung und ein weit verbreitetes Rechenverfahren für die algorithmusgestützte Ermittlung optimaler Verhaltensweisen. In ihr werden lineare (proportionale) Verhältnisse zwischen dem Einsatz von monetär bewerteten Produktionsfaktoren (Input) und dem monetär bewerteten Output unterstellt. Mit der linearen Planungsrechnung können technisch bedingte und erkennbare Zusammenhänge detailliert erfasst und miteinander rechentechnisch verknüpft werden (SCHNEEBERGER UND PEYERL, 2011, 245; NEUDORFER, 2012, 44).

Basis der Linearen Planungsrechnung ist neben der Zielfunktion die Erstellung einer Matrix, welche die Aktivitäten in Spalten und Kapazitäten bzw. Beziehungen in Zeilen enthält. Im einfachsten Fall werden in die Matrix die in Frage kommenden Produktionsverfahren aufgenommen. Durch Transferaktivitäten können auch Verbindungen zwischen einzelnen Aktivitäten formuliert werden. Über Beschränkungsgleichungen können Mindest- und Höchstgrenzen des Faktoreinsatzes vorgegeben werden (REISCH UND KNECHT, 1995, 404).

Mit Hilfe der Linearen Planungsrechnung wird in diesem Fall das Produktionsprogramm durch die wirtschaftlich optimale Fruchtfolge, mit dem Ziel den Gesamtdeckungsbeitrag zu maximieren, ermittelt. Dieser ergibt sich aus der linearen Gleichung der Zielfunktionswerte und ist direkt proportional zu den Flächen der einzeln definierten Produktionsverfahren. Die Produktionsverfahren legen, wie bereits zuvor erwähnt, die Art und Menge der eingesetzten Produktionsfaktoren und die Art und Menge der daraus erzeugten Produkte je Kalkulationseinheit (ein Hektar Fläche) fest (SCHNEEBERGER UND PEYERL, 2011, 220).

6.3 Modellkonzeption

Im Mittelpunkt der Fragestellungen steht das auszuwählende Produktionsverfahren. Anders ausgedrückt, welche Produkte mit welchem Einsatz an Produktionsfaktoren erzeugt werden sollen. Bei den Produktionsfaktoren wird die Stickstoffversorgung explizit hervorgehoben.

Zum Finden der optimalen Fruchtfolge wurde ein Modell mit einem erweiterten Aggregationsgrad formuliert. In die Matrix können alle im Planungsfall in Frage kommenden Produktionsverfahren aufgenommen werden. Im Modellansatz wird innerhalb der Aktivitäten (Spalten in der Matrix) zwischen den Bereichen Produktion, Verkauf, Nährstoffbilanz für Phosphor und Kalium, Düngerzukauf, öffentliche Gelder und Zupacht unterschieden (Tabelle 3).

Um Düngungsintensitäten berücksichtigen zu können, werden für die einzelnen Kulturen innerhalb des Teilbereichs „Produktion“ die ausgewählten Produktionsverfahren (Aktivitäten) mit unterschiedlichen Erträgen und dem jeweiligen Nährstoffbedarf auf Basis von Produktionsfunktionen erfasst. Hierdurch ist es möglich, die optimale Produktionsintensität unter gleichzeitiger Berücksichtigung der vorhandenen Kapazitäten (z.B. Fläche bzw. verfügbare Nährstoffmengen) simultan zu berücksichtigen (SCHNEEBERGER UND PEYERL, 2011, 259).

Bei Winterweizen wurde der physische Ertrag auf Basis unterschiedlicher Vorfruchtwirkungen nach unterschiedlichen Vorfrüchten differenziert und im Modell mittels Transferzeilen abgebildet. Die Düngungsintensitäten für Stickstoff wurden bei allen Kulturen, mit Ausnahme von Leguminosen, in Abstufungen von 10 kg Reinstickstoff je Hektar, bis zum Ertragsmaximum gewählt. Die Stickstoffbindungsleistung von Leguminosen und Zwischenfrüchten werden modellintern berücksichtigt. Die Ermittlung des über die Düngung hinausgehenden Nährstoffverbrauchs erfolgt modellintern und wird durch den gewählten Ansatz getrennt ausgewiesen und bewertet.

Die Erlöse durch den Verkauf von Ernteprodukten werden im Teilbereich „Verkauf“ ausgewiesen. Die Verkaufsaktivitäten stehen über Transferzeilen mit dem Teilbereich Produktion in Verbindung.

Neben den produktionstechnischen Voraussetzungen in landwirtschaftlichen Betrieben sind auch rechtliche und agrarpolitische Rahmenbedingungen für die Fruchtfolgegestaltung relevant. Diese werden mit Transferzeilen berücksichtigt bzw. formuliert. Die Höhe der Transferzahlungen wird im Bereich öffentliche Gelder erfasst.

		Produktion																					Verkauf					P & K Bilanz		Düngerzukauf			Öffentliche Gelder				Pacht
Einheit		ha																					dt					kg		kg	t	ha	ha				ha
Aktivität		WW									WG			KM			KE			LU			ZF			QW	FW	WG	KM	KE	P	K	Bioagenasol	Biokompost	FF-Fläche	Basis	Greening	ZF	Bio	Zupacht
N (kg/ha)		0	...	N_{max}	0	...	N_{max}	0	...	N_{max}	0	...	N_{max}	0	...	N_{max}																							
Zahlungsstrom pro Einheit (€)			-499			-499			-499			-483		-1043	...	-1073		-546			-254			-158		33,63	30,08	26,76	32,11	45,28			-0,45	-23		195	89	160	230	-600
Vorfrucht			KM			KE			LU																													
Ackerfläche	ha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																-1
Zupacht	ha																																					1
Transfer FF-Fläche	ha	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1													1				
WW_{max}	%	1	1	1	1	1	1	1	1	1																									-0,50				
WG_{max}	%										1	1	1																						-0,50				
$Getreide_{max}$	%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																						-0,60				
KM_{max}	%													1	1	1																			-0,30				
$KE+LU_{max}$	%																1	1	1																-0,35				
ZF-Fläche WW	ha				-1	-1	-1																1																
ZF-Fläche WG	ha										-1	-1	-1											1															
ZF-Fläche KM	ha													-1	-1	-1									1														
Ertrag WW nach KM	dt	-	-	-																						1													
Ertrag WW nach KE	dt				-	-	-																				1		1										
Ertrag WW nach LU	dt							-	-	-																	1		1										
Ertrag WG	dt										-	-	-																	1									
Ertrag KM	dt													-	-	-															1								
Ertrag KE	dt																-	-	-													1							
N WG	kg										0	...	max					-			-			-										-0,055	-9,44					
N KM	kg													0	...	max			-			-			-									-0,055	-9,44					
N WW nach KM	kg	0	...	max																															-0,055	-9,44					
N WW nach KE	kg				0	...	max																-												-0,055	-9,44					
N WW nach LU	kg							0	...	max										-															-0,055	-9,44					
Basisprämie	€																																			-1	1				
Greeningprämie	€																																			-1		1			
Begrünung ZF	€																						-1	-1														1		
Bio-Prämie	€																																			-1				1	
P-Düngung	kg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										-1			-0,025	-1,77					
K-Düngung	kg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											-1		-0,015	-6,66					
N-Zukauf	kg																															0,055	9,44					
$Kompost_{max}$	t																																1						
Arbeitszeit	AKh					10,3						10,3			47,3			7,2			5,3			2,2								0,00178							

Tabelle 3: Schematische Darstellung des Rechenmodells

7. Modellevaluierung

Im folgenden Abschnitt erfolgt die Modellevaluierung am Beispiel eines viehlosen Marktfruchtbetriebes. Die Kalkulationsgrundlagen wurden mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms „Excel“ erfasst bzw. rechentechnisch aufbereitet und die Lineare Planungsrechnung mit dem integrierten „Solver“ gelöst. Dieser bietet einen Sensitivitätsbericht und damit die Möglichkeit, zusätzliche Informationen, wie z.B. Schattenpreise (Grenzwert) für voll ausgenützte Faktorkapazitäten zu generieren.

Ausgehend von der Beschreibung der Ausgangssituation werden unterschiedliche Szenarien und ihre Einflüsse auf die Fruchtfolge und den Düngereinsatz überprüft. Von besonderem Interesse sind die möglichen Auswirkungen auf den Gesamtdeckungsbeitrag, auf das Kulturartenverhältnis und die Intensität der Produktion. Der Modellansatz ermöglicht weiters quantitative Informationen über die Nährstoffbilanz des Betriebes, über Zahlungsströme und über Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen.

7.1 Beschreibung der Planungssituation

Zur Modellevaluierung wird ein fiktiver viehloser Marktfruchtbetrieb mit einer Ackerfläche von 100 ha angenommen, wovon 20 ha Pachtflächen sind. Der Betrieb nimmt an den ÖPUL-Maßnahmen Begrünung Acker – Zwischenfruchtanbau und biologische Wirtschaftsweise teil. Dem Betrieb stehen 2.000 AKh zur Verfügung. Für den Anbau kommen für den Betrieb die Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Körnermais, Körnererbse und Luzerne als Gründüngung zur Auswahl. Zur Stickstoffbindung besteht die Möglichkeit, eine Zwischenfrucht mit Leguminosenanteil anzubauen.

Die maximalen Anbauanteile werden, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, für Getreide mit 60 %, für Leguminosen mit 35 % sowie für Hackfrüchte mit 30 % angenommen. Beim Getreide wird zusätzlich davon ausgegangen, dass keine der beiden Getreidekulturen ein Anbauausmaß von 50 % der Ackerfläche übersteigen darf. Ebenso wurde bei den Körnerleguminosen ein Maximalanteil von 20 % Körnererbse sowie 15 % Luzerne angenommen.

Nachfolgend wird die Datengrundlage beschrieben, welche dem Modellbetrieb zugrunde gelegt wurde. Dabei wurde, sofern nicht anders referenziert, auf Daten aus Standarddeckungsbeiträgen der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (AWI, 2020, s.p.) zurückgegriffen.

7.2 Datengrundlage

7.2.1 Faktor-Produkt-Beziehungen

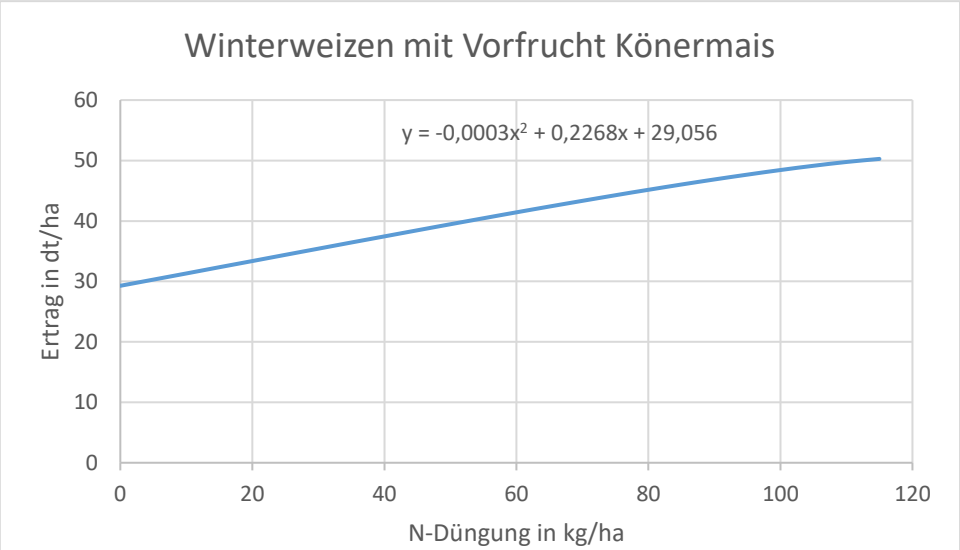
Im Planungsmodell werden quadratische Produktionsfunktionen mit einem variablen Produktionsfaktor, nämlich Stickstoff, für die Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Körnermais zugrunde gelegt. Für Winterweizen wurden drei unterschiedliche Produktionsfunktionen in Abhängigkeit der jeweiligen Vorfrucht ermittelt. Das bedeutet, dass der Weizenertrag zusätzlich zur Höhe der Stickstoffdüngung auch von der Vorfrucht abhängig gemacht wird (Breuer, 1993, 82). Die Ertragsdaten, die zur Ableitung der Produktionsfunktionen herangezogen wurden, sind in Tabelle 4 dargestellt und stammen von Breuer (1993, 83).

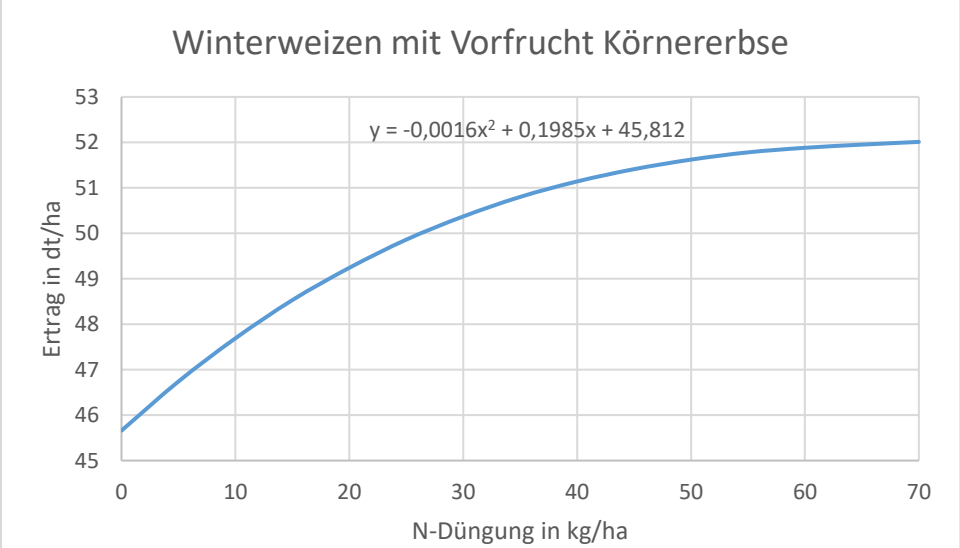
Tabelle 4: Erträge einzelner Kulturen in Abhängigkeit der Stickstoffdüngung (Quelle: BREUER, 1993, 83)

Düngung	Winterweizen mit Vorfrucht			Wintergerste	Körnermais
	Körnermais	Körnererbse	Luzerne		
(kg N/ha)	(dt/ha)				
0	29,28	45,66	47,42	28,09	71,59
5	30,30	46,74	47,93	29,72	72,03
10	31,32	47,69	48,42	31,43	72,47
15	32,35	48,53	48,91	32,92	72,90
20	33,37	49,24	49,38	34,49	73,31
25	34,40	49,86	49,85	36,02	73,73
30	35,42	50,37	50,30	37,52	74,13
35	36,44	50,80	50,73	38,98	74,52
40	37,45	51,14	51,16	40,40	74,91
45	38,46	51,41	51,57	41,78	75,29
50	39,46	51,62	51,97	43,10	75,67
55	40,45	51,78	52,35	44,38	76,04
60	41,43	51,88	52,71	45,60	76,4
65	42,39	51,95	53,05	46,77	76,75
70	43,33	52,01	53,37	47,88	77,09
75	44,26		53,65	48,93	77,43
80	45,16		53,88	49,91	77,76
85	46,03			50,82	78,09
90	46,87			51,46	78,41
95	47,67			52,43	78,72
100	48,43			53,11	79,02
105	49,13			53,70	79,32
110	49,76			54,19	79,61
115	50,27			54,56	79,89
120				54,74	80,16
125					80,43
130					80,69
135					80,94
140					81,19
145					81,42
150					81,65
155					81,86

160			82,06
165			82,25
170			82,42
175			82,57

Auf Grundlage dieser Daten konnten die Produktionsfunktionen für die drei Kulturen abgeleitet werden. In Abbildung 5 sind die Produktionsfunktionen von Winterweizen in Abhängigkeit der Vorfrucht dargestellt. Die Produktionsfunktionen von Wintergerste sowie Körnermais sind in Abbildung 6 grafisch dargestellt.





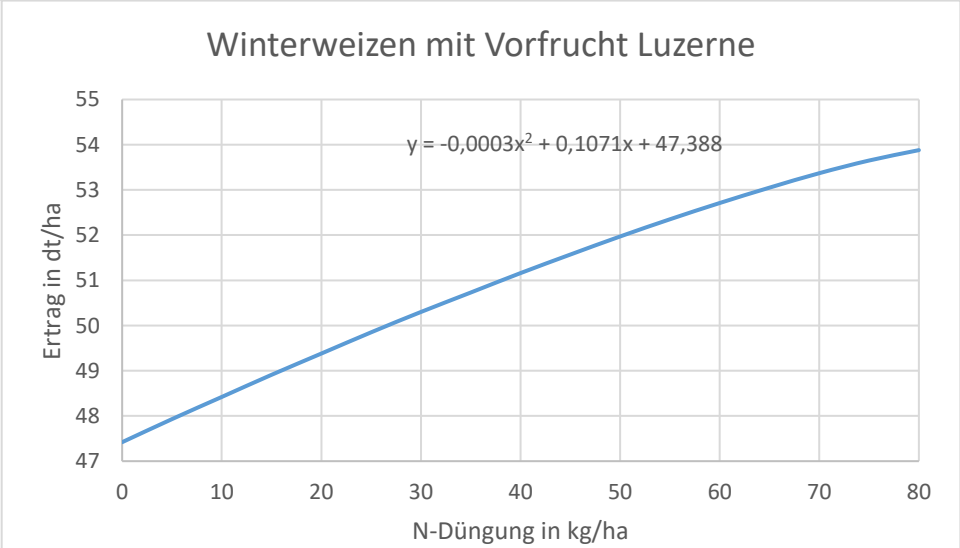


Abbildung 5: Grafische Darstellung der Produktionsfunktionen von Winterweizen in Abhängigkeit der Vorfrucht (Darstellung auf Grundlage der Daten von BREUER, 1993, 83)

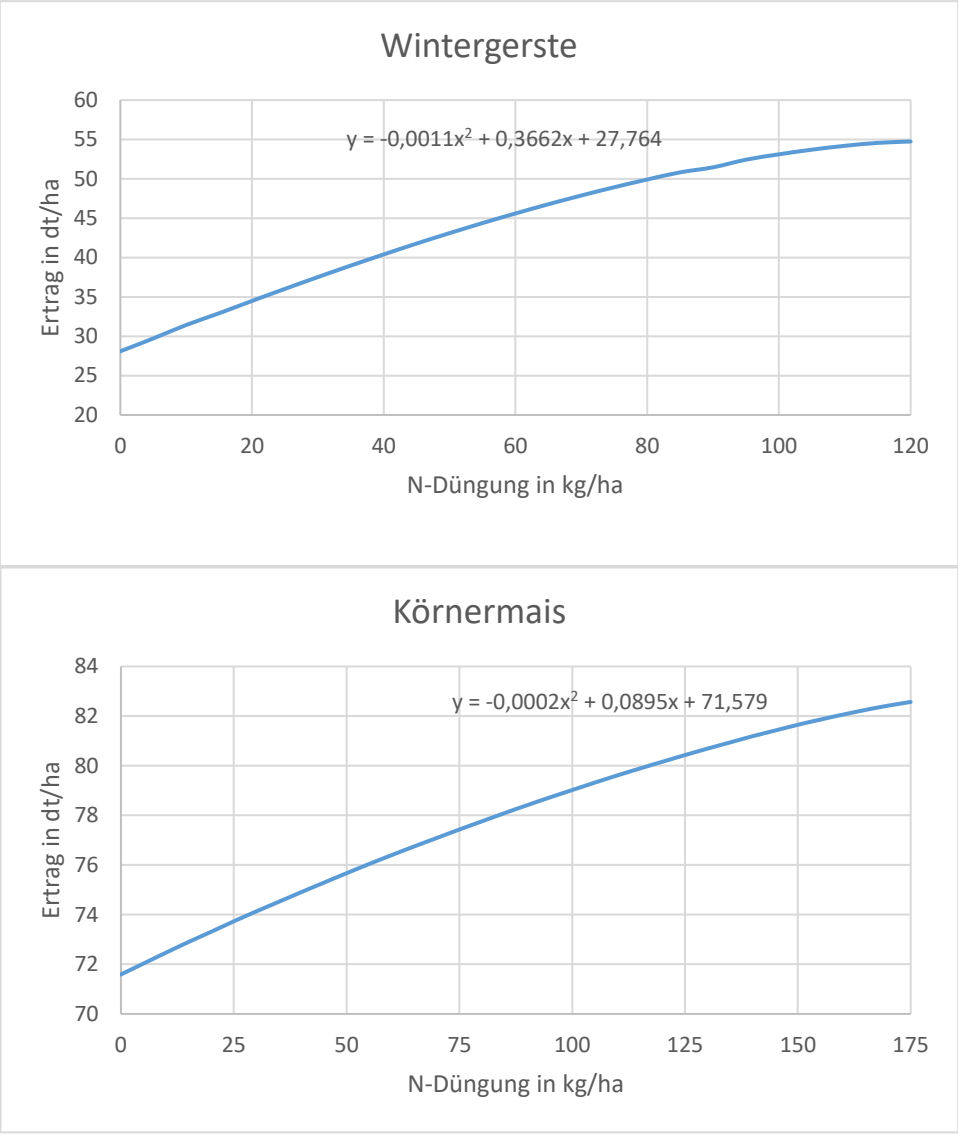


Abbildung 6: Grafische Darstellung der Produktionsfunktionen von Wintergerste und Körnermais (Darstellung auf Grundlage der Daten von BREUER, 1993, 83)

7.2.2 Variable Kosten und Pachtkosten

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die variablen Kosten je Hektar, die beim Anbau der jeweiligen Kulturen entstehen. Enthalten sind Kosten für Saatgut, variable Maschinenkosten, Lohnkosten für Fremdarbeitskräfte (Fremd-AKh) und die Kosten der Hagelversicherung. Zusätzlich wurden bei Körnermais Trocknungskosten in der Höhe von 3,4 €/dt angenommen. Beim Anbau einer Zwischenfrucht mit Leguminosenanteil wurde von variablen Kosten in der Höhe von 158 €/ha ausgegangen.

Die Pachtkosten für einen Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche, im vorliegenden Fall für einen Hektar Acker, wurde mit 600 €/ha angesetzt.

Tabelle 5: Zusammensetzung der variablen Kosten der verschiedenen Kulturen in €/ha

Variable Kosten	Winterweizen	Wintergerste	Körnermais	Körnererbse	Luzerne
Saatgut	102,4	83,8	179,2	162,8	159,3
Variable Maschinenkosten	371,3	373,8	414,4	357,2	94,8
Lohnkosten für Fremd-AKh	-	-	180,0	-	-
Hagelversicherung	25,7	25,7	25,7	25,7	-
Summe	**499,4**	**483,3**	**799,3**	**545,7**	**254,1**

7.2.3 Kosten für Düngemittel und kalkulatorische Nährstoffkosten

Im erstellten Modell wurde die Möglichkeit des Zukaufs von zwei Düngemitteln (Bioagenasol und Bio-Kompost) formuliert. Die Kosten für den Zukauf und die Ausbringung dieser Düngemittel sind in Tabelle 6 dargestellt. Zusätzlich wurden, die kalkulatorischen Nährstoffkosten für Stickstoff, Phosphor und Kalium berücksichtigt, um die durch das Modell erstellten Nährstoffbilanzen bewerten zu können.

Tabelle 6: Preis für Düngemittel und kalkulatorische Nährstoffkosten

Düngemittel/Nährstoff	Einheit	Wert
Biogenasol	€/t	450
Bio-Kompost	€/t	23
Stickstoff	€/kg	3,26
Phosphor	€/kg	1,31
Kalium	€/kg	1,45

7.2.4 Arbeitszeit

Um den Arbeitszeitaufwand einer bestimmten Fruchtfolge bei einer bestimmten Ackerfläche berechnen zu können, wurde der Arbeitszeitbedarf der verschiedenen Kulturen berücksichtigt. Darin enthalten sind alle nötigen Arbeitsschritte, die im Jahresverlauf je nach Kultur anfallen (ohne Düngerausbringung). Die verwendeten Werte beziehen sich nur auf die eigene

Arbeitszeit. Lohnkosten für Fremd-AKh, welche beim Anbau von Körnermais auftreten, wurden bereits bei den variablen Kosten berücksichtigt (siehe Kapitel 7.2.2).

Bei der Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für die Düngerausbringung wurde mit einer Flächenleistung von 2 ha/h kalkuliert. Bei einer angenommenen Ausbringungsmenge von durchschnittlich 280 kg/ha ergibt sich ein Arbeitszeitbedarf von 1,78 AKh/t (Tabelle 7).

Tabelle 7: Arbeitszeitbedarf der verschiedenen Kulturen und der Düngerausbringung

Arbeitszeitbedarf	Einheit	Wert
Winterweizen	AKh/ha	10,3
Wintergerste	AKh/ha	10,3
Körnermais	AKh/ha	47,3
Körnererbse	AKh/ha	7,2
Luzerne	AKh/ha	5,4
Zwischenfruchtanbau	AKh/ha	2,2
Düngerausbringung	AKh/t	1,78

7.2.5 Leistungen

7.2.5.1 Erzeugerpreise

Bei den Erzeugerpreisen für die verschiedenen Kulturen handelt es sich um das Mittel der marktüblichen Preise im Beobachtungszeitraum von 2014 bis 2018. Tabelle 8 zeigt eine Auflistung der Erzeugerpreise je Dezitonne für die verschiedenen Kulturen. Bei der Kultur Winterweizen wird je nach Vorfrucht zwischen Qualitätsweizen und Futterweizen unterschieden. Es wird angenommen, dass Winterweizen, der nach einer Leguminose (Körnermais oder Luzerne) angebaut wird, als Qualitätsweizen vermarktet werden kann. Im Falle einer Nichtleguminose als Vorfrucht (Wintergerste oder Körnermais) wird der Winterweizen hingegen als Futterweizen vermarktet.

Tabelle 8: Erzeugerpreise der verschiedenen Kulturen in €/dt

	Qualitätsweizen	Futterweizen	Wintergerste	Körnermais	Körnererbse
Erzeugerpreis	33,63	30,08	26,76	32,11	45,28

7.2.5.2 Direktzahlungen

In der Kostenrechnung in landwirtschaftlichen Betrieben ist es üblich, dass produktionsbezogene Direktzahlungen für die Einhaltung bestimmter Auflagen als Leistungen berücksichtigt werden. Die Berechnungen basieren auf den gegenwärtig gültigen agrarpolitischen Rahmenbedingungen. Tabelle 9 beinhaltet Direktzahlungen der ersten und zweiten Säule der GAP. Die Direktzahlungen der ersten Säule umfassen die Basisprämie in der Höhe von 195 €/ha und die Greeningprämie mit 89 €/ha (AMA, 2015, 10ff). Die hier berücksichtigten Zahlungen aus der zweiten Säule der GAP umfassen die ÖPUL-Maßnahmen „Begrünung Acker - Zwischenfruchtanbau“ sowie „Biologische Wirtschaftsweise“. Die Prämien für die beiden Maßnahmen belaufen sich auf 160 €/ha (AMA, 2019, 93) bzw. 230 €/ha (BMNT, 2017, s.p.).

Tabelle 9: Berücksichtigte Direktzahlungen der ersten und zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik

	Einheit	Wert
Direktzahlungen der ersten Säule		
Basisprämie	€/ha	195
Greeningprämie	€/ha	89
Direktzahlungen der zweiten Säule		
Begrünung Acker - Zwischenfruchtanbau	€/ha	160
Biologische Wirtschaftsweise	€/ha	230

7.2.6 Daten zur Erstellung der Nährstoffbilanzen

Zusätzlich zur Maximierung des GDB im Zuge einer optimalen Fruchtfolgegestaltung soll das Modell auch die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium bilanzieren. Bei der Erstellung dieser Bilanzen werden einerseits die Nährstoffentzüge der verschiedenen Kulturen je nach Ertragsniveau und andererseits die Stickstoffbindung der Leguminosen sowie die Nährstoffzufuhr über die Düngung berücksichtigt.

7.2.6.1 Nährstoffentzüge der verschiedenen Kulturen

Durch die Ernte und den Verkauf von Marktfrüchten werden einem landwirtschaftlichen Betrieb Nährstoffe entzogen. Die Höhe dieses Entzugs hängt von der Art der geernteten bzw. verkauften Kultur sowie vom Ertragsniveau dieser Kultur ab. In Tabelle 10 sind die Nährstoffentzüge der verschiedenen Kulturen in kg/dt dargestellt.

Tabelle 10: Nährstoffentzüge der verschiedenen Kulturen in kg/dt (Quelle: AWI, 2020, s.p.)

	Stickstoff	Phosphor	Kalium
Qualitätsweizen	1,89	0,8	0,6
Futterweizen	1,81	0,8	0,6
Wintergerste	1,65	0,8	0,6
Körnermais	1,51	0,8	0,5
Körnererbse	3,60	1,1	1,4

7.2.6.2 Stickstoffbindung der Leguminosen

Die Bindungsleistung ist dabei von Leguminosen zu Leguminosen unterschiedlich. Für die Modellerstellung wurde für ein Hektar Körnererbse eine Bindungsleistung von 10 kg N angenommen. Bei Luzerne wurde von 120 kg N/ha ausgegangen und der Zwischenfrucht wurde eine Bindungsleistung von 30 kg N/ha unterstellt.

7.2.6.3 Nährstoffzufuhr über die Düngung

Eine zweite Form der Nährstoffzufuhr neben der Bindung von Luftstickstoff durch Leguminosen stellt die Düngung dar. Im erstellten Modell wurde die Möglichkeit des Zukaufs von zwei Düngemitteln formuliert. Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Nährstoffgehalte der beiden Düngemittel. Die Nährstoffgehalte von Bioagenasol stammen von Agrana (2020, s.p.). Die Nährstoffgehalte pro Tonne Bio-Kompost wurden in der Höhe von 9,44 kg für Stickstoff, 1,77 kg für Phosphor und 6,66 kg für Kalium angenommen und stammen von Surböck et al. (2016, 40).

Tabelle 11: Nährstoffgehalte der berücksichtigten Düngemittel in %

Nährstoff	Bioagenasol	Bio-Kompost
Stickstoff	5,5	0,977

Phosphor	2,5	0,177
Kalium	1,5	0,666

8. Ergebnisse

Um die Flexibilität des Rechenmodelles zu dokumentieren, wird eine Szenarioanalyse durchgeführt. Es wurden im Rechenmodell Variablen verändert und ihre Auswirkungen auf das Rechenergebnis untersucht bzw. beschrieben.

8.1 Beschreibung der Szenarien

Im Zuge der Modellevaluierung wurden neben einem Referenzszenario fünf Alternativszenarien formuliert. Abschließend wurden ausgewählte Kennzahlen der einzelnen Szenarien einander gegenübergestellt und verglichen. Einen Überblick über die Szenarien bietet Tabelle 12.

Tabelle 12: Beschreibung der verschiedenen Szenarien

Szenario	**Spezifikum gegenüber dem Referenzszenario**
Referenzszenario	-
Kein Düngerzukauf	Zukauf von Düngemitteln wird nicht ermöglicht
Biokompost Zukauf	Option des Zukaufs von max. 100 t Biokompost
Reduktion Arbeitskraft	Die verfügbare Arbeitszeit wird auf 1.600 AKh reduziert
Preisverfall Getreide	Die Erzeugerpreise von Winterweizen und -gerste sinken um 25 %
Preisverfall Körnermais	Der Erzeugerpreis von Körnermais sinkt um 25 %

Beim Szenario „Kein Düngerzukauf“ werden Auswirkungen auf den Betrieb simuliert, welche bei einem gänzlichen Verzicht auf Düngerzukauf eintreten würden. Grund für den vollständigen Verzicht auf einen Zukauf von Dünger kann beispielsweise eine hohe Preiserhöhung beim Dünger sein. Da die Nährstoffentzüge der angebauten Kulturen bei diesem Szenario nicht durch Nährstoffzukäufe (=Düngerzukauf) ausgeglichen werden können,

wird, verglichen mit dem Referenzszenario, einerseits mit geringeren Produktionsmengen und andererseits mit einem erhöhten Anteil an Leguminosen zur Stickstoffbindung gerechnet.

Im nächsten Szenario („Biokompost Zukauf“) wird dem landwirtschaftlichen Betrieb die Möglichkeit des Zukaufs von Biokompost gewährt. Die Menge des zukaufbaren Biokomposts ist dabei mit 100 t beschränkt. Mit dem Zukauf von Biokompost wird ein Substitutionseffekt gegenüber dem Zukauf von Bioagenasol erwartet.

Auch die Auswirkungen einer Reduktion der Arbeitskraft werden simuliert. Dazu wird beim Szenario „Reduktion Arbeitskraft“ das ursprünglich zur Verfügung stehende Arbeitspensum vom 2.000 AKh auf 1.600 AKh reduziert. Dies soll vor allem eine Auswirkung auf den Anbau der arbeitsintensiven Kultur Körnermais haben.

In den beiden letzten Szenarien („Preisverfall Getreide“ und „Preisverfall Körnermais“) wurden jeweils die Erzeugerpreise von Getreide (Winterweizen und Wintergerste) bzw. Körnermais um 25 % reduziert. Neben Auswirkungen auf die ökonomischen Kennzahlen, wie z.B. den GDB werden Effekte auf das Anbauausmaß der vom Preisverfall betroffenen Kulturen erwartet.

8.2 Referenzszenario

8.2.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau

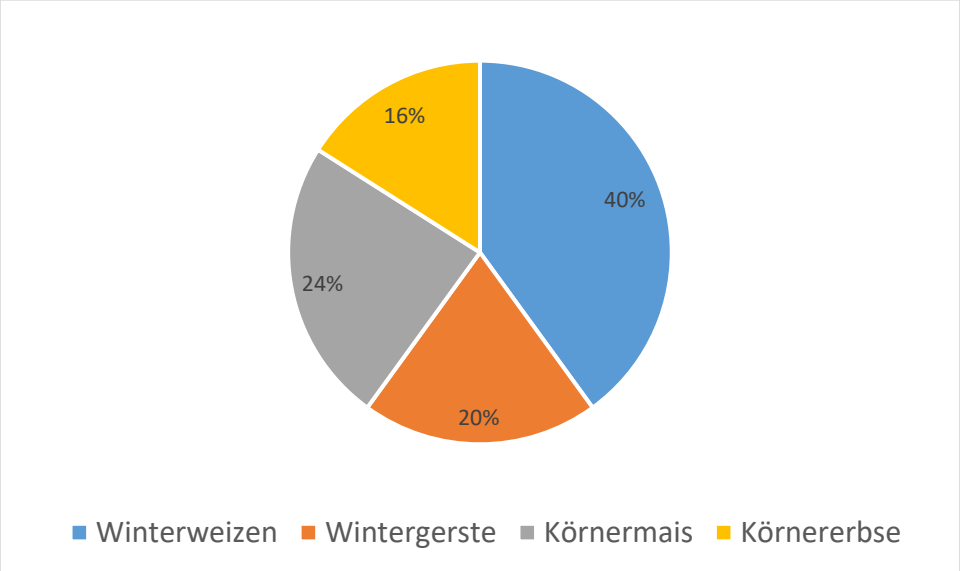


Abbildung 7: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Referenzszenario

Tabelle 13: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Referenzszenario

Kultur	**Anbau** [ha]	**Stickstoffeinsatz** [kg/ha]	**Ertrag** [dt/ha]	**Produktionsmenge** [dt]
Winterweizen				
-nach Körnermais[1)]	24	90	47,5	1.159
-nach Körnererbse[2)]	16	60	52,0	810
-nach Luzerne[2)]	0	0	0	0
Wintergerste	20	140	57,5	1.149
Körnermais	24	90	78,0	1.904
Körnererbse	16	0	12,3	192
Luzerne	0	0	0	0

[1)] Futterweizen [2)] Qualitätsweizen

Wie in Abbildung 7 und Tabelle 13 ersichtlich, ist Winterweizen mit 40 % Anbaufläche die dominierende Kultur. Davon werden 24 ha Winterweizen nach Körnermais und 16 ha nach Körnererbse angebaut. Weitere 20 % der Ackerfläche werden mit Wintergerste bestellt. Damit erreicht der Getreideanbau das vorgegebene Maximum von 60 %. Die restliche Ackerfläche wird mit Körnermais (24 %) und Körnererbse (16 %) bestellt.

Weiters zeigt Tabelle 13 die Höhe der Stickstoffdüngung bei jeder Kultur, den daraus resultierenden Ertrag und die jeweiligen Produktionsmengen. Wird Winterweizen nach Körnermais angebaut, erreicht das Erntegut lediglich Futterweizenqualität. Erfolgt der Weizenanbau hingegen nach einer Leguminose (Körnererbse oder Luzerne), können höhere Proteingehalte im Weizenkorn erreicht werden. In solchen Fällen erfolgt die Vermarktung dementsprechend als Qualitätsweizen.

Der Zwischenfruchtanbau wird in einem Ausmaß von 20 ha vor dem Anbau von Wintergerste betrieben (siehe Tabelle 14). Ein Zwischenfruchtanbau vor Winterweizen wird nicht realisiert, da der Winterweizen einerseits nach Körnermais angebaut wird und damit der Zeitraum zum ZF-Anbau sehr gering ist. Andererseits folgt Winterweizen der Körnererbse, welche als Leguminose ohnehin schon eine günstige Vorfrucht darstellt und damit den Anbau einer Zwischenfrucht nicht notwendig macht.

Tabelle 14: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Referenzszenario

ZF-Anbau	**Einheit**	**Menge**
vor Winterweizen	ha	0
vor Wintergerste	ha	20

vor Körnermais	ha	0
Summe	ha	20

8.2.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen

Tabelle 15: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Referenzszenario

Zukauf an Düngemitteln	**Einheit**	**Menge**
Bioagenasol	t	39,95
Biokompost	t	0
entspricht:		
N	kg	2.197
P	kg	999
K	kg	599

In Tabelle 15 sind die Zukäufe an Düngemitteln und die damit verbundene Nährstoffzufuhr aufgelistet. Es werden 39,95 t Bioagenasol zugekauft. Das entspricht einer Nährstoffzufuhr von 2.197 kg N, 999 kg P und 599 kg K.

Die Bilanzierung der Nährstoffe wird in Tabelle 16 vorgenommen. Durch die Ernte der Marktfrüchte werden auf der gesamten Ackerfläche 9.091 kg N, 4.229 kg P und 3.092 kg K entzogen. Gleichzeitig werden dem Boden über die Stickstoffbindung der Leguminosen sowie den Zukauf und die Ausbringung von Dünger 2.953 kg N, 999 kg P und 599 kg K zugeführt. Die Bilanz der drei betrachteten Nährstoffe ist daher negativ. Bewertet mit den kalkulatorischen Nährstoffpreisen je kg errechnen sich kalkulatorische Nährstoffkosten von insgesamt 27.857 €.

Tabelle 16: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Referenzszenario

	Einheit	**N**	**P**	**K**
Entzug				
Qualitätsweizen	kg	1.531	648	486
Futterweizen	kg	2.098	927	696
Wintergerste	kg	1.896	919	690
Körnermais	kg	2.876	1.524	952

Körnererbse	kg	690	211	268
Summe	kg	**9.091**	**4.229**	**3.092**
Zufuhr				
Leguminosen	kg	756		
Bioagenasol	kg	2.197	999	599
Biokompost	kg	0	0	0
Summe	kg	**2.953**	**999**	**599**
Bilanz	kg	**-6.138**	**-3.231**	**-2.493**
Kalkulatorische Nährstoffpreise	€/kg	3,26	1,31	1,45
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	20.011	4.232	3.614

8.2.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf

Tabelle 17: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Referenzszenario

Kennzahl	Einheit	Wert
GDB_oDZ[1)]	€	65.423
DZ[2)]	€	54.600
GDB	€	120.023
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	27.858
GDB – kalkulatorische Nährstoffkosten	€	92.165
Arbeitskraftbedarf	AKh	2.000
GDB/AKh	€/AKh	60
Schattenpreis der Fläche	€/ha	1.069

[1)] GDB ohne Direktzahlungen [2)] Direktzahlungen

Im Referenzszenario lässt sich auf 100 ha Ackerfläche ein GDB von 120.023 € erwirtschaften. Dieser lässt sich aufteilen in 65.423 € Gesamtdeckungsbeitrag ohne Direktzahlungen, welcher aus der Produktion der Marktfrüchte erwirtschaftet wird (GDB_oDZ), und 54.600 € aus Direktzahlungen (DZ). Bringt man noch die kalkulatorischen Nährstoffkosten von 27.858 € in Abzug, ergibt sich ein GDB von 92.165 €.

Die verfügbare Arbeitszeit von 2.000 AKh wird vollständig ausgeschöpft. Pro AKh ergibt sich daher ein GDB von 60 €. Der Schattenpreis von einem ha Fläche beträgt 1.069 € (Tabelle 17).

8.3 Szenario „Kein Düngerzukauf“

8.3.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau

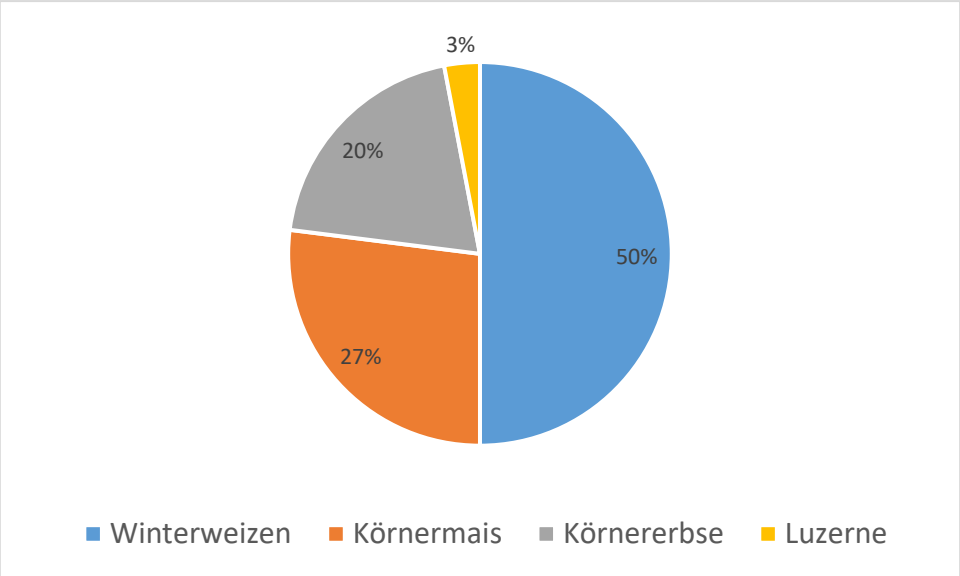


Abbildung 8: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Kein Düngerzukauf"

Tabelle 18: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Kein Düngerzukauf"

Kultur	**Anbau** [ha]	**Stickstoffeinsatz** [kg/ha]	**Ertrag** [dt/ha]	**Produktionsmenge** [dt]
Winterweizen				
-nach Körnermais[1)]	27	0	29,5	799
-nach Körnererbse[2)]	20	30	50,3	1.007
-nach Luzerne[2)]	3	120	55,9	162
Wintergerste	0	0	0	0
Körnermais	27	0	71,6	1.939
Körnererbse	20	0	12,3	246

Luzerne	3	0	0	0

[1)] Futterweizen [2)] Qualitätsweizen

Wie zu erwarten, steigt der Anbau von Leguminosen im Vergleich zum Referenzszenario. Luzerne geht dabei mit 3 % in Lösung und der Anbau von Körnererbse erhöht sich auf das Maximum von 20 %. Der Getreideanbau sinkt auf 50 % der Ackerfläche und wird rein über den Anbau von Winterweizen realisiert. Davon werden 27 ha nach Körnermais, 20 ha nach Körnererbse und 3 ha nach Luzerne angebaut. Die restlichen 27 % der Ackerfläche werden mit Körnermais bestellt (siehe Abbildung 8 und Tabelle 18).

Durch den vermehrten Leguminosen- und Zwischenfruchtanbau vor Winterweizen lassen sich höhere Proteingehalte im geernteten Winterweizen erzielen. Dadurch steigt die erzeugte Menge an Qualitätsweizen auf 1.169 dt. Die restlichen 799 dt erreichen lediglich Futterweizenqualität und stammen von Winterweizen, welcher nach Körnermais angebaut wird. Ebenfalls produziert werden 1.939 dt Körnermais und 246 dt Körnererbse (Tabelle 18).

Tabelle 19 zeigt, dass das flächenmäßige Ausmaß des Zwischenfruchtanbaus jenem des Referenzszenarios entspricht (20 ha). Die Zwischenfrucht wird nun allerdings vor Winterweizen angebaut.

Tabelle 19: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Kein Düngerzukauf"

ZF-Anbau	Einheit	Menge
vor Winterweizen	ha	20
vor Wintergerste	ha	0
vor Körnermais	ha	0
Summe	ha	20

8.3.2 Nährstoffbilanzen

In Tabelle 20 ist die Nährstoffbilanzierung für dieses Szenario abgebildet. Entzugsseitig schlagen durch die geernteten Erzeugnisse 7.471 kg N, 3.397 kg P und 2.495 kg K zu Buche. Durch den Verzicht auf Düngerzukauf findet eine Nährstoffzufuhr nur über die Stickstoffbindung der Leguminosen statt (1.149 kg N). Nach Saldierung ergeben sich Bilanzen von -6.322 kg für N, -3.397 kg für P und -2.495 kg für K. Bewertet mit den kalkulatorischen Nährstoffpreisen je kg erhält man kalkulatorische Nährstoffkosten von 28.678 €.

Tabelle 20: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Kein Düngerzukauf"

	Einheit	N	P	K
Entzug				
Qualitätsweizen	kg	2.209	935	701
Futterweizen	kg	1.447	640	480
Wintergerste	kg	0	0	0
Körnermais	kg	2.929	1.552	970
Körnererbse	kg	886	271	344
Summe	kg	**7.471**	**3.397**	**2.495**
Zufuhr				
Leguminosen	kg	1.149		
Bioagenasol	kg	0	0	0
Biokompost	kg	0	0	0
Summe	kg	**1.149**	**0**	**0**
Bilanz	kg	**-6.322**	**-3.397**	**-2.495**
Kalkulatorische Nährstoffpreise	€/kg	3,26	1,31	1,45
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	20.610	4.450	3.618

8.3.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf

Tabelle 21: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Kein Düngerzukauf"

Kennzahl	Einheit	Wert
GDB_oDZ[1)]	€	56.732
DZ[2)]	€	54.600
GDB	€	111.332
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	28.678
GDB – kalkulatorische Nährstoffkosten	€	82.654
Arbeitskraftbedarf	AKh	2.000
GDB/AKh	€/AKh	56
Schattenpreis der Fläche	€/ha	988

[1)] GDB ohne Direktzahlungen [2)] Direktzahlungen

Tabelle 21 zeigt, dass der GDB verglichen mit dem Referenzszenario aufgrund des Verzichts auf Düngerzukauf auf 111.332 € sinkt. Der Anteil aus den Direktzahlungen bleibt dabei konstant (54.600 €). Abzüglich der kalkulatorischen Nährstoffkosten errechnet sich ein GDB von 82.654 €.

Auch bei diesem Szenario wurde die verfügbare Arbeitszeit vollständig ausgenutzt. Der GDB je AKh sinkt dementsprechend auf 56 €. Der Schattenpreis für ein ha Fläche verringert sich im Vergleich zum Referenzszenario ebenfalls und erreicht eine Höhe von nunmehr 988 €.

8.4 Szenario „Biokompost Zukauf“

8.4.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau

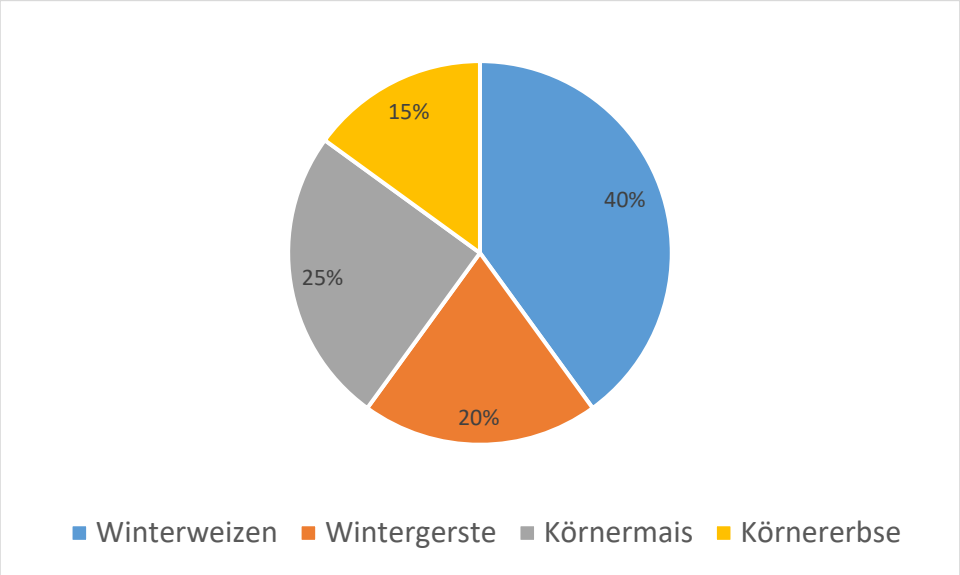


Abbildung 9: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Biokompost Zukauf"

Tabelle 22: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Biokompost Zukauf"

Kultur	Anbau [ha]	Stickstoffeinsatz [kg/ha]	Ertrag [dt/ha]	Produktionsmenge [dt]
Winterweizen				
-nach Körnermais[1)]	25	87	47,0	1.184
-nach Körnererbse[2)]	15	60	52,0	771

-nach Luzerne[2)]	0	0	0	0
Wintergerste	20	140	57,5	1.149
Körnermais	25	87	77,9	1.960
Körnererbse	15	0	12,3	182
Luzerne	0	0	0	0

[1)] Futterweizen [2)] Qualitätsweizen

Verglichen mit dem Referenzszenario sind die Änderungen im Hinblick auf die Kulturartenverteilung in diesem Szenario minimal. Es ist lediglich ein Rückgang von 1 % im Körnererbsenanbau zu verzeichnen. Dieser wird vom Körnermaisanbau substituiert (Abbildung 9).

Auch beim Stickstoffeinsatz der einzelnen Kulturen, den erzielten Erträgen und folglich auch der Produktionsmengen unterscheidet sich das Szenario „Biokompost Zukauf“ nur sehr gering vom Referenzszenario (Tabelle 22).

Tabelle 23 zeigt, dass auch der Zwischenfruchtanbau in diesem Szenario ident mit dem Zwischenfruchtanbau des Referenzszenarios ist.

Tabelle 23: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Biokompost Zukauf"

ZF Anbau	Einheit	Menge
vor Winterweizen	ha	0
vor Wintergerste	ha	20
vor Körnermais	ha	0
Summe	ha	20

8.4.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen

Tabelle 24: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Szenario "Biokompost Zukauf"

Zukauf an Düngemitteln	Einheit	Menge
Bioagenasol	t	22,84
Biokompost	t	100
entspricht:		
N	kg	2.200
P	kg	748

K	kg	1.009

Der in diesem Szenario ermöglichte Zukauf von Biokompost in der Höhe von maximal 100 t wird in vollem Umfang genutzt. Weiters zeigt Tabelle 24, dass zusätzlich 22,84 t Bioagenasol zugekauft werden. Gegenüber dem Referenzszenario ist demnach der erwartete Substitutionseffekt des Biokompostzukaufs eingetreten.

Die Nährstoffbilanzen für N, P und K (Tabelle 25) unterscheiden sich gegenüber dem Zukauf von Düngemitteln bzw. Nährstoffen wenig vom Referenzszenario. Durch den Biokompost werden zwar zusätzlich Nährstoffe in den Betrieb eingebracht, jedoch wird dadurch auch der Zukauf von Bioagenasol sowie der Anbau von Körnererbse reduziert. Es ergeben sich Nährstoffbilanzen von -6.164 kg für N, -3.504 kg für P und -2.089 kg für K. Bewertet man diese Bilanzen mit den jeweiligen kalkulatorischen Nährstoffpreisen, ergeben sich in Summe kalkulatorische Nährstoffkosten in der Höhe von 27.713 €.

Tabelle 25: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Biokompost Zukauf"

	Einheit	**N**	**P**	**K**
Entzug				
Qualitätsweizen	kg	1.456	616	462
Futterweizen	kg	2.143	947	710
Wintergerste	kg	1.897	920	690
Körnermais	kg	2.960	1.568	980
Körnererbse	kg	657	201	255
Summe	kg	**9.112**	**4.252**	**3.098**
Zufuhr				
Leguminosen	kg	748		
Bioagenasol	kg	1.256	571	343
Biokompost	kg	944	177	666
Summe	kg	**2.948**	**748**	**1.009**
Bilanz	kg	**-6.164**	**-3.504**	**-2.089**
Kalkulatorische Nährstoffpreise	€/kg	3,26	1,31	1,45

Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	20.094	4.590	3.029

8.4.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf

Tabelle 26: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Biokompost Zukauf"

Kennzahl	Einheit	Wert
GDB_oDZ[1)]	€	71.220
DZ[2)]	€	54.600
GDB	€	125.820
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	27.713
GDB – kalkulatorische Nährstoffkosten	€	98.108
Arbeitskraftbedarf	AKh	2.000
GDB/AKh	€/AKh	63
Schattenpreis der Fläche	€/ha	1.076

[1)] GDB ohne Direktzahlungen [2)] Direktzahlungen

Tabelle 26 zeigt, dass der GDB_oDZ im Vergleich zum Referenzszenario bei annähernd gleicher Kulturartenverteilung deutlich gesteigert werden konnte (von 65.423 € auf 71.220 €). Bei gleichbleibenden Direktzahlungen erhöht sich somit auch der GDB auf 125.820 €. Abzüglich der kalkulatorischen Nährstoffkosten ergibt sich ein GDB von 98.108 €. Das verfügbare Arbeitspensum vom 2.000 AKh wird vollständig genutzt, was einen GDB von 63 € je AKh ergibt. Der Schattenpreis von einem Hektar Ackerfläche beträgt in diesem Szenario 1.076 €.

8.5 Szenario „Reduktion Arbeitskraft“

8.5.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau

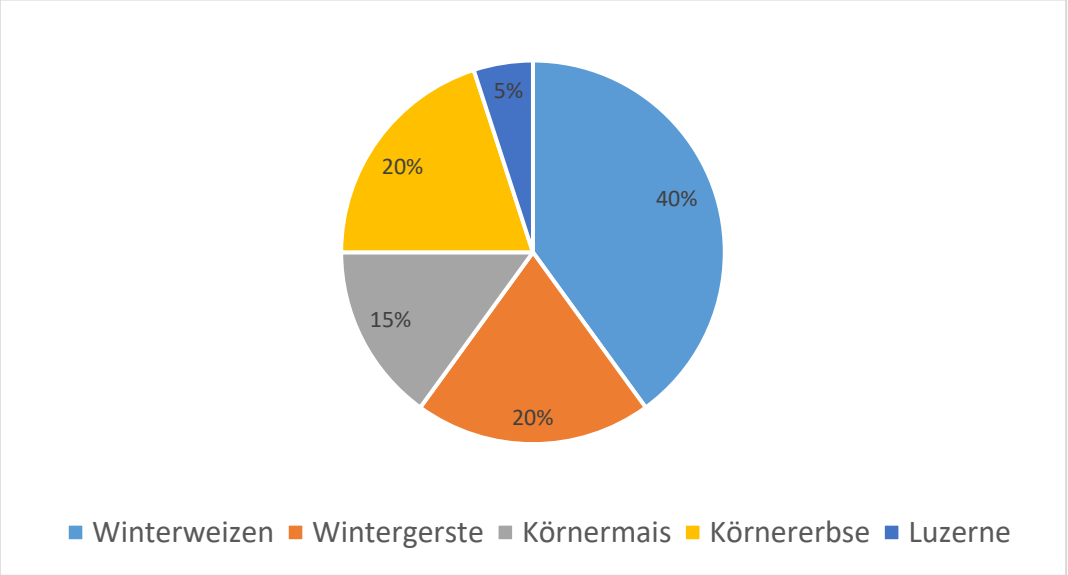


Abbildung 10: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Reduktion Arbeitskraft"

Tabelle 27: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Reduktion Arbeitskraft"

Kultur	Anbau [ha]	Stickstoffeinsatz [kg/ha]	Ertrag [dt/ha]	Produktionsmenge [dt]
Winterweizen				
-nach Körnermais[1)]	15	120	52,4	786
-nach Körnererbse[2)]	20	60	52,0	1.039
-nach Luzerne[2)]	5	140	56,5	283
Wintergerste	20	120	55,9	1.117
Körnermais	15	120	79,4	1.191
Körnererbse	20	0	12,3	246
Luzerne	5	0	0	0

[1)] Futterweizen [2)] Qualitätsweizen

Auch in diesem Szenario dominiert der Anbau von Winterweizen mit 40 % der Ackerfläche. Weitere 20 % der Anbaufläche entfallen jeweils auf Wintergerste und Körnererbse. Körnermais

wird im Ausmaß von 15 % angebaut und die restlichen 5 % der Ackerfläche werden mit Luzerne bestellt (Abbildung 10).

Aus Tabelle 27 wird ersichtlich, dass sich die Produktionsmenge von Qualitätsweizen gegenüber dem Referenzszenario aufgrund des erhöhten Anbaus von Körnererbse und Luzerne deutlich steigern lässt (von 810 dt auf 1.322 dt). Im Gegenzug sinkt die produzierte Menge von Futterweizen entsprechend auf 786 dt.

Beim Zwischenfruchtanbau ergeben sich keine Änderungen im Vergleich zum Referenzszenario (Tabelle 28).

Tabelle 28: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Reduktion Arbeitskraft"

ZF Anbau	Einheit	Menge
vor Winterweizen	ha	0
vor Wintergerste	ha	20
vor Körnermais	ha	0
Summe	ha	20

8.5.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen

Tabelle 29: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Szenario "Reduktion Arbeitskraft"

Zukauf an Düngemitteln	Einheit	Menge
Bioagenasol	t	32,72
Biokompost	t	0
entspricht:		
N	kg	1.799
P	kg	818
K	kg	491

Tabelle 29 zeigt, dass, aufgrund des steigenden Anbaus von Körnererbse und Luzerne, der Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Vergleich zum Referenzszenario von 39,95 t auf 32,72 t Bioagenasol sinkt.

Verglichen mit dem Referenzszenario sind die Nährstoffbilanzen für N, P und K in diesem Szenario durch geringere Nährstoffentzüge und eine erhöhte Stickstoffzufuhr gekennzeichnet. In Summe ergeben sich dadurch Nährstoffbilanzen von -5.249 kg bei N, -2.986 kg bei P und -

2.384 kg bei K. Nach Bewertung mit den kalkulatorischen Nährstoffpreisen ergeben sich in diesem Szenario kalkulatorische Nährstoffkosten von 24.479 € (Tabelle 30).

Tabelle 30: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Reduktion Arbeitskraft"

	Einheit	N	P	K
Entzug				
Qualitätsweizen	kg	2.499	1.058	793
Futterweizen	kg	1.422	629	471
Wintergerste	kg	1.844	894	670
Körnermais	kg	1.799	953	596
Körnererbse	kg	886	271	344
Summe	kg	**8.449**	**3.804**	**2.875**
Zufuhr				
Leguminosen	kg	1.401		
Bioagenasol	kg	1.799	818	491
Biokompost	kg	0	0	0
Summe	kg	**3.200**	**818**	**491**
Bilanz	kg	**-5.249**	**-2.986**	**-2.384**
Kalkulatorische Nährstoffpreise	€/kg	3,26	1,31	1,45
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	17.111	3.911	3.457

8.5.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf

Tabelle 31: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Reduktion Arbeitskraft"

Kennzahl	Einheit	Wert
GDB_oDZ[1)]	€	59.637
DZ[2)]	€	54.600
GDB	€	114.237
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	24.479
GDB – kalkulatorische Nährstoffkosten	€	89.758
Arbeitskraftbedarf	AKh	1.600

GDB/AKh	€/AKh	71
Schattenpreis der Fläche	€/ha	986

[1)] GDB ohne Direktzahlungen [2)] Direktzahlungen

Durch die Veränderungen in der Kulturartenverteilung (mehr Körnererbse und Luzerne; weniger Körnermais) kann ein GDB_oDZ in der Höhe von 59.637 € erzielt werden. Bei gleichbleibenden Direktzahlungen ergibt sich dadurch ein GDB von 114.237 €. Abzüglich der kalkulatorischen Nährstoffkosten bedeutet das einen GDB von 89.758 €. Die verfügbare Arbeitszeit im Ausmaß von 1.600 AKh wird zur Gänze ausgenützt. Das ergibt pro AKh einen GDB von 71 €. Der Schattenpreis der Ackerfläche beträgt 986 €/ha (Tabelle 31).

8.6 Szenario „Preisverfall Getreide“

8.6.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau

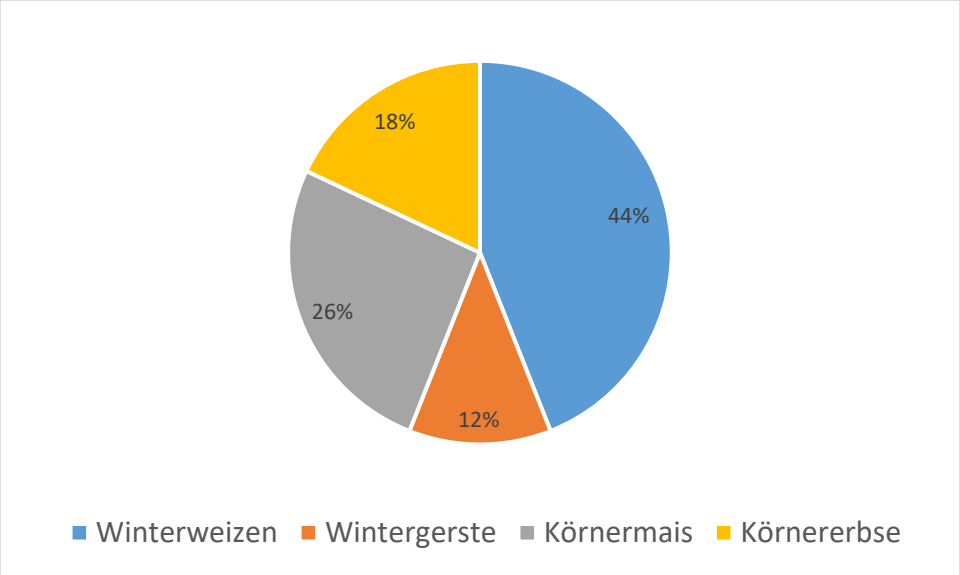


Abbildung 11: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Preisverfall Getreide"

Tabelle 32: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Preisverfall Getreide"

Kultur	Anbau [ha]	Stickstoffeinsatz [kg/ha]	Ertrag [dt/ha]	Produktionsmenge [dt]
Winterweizen				

-nach Körnermais[1)]	26	41	38,4	1.000
-nach Körnererbse[2)]	18	60	52,0	933
-nach Luzerne[2)]	0	0	0	0
Wintergerste	12	120	55,9	669
Körnermais	26	41	74,9	1.953
Körnererbse	18	0	12,3	221
Luzerne	0	0	0	0

[1)] Futterweizen [2)] Qualitätsweizen

Wie Abbildung 11 zeigt, hat der in diesem Szenario angenommene Preisverfall eine Auswirkung auf den Anbau von Getreide. Im Vergleich zum Referenzszenario sinkt der Getreideanbau von 60 % auf 56 %. Der Anbau von Wintergerste geht dabei um 8 % zurück, wohingegen der Anbau von Winterweizen um 4 % steigt. Substituiert wird der Rückgang beim Getreideanbau durch eine Ausweitung des Anbaus von Körnermais und Körnererbse um jeweils 2 %.

Entsprechend den Änderungen in der Kulturartenverteilung können in diesem Szenario 1.933 dt Winterweizen, 699 dt Wintergerste, 1.953 dt Körnermais und 221 dt Körnererbse produziert werden. Die produzierte Menge an Winterweizen teilt sich dabei in 1.000 dt Futterweizen und 933 dt Qualitätsweizen auf (Tabelle 32).

Tabelle 33 zeigt, dass mit dem sinkenden Anteil der Wintergerste in der Kulturartenverteilung auch der Zwischenfruchtanbau sinkt und in diesem Szenario in der Höhe von 12 ha nach Wintergerste betrieben wird.

Tabelle 33: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Preisverfall Getreide"

ZF Anbau	Einheit	Menge
vor Winterweizen	ha	0
vor Wintergerste	ha	12
vor Körnermais	ha	0
Summe	ha	12

8.6.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen

Tabelle 34: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Szenario "Preisverfall Getreide"

Zukauf an Düngemitteln	Einheit	Menge

Bioagenasol	t	19,58
Biokompost	t	0
entspricht:		
N	kg	1.077
P	kg	490
K	kg	294

Im Vergleich zum Referenzszenario sinkt der Zukauf von Düngemitteln bzw. Nährstoffen auf 19,58 t Bioagenasol. Das entspricht einem Zukauf an Nährstoffen von 1.077 kg N, 490 kg P und 294 kg K (Tabelle 34).

In Tabelle 35 sind die Nährstoffbilanzen für N, P und K dargestellt. Verglichen mit dem Referenzszenario sind die Entzüge durch das Erntegut mit Ausnahme von Kalium geringer. Die Zufuhr an Nährstoffen über Leguminosen und Bioagenasol weist jedoch eine noch größere Differenz zum Referenzszenario auf. In Summe bedeutet das, dass die Bilanzen aller drei Nährstoffe stärker negativ sind als im Referenzszenario. Es ergeben sich Bilanzen von -6.805 kg für N, -3.397 kg für P und -2.846 kg für K. Nach Monetisierung mit den kalkulatorischen Nährstoffpreisen ergeben sich kalkulatorische Nährstoffkosten in der Höhe von 30.334 €.

Tabelle 35: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Preisverfall Getreide"

	Einheit	**N**	**P**	**K**
Entzug				
Qualitätsweizen	kg	1.763	746	560
Futterweizen	kg	1.810	800	600
Wintergerste	kg	1.103	535	401
Körnermais	kg	2.949	1.563	977
Körnererbse	kg	795	243	309
Summe	kg	**8.420**	**3.886**	**2.846**
Zufuhr				
Leguminosen	kg	539		
Bioagenasol	kg	1.077	490	294
Biokompost	kg	0	0	0

Summe	kg	**1.616**	**490**	**294**
Bilanz	kg	**-6.805**	**-3.397**	**-2.553**
Kalkulatorische Nährstoffpreise	€/kg	3,26	1,31	1,45
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	22.183	4.450	3.701

8.6.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf

Tabelle 36: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Preisverfall Getreide"

Kennzahl	Einheit	Wert
GDB_oDZ[1)]	€	44.472
DZ[2)]	€	53.315
GDB	€	97.787
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	30.334
GDB – kalkulatorische Nährstoffkosten	€	67.452
Arbeitskraftbedarf	AKh	2.000
GDB/AKh	€/AKh	49
Schattenpreis der Fläche	€/ha	781

[1)] GDB ohne Direktzahlungen [2)] Direktzahlungen

Der angenommene Preisverfall von Getreide bewirkt deutliche Veränderungen der ökonomischen Kennzahlen des Modellbetriebes (siehe Tabelle 36). Der GDB_oDZ erreicht einen Wert von 44.472 €. Auch die Höhe der Direktzahlungen sinkt aufgrund der Änderungen in der Kulturartenverteilung auf 53.315 €. In Summe ergibt das einen GDB von 97.787 €. Abzüglich der kalkulatorischen Nährstoffkosten in der Höhe von 30.334 € bestreitet der Betrieb einen GDB von 67.452 €. Verglichen mit dem Referenzszenario (92.165 €) bedeutet das eine Differenz von 24.713 € oder 27 %. Dementsprechend sinkt bei Ausnutzung der maximalen Arbeitskraft der GDB/AKh auf 49 €.

8.7 Szenario „Preisverfall Körnermais

8.7.1 Kulturartenverteilung, Höhe der Stickstoffdüngung, Erträge, Produktionsmengen und Zwischenfruchtanbau

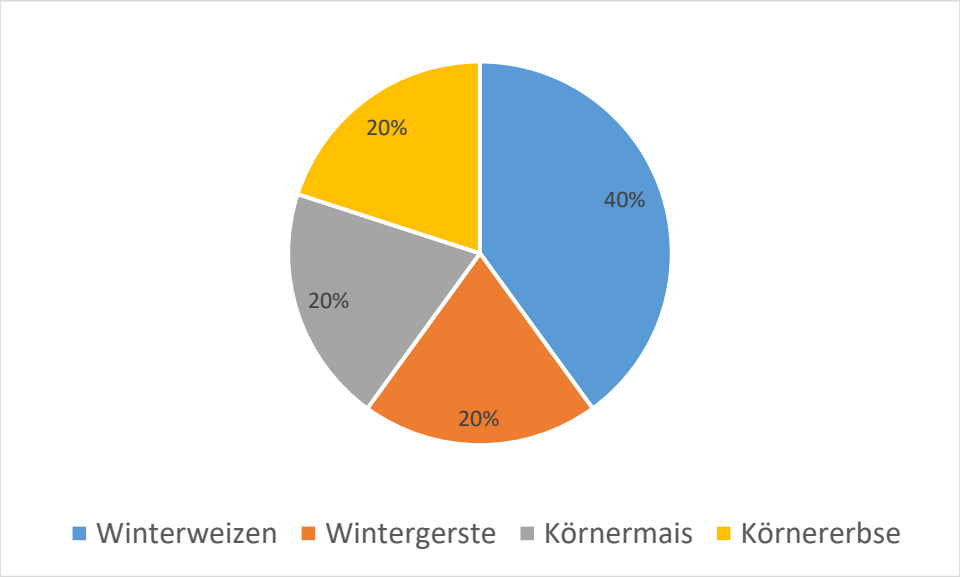


Abbildung 12: Kulturartenverteilung in % der Ackerfläche im Szenario "Preisverfall Körnermais"

Tabelle 37: Anbau, Stickstoffeinsatz, Ertrag und Produktionsmenge je Kultur im Szenario "Preisverfall Körnermais"

Kultur	**Anbau** [ha]	**Stickstoffeinsatz** [kg/ha]	**Ertrag** [dt/ha]	**Produktionsmenge** [dt]
Winterweizen				
-nach Körnermais[1)]	20	100	49,2	984
-nach Körnererbse[2)]	20	60	52,0	1.039
-nach Luzerne[2)]	0	0	0	0
Wintergerste	20	130	56,8	1.136
Körnermais	20	100	78,5	1.571
Körnererbse	20	0	12,3	246
Luzerne	0	0	0	0

[1)] Futterweizen [2)] Qualitätsweizen

Wie zu erwarten, wirkt sich ein Preisverfall beim Körnermais ebenfalls auf dessen Anbauausmaß aus. In der Kulturartenverteilung nimmt der Körnermais in diesem Szenario 20 % der Ackerfläche ein. Das bedeutet einen Rückgang von 4 % im Vergleich zum

Referenzszenario. Die restlichen 80 % der Ackerflächen werden mit 40 % Winterweizen, 20 % Wintergerste und 20 % Körnererbse bestellt (Abbildung 12).

Tabelle 37 zeigt, dass die produzierte Menge an Körnermais trotz höherem Stickstoffeinsatz und, daraus resultierend, höherem Ertrag verglichen mit dem Referenzszenario auf 1.571 dt sinkt. Weiters produziert der Modellbetrieb in diesem Szenario 2.023 dt Winterweizen (984 dt Futterweizen bzw. 1.039 dt Qualitätsweizen), 1.136 dt Wintergerste und 246 dt Körnererbse.

Der Anbau von Zwischenfrucht wird in einem Ausmaß von 40 ha betrieben. Davon werden jeweils 20 ha vor Winterweizen und Wintergerste angebaut (Tabelle 38).

Tabelle 38: Zwischenfruchtanbau je nach Folgekultur im Szenario "Preisverfall Körnermais"

ZF Anbau	Einheit	Menge
vor Winterweizen	ha	20
vor Wintergerste	ha	20
vor Körnermais	ha	0
Summe	ha	40

8.7.2 Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen und Nährstoffbilanzen

Tabelle 39: Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen im Szenario "Preisverfall Körnermais"

Zukauf an Düngemitteln	Einheit	Menge
Bioagenasol	t	36,36
Biokompost	t	0
entspricht:		
N	kg	2.000
P	kg	909
K	kg	545

Der Zukauf an Düngemitteln bzw. Nährstoffen beläuft sich in diesem Szenario auf 36,36 t Bioagenasol. Entsprechend den Nährstoffgehalten dieses Düngemittels ergibt das einen Zukauf von 2.000 kg N, 909 kg P und 545 kg K (Tabelle 39).

Tabelle 40 zeigt, dass die Nährstoffbilanzen mit -5.476 kg für N, -3.145 kg für P und -2.479 kg für K weniger stark negativ als im Referenzszenario sind. Vor allem die N-Bilanz unterscheidet sich aufgrund des erhöhten Anbaus von Zwischenfrucht und der damit erhöhten legumen

Stickstoffzufuhr deutlich vom Referenzszenario. Das schlägt sich auch in den kalkulatorischen Nährstoffkosten nieder. Diese belaufen sich in Summe auf 25.568 €, was verglichen mit dem Referenzszenario einer Reduktion um 2.290 € entspricht.

Tabelle 40: Nährstoffbilanzen für N, P und K im Szenario "Preisverfall Körnermais"

	Einheit	N	P	K
Entzug				
Qualitätsweizen	kg	1.964	831	624
Futterweizen	kg	1.781	787	590
Wintergerste	kg	1.874	908	681
Körnermais	kg	2.372	1.256	785
Körnererbse	kg	886	271	344
Summe	kg	**8.876**	**4.054**	**3.025**
Zufuhr				
Leguminosen	kg	1.400		
Bioagenasol	kg	2.000	909	545
Biokompost	kg	0	0	0
Summe	kg	**3.400**	**909**	**545**
Bilanz	kg	**-5.476**	**-3.145**	**-2.479**
Kalkulatorische Nährstoffpreise	€/kg	3,26	1,31	1,45
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	17.850	4.120	3.595

8.7.3 Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf

Tabelle 41: Ökonomische Kennzahlen und Arbeitskraftbedarf im Szenario "Preisverfall Körnermais"

Kennzahl	Einheit	Wert
GDB_oDZ[1)]	€	47.323
DZ[2)]	€	57.800
GDB	€	105.123
Kalkulatorische Nährstoffkosten	€	25.565
GDB – kalkulatorische Nährstoffkosten	€	79.558

Arbeitskraftbedarf	AKh	1.861
GDB/AKh	€/AKh	56
Schattenpreis der Fläche	€/ha	1.171

[1)] GDB ohne Direktzahlungen [2)] Direktzahlungen

Auch in diesem Szenario hat die angenommene Preisreduktion deutliche Auswirkungen auf die ökonomischen Kennzahlen des Modellbetriebes (siehe Tabelle 41). Durch den Anbau und die Vermarktung der Kulturen lässt sich ein GDB_oDZ in der Höhe von 47.323 € erwirtschaften. Die Direktzahlungen erhöhen sich aufgrund des ausgeweiteten Zwischenfruchtanbaus im Vergleich zum Referenzszenario um 3.200 € und erreichen einen Wert von 57.800 €. Abzüglich der kalkulatorischen Nährstoffkosten ergibt sich in Summe ein GDB von 79.558 €. Verglichen mit dem Referenzszenario bedeutet das eine Reduktion um 12.607 € bzw. 16 %. Aufgrund des verminderten Anbaus der arbeitsintensiven Kultur Körnermais wird das maximal verfügbare Arbeitspensum von 2.000 AKh nicht vollständig beansprucht. Der Arbeitszeitbedarf in diesem Szenario beläuft sich auf 1.861 AKh, was einen GDB von 56 € je AKh ergibt. Der Schattenpreis der Fläche beläuft sich auf 1.171 € je Hektar.

8.8 Vergleich der Szenarien und Interpretation der Ergebnisse

Beim Vergleich der verschiedenen Szenarien wird im Hinblick auf die Kulturartenverteilung die Dominanz des Getreideanbaus (Winterweizen und Wintergerste) ersichtlich (siehe Tabelle 42). In vier von sechs Szenarien wird der Getreideanbau bis zum definierten Maximum von 60 % der Ackerfläche ausgereizt. Ebenfalls lässt sich beobachten, dass der Anbau von Winterweizen den Anbau von Wintergerste stets übersteigt. Als Gründe dafür können einerseits der höhere Erzeugerpreis von Qualitäts- bzw. Futterweizen im Vergleich zu Wintergerste (siehe Kapitel 7.2.5.1) und andererseits die annähernd gleich hohen variablen Kosten der beiden Kulturen (siehe Kapitel 7.2.2) genannt werden. Im Szenario „Kein Düngerzukauf“ wird gänzlich auf den Anbau von Wintergerste verzichtet. Gleichzeitig erreicht der Anbau von Winterweizen in diesem Szenario seinen Höchstwert (50 %). Interpretiert wird diese Tatsache, neben den oben genannten Gründen, mit dem höheren Grundertrag von Winterweizen gegenüber Wintergerste. Wie in Tabelle 4 gezeigt wurde, weist Winterweizen bei einer Düngung von 0 kg/ha stets einen höheren Ertrag als Wintergerste auf. Mit anderen Worten schneiden die drei Produktionsfunktionen von Winterweizen die y-Achse weiter vom Ursprung entfernt als jene von Wintergerste (siehe Kapitel 7.2.1).

Das Anbauausmaß von Körnermais variiert je nach Szenario zwischen 15-27 %. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwands im biologischen Körnermaisanbau geht dessen Anbauausmaß im Szenario „Reduktion Arbeitskraft“ stark zurück (von 24 % im Referenzszenario auf 15 %). Von

den im Modellbetrieb berücksichtigten Kulturen weist Körnermais den höchsten Grundertrag auf (siehe Tabelle 4). Aufgrund dessen erreicht das Anbauausmaß von Körnermais im Szenario „Kein Düngerzukauf“ den höchsten Wert (27 %).

Bei Betrachtung der Anbauausmaße der beiden Leguminosen (Körnererbse und Luzerne) zeigt sich, dass der Anbau von Körnererbse stets überwiegt. Der Anbau von Luzerne wird nur in zwei von sechs Szenarien realisiert. Aufgrund der im Modellbetrieb vorgesehenen Funktion von Luzerne als Gründüngung besteht ihr Wert, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, in der Fixierung von Luftstickstoff. Aufgrund des Nichtvorhandenseins einer preisgünstigeren Möglichkeit der Stickstoffversorgung über den Zukauf von Dünger, kommt Luzerne im Szenario „Kein Düngerzukauf“ folglich im Ausmaß von 3 % zum Anbau. Im Szenario „Reduktion Arbeitskraft“ wird Körnermais aus der Fruchtfolge verdrängt. Da alle anderen Kulturen bereits ihre maximalen Anbauanteile aufweisen (siehe Kapitel 7.1), kommt Luzerne auch in diesem Szenario zum Anbau.

Das Ausmaß des Zwischenfruchtanbaus unterscheidet sich innerhalb der sechs verschiedenen Szenarien wenig und reicht von 12-40 ha.

Mit Ausnahme des Szenarios „Kein Düngerzukauf“ werden in jedem Szenario Nährstoffe in Form von Düngemitteln zugekauft. Der höchste Zukauf an Stickstoff wird wie erwartet im Szenario „Biokompost Zukauf“ realisiert (2.200 kg). Aufgrund der im Vergleich zum Bioagenasol günstigen Möglichkeit des Nährstoffzukaufes, wird in diesem Szenario die angenommene Möglichkeit des zusätzlichen Zukaufs von Biokompost bis zum Maximum von 100 t ausgenutzt.

Tabelle 42: Vergleich von Kulturartenverteilung, ZF-Anbau und Nährstoffzukauf der verschiedenen Szenarien

Szenario	**Kulturartenverteilung**					**ZF-Anbau**	**Nährstoffzukauf**		
	WW	**WG**	**KM**	**KE**	**LU**		**N**	**P**	**K**
	[%]	**[%]**	**[%]**	**[%]**	**[%]**	**[ha]**	**[kg]**	**[kg]**	**[kg]**
Referenzszenario	40	20	24	16	0	20	2.197	999	599
Kein Düngerzukauf	50	0	27	20	3	20	0	0	0
Biokompost Zukauf	40	20	25	15	0	20	2.200	748	1.009
Reduktion Arbeitskraft	40	20	15	20	5	20	1.799	818	491

Preisverfall Getreide	44	12	26	18	0	12	1.077	490	294
Preisverfall Körnermais	40	20	20	20	0	40	2.000	909	545

Tabelle 43 vergleicht die ökonomischen Kennzahlen der sechs verschiedenen Szenarien. Verglichen mit dem Referenzszenario lässt sich der GDB nur im Szenario „Biokompost Zukauf" steigern. Dies ist, wie bereits erwähnt, auf die Möglichkeit des günstigeren Nährstoffzukaufes in Form von maximal 100 t Biokompost zurückzuführen. In den Szenarien mit simuliertem Preisverfall wurden die geringsten beiden GDB erwirtschaftet. Hierin zeigt sich der große Einfluss von Veränderungen der Erzeugerpreise auf die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Betriebe. Generell weist der GDB innerhalb der Szenarien große Differenzen auf und reicht von 97.787 € im Szenario „Preisverfall Getreide" bis 125.820 € im Szenario „Biokompost Zukauf".

Betrachtet man die Direktzahlungen, fällt auf, dass diese in den ersten vier Szenarien gleich hoch ausfallen. Dies ist auf den Zwischenfruchtanbau und dessen Förderung im Rahmen des ÖPUL zurückzuführen. Dementsprechend sinken die Direktzahlungen im Szenario „Preisverfall Getreide" und steigen im Szenario „Preisverfall Körnermais".

Legt man den erwirtschafteten GDB auf die eingesetzten Arbeitsstunden um, zeigt sich bei fünf der sechs Szenarien eine positive Korrelation zwischen dem GDB und dem GDB/AKh. Einzig im Szenario „Reduktion Arbeitskraft" tritt eine Steigerung des GDB/AKh bei einer gleichzeitigen Senkung des GDB auf. Die Begrenzung der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit auf 1.600 statt 2.000 AKh führt zu einer teilweisen Verdrängung der arbeitsintensiven Kultur Körnermais. Die verbleibende Arbeitszeit wird hingegen auf den Anbau von weniger arbeitsintensiven Kulturen verwendet. Da die dadurch bedingte Abnahme des GDB proportional geringer ist als das Ausmaß, welches an Arbeit eingespart wird, erhöht sich in diesem Szenario der GDB/AKh auf den Höchstwert von 71 €/AKh.

Auch der Schattenpreis für einen Hektar Ackerfläche differiert stark und reicht von 781 €/ha im Szenario „Preisverfall Getreide" bis 1.171 €/ha im Szenario „Preisverfall Körnermais". Wie auch beim GDB/AKh gibt es beim Schattenpreis der Fläche ein Szenario wo dieser negativ mit dem GDB korreliert ist (Szenario „Preisverfall Getreide"). Bei diesem Szenario wird infolge freiwerdender Arbeitszeit durch den reduzierten Körnermaisanbau der Anbau von Zwischenfrucht auf 40 ha erhöht. Dadurch profitiert der Modellbetrieb gleichsam in höherem Ausmaß von der Teilnahme an der ÖPUL Maßnahme Begrünung

Acker – Zwischenfruchtanbau (siehe Kapitel 3.3). Der Wert einer zusätzlichen Einheit an Ackerfläche kann somit auf 1.171 €/ha gesteigert werden.

Tabelle 43: Vergleich der ökonomischen Kennzahlen der verschiedenen Szenarien

Szenario	GDB_oDZ	DZ	GDB	kalk. NSt-Kosten	GDB/AKh	Schattenpreis der Fläche
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€/AKh]	[€/ha]
Referenzszenario	65.423	54.600	120.023	27.858	60	1.069
Kein Düngerzukauf	56.732	54.600	111.332	28.678	56	988
Biokompost Zukauf	71.220	54.600	125.820	27.713	63	1.076
Reduktion Arbeitskraft	59.637	54.600	114.237	24.479	71	986
Preisverfall Getreide	44.472	53.315	97.787	30.334	49	781
Preisverfall Körnermais	47.323	57.800	105.123	25.565	56	1.171

9. Zusammenfassung, Diskussion und Empfehlungen

Nachdem die agrarpolitischen Rahmenbedingungen und pflanzenbaulichen Grundlagen für die Fruchtfolgeplanung dargelegt wurden, war es für die Modellkonzeption notwendig, auch die produktionstheoretischen Grundlagen aus betriebswirtschaftlicher Perspektive zu erörtern. Das Planungsmodell wurde auf Basis einer Linearen Planungsrechnung erstellt und in Bereiche gegliedert, um den Informationsgrad der Rechenergebnisse zu erhöhen. Mit dem Planungsmodell ist es möglich, die Produktionsverfahren hinsichtlich ihrer Düngungsintensität und ihrer Vorfrüchte auszuwählen und gleichzeitig eine Nährstoffbilanz für eine Produktionsperiode zu erstellen. Durch die modellinterne Trennung von kalkulatorischen Positionen, wie z.B. der Nährstoffentzug von der tatsächlich ausgebrachten Düngermenge, können auch finanzwirtschaftliche Daten für eine Liquiditätsplanung generiert werden. Mit der Generierung von Grenzwerten könnten auch Grundlagen für strategische Unternehmensentscheidungen bereitgestellt werden. Das Modell bietet daher einige Vorteile

gegenüber herkömmlichen Methoden zur Produktionsplanung in biologisch geführten landwirtschaftlichen Betrieben.

Das Planungsmodell wurde an einem realitätsnahen Modellbetrieb auf dessen Praktikabilität überprüft. Schwierigkeiten ergeben sich in der Erstellung von Produktionsfunktionen wegen unvollständiger Information aus der landwirtschaftlichen Praxis. Diese könnten durch empirisch ermittelte Daten und deren Verarbeitung in Tabellenkalkulationsprogrammen zur Erstellung von realitätsnahen Produktionsfunktionen gelöst werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass in der biologisch geführten Landwirtschaft komplexe Wechselwirkungen zwischen den Produktionsverfahren zu beobachten bzw. zu berücksichtigen sind. Wie zu erwarten, führen veränderte wirtschaftliche und agrarpolitische Rahmenbedingungen zu Anpassungsmaßnahmen sowohl bei der Fruchtfolge als auch bei der Produktionsintensität. Besonderes Augenmerk in der betriebswirtschaftlichen Analyse sollte, speziell in viehlosen Betrieben, dem Verbrauch an Nährstoffen zugewendet werden.

Zur Interpretation der Rechenergebnisse derartiger Modellanalysen müssen auch die Grenzen der Modelle und der angewendeten Methoden erkannt werden. Die Übereinstimmung der Rechenergebnisse mit der Realität hängt von der Genauigkeit, mit der die Realität im Modell abgebildet werden kann, ab. Das Modell versucht, komplexe Zusammenhänge in landwirtschaftlichen Betrieben mit möglichst wenig Variablen zu erfassen und die Rechenergebnisse mit betriebswirtschaftlichen Kenntnissen relativ einfach zu interpretieren. Ein wesentlicher Nachteil der hier angewendeten Methode der Deckungsbeitragsoptimierung in der Linearen Planungsrechnung ist die Fokussierung auf wenige Kulturen, sofern nicht Kapazitätsrestriktionen gesetzt werden. Der hier angebotene statische Modellansatz bietet jedoch die Möglichkeit, eine Vielzahl von Szenarien zu rechnen und miteinander zu vergleichen.

Derartige Modelle können mit relativ geringem Aufwand an veränderte Rahmenbedingungen oder betriebliche Voraussetzungen angepasst werden. Abschließend bleibt jedoch anzumerken, dass anwendungsorientierte Planungsmodelle die in Natur ablaufenden Produktionsprozesse nur annähernd abbilden können und in diesem Modell Produktionsrisken ausgeblendet werden.

10. Quellenverzeichnis

AGRANA (2020): Düngemittel. https://www.agrana.com/produkte/futter-und-duengemittel/duengemittel/#!bioagenasol (22.01.2020).

AGRAR MARKT AUSTRIA (2015): Direktzahlungen 2015 – Merkblatt mit Ausfüllanleitung. https://www.ama.at/getattachment/45d78376-3fb4-4b20-8046-d2ee690447a4/Merkblatt_DIZA2015_151102.pdf (02.01.2020).

AGRAR MARKT AUSTRIA (2018a): Daten und Fakten der Agrar Markt Austria für den Bereich Getreide und Ölsaaten. https://www.ama.at/getattachment/48c60c2d-6563-4b5d-8ee8-dde6bb88a44b/Getreideanbauflaechen_in_Oesterreich_2017_inkl_Bioflaechen-1-Auswertung.pdf (10.01.2019).

AGRAR MARKT AUSTRIA (2018b): Verbot der Ausbringung von stickstoffhältigen Düngemitteln – Änderung des Nitrat-Aktionsprogramms mit 1. Jänner 2018. https://www.ama.at/Fachliche-Informationen/Oepul/Aktuelle-Informationen/2018/Verbot-der-Ausbringung-von-stickstoffhaeltigen-Due (11.12.2019).

AGRAR MARKT AUSTRIA (2019): Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. https://www.ama.at/getattachment/3140e42e-a606-42e6-b734-c91959df8696/Merkblatt_OPUL-2015_Stand_Jaenner_2019.pdf (06.01.2020).

AGRAR MARKT AUSTRIA (2020): Biologische Wirtschaftsweise. ÖPUL 2015 Maßnahmenerläuterungsblatt. https://www.ama.at/getattachment/264bf988-651e-49a0-bd76-fefe4266d22e/MEB_Oepul2015_Biologische_Wirtschaftsweise_6-1.pdf (16.04.2020).

ANDREAE, B (1968): Wirtschaftslehre des Ackerbaues. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

AUSTRIA PRESSE AGENTUR – ORIGINALTEXT SERVICE (2018): AMA: Bio-Umsätze wachsen weiter. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180628_OTS0189/ama-bio-umsaetze-wachsen-weiter (10.01.2019).

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2018): Fruchtfolgen im ökologischen Landbau. Pflanzenbaulicher Systemvergleich in Viehhausen und Puch. Zwischenbericht über die Jahre 2005 – 2013. Freising-Weihenstephan: Selbstverlag.

BIO AUSTRIA (2019): Fruchtfolge im Bio-Ackerbau: Es geht um mehr! https://www.bio-austria.at/fruchtfolge-im-bio-ackerbau-es-geht-um-mehr/ (09.12.2019).

BREUER, G. (1993): Analyse ausgewählter agrarpolitischer Maßnahmen zur Extensivierung der landwirtschaftlichen Produktion und zur Flächenstilllegung anhand von zwei Modellbetrieben im nordöstlichen Flach- und Hügelland. Wien: Diss. Universität für Bodenkultur.

BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT UND BERGBAUERNFRAGEN (2020): IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. https://idb.awi.bmlfuw.gv.at/default.html (22.01.2020).

BUNDESMINISTERIUM FÜR ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ (2019): Biologische Produktion. https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/lebensmittel/bio/bio_produkte.html#heading_Gesetzliche_Grundlagen (03.12.2019).

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2011): Fruchtfolge im Öko-Landbau: Grundsätzliche Organisationsmerkmale, Wirkungen. https://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/oeko_lehrmittel/Fachsschulen_Agrar/Landwirtschaft/Aktualisierung_2012/flwmd01_15_2011.pdf (09.12.2019).

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2015): Biologische Landwirtschaft in Österreich. Wien: Selbstverlag.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2017): Grüner Bericht 2017 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahr 2016. Wien: Selbstverlag.

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (2017): Maßnahmenübersicht ÖPUL 2015 - Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. Wien: Selbstverlag.

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (2018): Grüner Bericht 2018 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Wien: Selbstverlag.

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (2019a): Was heißt biologische Landwirtschaft? https://www.bmnt.gv.at/land/bio-lw/bedeutung/was_bedeutet_bio.html (03.12.2019).

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (2019b): Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung. https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/recht_gewaesserschutz/APNitrat2012.html (04.12.2019).

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (2019c): Greening. https://www.bmnt.gv.at/land/direktzahlungen/Greening.html (06.01.2020).

BRANDES, W. UND WOERMANN, E. (1971): Landwirtschaftliche Betriebslehre – Spezieller Teil. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey.

DABBERT, S. UND BRAUN, J. (2006): Landwirtschaftliche Betriebslehre – Grundwissen Bachelor. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

DIEPENBROCK, W.; ELLMER, F. UND LÉON, J. (2005): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grundwissen Bachelor. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen – konventionell – integriert – biologisch. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

FREYER, B. (2016): Ökologischer Landbau – Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen. Bern: Haupt Verlag.

HANDELSBLATT (2018): Österreich ist und bleibt Bio-Spitzenreiter. https://www.handelszeitung.at/handelszeitung/oesterreich-ist-und-bleibt-bio-spitzenreiter-160676 (10.01.2019).

KEHRBERG, E. W. UND REISCH, E. (1969): Wirtschaftslehre der landwirtschaftlichen Produktion. 2., überarbeitete Auflage. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

LANDWIRT (2018): Bio Zuckerrübe gefragt. https://www.landwirt.com/Bio-Zuckerruebe-gefragt,,19358,,Bericht.html (10.01.2019).

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER WIEN (2018): Neue Nitrat-Aktions-Programm-Verordnung (NAPV). https://wien.lko.at/neue-nitrat-aktions-programm-verordnung-napv+2500+2701187 (11.12.2019).

LEA, E. UND WORSLEY, T. (2005): Australians´ organic food beliefs, demographics and values. British Food Journal, 107, 855-869.

LEE, H.-J. UND YUN, Z.-S. (2014): Consumers' perceptions of organic food attributes and cognitive and affective attitudes as determinants of their purchase intentions toward organic food. Food Quality and Preference, 39, 259-267.

LOITLSBERGER, E. (1990): Grundriss der Betriebswirtschaftslehre für Juristen. Wien: Manz´sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung.

MUßHOFF, O. UND HIRSCHAUER, N. (2013): Modernes Agrarmanagement. Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren. München: Verlag Franz Vahlen.

NEUDORFER, T. (2012): Analyse verschiedener Strategieoptionen von Milchkuhbetrieben unter volatilen Marktbedingungen. Eine Modellrechnung mittels linearer Planung. Wien: Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur.

REISCH, E. UND KNECHT, G. (1995): Betriebslehre, Landwirtschaftliches Lehrbuch 3; 7. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2002): Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Informationen für Praxis und Beratung. Dresden: Selbstverlag.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (2008): Fruchtfolgegrundsätze im Ökologischen Landbau. Dresden: Selbstverlag.

SCHNEEBERGER, W. UND PEYERL, H. (2011): Betriebswirtschaftslehre für Agrarökonomen. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.

SCHNEIDER, R.; SALZEDER, G.; SCHMIDT, M.; WIESINGER, K. UND URBATZKA, P. (2013): Einfluss verschiedener Fruchtfolgen viehhaltender und viehloser Systeme auf Ertrag und Produktivität: Ergebnisse eines Dauerfeldversuches. In: NEUHOFF, D.; STUMM, C.; ZIEGLER, S.; RAHMANN, G.; HAMM U. UND KÖPKE U. (2013): Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013. Berlin: Dr. Köster Verlag.

SEICHT, G. (1993): Moderne Kosten- und Leistungsrechnung: Grundlagen und praktische Gestaltung. 7. Auflage. Wien: Linde Verlag.

STEINHAUSER, H.; LANGBEHN, C. UND PETERS, U. (1982): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre. Band 1: Allgemeiner Teil. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

STORCK, H. UND BOKELMANN, W. (1995): Grundzüge der gartenbaulichen Betriebslehre. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

SURBÖCK, A.; HEINZINGER, M.; FRIEDEL, J. K.; SCHWEINZER, A.; PUSCHENREITER, M.; MEISINGER, D.; FRITZSCHE, D. UND FREYER, B. (2016): Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme im biologischen Landbau auf pflanzenbauliche und bodenchemische Parameter. In: FREYER, B.; SURBÖCK, A.; HEINZINGER, M. UND FRIEDEL, J. K. (2016): MUBIL VI Abschlussbericht – Langzeit-Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung auf den biologischen Landbau. Universität für Bodenkultur Wien. Wien: Selbstverlag.