



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Agrarwirtschaft

Prof. Dr. Clemens Fuchs

Prof. Dr. Becke Strehlow

## **Bachelorthesis**

**Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkungen der erweiterten Fruchtfolge im Raum  
Demmin**

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2023-0663-9

von

*Hans-Otto Papstein*

Neubrandenburg

28.02.2024

## Inhaltsverzeichnis

I.	Abkürzungsverzeichnis .....	ii
II.	Abbildungsverzeichnis .....	iii
III.	Tabellenverzeichnis .....	iii
1.	Einleitung .....	1
1.1	Problemstellung .....	1
1.2	Zielsetzung .....	1
1.3.	Vorgehensweise .....	2
2.	Datengrundlage und Methodik .....	2
3.	Betriebsvorstellung: .....	4
4.	Fruchtfolgen .....	6
4.1	Gemeinsame Agrarpolitik und Förderung für vielfältige Kulturen .....	6
4.2	Fruchtfolge Status Quo .....	8
4.3.	Umstellung der Fruchtfolgen auf das Förderprogramm Ökoreglung 2 .....	9
4.4	Futtererbse .....	10
5.	Statistische Auswertung .....	12
5.1	Monte Carlo Simulation .....	12
5.2	Erträge und Preisermittlung .....	13
5.3	Anwendung und Ergebnisse der stochastischen Simulation .....	16
6.	Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolgen .....	20
6.1	Berechnung der einzelkostenfreien Leistung .....	20
6.2	Vergleich der Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolgen .....	22
7.	Umweltwirkungen der Fruchtfolgen .....	26
7.1	CO <sub>2</sub> Bilanzierung .....	26
7.1.1	Vergleich der Klimabilanzen der Fruchtfolgen .....	37
7.2	Umweltwirkung Pflanzenschutz .....	41
7.3	Unkrautregulierung durch Zwischenfrüchte .....	45
7.4	Einfluss der Fruchtfolge auf Insekten .....	45
7.5	Bewertung der Umweltwirkung .....	47
8.	Diskussion und Empfehlungen .....	48
9.	Zusammenfassung .....	53
10.	Fehlerbetrachtung .....	54

## I. Abkürzungsverzeichnis

(KSG)	.....	Klimaschutzgesetz
€		<i>Euro</i>
BEK	.....	Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen
BMEL	.....	<i>Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft</i>
CO <sub>2</sub>	.....	Kohlenstoffdioxid
CO <sub>2</sub> e	.....	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
DLG	.....	<i>Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft</i>
Dv	.....	<i>Dreiecksverteilung</i>
EkfL	.....	<i>Einzelkostenfreie Leistung</i>
EU	.....	<i>Europäische Union</i>
FF	.....	<i>Fruchtfolge</i>
FP520	.....	<i>Vielfältige Kulturen im Ackerbau</i>
GAB	.....	<i>Grundanforderungen der allgemeinen Betriebsführungen</i>
GAP	.....	<i>Gemeinsame Agrarpolitik</i>
GbR	.....	<i>Gesellschaft bürgerlichen Rechts</i>
GLÖZ	.....	<i>guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand</i>
ha	.....	<i>Hektar</i>
IPCC	.....	<i>Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen</i>
IPS	.....	<i>Integrierter Pflanzenschutz</i>
K <sub>2</sub> O	.....	<i>Kaliumoxid</i>
KAS	.....	<i>Kalkammonsalpeter</i>
kg	.....	<i>Kilogramm</i>
KTBL	.....	<i>Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft</i>
l		<i>Liter</i>
N		<i>Stickstoff</i>
N <sub>2</sub> O	.....	<i>Stickstoffmonoxid</i>
NH <sub>3</sub>	.....	<i>Ammoniak</i>
ÖR <sub>2</sub>	.....	<i>Ökoreglung 2</i>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.....	<i>Phosphat</i>
PS	.....	<i>Pferdestärke</i>
S		<i>Seite</i>
SSA	.....	<i>Schwefelsaures Ammoniak</i>
t		<i>Tonne</i>
TM	.....	<i>Trockenmasse</i>
UFOP	.....	<i>Union zur Förderung von Oel und Proteinpflanzen e.V.</i>
VDLUFA	.....	<i>Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V.</i>
vgl.	.....	<i>Vergleich</i>
WW	.....	<i>Winterweizen</i>
z.B.	.....	<i>Zum Beispiel</i>

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Satellitenaufnahme der Ackerschläge.....	5
Abbildung 2: Anbauverhältnisse 2023.....	5
Abbildung 3 GLÖZ STANDARDS.....	6
Abbildung 4: Anbaufläche und Erntemenge Körnererbsen .....	11
Abbildung 5: Dreiecksverteilung Preis des Winterrapses .....	19
Abbildung 6: Ergebnis Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolgen .....	22
Abbildung 7: Ergebnis Monte Carlo Simulation E <sub>kfL</sub> der Fruchtfolgen .....	23
Abbildung 8: Tornadofunktion FF2 und FF2a.....	25
Abbildung 9: Tornadofunktion für FF1 und FF1a.....	26
Abbildung 10: Ergebnis Monte-Carlo-Simulation CO <sub>2</sub> Bilanz der Fruchtfolgen .....	39
Abbildung 11: Maßnahmepyramide für den integrierten Pflanzenschutz .....	41
Abbildung 12: Einfluss Getreideanteil auf den Auflauf des Ackerfuchschwanzes .....	42
Abbildung 13: Untersuchungsergebnisse Herbizid Resistenzen beim Weidelgras .....	44
Abbildung 14: Untersuchungsergebnisse Herbizid Resistenzen beim Ackerfuchsschwanz .....	44

## III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Prämienerrhöhung .....	8
Tabelle 2 : Erträge, Erzeugerpreise und Düngerpreise.....	14
Tabelle 3: Ertragsfaktoren der unterschiedlichen Früchte.....	15
Tabelle 4: Korrelationen.....	16
Tabelle 5: Durchschnittliche Erträge und Preise vor und nach der Monte Carlo Simulation mit Standardabweichungen .....	17
Tabelle 6: Dreiecksverteilung Winterrapspreis .....	19
<i>Tabelle 7: Berechnung E<sub>kfL</sub> am Beispiel Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps</i> .....	21
Tabelle 8: N <sub>2</sub> O Emissionen aus NH <sub>3</sub> Verlusten bei Düngung mit mineralischem Düngemittel am Beispiel SSA .....	27
Tabelle 9: N <sub>2</sub> O Emissionen aus NH <sub>3</sub> Verlusten bei Düngung mit mineralischem Düngemittel am Beispiel AHL .....	28
Tabelle 10: N <sub>2</sub> O Emissionen aus NH <sub>3</sub> Verlusten bei Düngung mit mineralischem Düngemittel am Beispiel KAS .....	29
Tabelle 11: direkte N <sub>2</sub> O- Emissionen aus der Düngung mit dem Mineraldünger SSA .....	29
Tabelle 12: direkte N <sub>2</sub> O- Emissionen aus der Düngung mit dem Mineraldünger AHL .....	29
Tabelle 13: direkte N <sub>2</sub> O- Emissionen aus der Düngung mit dem Mineraldünger KAS .....	30
Tabelle 14: N <sub>2</sub> O Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründüngung.....	30
Tabelle 15: CO <sub>2</sub> -Emissionen bzw. Bindungen aus Humusaufbau des Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps.....	31
Tabelle 16: N <sub>2</sub> O Emissionen aus dem Humusaufbau des Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps .....	31
Tabelle 17: CO <sub>2</sub> Emissionen aus der Kalkdüngung des Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps .....	32

Tabelle 18: CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers SSA.....	32
Tabelle 19: CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers AHL .....	32
Tabelle 20:CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers KAS.....	33
Tabelle 21: CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers Kalimagnesia .....	33
Tabelle 22 : CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers TSP .....	33
Tabelle 23 : CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Saatgutes .....	34
Tabelle 24: CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Pflanzenschutzmittels .....	34
Tabelle 25: CO2 Emissionen aus der Energiebereitstellung/Diesel .....	34
Tabelle 26: CO2 Emissionen aus der Maschinenherstellung .....	35
Tabelle 27: Summe aller CO2 Emissionen für den Weizen auf schweren Boden nach Raps .....	35
Tabelle 28: CO2 Emissionen aller Früchte .....	36
Tabelle 29: CO2 Bilanzen der Fruchtfolgen .....	38
Tabelle 30: Anteile von Getreide, Sommerung, Winterung an den Fruchtfolgen .....	47
Tabelle 31: Einsparungspotenzial durch weiter Umstellung der Ackerfläche Deutschlands auf vielfältige Kulturen .....	48
Tabelle 32: Ausgaben für Einsparung einer Tonne CO2.....	49
Tabelle 33: Korrelationstabelle .....	59
Tabelle 34 Preisermittlung 1 kg N .....	59
Tabelle 35: Preisermittlung für1 kg K und 1kg P .....	60
Tabelle 36: Co2 Bilanzierung Stoppelweizen Teil1 .....	61
Tabelle 37: CO2 Bilanzierung Stoppelweizen Teil 2 .....	62
Tabelle 38: CO2 Bilanzierung Stoppelweizen Teil 3 .....	63
Tabelle 39: CO2 Bilanzierung Rübenweizen Teil 1 .....	64
Tabelle 40: CO2 Bilanzierung Rübenweizen Teil 2 .....	65
Tabelle 41: : CO2 Bilanzierung Rübenweizen Teil 3.....	66
Tabelle 42: CO2 Bilanzierung Gerste schw. Boden Teil 1 .....	67
Tabelle 43:: CO2 Bilanzierung Gerste schw. Boden Teil 2 .....	68
Tabelle 44: CO2 Bilanzierung Gerste schw. Boden Teil 3 .....	69
Tabelle 45: CO2 Bilanzierung Gerste leicht Boden Teil 1.....	70
Tabelle 46: CO2 Bilanzierung Gerste leicht Boden Teil 2.....	71
Tabelle 47: CO2 Bilanzierung Gerste leicht Boden Teil 3.....	72
Tabelle 48: CO2 Bilanzierung Raps schw. Boden Teil 1 .....	73
Tabelle 49: CO2 Bilanzierung Raps schw. Boden Teil 2 .....	74
Tabelle 50: CO2 Bilanzierung Raps schw. Boden Teil 3 .....	75
Tabelle 51: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden Teil 1 .....	76
Tabelle 52: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden Teil 2 .....	77
Tabelle 53: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden Teil 3 .....	78
Tabelle 54: CO2 Bilanzierung Roggen Teil1 .....	79
Tabelle 55: CO2 Bilanzierung Roggen Teil 2 .....	80
Tabelle 56: CO2 Bilanzierung Roggen Teil 3 .....	81
Tabelle 57: Weizen leicht. Boden nach Raps Teil 1 .....	82
Tabelle 58: Weizen leicht. Boden nach Raps Teil 2 .....	83
Tabelle 59: : Weizen leicht. Boden nach Raps Teil 3 .....	84
Tabelle 60: : Weizen leicht. Boden nach Mais Teil 1 .....	85

Tabelle 61: Weizen leicht. Boden nach Mais Teil 2.....	86
Tabelle 62: : Weizen leicht. Boden nach Mais Teil 3.....	87
Tabelle 63: CO2 Bilanzierung Zuckerrüben Teil 1.....	88
Tabelle 64: CO2 Bilanzierung Zuckerrüben Teil 2.....	89
Tabelle 65: CO2 Bilanzierung Zuckerrüben Teil 3.....	90
Tabelle 66: CO2 Bilanzierung Futtererbse.....	91
Tabelle 67: CO2 Bilanzierung Silomais Teil 1.....	92
Tabelle 68: CO2 Bilanzierung Silomais Teil 2.....	93
Tabelle 69: CO2 Bilanzierung Zwischenfrucht .....	94
Tabelle 70: CO2 Bilanzierung Raps schwerer Boden nach Erbsen Teil 1 .....	95
Tabelle 71: CO2 Bilanzierung Raps schwerer Boden nach Erbsen Teil 2 .....	96
Tabelle 72: CO2 Bilanzierung Raps schwerer Boden nach Erbsen Teil 3 .....	97
Tabelle 73: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden nach Erbsen Teil 1 .....	98
Tabelle 74: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden nach Erbsen Teil 2.....	99
Tabelle 75: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden nach Erbsen Teil 3.....	100
Tabelle 76: EkfL Weizen schwerer Boden nach Raps .....	101
Tabelle 77: EkfL Stoppelweizen.....	102
Tabelle 78: EkfL Rübenweizen.....	103
Tabelle 79: EkfL Weizen leichter Boden .....	104
Tabelle 80: EkfL Raps schwerer Boden .....	105
Tabelle 81: EkfL Raps leichter Boden .....	106
Tabelle 82: EkfL Gerste schwerer Boden.....	107
Tabelle 83: EkfL Gerste leichter Boden .....	108
Tabelle 84: EkfL Roggen.....	109
Tabelle 85: EkfL Zuckerrübe.....	110
Tabelle 86: EkfL Futtererbse leichter Boden .....	111
Tabelle 87: EkfL Futtererbse schwerer Boden .....	112
Tabelle 88: EkfL Silomais .....	113
Tabelle 89: Ergebnis durchschnittliche EkfL und CO2 Bilanzen der Fruchtfolgen .....	114

## **1. Einleitung**

### **1.1 Problemstellung**

Die Erweiterung der Fruchtfolge und der Fruchtartenwechsel gewinnen in der EU immer mehr an Bedeutung. Der Grund ist, dass den Anbauverhältnisse in den Fruchtfolgen großen Einfluss auf die Biodiversität zugeordnet werden. Es sollen Monokulturen verhindert und enge, getreidelastige Fruchtfolgen erweitert werden. Neben dem positiven Einfluss auf das Ökosystem soll aber auch die Klimabilanz der Landwirtschaft positiv verändert werden, denn das deutsche Klimaschutzgesetz (KSG) sieht vor bis 2030 die klimaschädlichen Emissionen um 65% gegenüber 1990 zu senken. Mit dem Anbau von Leguminosen könnte insbesondere der Bedarf an Stickstoffdüngern und der Pflanzenschutzmitteleinsatz verringert werden. Problematisch ist, dass diese positiven Effekte nur mit politischen Vorgaben und Förderungen zu erreichen sind, weil z.B. die Leguminosen die Wirtschaftlichkeit der Betriebe verschlechtern würden. Es muss deshalb ein gesellschaftlicher Konsens in der Agrarförderung gefunden werden, um die Auswirkungen auf die Betriebe wirtschaftlich auszugleichen und positive Effekte auf die Biodiversität und die Klimabilanz zu erreichen.

### **1.2 Zielsetzung**

Mit dieser Arbeit sollen die Wirtschaftlichkeit und die Umweltwirkung einer erweiterten Fruchtfolge am Beispiel eines Betriebes im Kreis Demmin ermittelt werden. Dabei werden zwei praktizierte Fruchtfolgen differenziert nach der Bodenqualität verglichen. Die wirtschaftliche Bewertung, sowie die Umwelteffekte sollen anhand der durchschnittlichen Einzelkostenfreien Leistung und der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung erfolgen, so dass ökonomische und ökologische Aspekte beurteilt werden können. Die Differenzierung nach Bodentypen soll eine praxisnahe Analyse und allgemeine Schlussfolgerung zur Anwendbarkeit erweiterter Fruchtfolgen auf unterschiedlichen Standorten ermöglichen. Das Ziel besteht darin, praxisrelevante Erkenntnisse zu generieren und die Förderung der erweiterten Fruchtfolge zu bewerten.

### **1.3. Vorgehensweise**

In Kapitel 2 werden die Methode sowie die Datengrundlage dargestellt. Dabei wird zum einen auf die Herkunft aller verwendeten Daten eingegangen, sowie auf die Berechnungsstandards verwiesen.

Der ausgewählte Betrieb wird im dritten Kapitel vorgestellt und die Flächenstrukturen sowie Anbauverhältnisse graphisch dargestellt.

Im Kapitel 4 werden die Fruchtfolgen vorgestellt und nach den Vorgaben der gemeinsamen Agrarpolitik neue Fruchtfolgen erstellt.

Die statistische Auswertung mit Hilfe der Monte Carlo Simulation wird im fünften Kapitel beschrieben.

Anschließend findet in Kapitel sechs eine Wirtschaftlichkeitsanalyse der Fruchtfolgen statt.

Im Kapitel 7 werden die Fruchtfolgen anhand ihrer Umweltwirkung verglichen. Dazu werden die CO<sub>2</sub>-Bilanzen dargestellt und der Einfluss der Fruchtfolgen auf den Herbizideinsatz, die Unkrautregulierung und die Wirkung auf Insekten beschrieben.

Im achten Kapitel werden die Ergebnisse diskutiert und Schlussfolgerungen abgeleitet.

## **2. Datengrundlage und Methodik**

Als Datengrundlage werden die vom Betrieb aufgezeichneten Daten genutzt. Diese wurden schlagbezogen mit Hilfe der Agrocom Software von Claas vorher erfasst. Die Erzeugerpreise für die produzierten Marktfrüchte der letzten 10 Jahre basieren auf den Angaben vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Für einen Beispielbetrieb im Raum Demmin wurden die beiden gegenwärtig praktizierten Fruchtfolgen entsprechend der Ökoreglung 2 mit der Leguminose Futtererbse erweitert.

Die Erträge der einzelnen Kulturen der Fruchtfolgen für schwere und leichtere Böden wurden danach entsprechend der Durchschnittserträge des Betriebes standortspezifisch korrigiert.



Die durchschnittlichen Preise für Düngemittel (Stickstoff, Phosphor und Kalium) wurden aus Veröffentlichungen des BMEL entnommen.

Die statistische Bewertung erfolgte mit einer Monte-Carlo-Simulation mit dem Programm @Risk. Hierbei wurden Erzeugerpreise, Erträge in Dezitonnen und Düngerpreise mittels mehrerer Simulationen variiert. Ein Simulationsablauf entspricht in jedem Fall ein Jahr. Als Ergebnis wurden Dreiecksverteilungen (Dv) für die Erträge und Preise der Früchte und der Düngemittel bestimmt. Diese Daten wurden in Excel übernommen und die Einzelkostenfreie Leistung für jede Frucht und anschließend die durchschnittliche EkfL für die gegenwärtigen Fruchtfolgen und die erweiterten Fruchtfolgen berechnet. Mit Hilfe der Tornodafunktion mit dem Programm @Risk wurde die Abhängigkeit der EkfL von Erträgen und Preisen gewichtet.

Für die Berechnung der Klimabilanzen wurde der Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK), der 2021 in seiner zweiten Auflage vom KTBL veröffentlicht wurde, genutzt. Dieser Standard ermöglicht die Berechnung von Treibhausgasemissionen nach einem festgelegten Maßstab, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Mit der Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse entstehen unterschiedliche Emissionen, die alle in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet werden, um eine Vergleichbarkeit herzustellen. Der BEK stützt sich dabei auf die Potenziale des vierten Berichts des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC).

Aus diesen Daten wird die Klimabilanz für jedes Glied der Fruchtfolge bestimmt, und die gesamten Fruchtfolgen auf der Ebene der CO<sub>2</sub> Bilanz verglichen. Emissionen, welche für Transport von Saat- und Erntegut entstehen, sowie mögliche Einlagerungsemissionen, werden hierbei nicht mitberücksichtigt.

### **3. Betriebsvorstellung:**

Für das vorgestellte Thema sollte ein Betrieb in der Nähe von Demmin als Beispiel herangezogen werden, der von den Flächen und der Betriebsausstattung sich gut als Vergleichsbetrieb eignet. Nach Absprache mit dem Geschäftsführer Dr. Ulf Schnepfer wurden die Daten des Betriebes GbR Schnepfer Beerbaum Schoknecht bereitgestellt. Der Betrieb lässt sich wie folgt kurz beschreiben:

Der Betrieb befindet sich ein Kilometer westlich von der Hansestadt Demmin. Die Summe der Niederschläge beträgt im Jahr durchschnittlich 503 Millimeter. Es sind 5 Mitarbeiter im Betrieb festangestellt, wovon 3 im Feldbau, eine Arbeitskraft in der Verwaltung und eine als Betriebsleiter tätig sind. Während der Ernte werden 2 Saisonarbeitskräfte eingestellt. Der Betrieb ist ein Marktfruchtbetrieb und bewirtschaftet eine Fläche von 1103 ha Ackerland mit Böden zwischen 25 und 61 Bodenpunkten. Im Jahr 2023 wurden 463 ha Winterweizen, 227 ha Wintergerste, 225 ha Winterraps, 68 ha Zuckerrüben, 47 ha Winterroggen, 40 ha Futtererbsen und 33 ha Silomais angebaut. Ein Großteil der Anbauflächen befindet sich in unmittelbarer Umgebung des Betriebes. Die technische Ausstattung des Betriebes besteht aus einem Claas Lexion 780 Mähdescher mit einem 12 Meter Schneidwerk, fünf Fendt Schlepper (220 bis 420 PS), einem Amazone Düngerstreuer, einer Amazone Pflanzenschutzspritze, zwei Köckerling Grubber, einer Väderstad Scheibenegge. Die Ernteerzeugnisse werden hauptsächlich in betriebsnahe Silos eingelagert.

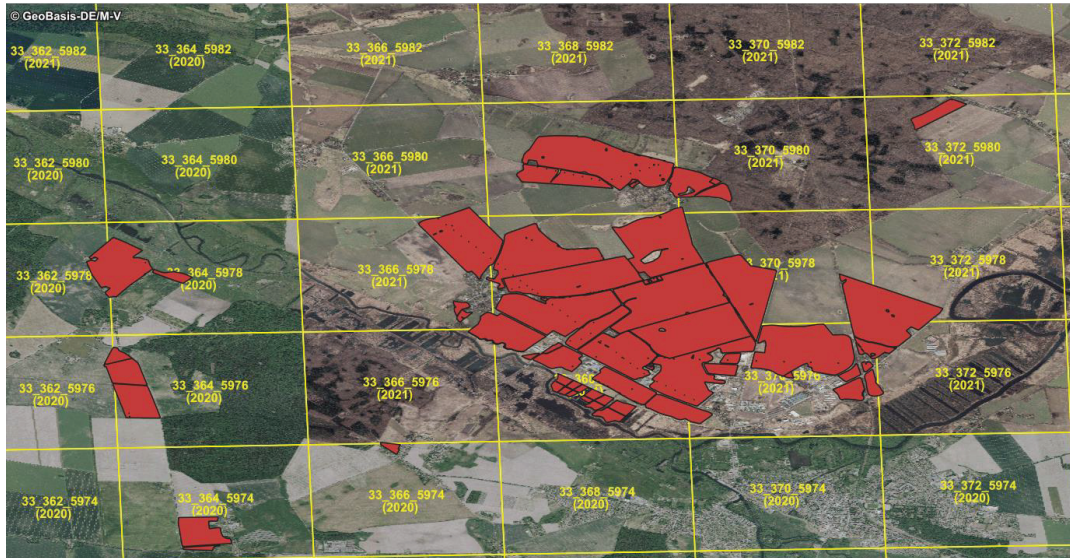


Abbildung 1: Satellitenaufnahme der Ackerschläge

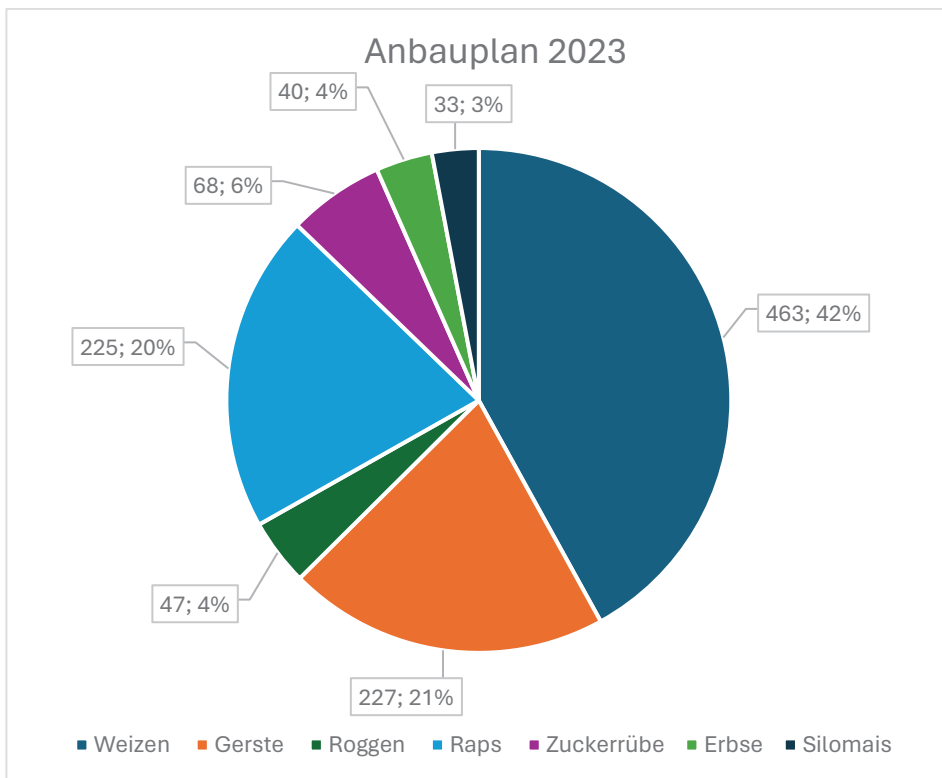


Abbildung 2: Anbauverhältnisse 2023

## 4. Fruchtfolgen

### 4.1 Gemeinsame Agrarpolitik und Förderung für vielfältige Kulturen

Die gemeinsame Agrarpolitik umfasst insgesamt neun Standards für den guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand von Flächen, auch bekannt als GLÖZ-Standards. Sie sind neben den Grundanforderungen der allgemeinen Betriebsführungen (GAB) Teil der Konditionalität. Die Einhaltung der Konditionalität ist Grundvoraussetzung an jeden Betrieb zum Erhalt von Direktzahlungen aus der ersten Säule, die Agrar- Umwelt und Klimamaßnahmen sowie der Ausgleichsmaßnahme aus der zweiten Säule. (vgl. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2023)



Abbildung 3 GLÖZ STANDARDS

Die Richtlinien der GAB umfassen nach Angaben des Landes Mecklenburg-Vorpommern:

GAB 1            Wasserrahmenrichtlinie

GAB 2            Nitratrichtlinie

GAB 3	Vogelschutzrichtlinie
GAB 4	FFH-Richtlinie (Schutz von Flora und Fauna)
GAB 5	Regelungen zur Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit
GAB 6	Verwendungsverbote u.a. von Stoffen mit pharmakologischer Wirkung
GAB 7	Anwendung zugelassener PSM, Bienenschutz
GAB 8	Pflanzenschutzmittelrichtlinie
GAB 9	Mindestanforderungen für den Schutz von Kälbern
GAB 10	Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen
GAB 11	Regelungen zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere

(vgl. Landesforschungsanstalt MV o. D.)

Neben den Bedingungen zur Konditionalität umfasst die gegenwärtige Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) auch freiwillige Ökoregelungen in der ersten Säule, die jährlich neu beantragt werden können. Eine dieser freiwilligen Verpflichtungen ist die Ökoregelung 2 mit dem Titel "Vielfältige Kulturen im Ackerbau". (vgl. Fry, 2023, 8.02.2023)

Im Rahmen dieser freiwilligen Ökoregelung sind Landwirte dazu verpflichtet, auf förderfähigem und nicht brachliegendem Ackerland mindestens fünf verschiedene Hauptfruchtarten anzubauen. Dabei ist vorgesehen, dass der Anteil jeder Art mindestens 10% jedoch höchstens 30% der Gesamtfläche beträgt. Gleichzeitig ist verpflichtend eine Leguminose, beziehungsweise ein Leguminosen Gemenge anzubauen. Als Anreiz für die Teilnahme an der Ökoregelung erhielten Landwirte 2023 eine Vergütung von 45 € pro Hektar Ackerland. Der Anteil von Getreide darf dabei nicht mehr als 66 Prozent der Fläche betragen. (vgl. Fry, 2023, 8.02.2023)

Hierbei müssen folgende Regeln eingehalten werden:

Die als Hauptfrucht geltende Kultur ist diejenige, die sich zwischen dem 1. Juni und dem 15. Juli die längste Zeit auf der Fläche befunden hat. Der Anteil von Getreide darf höchstens 66 % der Fläche ausmachen. Sommerungen und Winterungen gelten selbst bei gleicher Gattung als unterschiedliche Kulturen. Im Allgemeinen erfolgt die Unterscheidung der Fruchtarten anhand ihrer botanischen Gattungen. (vgl. Fry, 2023, 8.02.2023)

Am 25.10.2023 veröffentlichte das BMEL einen Bericht über die Anpassungen der Ökoregelungen ab 2024. In diesem Bericht wurde die Ökoregelung 2 von ursprünglich 45€ je ha auf 60€ je ha angehoben. Die Anpassung erfolgte, weil die Ökomaßnahmen im ersten Jahr unzureichend durch die Betriebe beantragt wurden. Dies ist in folgender Tabelle dargestellt.

*Tabelle 1 Prämienenerhöhung*

**b) Prämienenerhöhungen**

	2023	2024 <sup>1</sup>
Blühstreifen (ÖR 1b und c)	150 Euro	200 Euro
Vielfältig Kulturen (ÖR 2)	45 Euro	60 Euro
Beibehaltung Agroforst (ÖR 3)	60 Euro	200 Euro
PSM-Verzicht Stufe 1 (ÖR 6a)	130 Euro	150 Euro

*Quelle: BMEL, 2024*

Bis zum Mai 2023 gab es zusätzlich die Möglichkeit an einem Förderprogramm aus der zweiten Säule (FP520) teilzunehmen. Dieses Programm wird ebenfalls mit 60€ je Hektar Ackerland vergütet. Im Gegensatz zur Ökoregelung 2 müssen jedoch großkörnige Leguminosen angebaut werden. Der Verpflichtungszeitraum betrug hierbei 5 Jahre. (vgl. Agrarantrag 2023)

Beide Förderprogramme sind kombinierbar. Somit ist für die Teilnehmer aus 2023 eine Förderung von 120€ je Hektar Ackerland möglich gewesen. Da die Teilnahme an diesem Programm gegenwärtig nicht mehr möglich ist, wird für diese Arbeit nur die Prämie aus der ersten Säule, die Ökoregelung 2 in Betracht gezogen.

**4.2 Fruchtfolge Status Quo**

Gegenwärtig werden auf dem Betrieb zwei Fruchtfolgen praktiziert. Von der Gesamtfläche wird auf etwa 500 ha eine Fruchtfolge (Fruchtfolge 1) angebaut. Die Ackerschläge haben 25-40 Bodenpunkte.

Fruchtfolge 1

Raps → Weizen → Zwischenfrucht → Mais → Weizen → Gerste → Raps → Weizen → Gerste → Roggen.

Die zweite Fruchtfolge (Fruchtfolge 2) wird auf Standorten mit 40 bis 61 Bodenpunkten eingesetzt und umfasst ca. 600 ha:

Fruchtfolge 2:

Raps → Weizen → Weizen → Gerste → Raps → Weizen → Zwischenfrucht →  
Zuckerrübe → Weizen → Gerste

### **4.3. Umstellung der Fruchtfolgen auf das Förderprogramm Ökoregung 2**

Es wurde jeweils 1 Fruchtfolge für leichtere und eine Fruchtfolge für schwerere Standorte erstellt.

Die erste ermittelte Fruchtfolge (Fruchtfolge 1a) für die leichten Standorte lautet wie folgt:

Fruchtfolge 1a:

Winterraps → Winterweizen → Wintergerste → Winterroggen → Winterraps →  
Winterweizen → Wintergerste → Futtererbse

Diese Fruchtfolge enthält 5 unterschiedliche Hauptkulturen, wobei jede mindestens alle 8 Jahre angebaut wird. Somit ist der Anteil der Leguminosen bei 12,5%. Der Anteil des Getreides liegt bei 55,55% und ist somit auch unter dem Höchstwert von 66%. Somit werden alle Ansprüche aus der Ökoregung 2 in der Fruchtfolge erfüllt.

Die neue Fruchtfolge für die schwereren Standorte (Fruchtfolge 2a) lautet wie folgt:

Fruchtfolge 2a:

Winterraps → Winterweizen → Wintergerste → Zwischenfrucht → Zuckerrübe →  
Winterweizen → Winterraps → Wintergerste → Futtererbse

Diese Fruchtfolge enthält auch 5 unterschiedliche Hauptkulturen, wobei jede mindestens alle 8 Jahre angebaut wird. Es ergibt sich ein Anteil von 12,5% Leguminosen. Der Anteil des Getreides ist bei 44,4%. Somit sind die Vorgaben der Ökoregung 2 auch bei dieser Fruchtfolge erfüllt.

Zusätzliche Effekte sind, dass kein Weizen in Selbstfolge (Stoppelweizen) mehr angebaut wird. Der Anteil der Gerste wäre ansonsten zu gering. Von Seiten der

Arbeitsorganisation ist der Umfang der Gerstenflächen vorgegeben, um den Mähdrusch mit einem Mähdrescher zu realisieren und ausreichend Fläche für die Rapsaussaat termingerecht bereitzustellen.

#### **4.4 Futtererbse**

Großkörnige Leguminosen als Gemenge und kleinkörnige Leguminosen sind als Marktfrüchte nicht üblich und wurden deshalb für den Beispielbetrieb nicht weiter untersucht. Aufgrund der Anbauerfahrungen des Betriebsleiters und der guten Vermarktungsmöglichkeiten wird die Futtererbse gegenüber der Lupine und der Ackerbohne präferiert. Die Vermarktung von Futtererbsen ist mit der Nähe zu den Mischfutterwerken in Neubrandenburg und Malchin gut möglich.

Die Hülsenfrucht *Pisum sativum*, auch als Futtererbse bekannt, gehört zu den großkörnigen Leguminosen. Aufgrund ihres beachtlichen Proteingehalts (18-25%) erweist sie sich als bedeutende Proteinpflanze. Als großkörnige Leguminose hat sie die Fähigkeit zur Stickstofffixierung, wodurch sie in der Lage ist, atmosphärischen Stickstoff in für Pflanzen verfügbare Formen umzuwandeln. (vgl. *effizient-düngen, 2023*)

Die Futtererbse existiert in zwei morphologischen Varianten, der Sommer- und der Winterform. In Deutschland wird hauptsächlich die Sommerfuttererbse angebaut.

Im Jahr 2013 erstreckte sich die Anbaufläche der Futtererbse in Deutschland auf etwa 38.000 Hektar. Im Jahr 2022 wurde mit etwa 107.000 Hektar nahezu das dreifache der Fläche von 2013 angebaut. (vgl. *Bockholdt, 6.02.2023*)



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2020

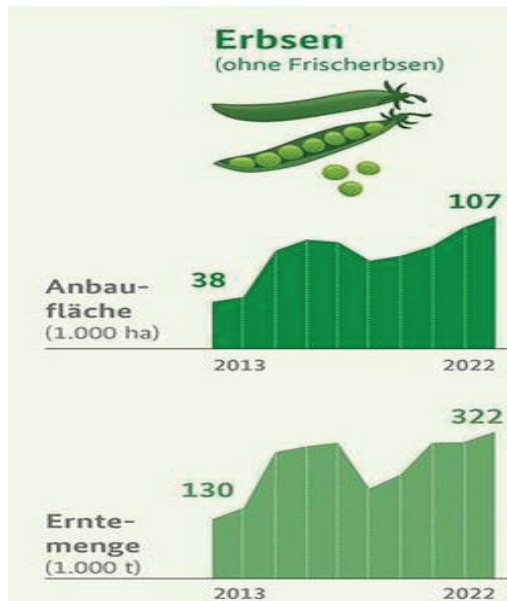


Abbildung 4: Anbaufläche und Erntemenge Körnererbsen

Gemäß vorläufigen behördlichen Statistiken betrug die Erntemenge von Erbsen in Deutschland im Jahr 2022 etwa 322.000 Tonnen, exklusive Frischerbsen. Dies repräsentiert einen signifikanten Anstieg von 148 Prozent im Vergleich zu den Erntemengen vor einem Jahrzehnt. (vgl. Bockholdt, 6.02.2023)

Die Ernte von Futtererbsen spielt insbesondere aufgrund ihres hohen Proteingehalts eine entscheidende Rolle in der Tierfutterproduktion. (vgl. Bockholdt, 6.02.2023) Die Verwendung der Futtererbse erstreckt sich vorrangig auf die Verfütterung an Rindern, Schweinen und Geflügel. Sie präsentiert sich als eine inländische und nicht genetisch veränderte Option zu importiertem Soja, beispielsweise aus Südamerika. Eine vielversprechende Perspektive zur Reduzierung von Soja besteht in der Kombination von Erbsen mit anderen Leguminosen. (vgl. Seed-Forward, 2023)

Die UFOP hebt in einem Anbau Ratgeber hervor, dass die Körnerfuttererbse die größte ökologische Streubreite unter den heimischen Körnerleguminosen aufweist. Gemäß diesem Ratgeber gedeiht die Erbse am besten auf humosen, tiefgründigen Lehmböden mit einem neutralen pH-Wert zwischen 6 und 7. Es wird darauf hingewiesen, dass Böden mit einem pH-Wert unter 6 vermieden werden sollten, da dies die Infektion mit Knöllchenbakterien beeinträchtigt. Steinige Böden sind ungeeignet, weil diese den Mähdrusch der Erbsen erschweren. Die UFOP betont jedoch, dass die Körnerfuttererbse auch auf lehmigen Sanden und flachgründigen Verwitterungsböden erfolgreich angebaut werden kann, vorausgesetzt, die Wasserversorgung durch

ausreichende Niederschläge ist gewährleistet. Ein ausreichender Wasserhaushalt ist insbesondere während der Keimung und der Blüte wichtig, während es während der Reife im Juli/August trocken sein kann. Es sollte eine Anbaupause von 5-6 Jahren eingehalten werden, um Fußkrankheiten zu vermeiden. (vgl. *Redaktion agrarheute*, 23.03.2016)

Der untersuchte Betrieb wird den Anforderungen der Futtererbse gerecht. Es wurden schon zuvor Futtererbsen angebaut und gute durchschnittliche Erträge erzielt.

## **5. Statistische Auswertung**

### **5.1 Monte Carlo Simulation**

Die stochastische Simulation, auch bekannt als Monte Carlo Simulation, bezeichnet sowohl ein parametrisches als auch ein numerisches Verfahren. Hierbei werden die Verteilungen der Zielgrößen durch numerische Experimente ermittelt. Im Gegensatz zur historischen Simulation, die die Zielgröße nicht direkt aus Stichprobendaten berechnet, werden zunächst parametrische Verteilungen aus den vorhandenen Daten abgeleitet. Unter Berücksichtigung der Korrelation werden dann durch wiederholte Zufallsziehungen computergestützt Werte für die disaggregierten Zufallsvariablen erzeugt, was als "was wäre, wenn Analyse" bezeichnet wird. (vgl. *Mußhoff*, S.219 f.)

Jeder Durchgang dieser Analyse wird als Simulationsdurchlauf betrachtet, wobei ein Simulationsdurchlauf beispielsweise einem Erntejahr bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolge entspricht.

Diese Simulationsläufe werden häufig wiederholt, um gemäß dem Gesetz der großen Zahl eine möglichst genaue Abbildung der Verteilung zu erhalten. Das Ergebnis sind ebenso viele Werte für die Zielgröße wie Simulationsabläufe. Die in den einzelnen Läufen oder Simulationen berechneten Werte für die Zielgröße werden dann aufsteigend angeordnet. Ein wesentlicher Vorteil der Monte Carlo Simulation bzw. stochastischen Simulation liegt darin, dass für jede einzelne Portfoliokomponente (z. B. Erträge und Preise) eine numerische Verteilung angenommen werden kann. (vgl. *Mußhoff*, S.219 f.)

Im Unterschied zur Varianz-Kovarianz-Methode ermöglicht die stochastische Simulation die Anpassung der Verteilung an vergangene Beobachtungswerte (z. B.

Erträge und Preise aus den vorherigen Erntejahren) oder Expertenaussagen. Im Gegensatz zur historischen Simulation können auch Informationen über Verteilungen, die durch Expertenbefragungen gewonnen wurden, in die stochastische Simulation integriert werden. (vgl. *Mußhoff, S.219 f.*)

## **5.2 Erträge und Preisermittlung**

Zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Fruchtfolgen wurden zuerst die Erträge (Betriebsdaten) und die Preise der Früchte (KTBL) der letzten 10 Jahre zusammengetragen. Für die Preise der Futtererbse wurden Ankaufpreise der Ceravis verwendet. Die Preise der Düngermittel sind Angaben des BMEL.

Tabelle 2 : Erträge, Erzeugerpreise und Düngerpreise

Name	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23	M/min	Maxim	φ	Dreieckwert
Winterraps t/ha	4,3	5,01	4,94	4,75	2,6	3,14	3,39	4,2	4,16	4,17	4,14	2,6	5,02	4,07
WRPreis €/t	449	350,7	321,8	343,5	373,9	339,1	351,1	359,8	371,2	751,1	475	321,8	751,1	407,84
Winterweizen t/ha	7,35	9,47	9,72	10	6,58	8,35	7,4	8,58	8,6	7,95	7,7	6,58	10	8,34
WWPreis €/t	229,9	182	167	146,7	150,1	150,5	178	165,4	194,2	293,4	240	150,1	293,4	190,65
Wintergerste t/ha	7,26	9,14	8,84	10,64	5,18	9,09	6,26	9,82	8,67	8,71	8,43	5,18	10,64	8,37
WGPreis €/t	201,6	159,3	141	131,5	129,4	143,5	169,8	142,7	171,6	269,1	220	129,4	269,1	170,86
Winterroggen t/ha		11,23	8,22	9,31				8,51	8,26	7,91	7,45	7,45	11,23	8,70
WRPreis €/t	183,6	138,7	126,9	116,8	123,6	136,8	161	131,2	142,6	243,4	180	116,8	243,4	153,15
Zuckerrüben	58,74	65,98	82,62	64,81	80,3	78,91	74,52	74,97	78,41	80,99		58,74	82,26	74,03
ZRPreis €/t	43,5	43,5	34,5	33	36	30,2	31,3	29,2	35	33,4		29,2	43,5	34,96
Silomais t/ha	60,13	61,53	48,82	39,82	32,77	49,91	32	38,32	36,92	54,96	46,8	32	61,53	45,63
SMPPreis €/t	28	28	28	28	28	28	28	28	32	32	32	28	32	29,09
Futtererbse	28,5	32	36,9	32	32,2	36	22,7	33,1	35,8	27,9		22,7	36,9	31,71
FEPreis €/t					196	203	199	195	198	243	330	195	330	223,43
N Preis KAS €/kg N				1,02	0,79	0,77	0,80	0,81	0,73	1,29	2,84	0,6	2,8	1,1
P Preis DAP €/kg P				0,82	0,62	0,62	0,73	0,59	0,59	1,11	1,62	0,7	1,6	0,8
K Preis KCl €/kg K				0,45	0,39	0,32	0,3	0,38	0,32	0,3	1,42	0,3	1,4	0,5

Quelle: Eigene Berechnungen, 2024

Zu beachten ist, dass nicht für jedes Glied der Fruchtfolge der durchschnittliche Ertrag des Betriebs verwendet werden kann. Zum Beispiel hat der Weizen, welcher nach den Zuckerrüben angebaut wird, ein wesentlich geringeres Ertragspotenzial als der Weizen, welcher nach Raps in der Fruchtfolge steht. Aber nicht nur die Stellung in der Fruchtfolge hat einen Einfluss auf das Ertragspotenzial und bestimmt das Ergebnis, auch die Qualität des Bodens ist ein wichtiger Einflussfaktor. In Abhängigkeit von der Stellung in der Fruchtfolge und den Bodenpunkten der Ackerschläge wurden die Erträge mit Korrekturfaktoren angepasst (siehe Tabelle 3). Beim Weizen unterscheiden wir demzufolge vier unterschiedliche Erträge, die wie folgt klassifiziert wurden: Weizen nach Raps, Weizen nach Zuckerrüben (Rübenweizen), Weizen nach Weizen (Stoppelweizen), Weizen auf leichtem Boden. Für Winterraps, Wintergerste und Futtererbsen gibt es jeweils für den leichten und schweren Boden einen angepassten Ertrag. Der Winterroggen, der Silomais und die Zuckerrübe haben nur einen Ertrag, weil diese nur auf einem der Standorte angebaut werden. Somit entstehen aus Ableitung der Betriebsdaten und langjähriger Ertragskartierungen, folgende Faktoren für die jeweiligen Früchte:

*Tabelle 3: Ertragsfaktoren der unterschiedlichen Früchte*

Frucht	Ertragsfaktor
Weizen nach Raps	1,05
Weizen nach Weizen	1,00
Weizen nach Rüben	0,85
leicht. Boden Weizen	0,95
schw. Boden Gerste	1,05
leicht. Boden Gerste	0,95
schw. Boden Raps	1,05
leicht Boden Raps	0,90
Roggen	1,00
Silomais	1,00
Zuckerrübe	1,00

*Quelle: Eigene Berechnung 2024*

### 5.3 Anwendung und Ergebnisse der stochastischen Simulation

Um eine präzisere Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolgen zu erhalten, wurde eine Risikoanalyse mittels Monte-Carlo-Simulation durchgeführt. Diese Analyse basiert auf zuvor erhobenen Daten und errechnet die Korrelationen zwischen den Erträgen und Preisen. Mehrere Simulationsläufe wurden durchgeführt, bei denen die Werte für die Preise und Erträge der Früchte sowie die Preise für 1 kg Stickstoff, Phosphor und Kalium variiert wurden. Die Korrelation zwischen den einzelnen Faktoren wurde dabei entsprechend berücksichtigt. Im Falle einer hohen Korrelation zwischen zwei Faktoren veränderten sich diese innerhalb eines Simulationsdurchlaufs in die gleiche Richtung.

Tabelle 4: Korrelationen

Korrelation	Winterraps t/ha	WRPreis €/t	Winterweizen t/ha	WWPreis €/t	Wintergerste t/ha	WGPreis €/t
Winterraps t/ha	1,00					
WRPreis €/t	0,02	1,00				
Winterweizen t/ha	0,78	-0,31	1,00			
WWPreis €/t	0,19	0,91	-0,30	1,00		
Wintergerste t/ha	0,69	-0,03	0,84	-0,04	1,00	
WGPreis €/t	0,12	0,91	-0,33	0,99	-0,05	1,00
Winterroggen t/ha	0,72	-0,41	0,62	-0,46	0,40	-0,46
WRPreis €/t	0,02	0,93	-0,40	0,96	-0,13	0,98
Zuckerrüben	-0,39	0,14	-0,13	-0,02	-0,15	0,00
ZRPreis €/t	0,36	0,05	-0,04	0,27	-0,21	0,19
Silomais t/ha	0,51	0,36	0,23	0,48	0,29	0,44
SMPPreis €/t	0,07	0,65	-0,15	0,72	0,10	0,73
Futtererbse	0,19	-0,39	0,50	-0,42	0,45	-0,49
FEPreis €/t	0,41	0,45	-0,08	0,64	0,18	0,65
N Preis KAS	0,30	0,37	-0,12	0,55	0,09	0,56
P Preis DAP	0,34	0,55	-0,11	0,70	0,09	0,71
K Preis KCl	0,22	0,10	-0,12	0,31	0,06	0,31

Quelle: Eigene Berechnung @Risk 2024

Anhand der Tabelle 4 lassen sich beispielsweise folgende Ergebnisse ableiten:

Bei einem hohen Winterraps Preis je Tonne ist auch ein hoher Winterweizenpreis (Korrelation 0,91) und Wintergerstenpreis (Korrelation 0,91) zu erwarten. Diese Faktoren haben eine hohe positive Korrelation und verhalten sich somit bei Veränderungen gleichgerichtet.

Die Korrelation zwischen dem Winterweizenertrag und dem Preis für Winterweizen ist ein Beispiel für eine negative Korrelation (-0,3). Wenn der Winterweizenertrag steigt, sinkt der Preis für Winterweizen in der Regel. Mit minus 0,3 ist diese Korrelation jedoch deutlich schwächer. So werden Korrelationen bei +/- 0,3 nach Pahlke 2021 als schwach bewertet.

Nachdem mehrere Simulationsdurchläufe unter Einbeziehung der Daten aus den Vorjahren und unter Einbeziehung der Korrelation durchgeführt wurden ergaben sich

folgende Ergebnisse für die unterschiedlichen Faktoren, die in der Monte-Carlo-Simulation eine Dreiecksverteilung darstellen.

Durchschnittlicher Ertrag \* Schwankung des Ertrages / 2 \*(Zufallszahl + Zufallszahl -1)

(Formel Dreiecksverteilung Ertrag)

Die Formel für die Preise ist:

Durchschnittlicher Preis \* Schwankung der Preise / 2 \*(Zufallszahl + Zufallszahl -1)

(Formel Dreiecksverteilung Preis)

Erträge und Preise nach und vor der Simulation:

*Tabelle 5: Durchschnittliche Erträge und Preise vor und nach der Monte Carlo Simulation mit Standardabweichungen*

Name	∅ Ertrag	∅ Ertrag Dreiecksverteilung	Standardabweichung	Std Dev. In %
schw.B.Weizen	8,75	8,72	0,73	8,41%
Stoppelweizen	8,34	8,31	0,7	8,41%
Rübenweizen	7,09	7,06	0,59	8,41%
leicht B. Weizen	7,92	7,89	0,66	8,41%
schw. B. Raps	4,28	4,09	0,52	12,77%
leicht. B. Raps	3,67	3,51	0,45	12,77%
schw. B. Gerste	8,79	8,47	1,18	13,89%
leicht. B. Gerste	7,95	7,66	1,06	13,89%
schw. B. Futtererbse	3,33	3,20	0,31	9,64%
leicht.B. Futtererbse	3,01	3,06	0,32	10,41%
Roggen	8,70	9,13	0,79	8,62%
Zuckerrübe	74,03	71,68	4,87	6,80%
Silomais	45,63	46,39	6,03	13,01%

Name	∅ Preis	∅ Preis Dreiecksverteilung	Standardabweichung	Std Dev. In %
Winterweizenpreis €/t	190,65	211,40	30,16	14,27%
Winterrapspreis €/t	407,84	493,60	92,73	18,79%
Wintergerstepreis €/t	170,86	189,80	29,29	15,43%
Futtererbsepreis €/t	223,43	249,50	29,05	11,64%
Winterroggenpreis €/t	153,15	171,11	26,61	15,55%
Zuckerrübenpreis €/t	34,96	35,90	2,94	8,19%
Silomais €/t	29,09	29,70	0,84	2,83%

*Quelle: Eigene Berechnung, 2024*

Deutlich zu erkennen ist, dass die Erträge und die Preise in der Simulation variieren und sich von den Durchschnittswerten des Praxisbetriebes unterscheiden. Zum Beispiel sind die Erträge der Getreidearten und des Rapses leicht gesunken. Der Roggen ist die einzige Getreideart, bei welcher der Ertrag durch die Simulation gestiegen ist.

Die Veränderung der Preise ist einseitig. Es sind alle Preise durch die Dreiecksverteilung gestiegen und folgen dem positiven Trend der Preisentwicklung der

letzten Jahre. Der Winterrapspreis hat hierbei den größten Anstieg zu verzeichnen. Er steigt von 407,84 €/t auf 493,60 €/t. Diese Veränderung hat eine große Auswirkung auf die EkfL. Der Preis der Hackfrüchte (Silomais und Zuckerrübe) ist auch leicht gestiegen.

Die Standardabweichung wurde durch das online Portal Statistica wie folgt definiert:

„Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streubreite der Werte eines Merkmals rund um dessen Mittelwert (arithmetisches Mittel). Vereinfacht gesagt, ist die Standardabweichung die durchschnittliche Entfernung aller gemessenen Ausprägungen eines Merkmals vom Durchschnitt. `` (Statista,o.D.)

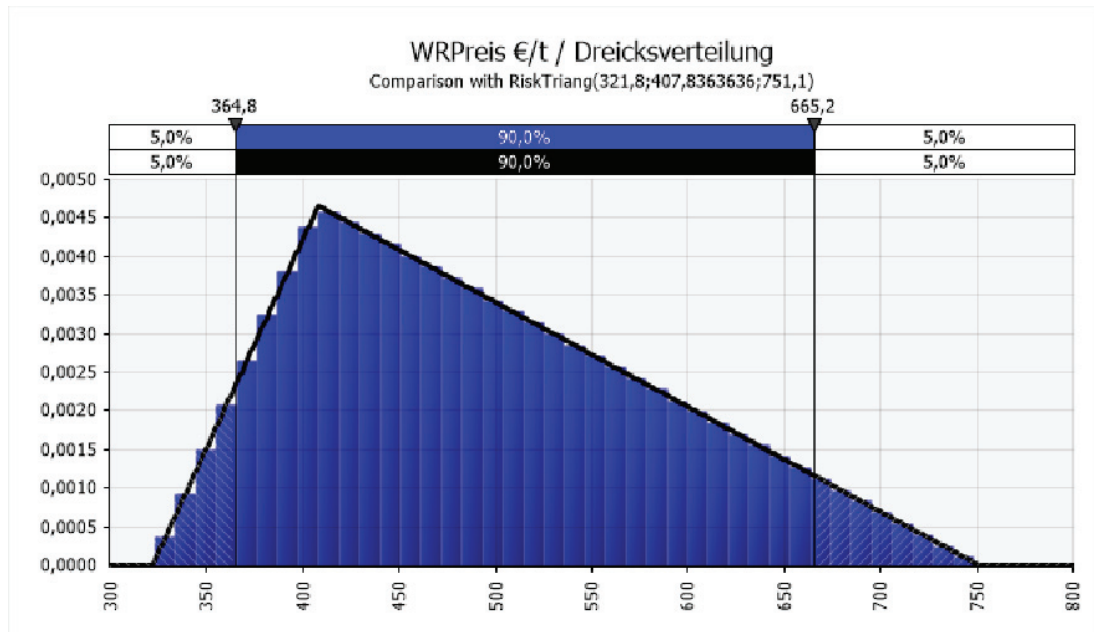
Die Standardabweichung ist eine absolute Einheit. Deshalb kann man die Standardabweichung unterschiedlicher Früchte nur vergleichen, wenn diese in Relation zum Ertrag gesetzt wird. (Siehe Tabelle 5). Je höher eine Standardabweichung in Relation zum Ertrag beziehungsweise des Preises ist, desto höher ist auch das wirtschaftliche Risiko der jeweiligen Frucht. Bezüglich der Erträge hat die Wintergerste die größte prozentuale Standardabweichung mit 13,89%. In den trockenen Jahren zum Beispiel 2016/2017 kam es zu großen Ertragseinbußen bei der Wintergerste (siehe Tabelle 2 Erntejahr 16/17) und somit großen Abweichungen vom Mittelwert.

Bei den Preisen hat der Winterraps das höchste Risiko mit einer Standardabweichung von 18,79%. Dies ist besonders an der Preisentwicklung für das Erntejahr 2021/2022 zu erkennen. In diesem Fall hatten äußere Faktoren (Russland- Ukraine Krieg) einen besonders großen Einfluss auf die Preisentwicklung.

Sowohl Erträge als auch Preise ergeben für die Simulationsjahre eine Dreiecksverteilung. Diese wird am Beispiel des Rapspreises dargestellt.



Abbildung 5: Dreiecksverteilung Preis des Winterrapses



Quelle: Eigene Berechnungen, Abschlussbericht @Risk, 2024

Tabelle 6: Dreiecksverteilung Winterrapspreis

Statistic	Theoretical Value	Simulation Value
Minimum	321,80	322,93
Maximum	751,10	748,61
Mean	493,58	493,58
Std. Deviation	92,73	92,73
Variance	8.598	8.598,98
Skewness	0,4757	0,4758
Kurtosis	2,4000	2,4003
Median	479,66	479,65

Quelle: Eigene Berechnungen, Abschlussbericht @Risk, 2024

Auf der X-Achse ist der Preis in Euro je Tonne abgebildet. Auf der Y-Achse wird die Anzahl der Simulationen angegeben. Deutlich zu erkennen ist, eine Dreiecksverteilung, welche nach links geneigt ist.

Die Abbildung zeigt, dass sich 90% aller Simulationen in der Spanne zwischen 364,8 und 665,2 €/t befinden. Das Dreieck ist nach links geneigt, da der most-likely Punkt bei 410 €/t liegt. Das bedeutet, dass die meisten Simulationen sich um 410 €/t gruppieren. Der Durchschnittswert aller Simulationsdurchläufe liegt aber bei 493,58 €/t.

Die Standardabweichung für den Winterraps beträgt 92,73 €/t. Im Vergleich zu anderen Früchten ist diese hoch. Die Standardabweichungen der Getreidearten Weizen, Gerste und Roggen liegen alle unterhalb einer Standardabweichung von 31 €/t.

Eine hohe Standardabweichung wie bereits für Wintergerste beschrieben, verdeutlicht eine hohe Schwankung im Preis und somit auch ein hohes Risiko. Durch diese starke Schwankung weichen der most-likely Wert und der Durchschnittswert voneinander ab.

## **6. Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolgen**

### **6.1 Berechnung der einzelkostenfreien Leistung**

Die Berechnung der EkfL wird am Beispiel des Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps dargestellt.

(Die Berechnungen für die EkfL der anderen Früchte befinden sich im Anhang.)

Tabelle 7: Berechnung EkfL am Beispiel Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps

Weizen schw. B nach Raps			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	87,20
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	21,14
Gesamterlös		Euro/ha	1843,41
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
<b>Direktkosten</b>			
Saatgut		Euro/ha	83,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	170,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	246,00
	dafür N,P,K	kg/ha	158 31 44
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	86,00
	dafür N,P,K	kg/ha	35 9 81
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	123,00
	Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid Euro/ha	41,00
		Fungizid Euro/ha	67,00
		Insektizid Euro/ha	3,00
		Sonstige Euro/ha	12,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	3,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	541,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1302,41
<b>Arbeits erledigungskosten</b>			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	156,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	96,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	61,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	126,00
Lohn		Euro/ha	64,00
Trocknung		Euro/ha	16,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	15,00
	bei Erntefeuchte	%	16,00
Zinsansatz		Euro/ha	20,00
Summe Arbeits erledigungskosten		Euro/ha	382,00
<b>weitere Kosten</b>			
Flächenkosten (Pachten,WBV, Grundsteuer)			473,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1401,50
	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
Einzelkostenfreie Leistung	ohne Prämie	Euro/ha	441,91
	mit Prämie	Euro/ha	597,91
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	657,91

Quelle: Eigene Berechnungen, 2024

In der Berechnung der Einzelkostenfreien Leistung wurden die aus der MCS berechneten Durchschnittserträge, sowie durchschnittlichen Preise (Verkaufspreis Getreide, Einkaufspreis Düngemittel) verwendet. Als erstes wurde der Gesamterlös für den A-Winterweizen berechnet. Anschließend wurden die Direktkosten ermittelt. Die Direktkosten setzen sich zusammen aus den Kosten für Saatgut und Dünger für das Hauptprodukt (Korn) und dem Dünger für das Nebenprodukt (Stroh) sowie die Kosten für Pflanzenschutzmittel und dem Zinsansatz. Danach wurden die Arbeits erledigungskosten bestimmt. Diese bestehen aus den variablen Maschinenkosten (Anbau und Pflege, Ernte, Transport), der Einlagerung und den festen Maschinenkosten (ohne Zinsansatz). Anschließend wurden die weiteren Kosten erfasst. Diese bestehen aus den Flächenkosten und der Berufsgenossenschaft. Der

Gesamterlös abzüglich der genannten Kosten entspricht der Einzelkostenfreien Leistung (EkfL).

## 6.2 Vergleich der Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolgen

Abbildung 6: Ergebnis Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolgen

Fruchtfolge	Raps		Weizen		Gerste		Raps		Weizen		Zwischenfrucht		Zuckerrübe		Weizen		Gerste		Anzahl Jahre		Mittelwert je Jahr		Std Dev	
	Ertrag	Preis	Prämie	Erlös	Einzelkosten	EkfL schw. Boden erw. Fr.	Ertrag	Preis	Prämie	Erlös	Einzelkosten	EkfL schw. Boden erw. Fr.	Ertrag	Preis	Prämie	Erlös	Einzelkosten	EkfL leicht. Boden erw. Fr.	Anzahl Jahre	Mittelwert je Jahr	Std Dev	Anzahl Jahre	Mittelwert je Jahr	Std Dev
<b>Neue Fruchtfolge</b>	40,92	87	83	84,66	41	87	0	717	71	85	9	560	217						85	9	560	439		
Ertrag	49,36	21,14	18,98	49,36	21,14	0,00	3,59	21,14	18,98	17,11	9	156,00	156,00						91	9	156,00	332,84		
Preis	156	156	156	156	156	0	156	156	156	156	9	156,00	156,00						91	9	156,00	332,84		
Prämie	2020	1843	1756	1607	2020	1843	0	2572	1492	1607	9	1425,55	1425,55						91	9	1425,55	319,25		
Erlös	1415	1402	1381	1320	1412	1402	115	2157	1318	1412	8	535,25	535,25						91	8	535,25	319,25		
Einzelkosten	761	597	531	443	764	597	-115	571	331	443	9	197,00	197,00						91	9	197,00	319,25		
EkfL schw. Boden erw. Fr.	605	441	375	287	608	441	-115	415	175	287	8	319,25	319,25						91	8	319,25	319,25		
Ohne Prämie																			91	9	488,84	332,84		
<b>Leichtere Böden</b>																			91	9	488,84	332,84		
<b>Neue Fruchtfolge</b>	41	87	85	0	716,75	71	41	85	0	32	8								32	8				
Ertrag	49,36	21,14	18,98	0,00	3,59	21,14	49,36	18,98	0	24,95	8								32	8				
Preis	216	216	216	0,00	216	216	216	216	216	216	8								32	8				
Prämie	2020	1843	1607	0	2572	1492	2020	1607	0	797	8								32	8				
Erlös	1412	1402	1320	115	2157	1318	1412	1320	115	1064	8								32	8				
Einzelkosten	824	657	503	-115	631	391	824	503	-115	-51	8								32	8				
EkfL schw. Boden erw. Fr.	608	441	287	-115	415	175	608	287	-115	-267	8								32	8				
Ohne Prämie																			32	8				
<b>Leichtere Böden</b>																			32	8				
<b>Jetzige Fruchtfolge</b>	35	79	0	45,63	79	77	35	79	77	91	9								91	9				
Ertrag	49,36	21,14	0,00	21,14	18,98	49,36	21,14	18,98	17,11	17,11	9								91	9				
Preis	156	156	0	156,00	156	156	156	156	156	156	9								91	9				
Prämie	1731	1668	0	1380,00	1668	1454	1731	1668	1454	1562	9								91	9				
Erlös	1310	1278	135	1074,00	1278	1201	1310	1278	1201	1240	9								91	9				
Einzelkosten	578	546	-135	306,00	551	409	578	546	409	477	9								91	9				
EkfL leicht. Boden erw. Fr.	422	390	-135	150,00	395	253	422	390	253	321	9								91	9				
Ohne Prämie																			91	9				
<b>Neue Fruchtfolge</b>	35	79	77	91	35	79	77	91	31	8									321	9				
Ertrag	49,36	21,14	18,98	17,11	49,36	21,14	18,98	24,95	8	216,00									321	9				
Preis	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	8								321	9				
Prämie	1731	1668	1454	1562	1731	1668	1454	762	8	1503,72									321	9				
Erlös	1310	1278	1201	1240	1310	1278	1201	1000	8	1227,11									321	9				
Einzelkosten	638	606	469	537	638	606	469	-22	8	492,61									321	9				
EkfL leicht. Boden erw. Fr.	422	390	253	321	422	390	253	-238	8	276,61									321	9				
Ohne Prämie																			321	9				

Quelle: Eigene Berechnungen, 2024

Diese Ergebnisse stammen aus 10000 Simulationsabläufen einer Monte Carlo Simulation. Somit wurde das Risiko in die Wirtschaftlichkeitsanalyse mit einbezogen.

Die Standardabweichungen der Fruchtfolge 2 bezogen auf die EklL beträgt 217€. Nach der Umstellung auf die FF2a beträgt die Streuung 197€. Die Differenz der Schwankungsbreite beträgt 20€.

Die Standardabweichung der Fruchtfolge 1 beträgt 188€. Die erweiterte Fruchtfolge (FF1a) weist eine Streuung von 191€ auf. Die Differenz der Schwankungsbreite auf diesen Standorten beträgt 3€.

Die EklL ist in der Fruchtfolge 2 mit 560€/ha höher als die EklL der neuen Fruchtfolge (FF 2a), welche trotz der Prämie von 60€ je Hektar nur eine EklL von 533€/ha erwirtschaftet. Die Differenz beträgt 27€ je Hektar.

Auf den leichteren Standorten (Fruchtfolge 1) ist dies gegensätzlich. Die erweiterte Fruchtfolge 1a erwirtschaftet im Durchschnitt eine höhere Einzelkostenfreie Leistung als die jetzige Fruchtfolge 1. Durch die geringeren Erträge der Früchte hat die Prämie von 60€ je Hektar einen höheren Anteil an der gesamten Einzelkostenfreien Leistung in dieser Fruchtfolge. Die Differenz beträgt +4€/ha.

Die durchschnittlichen EklL der Fruchtfolgen haben sich in den Simulationsjahren wie folgt verhalten:

*Eigene Berechnung @Risk Abschlussbericht, 2024*

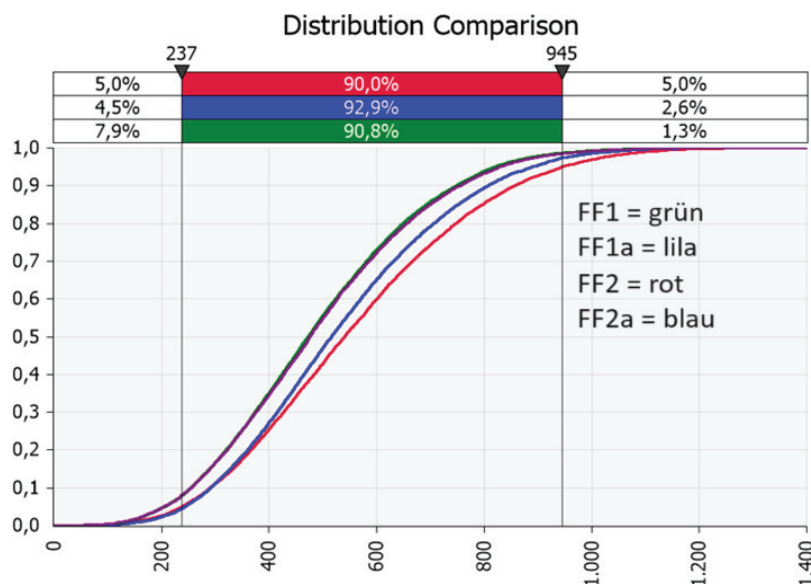


Abbildung 7: Ergebnis Monte Carlo Simulation EklL der Fruchtfolgen

Auf der x-Achse ist die durchschnittliche Einzelkostenfreie Leistung abgebildet. Auf der y-Achse sind die Simulationsabläufe in Dezimal abgebildet. Die Simulationsabläufe mit den geringeren EkfL befinden sich näher der y-Achse. Abgebildet sind 4 Graphen welche die Fruchtfolgen (FF1, FF1a, FF2 und FF2a) darstellen.

Die Graphen der Fruchtfolgen auf den schweren Standorten verlaufen unterhalb denen der leichten Fruchtfolge (FF2 und FF2a). Bei einer geringen Verbesserung der Simulation findet ein größerer Anstieg der EkfL statt. Je flacher ein Graph verläuft desto höher ist der Anstieg der EkfL. In den schlechteren Simulationsabläufen (unteren 10%) ist nur ein Unterschied zwischen den Bodenqualitäten zu erkennen. Geringere Preise und Erträge führen in diesen Simulationsabläufen zu einer geringeren EkfL der Fruchtfolgen. Die erweiterte Fruchtfolge profitiert in diesen Simulationsabläufen von der Prämie, welche unabhängig von der Preisentwicklung und den Erträgen ist. In Simulationsjahren mit hohen wirtschaftlichen Ergebnissen hebt sich die Fruchtfolge 2 gegenüber der Fruchtfolge 2a deutlich ab. Bei besseren Preisen und Erträgen steigt die EkfL der jetzigen Fruchtfolge (FF2) stärker an als die der Erweiterten (FF2a) auf schweren Standorten. Der Anbau der Körnererbse in der Fruchtfolge 2a erbringt eine geringere wirtschaftliche Leistung als die konventionellen Marktfrüchte. Die Gewichtung der Prämie wird in Relation zu der durchschnittlichen EkfL der Fruchtfolge geringer, wenn Erträge und Erzeugerpreise steigen.

Die Fruchtfolgen auf den leichten Standorten 1 und 1a verlaufen nahezu identisch. Das Ertragsniveau der Kulturen ist auf diesen Standorten geringer, somit hat die Prämie einen größeren Anteil an der EkfL. Bei der Verbesserung der Bedingungen (Anstieg der Simulationsabläufe) steigt die wirtschaftliche Leistung geringer an als auf den schweren Standorten.

Die EkfL der Fruchtfolgen ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Mit Hilfe einer Tornado Funktion des Programmes @risk lässt sich die Gewichtung dieser Faktoren graphisch darstellen.

Eigene Berechnung @Risk, 2024

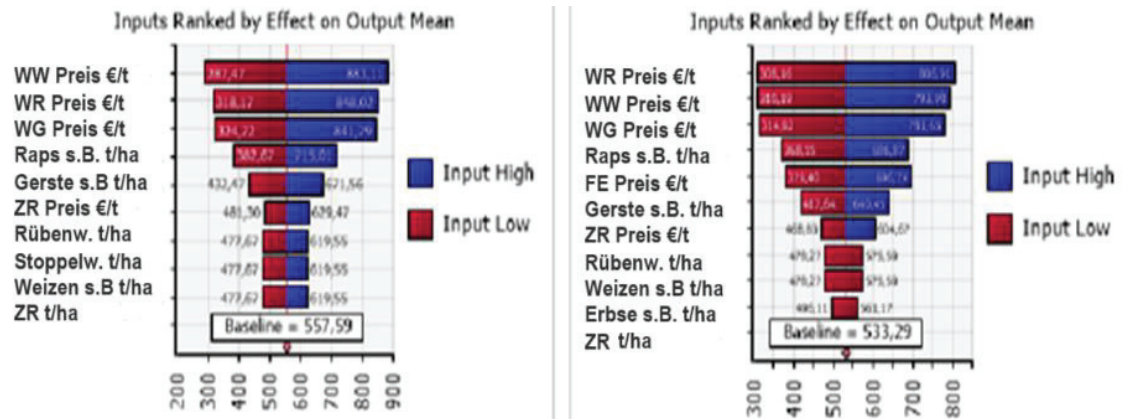


Abbildung 8: Tornadofunktion FF2 und FF2a

Den größten Einfluss auf den Erfolg der wirtschaftlichen Leistung der Fruchtfolge haben die Preise der Marktfrüchte. In der Fruchtfolge 2 hat der Preis des Winterweizens den größten Einfluss auf die EekfL der Fruchtfolge. Der Anteil des WW an der gesamten Fruchtfolge ist mit 44,44% auch am höchsten. Durch die hohen Standardabweichungen der Erzeugerpreise (siehe Tabelle 5) haben diese den größten Einfluss auf die durchschnittliche EekfL der Fruchtfolge. Die Erträge der einzelnen Früchte haben einen geringeren Einfluss auf die EekfL. An erster Stelle kommt hier der Ertrag des Winterrapses, gefolgt von der Wintergerste, dem Winterweizen, dem Stoppelweizen und dem Rübenweizen. Die Umstellung der Fruchtfolge auf FF 2a verändert die Tornadofunktion. Der Winterweizenpreis ist durch den geringeren Anteil an der Fruchtfolge nicht mehr der höchste Einflussfaktor auf die durchschnittliche EekfL.

In der Fruchtfolge 1 sind ähnliche Tendenzen zu erkennen. Erneut sind die Erzeugerpreise der am häufigsten angebauten Kulturen innerhalb der Fruchtfolge, die größten Einflussfaktoren.

In beiden Fruchtfolgen sind die Erzeugerpreise für Winterraps, Wintergerste, Winterweizen und Winterroggen mit Abstand die größten Einflussfaktoren auf die wirtschaftliche Leistung der Fruchtfolge. Bei der Fruchtfolge 1 und 1a ist gut zu erkennen, dass neben den Preisen auch andere Einflüsse stärker gewichtet sind, zum Beispiel der Raps- und Gerstenertrag.

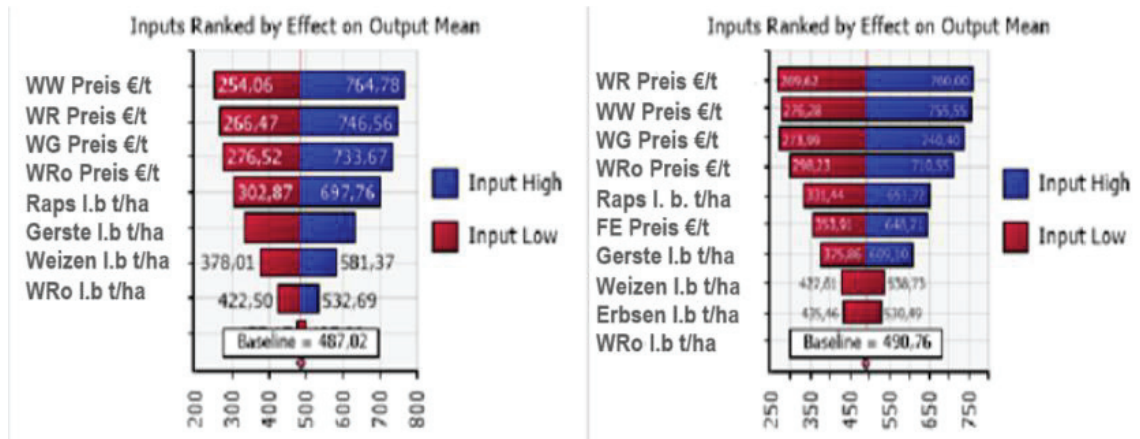


Abbildung 9: Tornadofunktion für FF1 und FF1a

## 7. Umweltwirkungen der Fruchtfolgen

### 7.1 CO2 Bilanzierung

In der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen wurden alle Betriebsmittel und Arbeitsmaßnahmen, die für die jeweilige Frucht eingesetzt beziehungsweise angewendet wurden, berücksichtigt. Die Daten bezüglich der aufgebrauchten Mengen entsprechen der Schlagkartei des Betriebes. Die Berechnungsparameter wurden vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) veröffentlicht.

Basierend auf dem Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) wurden CO<sub>2</sub>-Äquivalente ermittelt. Hierbei wurden die Emissionsquellen zunächst in indirekte und direkte Quellen aus dem Feldbau sowie der Betriebsmittelbereitstellung unterteilt. Anschließend wurde Lachgas, auch bekannt als Stickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O), aus den folgenden Emissionen bestimmt: 1. NH<sub>3</sub>-Verluste bei der Düngung, 2. direkte Verluste bei der Düngung, 3. Ernte- und Wurzelrückstände sowie 4. Humusabbau/Humusaufbau und 5. CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Kalkdüngung.

Zusätzlich zu diesen Quellen tragen direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Harnstoffdüngung und dem Humusabbau der jeweiligen Frucht zur Gesamtemission bei.



Weitere indirekte CO<sub>2</sub> Emissionen resultieren aus der Betriebsmittelbereitstellung, der Mineraldüngerbereitstellung, der Bereitstellung von Pflanzenschutzmitteln und Saatgut, der Energiebereitstellung (Diesel) und -konversion sowie der Maschinenherstellung.

Die Klimabilanzierung wird am Beispiel des A-Weizens nach Raps auf schweren Boden durchgeführt.

(Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Bilanzen aller Fruchtfolgeglieder befinden sich im Anhang)

Der erste Schritt ist die Berechnung der Ammoniakverluste der mineralischen Düngung. Der erste eingesetzte Dünger ist Schwefelsaurer Ammoniak (SSA). Es wurden 120 kg je Hektar ausgebracht. Der Stickstoffgehalt von SSA ist 21%, was eine ausgebrachte Stickstoffmenge von 29,4 kg je Hektar entspricht. Hierbei wird diese Menge mit einem Ammoniakemissionsfaktor von 0,038 kg N<sub>2</sub>O-N /kg NH<sub>3</sub>-N multipliziert. Im Anschluss wird das Ergebnis in N<sub>2</sub>O-N mit dem Umrechnungsfaktor von 1,57 zu N<sub>2</sub>O verrechnet. Anschließend wird das N<sub>2</sub>O mit dem Treibhausgaspotenzial von 298 kg in CO<sub>2</sub> Emissionen umgerechnet. Dies dient der Vergleichbarkeit, wobei Lachgas auf Grund seiner Eigenschaft ca. 298mal so klimawirksam wie CO<sub>2</sub> ist. Insgesamt entstanden durch diese Düngergabe 5,23 kg CO<sub>2</sub>e je Hektar.

Tabelle 8: N<sub>2</sub>O Emissionen aus NH<sub>3</sub> Verlusten bei Düngung mit mineralischem Düngemittel am Beispiel SSA

N <sub>2</sub> O Emissionen aus NH <sub>3</sub> Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge		140 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,21 kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''		29,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH <sub>3</sub> -N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N <sub>2</sub> -O-N/kg NH <sub>3</sub> -N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N <sub>2</sub> O/kg N <sub>2</sub> -O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO <sub>2</sub> e/kg N <sub>2</sub> O	Parameterdatei
	''=CO <sub>2</sub> Emissionen''		5,23 kg CO <sub>2</sub> /ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Der zweite eingesetzte Stickstoffdünger war der Flüssigdünger AHL. Dies ist ein Stickstoffdünger mit 28% N-Gehalt. Es wurden 270 kg AHL pro Hektar ausgebracht, dies entspricht einer ausgebrachten Stickstoffmenge von 75,6 kg N je ha und 13,44 kg CO<sub>2</sub> je Hektar. Die Berechnung erfolgt wie zuvor beschrieben.

Tabelle 9: N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischem Düngemittel am Beispiel AHL

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge		270 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kg N/l	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''		75,6 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''		13,44 kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Als dritter Stickstoffdünger wurde KAS eingesetzt. Die Menge dieses Düngers ergibt sich aus der Restmenge N, welche laut Düngerverordnung der Kultur noch zugeführt werden darf. Bei einem Ertrag von 80 dt/ha beträgt der Stickstoffbedarfswert für A-Winterweizen 230 kg N/ha. (vgl. DüV, S.24) Von diesem Bedarfswert werden die N-Min Werte und Vorfruchtwerte abgezogen. Die durchschnittlichen N-Min Werte des Betriebes belaufen sich auf ca. 30kg N/ha. Die Abzüge der Vorfrucht Raps betragen laut der Düngerverordnung 10kg N/ha. (vgl. DüV, S.29) Zuletzt werden Zu- und Abschläge in der Stickstoffdüngung an den Erträgen gewichtet. Bei einer Ertragsdifferenz von 10 dt/ha dürfen im Getreide 10kg N zusätzlich je Hektar ausgebracht werden. (vgl. DüV, S.25)

Es ergibt sich folgende Formel zur Berechnung der letzten Stickstoffgabe:

230-Nmin-Vorfruchtwert (Raps) +(Ertrag in dt – 80) – kg N SSA – kg N AHL

230 - 30 - 10 + (83,1 - 80) - 29,4 - 75,6 = 92,21 kg N/ha

Dies entspricht bei einem Stickstoffgehalt von 27% 341,5 kg KAS. Diese Menge wurde auf 2 Gaben aufgeteilt. Erneut findet eine Umrechnung zuerst in Ammoniakverluste statt. Danach werden die Ammoniakverluste in Lachgas umgerechnet. Und zum Schluss wird das Lachgas erneut in CO2e umgerechnet. Somit entstanden bei diesem Dünger 16,39 kg CO2e je ha.

Tabelle 10: N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischem Düngemittel am Beispiel KAS

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
KAS	Ausgebrachte Menge	341,51	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	92,21	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,04	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298,00	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	16,39	kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Im zweiten Schritt mussten die N2O Emissionen aus der Düngung mit mineralischen Stickstoffdüngern berechnet werden. Auch hier wird mit SSA begonnen. Die ausgebrachte Menge N wird wie in der vorherigen Tabelle berechnet. Diese wird mit dem Lachgas Emissionsfaktor von 0,01225 N2ON / kg N multipliziert. Anschließend folgt der Umrechnung von N2ON in N2O. Auch hier werden wieder N2O Emissionen ermittelt. So entstehen 168,5 kg CO2e je Hektar an Lachgasemissionen bei der SSA-Düngergabe.

Tabelle 11: direkte N2O- Emissionen aus der Düngung mit dem Mineraldünger SSA

N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge	140	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,21	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	29,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	168,50	kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Bei Einsatz des AHL-Düngers entstanden bei einer Ausbringmenge von 270 kg/ha, 433,29 kg CO2e je Hektar.

Tabelle 12: direkte N2O- Emissionen aus der Düngung mit dem Mineraldünger AHL

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge	270	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	75,6	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	433,29	Kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Bei dem Einsatz von der Düngung mit Kalk Ammon Salpeter (KAS) wurden 528,47 kg CO2e an Lachgasemissionen freigesetzt.

Tabelle 13: direkte N2O- Emissionen aus der Düngung mit dem Mineraldünger KAS

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
KAS	Ausgebrachte Menge		341,51 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,27 kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''		92,21 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298,00 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''		528,47 Kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Um die Lachgas-Emissionen aus den Ernte- und Wurzelrückständen zu berechnen, wird zuerst der Frischmasseertrag von 8310 kg je Hektar mit dem Trockenmasseanteil von 86 Prozent multipliziert. Laut Düngerverordnung wird ein Korn Strohverhältnis von 0,8 unterstellt. Dies entspricht einen Trockenmasse Strohanteil von 5864,98 kg Stroh Trockenmasse je Hektar. Die Summe der TM wird mit einem Proportionalitätsfaktor von 0,23 multipliziert. Dieser Faktor verdeutlicht die Masse an Wurzelrückstände, welche auf dem Acker verbleiben. Es wurden 3086,88 kg TM-Wurzelrückstände je Hektar berechnet. Diese haben einen durchschnittlichen Stickstoffgehalt von 0,009 kg N/ kg TM. Dazu wird der Lachgasemissionsfaktor von 0,01225 kg N2O-N / kg N und der Umrechnungsfaktor von 1,57 hinzugerechnet. Insgesamt entstanden 159,23 kg CO2e.

Tabelle 14: N2O Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert		Einheit	Datenherkunft
Frischmasseertrag		8720,73	kg/ha	Betriebsangabe
*TM Gehalt		0,86	kg TM/kg FM	DüV
''=Trockenmasse je Hektar		7456,22	kg TM/ha	Ergebnis
Verhältnis Stroh Korn		0,8	kg Stroh/ kg Korn	DüV
Trockenmasse Stroh je ha		5964,98	Kg Stroh TM/ha	Ergebnis
''=TM Stroh + Korn''		13421,20	Kg TM/ha	Ergebnis
*Proportionalitätsfaktor TM		0,23	kg TM/kg	Parameterdatei
''=Wurzelrückstände''		3086,88	kg TM/kg	Ergebnis
*Stickstoffgehalt		0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei
*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor		1,57	kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial		298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
''=CO2-Emissionen''		159,23	kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Weiterhin zu berücksichtigen sind die CO2 Emissionen aus dem Humusabbau/Humusaufbau des angebauten A-Weizens. Grundlage dafür ist die Menge Humus, welche auf- beziehungsweise abgebaut wird. Dafür wird die Humusbilanz herangezogen, die auf der Grundlage des Verbands deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA) erstellt wurde.

Humuszehrende Kulturen, setzen Kohlenstoff im Verhältnis 11:1 zu Stickstoff aus dem Humus frei. Dies entspricht Daten von Gensior 2020. Es entstehen Kohlenstoffdioxidemissionen und Lachgasemission, welche den jeweiligen Früchten zugerechnet werde (vgl. Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft 2021: S.35) Humusaufbauende Kulturen binden Kohlenstoff entsprechend den Humusreproduktionsleistungen der angebauten Frucht, gemäß der VDLUFA (2014). Die Bindung des Kohlenstoffdioxids führt zu einer Gutschrift für den A-Weizen, vorausgesetzt das Stroh verbleibt auf dem Feld.

Tabelle 15: CO<sub>2</sub>-Emissionen bzw. Bindungen aus Humusaufbau des Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps

CO <sub>2</sub> -Emissionen bzw. Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten			
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Humusabbau		-88 kg Humus/ha	Humusbilanz
*Umrechnungsfaktor		3,67 CO <sub>2</sub> / kg C	Parameterdatei
**CO <sub>2</sub> Emission**		-322,96 CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Zugleich bindet der Humusaufbau Stickstoff zu Kohlenstoff im Verhältnis 1: 10.

(vgl. Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft 2021: S.35)

Der Weizen in diesem Beispiel führt zu einem Humusaufbau. Das Stroh wurde nicht geerntet. Bei einem hohen Kornertrag bleibt auch viel Stroh als Ernterückstand auf dem Acker. Somit ergibt sich folgende Rechnung für den Humusaufbau durch den A-Weizenanbau.

Tabelle 16: N<sub>2</sub>O Emissionen aus dem Humusaufbau des Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps

N <sub>2</sub> O-Emissionen bzw. Bindungen aus Humusabbau bzw. Humusaufbau			
Humusabbau		-88 kg Humus/ha	Humusbilanz
:N/C Verhältnis		10 kg C/kg N	Parameterdatei
**=freigewordene N Menge**		-8,80 kg N/ha	Ergebnis
*Lachgasemissionsfaktor		0,01225 kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N <sub>2</sub> O/kg N <sub>2</sub> O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO <sub>2</sub> e/kg N <sub>2</sub> O	Parameterdatei
**=CO <sub>2</sub> Emissionen		-50,44 kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Eine weitere CO<sub>2</sub> Emission aus dem Feldbau stellt die Kalkdüngung dar. Alle 4 Jahre unabhängig von der Fruchtfolge werden 800 kg Kalk je Hektar gestreut. Somit wird jedem Glied in dieser Fruchtfolge 200 kg Kalk je Hektar angerechnet. Bei einem Treibhausgas-Emissionsfaktor von 0,79 entspricht dies 158 kg CO<sub>2</sub>e je Hektar.

Tabelle 17: CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung des Winterweizens auf schwerem Standort nach Raps

CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung			
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb
• CO <sub>2</sub> -EF für CaO	0,79	kg CO <sub>2</sub> /kg CaO	Parameterdatei
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Als erste CO2 Emission aus der Betriebsmittelbereitstellung werden die Emissionen aus der Herstellung und den Transporten der Mineraldünger herangezogen. Dazu wird die ausgebrachte Menge an Nährstoff mit dem Treibhausgasemissionsfaktor verrechnet. So sind durch die Bereitstellung von 140 kg SSA 103,49 kg CO<sub>2</sub>e entstanden.

Tabelle 18: CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers SSA

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge	140	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,21	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	29,4	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO <sub>2</sub> e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO <sub>2</sub> Emissionen	103,488	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Zusätzlich wurden 270l AHL gedüngt. Bei einem Stickstoffgehalt von 28%, entstanden durch diese Düngergabe 256,81 kg CO<sub>2</sub>e je Hektar.

Tabelle 19: CO2 Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers AHL

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge	270,00	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	75,60	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,40	kg CO <sub>2</sub> e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO <sub>2</sub> Emissionen	256,81	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Mit dem Einsatz von 344,51kg KAS entstand 324,57 kg CO<sub>2</sub>e je Hektar.

*Tabelle 20: CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers KAS*

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
KAS	Ausgebrachte Menge	341,51	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	92,21	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO <sub>2</sub> e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO <sub>2</sub> Emissionen	324,57	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

*Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024*

Um den Kaliumbedarf des Weizens zu decken, wurde Kalimagnesia, auch bekannt als Patenkali gestreut. Es wurden 176,67 kg je Hektar ausgebracht. Mit einer Nährstoffkonzentration von 30% Kaliumoxid (K<sub>2</sub>O) ergibt sich eine ausgebrachte Nährstoffmenge von 106,05 kg. Der Treibhausgasemissionsfaktor liegt hier bei 0,416 kg CO<sub>2</sub> je kg K<sub>2</sub>O. Daraus ergibt sich eine freigesetzte Menge von 22,05kg CO<sub>2</sub>e.

*Tabelle 21: CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers Kalimagnesia*

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge	176,67	kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt	0,30	kg K <sub>2</sub> O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K <sub>2</sub> O Menge	53,00	kg K <sub>2</sub> O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,42	kg CO <sub>2</sub> e/kg K <sub>2</sub> O	Parameter Datei KTBL
	'=CO <sub>2</sub> Emissionen	22,05	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

*Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024*

Für den Phosphat Bedarf des Weizens wurden 152,17 kg Triple Superphosphat ausgebracht. Mit einem Gehalt von 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> wurden 70 kg Nährstoff aufs Feld gebracht. Was 37,94 kg CO<sub>2</sub>e je Hektar entspricht.

*Tabelle 22 : CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Bereitstellung des Mineraldüngers TSP*

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
TSP	Ausgebrachte Menge	152,17	kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt	0,46	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Menge	70,00	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,54	kg CO <sub>2</sub> e/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Parameterdatei KTBL
	'=CO <sub>2</sub> Emissionen	37,94	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

*Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024*

Die CO<sub>2</sub> Emissionen der Saatgutherstellung errechnen sich aus dem Produkt der Aussaatmenge von 160 kg je Hektar und dem Treibhausgas-Emissionsfaktor von 0,89

kg CO<sub>2</sub>e/ kg Frischmasse (FM). Daraus ergibt sich eine freigesetzte Menge an CO<sub>2</sub>e/ha von 142,4 kg.

*Tabelle 23 : CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Bereitstellung des Saatgutes*

	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>Saatgut</b>	Aussaatzstärke	160,00	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	0,89	kg CO <sub>2</sub> e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	'=CO <sub>2</sub> Emissionen	142,40	kg CO <sub>2</sub> / kg FM	Ergebnis

*Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024*

Für den Weizen wurden insgesamt 2,11 kg Wirkstoff Pflanzenschutzmittel ausgebracht. Je Kilogramm Wirkstoff wird ein Emissionsfaktor von 11,09kg CO<sub>2</sub>e angerechnet. So verursachen alle Pflanzenschutzmaßnahmen 23,4 kg CO<sub>2</sub>e je Hektar.

*Tabelle 24: CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Bereitstellung des Pflanzenschutzmittels*

	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>Pflanzenschutzmittel</b>	Ausbringmenge	2,11	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	11,09	kg CO <sub>2</sub> e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	'=CO <sub>2</sub> Emissionen	23,40	kg CO <sub>2</sub> e/ ha	Ergebnis

*Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024*

Die CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Energiebereitstellung und -konversion und aus der Maschinen Herstellung werden jeweils mit dem verbrauchten Diesel berechnet. Bei Herstellung von Diesel und dessen Verbrennung wird ein Emissionsfaktor von 3,013 kg CO<sub>2</sub>e angesetzt. Mit einem Dieserverbrauch von 61,7 l/ha wurden 185,9 kg CO<sub>2</sub>e freigesetzt.

*Tabelle 25: CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Energiebereitstellung/Diesel*

	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>Energiebereitstellung/Dies</b>	<b>Dieserverbrauch</b>	61,70	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	3,01	kg CO <sub>2</sub> e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO <sub>2</sub> Emissionen	185,90	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

*Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024*

Der Treibhausgas-Emissionsfaktor für die Maschinenherstellung beträgt 0,885 kg CO<sub>2</sub>e/ l Diesel. So entstanden daraus 54,6 kg CO<sub>2</sub>e freigesetzt.



Tabelle 26: CO2 Emissionen aus der Maschinenherstellung

	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>Maschinenherstellung</b>	<b>Dieserverbrauch</b>		61,70 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,89 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	<b>54,60</b>	kg CO2e/ ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnungen nachdem BEK des KTBL, 2024

Nach dem Summieren aller Emissionsquellen aus der Betriebsmittelbereitstellung und des Feldbaus ergibt sich folgende CO2 Bilanz für den Weizen auf schweren Boden nach Raps.

Tabelle 27: Summe aller CO2 Emissionen für den Weizen auf schweren Boden nach Raps

Emissionsquelle	Werte in kg CO2/ha	Anteil an Summe Insgesamt in %
<i>Feldbau</i>		
1. N2O aus NH3 Verlusten	35,06	1,55%
2. N2O aus der Mineraldüngung	1130,25	50,00%
3. N2O aus Ernte- und Wurzelrückstände	159,23	7,04%
4. CO2e aus Humusabbau/-aufbau	-322,96	-14,29%
5. N2O aus Humusabbau/-aufbau	-50,44	-2,23%
6. CO2e aus Kalkdüngung	158	6,99%
<b>Summe Feldbau</b>	<b>1109,14</b>	<b>49,07%</b>
<i>Betriebsmittelbereitstellung</i>		
1. CO2e aus Mineraldüngerbereitstellung	744,89	32,95%
2. CO2e aus Saatgutbereitstellung	142,4	6,30%
3. CO2e aus Pflanzenschutzmittelbereitstellung	23,4	1,04%
4. CO2e aus Energiebereitstellung und -konversion	185,9	8,22%
5. CO2 aus Maschinenherstellung	54,6	2,42%
<b>Summe Betriebsmittelbereitstellung</b>	<b>1151,19</b>	<b>50,93%</b>
<b>Summe Insgesamt</b>	<b>2260,33</b>	

Quelle: Eigene Berechnungen, 2024

An erster Stelle der CO2 Emissionen stehen mit 50% die Lachgasemissionen aus der mineralischen Düngung. Darauf folgend kommen die CO2 Emissionen aus der Betriebsmittelbereitstellung des Mineraldüngers mit 33 Prozent an den gesamten Emissionen. Geringe Emissionen entstehen durch die Maschinenherstellung, der Pflanzenschutzmittelherstellung und der NH3-Verluste aus der mineralischen Düngung. Aus der Humusbilanz erfolgt eine Gutschrift in der Höhe von 16,52% (323,40kg CO2 je Hektar). Der Humusaufbau führt bei dieser Kultur insgesamt zu 16,5% gebundenen (-CO2e kg /ha) Kohlenstoffdioxid.

Die Ergebnisse aller Fruchtfolgeglieder sind in Tabelle dargestellt.

Tabelle 28: CO2 Emissionen aller Früchte

Frucht	Ertrag in t/ha	CO2 Emissionen in kg je Hektar
schw. Boden Weizen nach Raps	8,72	2260,33
schw. Boden Weizen nach Weizen (Stoppelweizen)	8,31	2365,17
schw. Boden Weizen nach Rüben (Rübenweizen)	7,06	2462,57
leicht. Boden Weizen nach Raps	7,89	2334,62
schw. Boden Gerste	8,47	2188,86
leicht. Boden Gerste	7,66	2091,65
schwer Boden Raps nach Gerste	4,09	2153,62
schwer. Boden Raps nach Erbsen	4,09	1927,42
leicht. Boden Raps nach Gerste/Roggen	3,51	2244,09
leicht. Boden Raps nach Erbsen	3,51	2042,39
leicht Boden Roggen	9,13	1940,41
leicht Boden Futtererbsen	3,06	59,82
schw. Boden Futtererbsen	3,20	59,82
schw. Boden Zuckerrüben	71,66	5551,47
leicht. Boden Silomais	46,39	5716,04
leicht Boden Zwischenfrucht	0,00	-975,23
schw. Boden Zwischenfrucht	0,00	-975,23

Quelle: Eigene Berechnungen, 2024

Beachtlich ist, dass die Klimabilanzen der gleichen Frucht, entsprechend der Stellung in der Fruchtfolge und der Güte des Bodens, beispielsweise die des Weizens sich stark unterscheiden. Der Rübenweizen, der den geringsten Ertrag aufweist, hat in diesem Fall die negativste CO<sub>2</sub>-Bilanz, obwohl er weniger Stickstoffdünger erhält. Der Ertrag des Rübenweizens nach der Monte Carlo Simulation beträgt 70,6 dt je Hektar. Nach dem Verfahren der VDLUFA hat der Rübenweizen somit eine Humusbilanz von -5 und es werden ca. 21 kg CO<sub>2</sub>e/ha freigesetzt. (CO<sub>2</sub> Emissionen aus Humusabbau + N<sub>2</sub>O Emissionen aus Humusabbau).

Der Weizen, der in der Fruchtfolge nach Raps angebaut wird und einen Ertrag von 87,21dt hat, bildet 88kg Humus je Hektar. Somit bindet dieser ca. 373 kg CO<sub>2</sub>e /ha. Die Differenz beträgt somit 394 kg CO<sub>2</sub>e/ha.

Ein hoher Ertrag ist somit nicht nur aus Sicht der Wirtschaftlichkeit erstrebenswert, sondern auch für die CO<sub>2</sub> Bilanz wünschenswert. Dies trifft jedoch nur zu, wenn das Stroh nicht abgetragen wird und als organische Substanz auf dem Feld verbleibt.

Der Silomais und die Zuckerrübe fallen bei der CO<sub>2</sub> Bilanzierung besonders negativ auf. Sie sind mit Abstand die beiden Früchte, welche am meisten CO<sub>2</sub>e je Hektar freisetzen.

### **7.1.1 Vergleich der Klimabilanzen der Fruchtfolgen**

Die Fruchtfolgen lassen sich auch in Hinsicht ihrer CO<sub>2</sub> Bilanzierung bewerten. Die Erweiterung beider Fruchtfolgen bewirkt die Einsparung von Kohlenstoffdioxid. (siehe Tabelle 29)



Auf den schweren Standorten beträgt die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Bilanz der Fruchtfolge 2 je Hektar Ackerland 2511kg CO<sub>2</sub>. Durch eine Umstellung der Fruchtfolge (FF2a) mit der Integration einer Leguminose fiel die CO<sub>2</sub> Bilanz auf 2056 kg CO<sub>2</sub>/ha. Somit würden jedes Jahr 454 kg CO<sub>2</sub>/ha weniger freigesetzt werden. In der neuen Fruchtfolge wurde neben der Körnererbse eine zusätzliche Zwischenfrucht angebaut, wodurch die CO<sub>2</sub> Bilanz positiv beeinflusst wird. Der Anteil des Winterweizens in der Fruchtfolge wird vermindert, wodurch auch weniger CO<sub>2</sub> freigesetzt wird.

Auf leichten Standorten werden auf dem Betrieb durchschnittlich 2513 kg CO<sub>2</sub>/ha Ackerland freigesetzt. Nach Umstellung der Fruchtfolge auf die ÖR2 werden nur noch 1888 kg CO<sub>2</sub> produziert. Jedes Wirtschaftsjahr werden durch die Erweiterung der FF 635 kg CO<sub>2</sub>e/ha eingespart. Die Veränderung in der CO<sub>2</sub> Bilanz entsteht durch die Substitution von Silomais. Der Anbau der Körnererbse führte ebenso zu einem positiven Effekt in Bezug auf die CO<sub>2</sub> Bilanz.

Die Abbildung 13 zeigt den Verlauf der CO<sub>2</sub> Bilanzen der Fruchtfolgen in den Simulationsabläufen.

Quelle: Eigene Berechnung @Risk, 2024

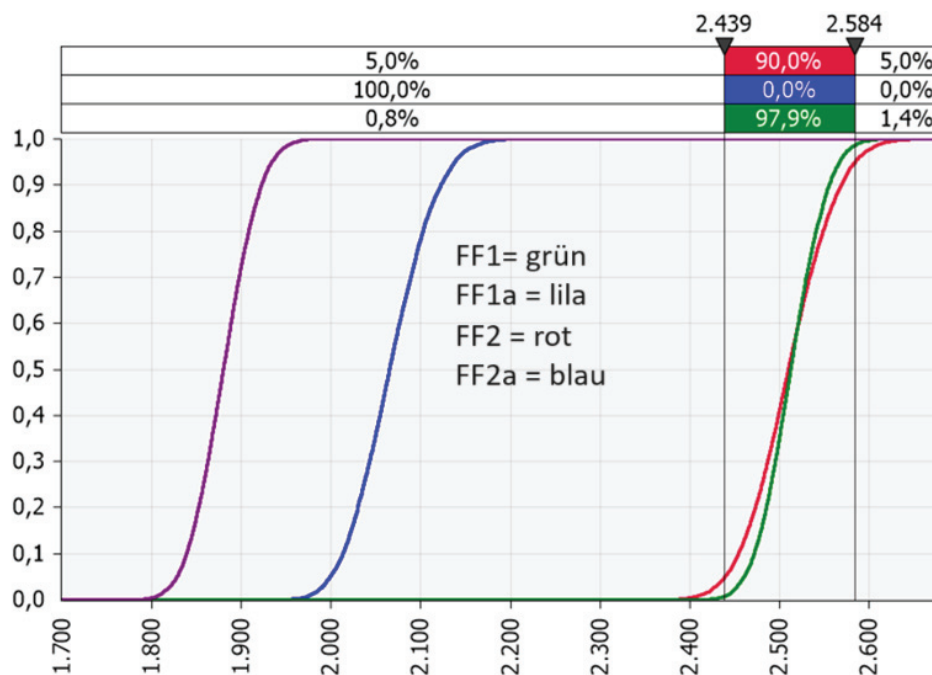


Abbildung 10: Ergebnis Monte-Carlo-Simulation CO<sub>2</sub> Bilanz der Fruchtfolgen

Auf der x-Achse befindet sich die CO<sub>2</sub>-Bilanz in kg/ha. Auf der Y-Achse befinden sich die Simulationsabläufe gestaffelt nach ihren zugeordneten CO<sub>2</sub>-Bilanzen. Bei geringeren Simulationswerten verbessert sich die CO<sub>2</sub> Bilanz. Mit einem Anstieg des Graphen steigt auch die CO<sub>2</sub> Bilanz der Fruchtfolge.

Deutlich zu erkennen ist, dass die erweiterten Fruchtfolgen sich in allen Simulationsabläufen (Schwankungen der Erträge) bezogen auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz unter denen der praktizierten Fruchtfolgen befinden. Die neue Fruchtfolge 1a auf den leichten Standorten ist in jedem Jahr die klimaneutralste Fruchtfolge. Die neue Fruchtfolge auf dem schweren Boden (FF2a) weist eine höhere CO<sub>2</sub> Bilanz auf, verläuft jedoch deutlich unter der Fruchtfolge 2 und 1.

Die CO<sub>2</sub>-Graphen der derzeitigen Fruchtfolgen überschneiden sich. Die Simulationsabläufe mit geringen CO<sub>2</sub> Werten sind Wirtschaftsjahre mit hohen Erträgen. Bei zunehmenden Erträgen steigt zwar auch die Stickstoff-Düngung, jedoch wird durch den aufgebauten Humusanteil mehr CO<sub>2</sub> gebunden. Das höhere Ertragspotenzial auf den besseren Böden führt zu einer höheren Humusbilanz (siehe Anhang CO<sub>2</sub> Bilanzierung). In Simulationen mit hohen CO<sub>2</sub> Bilanzierungen wird auf den schweren Böden mehr CO<sub>2</sub> freigesetzt als auf den leichten Standorten. Die Fruchtfolgen 1 und 2 setzen über allen Simulationsabläufen der Monte Carlo Simulation durchschnittlich gleich viel Kohlenstoffdioxid je ha Ackerland jährlich frei.

Auf den schweren Standorten beträgt die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Bilanz der Fruchtfolge 2 je Hektar Ackerland 2511kg CO<sub>2</sub>. Durch eine Umstellung der Fruchtfolge (FF2a) mit der Integration einer Leguminose fiel die CO<sub>2</sub> Bilanz auf 2056 kg CO<sub>2</sub>/ha. Somit würden jedes Jahr 454 kg CO<sub>2</sub>/ha weniger freigesetzt werden. In der neuen Fruchtfolge wurde neben der Körnererbse eine zusätzliche Zwischenfrucht angebaut, wodurch die CO<sub>2</sub> Bilanz positiv beeinflusst wird. Der Anteil des Winterweizens in der Fruchtfolge wird vermindert, wodurch auch weniger CO<sub>2</sub> freigesetzt wird.

Auf leichten Standorten werden auf dem Betrieb durchschnittlich 2513 kg CO<sub>2</sub>/ha Ackerland freigesetzt. Nach Umstellung der Fruchtfolge auf die ÖR2 werden nur noch 1888 kg CO<sub>2</sub> produziert. Jedes Wirtschaftsjahr werden durch die Erweiterung der FF 635 kg CO<sub>2</sub>/ha eingespart. Die Veränderung in der CO<sub>2</sub> Bilanz entsteht durch die Substitution von Silomais. Der Anbau der Körnererbse führte ebenso zu einem positiven Effekt in Bezug auf die CO<sub>2</sub> Bilanz.

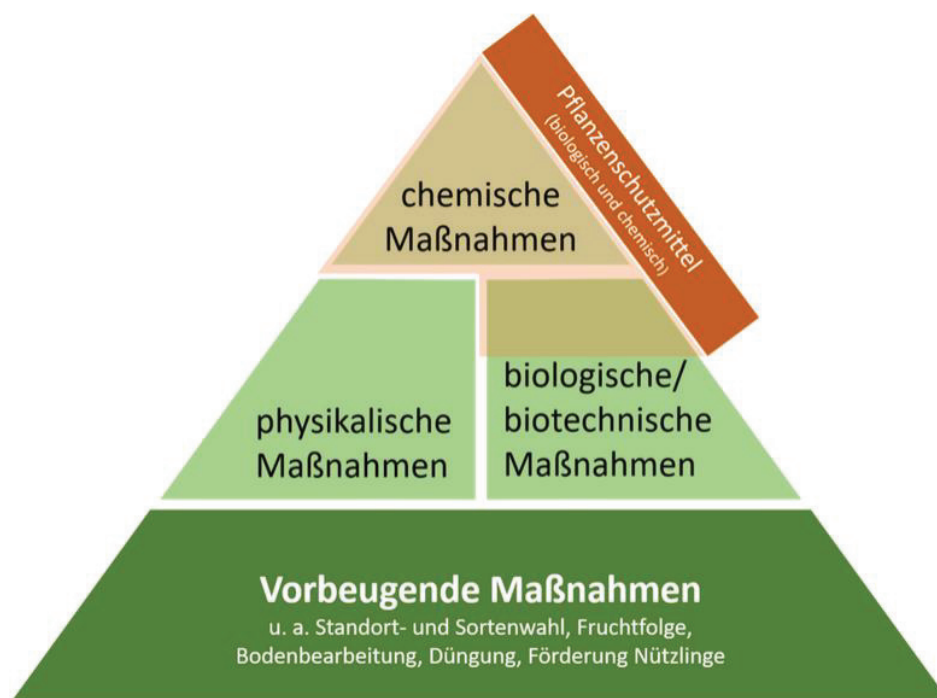
## 7.2 Umweltwirkung Pflanzenschutz

Fruchtfolgen haben nicht nur einen positiven Effekt auf die Bodenstruktur und die Verfügbarkeit von Nährstoffen, sondern dienen auch der phytosanitären Kontrolle, um die Reproduktionszyklen von schädlichen Insekten und Krankheitserregern zu unterbrechen. Durch einen abwechselnden Anbau von Getreide und Hülsenfrüchten sowie eine Rotation zwischen Sommer- und Winterkulturen kann auch eine effektive Bekämpfung von Unkräutern erreicht werden. (vgl. Schütz, 2021, S.548)

Die Fruchtfolgenplanung zählt zu den vorbeugenden Maßnahmen des IPS und gehört zu dem präventiven Pflanzenschutz. Sie kommt zum Beginn des Pflanzenschutzes, weit vor dem biologischen und chemischen Pflanzenschutz.

Instrumente des integrierten Pflanzenschutzes:

Quelle: BMEL



Maßnahmenpyramide für den integrierten Pflanzenschutz. © BLE

Abbildung 11: Maßnahmeyramide für den integrierten Pflanzenschutz

Der IPS wird in dem deutschen Pflanzenschutzgesetz unter Paragraph 2 Nummer 2 wie folgt definiert: „Der integrierte Pflanzenschutz ist eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die

Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird.``

Seit mehr als 75 Jahren hat die effektive und meist kostengünstige chemische Unkrautbekämpfung die Fruchtfolgegestaltung stark beeinflusst, weil vorwiegend ökonomische Aspekte berücksichtigt wurden. Dadurch wurden acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Unkrautregulierung in den Hintergrund gedrängt. Allerdings haben zunehmende und schwer kontrollierbare Herbizidresistenzen sowie die gesellschaftliche Forderung nach einer drastischen Reduzierung (um 50%) des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln dazu geführt, dass verstärkt auf acker- und pflanzenbauliche Methoden zur Unkrautregulierung zurückgegriffen werden muss. (vgl. Pallutt, 24.02.2022, S.147)

Aktuell stellt der Ackerfuchsschwanz das wirtschaftlich bedeutendste Unkraut auf mittleren und schweren Böden dar. Dieses Unkraut trat erstmals 1945 in Schleswig-Holstein auf guten Böden auf, als der Getreideanteil in der Fruchtfolge dort etwa 50% betrug. Der Anstieg des Getreideanteils in diesen Regionen auf 80% und der Anteil der Winterungen auf 100% der Ackerfläche führten jedoch zu einem drastischen Anstieg des Ackerfuchsschwanzes. (vgl. Pallutt, 24.02.2022, S.149)

Dieser Zusammenhang wurde schon 1958 von Brückner in der Soester Börde untersucht und bestätigt.

Quelle: Brückner, 1959

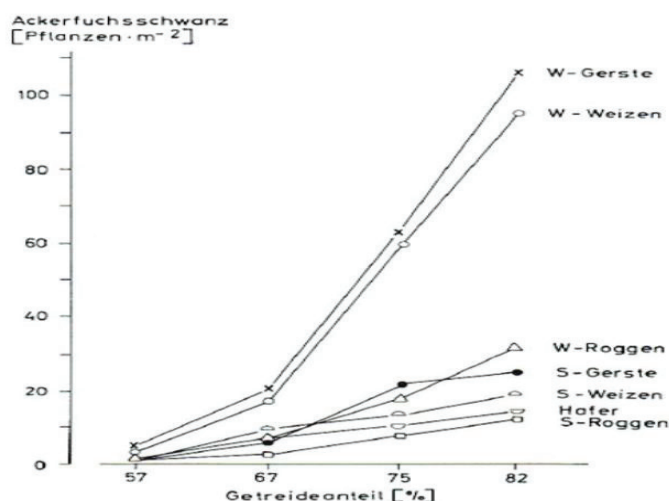


Abbildung 12: Einfluss Getreideanteil auf den Auflauf des Ackerfuchsschwanzes

Der Anstieg des Getreideanteils korrelierte durchgängig mit einer Steigerung der Population des Ackerfuchsschwanzes. Eine besonders markante Zunahme wurde



insbesondere bei einem überproportionalen Anteil von Gerste und Weizen festgestellt. Unter den Winterungen zeigte sich, dass der Winterroggen als einzige Frucht in der Lage ist, effektiv die Ausbreitung des Ackerfuchsschwanzes zu hemmen. (siehe Abbildung 12)

„Ähnlich wie beim Ackerfuchsschwanz begünstigen getreidereiche Fruchtfolgen und frühe Saattermine die Weidelgräser.“ (top agrar online, 2021)

In Deutschland trat das Ungras hauptsächlich in den Regionen Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Sachsen und Hessen auf. In den letzten Jahren hat sich das Weidelgras weiter ausgebreitet. Heute gibt es in fast allen Bundesländern Flächen, auf denen das Weidelgras das wichtigste Schadgras darstellt. (vgl. top agrar online, 2021.)

Besonders problematisch sind die wiederholten Anwendungen gleicher Wirkstoffmechanismen im chemischen Pflanzenschutz. Sie sind auch die Folge von ackerbaulichen Anbaufaktoren wie dem Trend zu engen, getreidereichen Fruchtfolgen, frühe Aussaattermine des Getreides und einem hohen Anteil an Winterung. Die fehlende Verfügbarkeit einer entsprechenden Wirkstoffvielfalt hat das Problem zusätzlich verschärft. Alle in den letzten Jahren eingeführten Produkte enthalten bereits verfügbare Wirkstoffe. Die nötige Varianz von Wirkstoffen ist nicht mehr gegeben. (vgl. Ulber und Gehring, o. D.)

In einem Versuch des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen wurden Resistenzentwicklungen bei Unkräutern und Weidelgras auf Resistenzstandorten untersucht. Für das Weidelgras wurden die folgenden Resistenzen bei unterschiedlichen Herbiziden und Aufwandmengen bestimmt. Der Versuch zeigt deutlich die unterschiedliche Ausbildung von Resistenzen unterschiedlicher Wirkortmechanismen. Das Weidelgras hat auf bestimmten Standorten schon hohe Resistenzen (bis 56% Wirkungsgrad) aufgebaut. Die Wirkstoffe, welche als ACCASE-Hemmer fungieren, sind am meisten von der Resistenzbildung betroffen. Die Zellwachstumshemmer sind, wenn auch weniger, auch durch die Resistenzbildung betroffen. (vgl. Meinschmidt, 2022)

Die ALS-Hemmer wiesen auch bei geringen Aufwandmengen (1,5l) keine Resistenzbildung auf, obwohl diese laut Abbildung DLG ein höheres Risiko für Resistenzbildung als die Zellwachstums-Hemmer haben. Der untersuchte ALS-Hemmer ist MaisTer Power und wird nur im Mais eingesetzt. Somit kam das

Weidelgras vermutlich seltener in Kontakt mit diesem Wirkstoff und konnte somit auch keine Resistenzen bilden. (vgl. Meinschmidt, 2022)

Quelle: Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen, 2022

Untersuchung der LOLMU-Proben 2022

Biotest (Gewächshausprüfungen) des LfULG

Boniturergebnisse vom 08. November 2022			Probe:					
			1. 2023	2. 2023	3. 2023	4. 2023	5. 2023	6. 2023
Biotest D.A.T.			Landkreis:					
			Sensitiv	Mittel-sachsen	Mittel-sachsen	Mittel-sachsen	Mittel-sachsen	Zwickau
HRAC-Gruppe	Herbizid	Aufwandmenge in l bzw. kg/ha	Wirkung in %	Wirkung in %	Wirkung in %	Wirkung in %	Wirkung in %	Wirkung in %
1 / A	Axial 50	1,2	S	S	S	3	3	S
1 / A	Axial 50	2,4	S	S	S	2	3	S
2 / B	Atlantis WG + Biopower	0,4 + 0,8	S	S	S	3	3	S
2 / B	Atlantis WG + Biopower	0,8 + 1,6	S	S	S	S	3	S
2 / B	Maister Power	1,5	S	S	S	S	S	S
2 / B	Maister Power	3,0	S	S	S	S	S	S
1 / A / FOP	Agil-S	1,0	S	S	S	3	3	S
1 / A / FOP	Agil-S	2,0	S	S	S	3	3	S
1 / A / DIM	Focus Ultra + Dash	2,5	S	S	S	3	S	S
1 / A / DIM	Focus Ultra + Dash	5,0	S	S	S	3	S	S
15 / K3	Cadou SC	0,5	S	S	S	S	3	S

sensitive Pflanzen (100 - 99 % Wirkung)
beginnende Resistenz 85 - 76 % Wirkung
Resistenz (75 - 57 % Wirkung)
ausgeprägte Resistenz (56 - 0 % Wirkung)

Abbildung 13: Untersuchungsergebnisse Herbizid Resistenzen beim Weidelgras

Gleichzeitig wurden Ackerschläge, auf dem der Ackerfuchschwanz das Leitunkraut ist, beprobt. Hier ist eine ähnliche Tendenz der Wirksamkeit der Pflanzenschutzmittel zu erkennen. Wobei erstmals auch eine Resistenz der Ungräser gegenüber eines ALS-Hemmers (MaisTer) zu erkennen ist. (vgl. Meinschmidt, 2022)

Quelle: Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen, 2022

### Untersuchung der ALOMY-Proben 2021 (Gewächshausprüfungen)

Untersuchungen des LfULG, 9 Wochen nach Behandlung

Boniturergebnisse vom 03. Dezember 2021			Probe:			
			1. 2021	2. 2021	3. 2021	4. 2021
Biotest 56 D.A.T.			Landkreis:			
			Leipzig	Nordsachsen	Leipzig	
HRAC-Gruppe	Herbizid	Aufwandmenge in l bzw. kg/ha	Wirkung in %	Wirkung in %	Wirkung in %	Wirkung in %
1 / A	Axial 50	1,2	S	S	3	
1 / A	Axial 50	2,4	S	S	2	
2 / B	Atlantis WG + Biopower	0,4 + 0,8	S	S	5	
2 / B	Atlantis WG + Biopower	0,8 + 1,6	S	S	5	
2 / B	MaisTer power	1,5	S	S	1	
2 / B	MaisTer power	3,0	S	S	1	
1 / A (FOP)	Agil-S	1,0	S	S	4	
1 / A (FOP)	Agil-S	2,0	S	S	2	
1 / A (DIM)	Focus Ultra + Dash	2,5	S	S	S	
1 / A (DIM)	Focus Ultra + Dash	5,0	S	S	S	

Abbildung 14: Untersuchungsergebnisse Herbizid Resistenzen beim Ackerfuchschwanz

### **7.3 Unkrautregulierung durch Zwischenfrüchte**

Der Anbau von Zwischenfrüchten kann ebenso zur Unkrautregulierung führen. In einem Versuch des Julius-Kühn-Institutes wurde überprüft, ob durch den Anbau von Zwischenfrüchten auf den Einsatz von Glyphosat verzichtet werden kann. Die Versuche wurden in den Jahren 2018-2020 in Nordrhein-Westfalen auf verschiedenen Betrieben durchgeführt. Hierbei wurden unterschiedliche Anbauverfahren von Zwischenfrüchten verglichen. Beim erfolgreichsten Anbauverfahren konnte bei 61% der Flächen auf Glyphosat vor der Aussaat der Hauptkultur verzichtet werden. Es waren leichtere Böden (Sand und milden Lehmböden). Auf schweren Standorten (tonige Böden) konnte nur in 25% der Fälle auf den Einsatz des Totalherbizides vor der Aussaat verzichtet werden. (vgl. Pallut und Augustin, 2022)

Die Unkrautunterdrückung durch Zwischenfrüchte entsteht aus der Konkurrenz der Pflanzen um Nährstoffe, Licht und Wasser. Ebenso gibt es eventuell allelopathische Effekte der angepflanzten Kultur. (vgl. Rice, 1984)

Allelopathie wird definiert als direkter oder indirekter, positiver oder negativer Effekt einer Pflanze auf eine andere mittels biochemischer Substanzen, die in die Umwelt abgegeben werden (Rice 1984)

### **7.4 Einfluss der Fruchtfolge auf Insekten**

Die Förderung der Nutzarthropoden sind ein wichtiger Bestandteil des IPS. Sie werden von unterschiedlichen landwirtschaftlichen Maßnahmen beeinflusst, einschließlich solcher, die präventive Maßnahmen gegen Schädlinge enthalten. (vgl. Schütz, 2020: S.545)

Besonderes Augenmerk bei den Fruchtfolgen liegt auf die gleichmäßige Verteilung von blühenden Pflanzen wie Leguminosen und Raps. (vgl. Schütz, 2020: S.550) Sie stellen eine wichtige, wenn auch begrenzte Nahrungsquelle für Bestäuber dar. Ebenso wiesen Winterraps und Körnererbsen die höchste Aktivitätsdichte der Arthropoden Diversität auf, Zuckerrüben hingegen die geringste. (Meyer et al., 2019)

Es wurden auch Auswirkungen von Fruchtfolgen auf die Vielfalt der Arthropoden beobachtet. Über einen Zeitraum von 5 Jahren wurden Flächen, die im Rahmen der

Agrar- und Umweltmaßnahme "Vielfältige Kulturen" gefördert wurden, analysiert und mit Referenzschlägen verglichen. Bezüglich der Artenzusammensetzung, Diversität und Aktivitätsdichte von Spinnenzönosen und Laufkäfern konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Jedoch wurde durch die Integration von Leguminosen in die Fruchtfolge eine positive Auswirkung auf die Aktivitätsdichte von Hummeln und Tagfaltern sowie die Artenzahl der Bienen festgestellt (vgl. Schindler und Wittmann, 2011).

Eine vorwiegende Herbstsaat in Fruchtfolgen kann sich negativ auf die Biodiversität der Arthropoden auswirken. Dies geschieht, weil die günstige strukturelle Vielfalt auf dem Feld gestört wird, welche normalerweise Lebensraum und Überwinterungsverstecke für diese Insekten zur Verfügung stellt. Andererseits entstehen im Frühjahr dichte Bestände, die die Bewegung der Insekten behindern und ein ungünstiges Mikroklima für wärmeliebende Arten schaffen. Die Wahl des Aussaatzeitpunktes und die damit verbundene Bodenbearbeitung beeinflussen die Zusammensetzung der Laufkäferarten. (vgl. Schindler und Schuhmacher, 2007).

Laufkäfer liefern wertvolle Beiträge zur Landwirtschaft, indem sie als natürliche Feinde von Schadorganismen fungieren. Ihre Ernährung umfasst Schnecken und Blattläusen sowie Eiern, Puppen und Larven anderer Insekten. Darüber hinaus nehmen Laufkäfer in Kombination mit anderen Samenfressern einen erheblichen Anteil der heruntergefallenen Unkrautsamen zu sich. Nur 2 der 760 in Mitteleuropa vorkommenden Arten sind bisher als Schädlinge in Erscheinung getreten. (vgl. Laufkäfer in der Agrarlandschaft: vielfältig – zahlreich – nützlich o. D.)

Die Kultivierung von Zwischenkulturen kann potenziell die Insektenpopulation beeinflussen. Eine Studie von LUNDGREN und FERGÉN 2011 in den Vereinigten Staaten untersuchte die Auswirkungen der Winterzwischenkultur *Elymus trachycaulus* auf die Population des Maiswurzelbohrers. Sie stellten fest, dass die Einführung dieser Zwischenkultur zu einer erhöhten Population von natürlichen Feinden führte, was wiederum die Population von *Diabrotica virgifera* verringerte und somit die Schäden an den Maiswurzeln reduzierte.

## 7.5 Bewertung der Umweltwirkung

Die vier untersuchten Fruchtfolgen lassen sich nach der zuvor genannten Literatur wie folgt bewerten:

*Tabelle 30: Anteile von Getreide, Sommerung, Winterung an den Fruchtfolgen*

Fruchtfolge	Anteil Getreide in %	Anteil Sommerung in %	Anteil Winterung in %
1	66,67%	11,11%	88,89%
1a	62,50%	12,50%	87,50%
2	66,67%	11,11%	88,89%
2a	44,45%	25%	75%

*Quelle: Eigene Berechnung, 2024*

Deutlich zu erkennen ist, dass die erweiterten Fruchtfolgen (FF1a und FF2a) einen geringeren Getreideanteil und einen höheren Anteil an Sommerungen haben. Neben dem Getreideanteil ist der wiederholte Anbau von Getreide hintereinander zu beachten. In den Fruchtfolgen 1 und 2 wird 3-mal unmittelbar hintereinander Getreide angebaut. In der Fruchtfolge 2 in Form von: Winterweizen, Winterweizen (Stoppelweizen), Wintergerste. In der Fruchtfolge 1 in der Folge von: Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen. Winterroggen hat gegenüber den Ungräsern jedoch ein höheres Konkurrenzverhalten (siehe Abbildung 12). Somit stellt die Fruchtfolge 2 das größte Risiko für eine Verunkrautung und auch Ausbildung von herbizidresistenten Gräsern dar.

Vor jeder Sommerung besteht die Möglichkeit eine Zwischenfrucht anzubauen und somit Unkraut zu unterdrücken. Durch den höheren Anteil an Sommerungen in den Fruchtfolgen, welche Leguminosen enthalten, ist es möglich den Auflauf von Beikräutern zu hemmen.

Auf dem untersuchten Betrieb in der Nähe von Demmin gibt es trotz des hohen Getreide- und Winterungsanteils derzeit keine Probleme mit Herbizid resistenten Ungräsern. Durch den hohen Anteil der wendenden Bodenbearbeitung werden Ungräser gut unterdrückt.

## 8. Diskussion und Empfehlungen

Die CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenziale durch die Erweiterung der Fruchtfolge in Deutschland sind in Abbildung 14 dargestellt.

*Tabelle 31: Einsparungspotenzial durch weiter Umstellung der Ackerfläche Deutschlands auf vielfältige Kulturen*

Name	Einheit	Wert
Gesamte Fläche Ackerland Deutschland	ha	11670000
Anbaufläche Körnerleguminosen in Deutschland	ha	288300
Anbaufläche Körnerleguminosen in Deutschland in %	%	2,47%
Restwert bis 10% Ackerland Deutschland	%	7,53%
7,53% gesamte Ackerland Deutschlands	ha	878700
*Differenz Weizen CO <sub>2</sub> - Erbsen CO <sub>2</sub>	kg/CO <sub>2</sub> je ha	2459
.= Einsparungspotenzial	t CO <sub>2</sub>	2160723,3
Gesamtemissionen Agrarsektor Deutschland	t CO <sub>2</sub>	56300000
prozentuale Einsparungspotenzial durch weiter Umstellung	%	3,84%

*Quelle: Eigene Berechnung, 2024*

Die gesamte Ackerfläche in Deutschland beträgt 11,67 Millionen Hektar. Im Jahr 2023 betrug die Anbaufläche der Leguminosen nach Angaben des BMEL 2,47% (vgl. Eiweißpflanzenstrategie des BMEL 2023). Es könnten theoretisch weitere 7,53% (878700 Hektar) des Ackerlands mit Körnerleguminosen förderfähig angebaut werden, um den Anteil von 10% zu erreichen, wenn ausreichend Finanzierungsmittel zur Verfügung stehen. Zu beachten ist, dass derzeit auch Leguminosen ohne Förderung angebaut werden, vorrangig im Ökolandbau.

Die meistangebaute Frucht in Deutschland ist der Winterweizen mit einer Anbaufläche von 3,1 Millionen Hektar (vgl. Bauernverband, Ackerbau in Deutschland o. D.). In diesem Beispiel wird die Winterweizenfläche durch Körnererbsen ersetzt. Die Differenz aus der CO<sub>2</sub> Bilanz der beiden Früchte ergibt 2459 kg CO<sub>2</sub>e je Hektar Ackerland. Jährlich könnten durch eine weitere Umstellung (ca. 2,16 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid) eingespart werden. In Deutschland werden jährlich durch den Agrarsektor 56,3 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> freigesetzt. Das Einsparungspotenzial durch eine weitere Umstellung (7,53% mehr Leguminosen) aller Betriebe Deutschlands auf das Programm „vielfältige Kulturen im Ackerbau“, würde die Gesamtemissionen des Agrarsektors um 3,84% vermindern.

Ebenso lassen sich die Kosten für die Einsparung von Kohlenstoffdioxid betrachten.

Tabelle 32: Ausgaben für Einsparung einer Tonne CO<sub>2</sub>

	Einheit	Ergebnis
CO <sub>2</sub> Bilanz Weizen	kg CO <sub>2</sub> e/ha	2336
CO <sub>2</sub> Bilanz Futtererbse	kg CO <sub>2</sub> e/ha	-122
Differenz CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> e/ha	2458
Anbaufläche Leguminosen	%	10
Prämie ÖKR2	€/ha Ackerland	60
Ausgaben Prämie 1ha Leguminosen	€/ha Leguminosen	600
Ausgaben Einsparung 1 Tonne CO <sub>2</sub>	€/Tonne CO <sub>2</sub>	244
Prämie FP520	€/ha Ackerland	60
Ausgaben Prämie 1ha Leguminosen	€/ha Leguminosen	600
Ausgaben Tonne CO <sub>2</sub> bei Doppelförderung	€/Tonne CO <sub>2</sub>	488

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

In diesem Beispiel wird angenommen, dass durch den vermehrten Anbau der Futtererbse, weniger Weizen in Deutschland angebaut werden würde. Es wurde die Differenz aus der CO<sub>2</sub> Bilanz des Weizens auf leichten Standorten und der Klimabilanz der Futtererbse auf leichten Standorten berechnet. Die Differenz beträgt 2458 kg CO<sub>2</sub> je Hektar Ackerland. Auf 10 % der Fruchtfolge werden Futtererbsen angebaut und CO<sub>2</sub> eingespart. Die anderen 90% werden jedoch auch mit 60€ vergütet, somit werden 600€ Förderung zu Einsparung von 2458 kg CO<sub>2</sub> gezahlt. Um eine Tonne CO<sub>2</sub> einzusparen, zahlt die Bundesregierung bei alleiniger Förderung durch die erste Säule der gemeinsamen Agrarpolitik 244€. Bei Teilnahme der Betriebe den Förderprogrammen aus beiden Säulen kostet die Einsparung für eine Tonne Kohlenstoffdioxid 488 Euro.

Um eine Vergleichbarkeit zu schaffen, muss man andere Programme des Bundes betrachten. Ein Beispiel hierfür ist das Heizungsgesetz. Das Heizungsgesetz soll bis 2030 54 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen und kostet ca. 9,2 Milliarden €. Die Kosten zur Einsparung einer Tonne CO<sub>2</sub> betragen ca. 170€.

Im Vergleich zum Heizungsgesetz sind die potenziellen Einsparungen aus der Förderung „Vielfältige Kulturen im Ackerbau“ gering.

Aus der Betrachtung der CO<sub>2</sub> Bilanz ist die Ökoreglung 2 teuer.

Es ist fraglich, ob eine geringe Einsparung von CO<sub>2</sub> eine Förderung rechtfertigen, zumal der Winterweizen im Ausland angebaut werden müsste und dort durch geringere Erträge mehr CO<sub>2</sub> freigesetzt wird. Global betrachtet würde die Umstellung der Fruchtfolge vermutlich nicht zu Einsparungen von CO<sub>2</sub>-Emissionen führen.

Ein zentrales Ziel des Nationalen Aktionsplans Pflanzenschutz (NAP) ist das Begrenzen der Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß.

Der vermehrte Anbau von Sommerung, sowie der Anbau von Zwischenfrüchten kann die Unkrautpopulation vermindern.

Die Umstellung der Fruchtfolge kann durch den Wechsel von Winterung und Sommerung und dem vermehrten Anbau von Zwischenfrüchten zu einem verminderten Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln führen. „So viel Pflanzenschutz wie nötig, so wenig wie möglich.“ (Strategie des IPS)

Das neue Gesetz der EU-Kommission „Umweltschutzgesetzes gegen hohen Pestizideinsatz“, wird durch die anhaltenden Bauernproteste zurückgezogen. Ziel dieses Gesetzes ist der verminderte Einsatz des chemischen Pflanzenschutzes. „Das Thema sei jedoch noch nicht vom Tisch“, kündigte Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen an (vgl. Fritz 2024). Es lässt sich annehmen, dass in Zukunft ein neues Gesetz ausgearbeitet wird, welches den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln in Deutschland begrenzt.

Eine Erweiterung der Fruchtfolge kann präventiv gegen die Ausbildung von hohen Unkraut- und Ungräser Populationen führen. In Kombination mit der vermehrten Rotation der Wirkstoffe durch den Anbau von unterschiedlichen Kulturen, sind Ausbildungen von Herbizid Resistenzen stark eingeschränkt. Der Anbau von Zwischenfrüchten kann durch Konkurrenzverhalten ebenfalls Ungräser unterdrücken.

Aus Sicht der Biodiversität kann eine Umstellung ebenso sinnvoll sein. Der Anbau von mehreren blühenden Kulturen (Raps, Körnererbse) führt zu einer erhöhten Aktivitätsdichte von bestäubenden Insekten wie Hummeln und Bienen. Ein veränderter Aussaattermin, durch den Anbau von Sommerung kann sich im Gegensatz zur Herbstsaat positiv auf die Arthropoden Diversität auswirken. Der Anbau von Zwischenfrüchten, der durch die Erweiterung der Fruchtfolgen möglich wird, kann ebenfalls zu einer positiven Entwicklung der Insektenpopulation beitragen. Ein Beispiel ist die Förderung der Laufkäferpopulation.

In mehreren Gebieten Deutschlands gibt es durch stark getreidelastige Fruchtfolgen und somit immer gleiche angewandte Wirkstoffmechanismen die Ausbildung von Herbizid resistenten Beikräutern. Die Erweiterung der Fruchtfolge kann aus nachhaltiger ökologischer Sicht sinnvoll sein. (vgl. Ulber/Gehring o. D., S.5)



In dem untersuchten Betrieb gibt es trotz des hohen Anteiles an Wintergetreide gegenwärtig kein Problem mit Herbizid Resistenzen. Die Ausbildung von Krankheiten und Resistenzen erfordert im vorgestellten Betrieb keine Umstellung der Fruchtfolge. Dennoch sollte weiterhin Wert auf die Bonitierung der Unkräuter und Ungräser gelegt werden. Bei vermehrtem Auftreten muss eine Umstellung von Wirkstoffmechanismen stattfinden. Dies kann einerseits durch die Umstellung der Fruchtfolge stattfinden, weil bei unterschiedlichen Früchten unterschiedliche Wirkstoffmechanismen eingesetzt werden können. Bei Beibehaltung der Fruchtfolge könnte als erste Maßnahme auf Wirkstoffmechanismen gesetzt werden, welche ein geringes Risiko zur Ausbildung von Resistenzen vorweisen. Hierbei kann auf die Anwendung von Lipidsynthese-Hemmer gesetzt werden. Ein Pflanzenschutzmittel, welches zu dieser Gruppe gehört und eine Zulassung im Getreide vorweisen kann, ist Boxer (HRAC-Gruppe K / WSSA 15).

Die Fruchtfolgen lassen sich anhand ihrer durchschnittlichen Einzelkostenfreien Leistung bewerten. Die höchste EkfL hat die jetzige FF (FF2) auf den schweren Böden mit ca. 560 €/ha. Die Erweiterung der Fruchtfolge auf die Ökoreglung 2, kann auch nach der Berücksichtigung der Prämie von 60 €/ha nicht die wirtschaftliche Leistung der gegenwärtigen Fruchtfolge erbringen. Die Einzelkostenfreie Leistung der neuen Fruchtfolge (FF2a) beträgt etwa 535€/ha. Es ergibt sich eine Differenz von -27€/ha zwischen den beiden Fruchtfolgen. Demzufolge müsste die Prämie in dem Beispielbetrieb für die schweren Standorte mindestens 87€/ha betragen.

Auf leichteren Standorten könnte die Umstellung auf Vielfältige Kulturen, einen Anstieg der EkfL zu Folge haben. Vor der Umstellung betrug die EkfL in der FF1 489€/ha und danach (FF1a) 493€/ha. Die Differenz beträgt somit +4€ je Hektar.

In der Ergebnisdarstellung wurde verdeutlicht, dass mit steigenden Erträgen sich der Einfluss der Prämie verringert und die erweiterten Fruchtfolgen an Vorzüglichkeit verlieren.

Die zuerst für das Förderprogramm veröffentlichte Prämie von 45 Euro je Hektar war für beide Standorte unzureichend, sodass zu wenige diese Fördermöglichkeit nutzten. Eine Erhöhung der Prämie auf 60 Euro je Hektar Ackerland kann für Betriebe mit vermehrt leichten Standorten ausreichend sein. Weitere positive Effekte wie: Pflanzenschutz, Düngung, Brechen von Infektionsketten, Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, sollten mit einbezogen werden.

Auf den schweren Standorten sind die Erträge der Marktfrüchte auf einem höheren Niveau und können somit auch eine größere wirtschaftliche Leistung erbringen. Der Anbau der Körnererbse führt zu einer Verminderung der EkfL. Der Anteil der Leguminose wurde in der Fruchtfolge geringgehalten, um einen hohen EkfL erwirtschaften zu können. Die Prämie von 60€ je ha Ackerland ist auf den schweren unzureichend.

Im Mai 2023 konnten Ackerbaubetriebe am Landesprogramm FP520,, Vielfältige Kulturen`` teilnehmen. Die Förderung dieses Programmes beträgt ebenfalls 60€ je Hektar und ist mit der Förderung aus der ersten Säule koppelbar. Bei Erhalt beider Vergütungen würde auch auf den schweren Standorten durch eine Umstellung der Fruchtfolge eine höhere EkfL erwirtschaftet werden.

Zukünftig sollte auch kalkuliert werden, dass die verstärkte Nachfrage nach Leguminosen für die menschliche Ernährung, wie zum Beispiel Fleischersatzprodukte den Marktwert der Körnerleguminosen im Verhältnis zum Getreide verbessert.

Für die Förderung des Leguminosenanbaus ist zu hinterfragen, ob die Vorgabe von 10% der Gesamtackerfläche sinnvoll ist. Wird die Förderung für jeden Hektar Leguminose gezahlt, so könnte mit einem Betrag von ca. 560 € je Hektar Leguminose die EkfL der Fruchtfolge auf guten Böden erreicht werden. Mit dem Gegenwärtigen Programm werden für 1 ha Futtererbse bis zu 600€ rechnerisch gezahlt (Anbauumfang 10%). Mit der direkten Förderung des Leguminosenanteils könnte die Futtererbse auch kurzfristig für Umbruchflächen im Frühjahr eine Alternative sein.

Derzeit ist der Betrieb optimal auf den Anbau der jetzigen Marktfrüchte ausgelegt. Bei der Umstellung auf eine neue Kultur können auch Folgekosten auftreten. Ein Beispiel hierfür ist die Einlagerung. Die angebauten Kulturen werden zurzeit in eine betriebsnahe Siloanlage eingelagert. Diese Einlagerung ist genau auf die Betriebsgröße und die angebauten Früchte angepasst. Es ist nicht möglich, die Körnererbse in den Silos des Betriebes einzulagern. Sie müsste in der Ernte zum Handel transportiert werden. Durch die große Auswirkung der Preisentwicklung auf die EkfL der Fruchtfolge (siehe Abbildung 8 und 9) ist es jedoch wünschenswert, den Verkauf der Ware auf mehrere Zeitpunkte zu verteilen, um das Risiko zu minimieren. Somit würden Kosten für die Einlagerung und den Transport entstehen.

Andererseits bietet der Anbau der Körnerleguminosen auch Vorteile, welche nicht mit in die Kalkulation eingeflossen sind. Die Aussaat der Erbsen findet im Frühjahr statt,

somit kann die Arbeitsspitze der Herbstaussaat vermindert werden. Ebenso lagern die Leguminosen Stickstoff in den Boden ein, wodurch in der Folgekultur (Raps) Stickstoffdünger eingespart werden kann.

Tierhaltende Betriebe können durch Teilnahme an dem Programm kostengünstiges Eiweißfutter selbst produzieren und sind nicht nur auf den Import von Proteinfuttermitteln angewiesen.

Um ein Vergleich mit anderen Leguminosen zu schaffen, wird die Ackerbohne betrachtet. In den Erntejahren 2016 bis 2021 lag der Ackerbohnenenertrag nach Angaben des statistischen Bundesamts in Mecklenburg-Vorpommern bei 32,1 Dezitonnen je Hektar. Die Futtererbse hingegen nur bei 30,0 Dezitonnen je Hektar. Der Betriebswert beträgt nach Angaben des Bundesinformationszentrum Landwirtschaft in den Anbaujahren 2016-2019 für die Ackerbohne 22,5 €/dt und für die Futtererbse 21,43€/dt. Der Gesamterlös der Ackerbohne ist mit 722€ je Hektar 79€ höher als der Gesamterlös der Futtererbse, welcher nur 643€ je Hektar beträgt. Die Leguminosen müssen also unterschiedlich betrachtet werden. Zu beachten ist jedoch, dass die Ackerbohne deutlich höhere Ansprüche an den Bodenwert hat und somit nur in der Fruchtfolge auf gutem Boden konkurriert.

## **9. Zusammenfassung**

Eine Umstellung auf das Programm Ökoreglung 2 kann aus ökonomischer Sicht für die schweren Standorte nicht empfohlen werden. Auf den leichten Standorten kann die Etablierung einer Körnerleguminose mit dem Erhalt der Prämie von 60€ je Hektar sinnvoll sein. Der Gesamtbetrieb (leichte + schwere Standorte) erwirtschaftet durch die Teilnahme am Programm Ökoreglung 2 eine geringere EkfL als zuvor. Die Wirtschaftlichkeit auf den leichten Standorten ist erst auch durch die Erhöhung der Prämie auf 60€ gegeben.

Zusammenfassend kann abgeleitet werden, dass die Entscheidung für die Umstellung der Fruchtfolge mit einer Leguminose eine einzelbetriebliche Entscheidung bleibt. Sie stellt vor allem für ertragsschwächere Standorte eine Alternative dar und kann ohne wirtschaftlich negative Folgen für den Betrieb einen Beitrag zum Umweltschutz beitragen.

Zukünftig ist aufgrund der politischen Vorgaben zum Erhalt der Biodiversität und zur Begrenzung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln sowie der Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen davon auszugehen, dass erweiterte Fruchtfolgen, insbesondere mit Leguminosen gefördert werden. Für einige Betriebe kann es auch eine Lösung für die Ungräser-Problematik sein.

## **10. Fehlerbetrachtung**

Die hohen Preise durch externe Effekte, Russland-Ukraine Krieg, führten zu hohen Preisen der stochastischen Simulationen für die Erzeugerpreise. Die EkfL für die Früchte sind somit hoch.

Der untersuchte Betrieb ist ein reiner konventionell bewirtschafteter Marktfruchtbetrieb. Kleinkörnige Leguminosen und Gemenge wurden nicht auf ihre Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung untersucht.

Der Versuchsbetrieb verwendet keine organischen Düngemittel und das Stroh wird nicht geerntet. Es können somit keine Aussagen für CO<sub>2</sub> Bilanzen von tierhaltenden Betrieben geschlussfolgert werden.

## Literaturverzeichnis

Ackerbau in Deutschland (o. D.): [online]

<https://www.bauernverband.de/themendossier/afrikanische-schweinepest/ackerbau-in-deutschland>. [abgerufen am 26.02.2024].

Agrarheute, Redaktion (2017): Tipps zum Anbau von Futtererbsen | agrarheute.com,

Agrarheute, [online] <https://www.agrarheute.com/pflanze/leguminosen/tipps-anbau-futtererbsen-443684>. [abgerufen am 26.02.2024].

Anpassung der Ökoreglung ab 2024 (2023): Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, [online]

[https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Landwirtschaft/EU-Agrarpolitik-Foerderung/anpassungen-oekoregelungen-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/EU-Agrarpolitik-Foerderung/anpassungen-oekoregelungen-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=4)  
[abgerufen am 26.02.2024].

Beeck, Manuela (2023): Der Anbau von Futtererbsen und seine Vorteile bei der Stickstofffixierung, in: *SEEDFORWARD*, 03.11.2023, [online]

<https://seedforward.com/de/blog/der-anbau-von-futtererbsen-und-seine-vorteile-bei-der-stickstofffixierung>. [abgerufen am 26.02.2024].

Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft (2021): KTBL, [online]

[https://www.ktbl.de/fileadmin/user\\_upload/Allgemeines/Download/BEK/BEK\\_2021.pdf](https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/BEK/BEK_2021.pdf)  
[abgerufen am 26.02.2024].

Bockholt, Karl (2023): Leguminosen in Deutschland: Hier wachsen die meisten Hülsenfrüchte | agrarheute.com, Agrarheute, [online]

<https://www.agrarheute.com/pflanze/leguminosen/leguminosen-deutschland-wachsen-meisten-huelsenfruechte-603141>. [abgerufen am 26.02.2024].

Effizient düngen (2023): Futtererbsen | effizient düngen, Effizient Düngen, [online]

<https://www.effizientduengen.de/ackererbse-futtererbse/>. [abgerufen am 26.02.2024].

Eiweißpflanzenstrategie des BMEL (2023): BMEL, [online]

<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/eiweisspflanzenstrategie.html>. [abgerufen am 26.02.2024].

Feldsaaten Freudenberger (o. D.): Futtererbse, Freudenberger, [online]

<https://www.freudenberger.net/landwirtschaft/produkte/art/futtererbse>. [abgerufen am 26.02.2024].

Fritz, Sabrina (2024): EU-Kommission nimmt nach Bauernprotesten Pestizidgesetz zurück, in:

*tagesschau.de*, 14.02.2024, [online] <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/eu-kommission-bauernproteste-pestizidgesetz-100.html>. [abgerufen am 26.02.2024].

Fry, Johanna (2023): GAP: Was ist bei der Ökoregelung „Vielfältige Kulturen“ zu beachten? |

*agrarheute.com*, Agrarheute, [online] <https://www.agrarheute.com/pflanze/gap-oekoregelung-vielfaeltige-kulturen-beachten-603255>. [abgerufen am 26.02.2024].

KTBL (o. D.): Berechnungsparameter Klimagasbilanzierung, [online]

<https://daten.ktbl.de/bek/berechnungsparameter>. [abgerufen am 26.02.2024].

Landesforschungsanstalt MV (o. D.): Agrarpolitik, [online] <https://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Agraroeconomie/Agrarpolitik/>.

[abgerufen am 26.02.2024].

Laufkäfer in der Agrarlandschaft: vielfältig – zahlreich – nützlich (o. D.): LfL, [online]

<https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/211545/index.php>. [abgerufen am 26.02.2024].

Lohnt sich der Anbau von Erbsen und Bohnen? (o. D.): Praxis-Agrar, [online]

<https://www.praxis-agrar.de/pflanze/ackerbau/wie-wirtschaftlich-ist-der-anbau-von-erbsen-und-bohnen>. [abgerufen am 26.02.2024].

Lundgren, Jonathan G./Janet K Fergen (2010): The Effects of a Winter Cover Crop on

*Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) Populations and Beneficial Arthropod

- Communities in No-Till Maize, in: *Environmental Entomology*, Volume 39, [online] <https://academic.oup.com/ee/article/39/6/1816/356621>. [abgerufen am 26.02.2024].
- Meinlschmidt, Ewa (2022): Resistenzentwicklung bei Unkräutern und Ungräsern Weidelgrasbekämpfung auf Resistenzstandorten, in: *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Freistaat Sachsen*, [online] [https://www.lfulg.sachsen.de/download/Nachlese\\_PIR\\_Resistenzuntersuchungen.pdf](https://www.lfulg.sachsen.de/download/Nachlese_PIR_Resistenzuntersuchungen.pdf). [abgerufen am 26.02.2024].
- Meyer, Michael (2019): Insektenvielfalt und ökologische Prozesse in Agrar- und Waldlandschaften, in: *Natur und Landschaft*.
- Mußhoff, Oliver/Norbert Hirschauer (2016): *Modernes Agrarmanagement: Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren*.
- Pallutt, Bernhard/Bernd Augustin (2022): Einfluss der Fruchtfolge auf die Verunkrautung, in: *www.openagrar.de*, [online] doi:10.5073/20220117-135616. [abgerufen am 26.02.2024].
- Rice, Elroy L (1984): *Allelopathy*, Academic Press Inc.
- Schindler, Mathias/Wolfgang Schuhmacher (2007): Auswirkungen des Anbaus vielfältiger Fruchtfolgen auf wirbellose Tiere in der Agrarlandschaft, in: *Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn*, [online] [https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/bitstream/handle/20.500.11811/1242/USL\\_Forschungsbericht\\_147.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/bitstream/handle/20.500.11811/1242/USL_Forschungsbericht_147.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [abgerufen am 26.02.2024].
- Schindler, Mathias/Dieter Wittmann (2011): Auswirkungen des Anbaus vielfältiger Fruchtfolgen auf wirbellose Tiere in der Agrarlandschaft, in: *Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn*, [online] [https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/bitstream/handle/20.500.11811/1262/USL\\_Forschungsbericht\\_167.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/bitstream/handle/20.500.11811/1262/USL_Forschungsbericht_167.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [abgerufen am 26.02.2024].
- Schütz, Leon (2020): Vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen im Ackerbau und ihre Eignung zur Förderung von Arthropoden, in: *Journal für Kulturpflanzen*, [online]

[https://www.researchgate.net/profile/Lukas-Schuetz-2/publication/346564883\\_Vorbeugende\\_Pflanzenschutzmassnahmen\\_im\\_Ackerbau\\_und\\_ihre\\_Eignung\\_zur\\_Forderung\\_von\\_Arthropoden/links/5fc77cc745851568d1325400/Vorbeugende-Pflanzenschutzmassnahmen-im-Ackerbau-und-ihre-Eignung-zur-Foerderung-von-Arthropoden.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lukas-Schuetz-2/publication/346564883_Vorbeugende_Pflanzenschutzmassnahmen_im_Ackerbau_und_ihre_Eignung_zur_Forderung_von_Arthropoden/links/5fc77cc745851568d1325400/Vorbeugende-Pflanzenschutzmassnahmen-im-Ackerbau-und-ihre-Eignung-zur-Foerderung-von-Arthropoden.pdf). [abgerufen am 26.02.2024].

Statista (o. D.): Standardabweichung - Statista Definition, Statista Lexikon, [online]

<https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/126/standardabweichung/>.

top agrar online (2021): Top Agrar Online, [online]

<https://www.topagrar.com/heftplus/weidelgras-der-neue-ackerfuchsschwanz-12663165.html>. [abgerufen am 26.02.2024].

Ulber, Lena/Klaus Gehring (o. D.): Resistenzmanagement im Ackerbau - Herbizidresistenz, DLG-Merkblatt 432 - dlg.org, [online]

<https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/pflanzenbau/ackerbau/dlg-merkblatt-432>.

Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen

(Düngeverordnung - DüV) (2020): LMS-Beratung, [online] [https://www.lms-beratung.de/export/sites/lms/de/.galleries/Downloads\\_LFB/DueV/DueV.pdf](https://www.lms-beratung.de/export/sites/lms/de/.galleries/Downloads_LFB/DueV/DueV.pdf)

[abgerufen am 26.02.2024].

Was sind die GLÖZ-Standards? (o. D.): Praxis-Agrar, [online] [https://www.praxis-](https://www.praxis-agrar.de/service/infografiken/was-sind-die-gloez-standards)

[agrar.de/service/infografiken/was-sind-die-gloez-standards](https://www.praxis-agrar.de/service/infografiken/was-sind-die-gloez-standards) [abgerufen am 26.02.2024].



# Anhang

Tabelle 33: Korrelationstabelle

Korrelation	Winterraps t/ha	WRPreis €/t	Interweizen t/WWPreis €/t	tergerste t/GPreis €/t	erroggen VRPreis €/t	uckerrübei ZRPreis €/t	Silomais t/ha	MPPreis €/uttererbse	FEPreis €/t	N Preis KAS	Preis DAF	K Preis KCl					
Winterraps t/ha	1,00																
WRPreis €/t	0,02	1,00															
Winterweizen t/ha	0,78	-0,31	1,00														
WWPreis €/t	0,19	0,91	-0,30	1,00													
Wintergerste t/ha	0,69	-0,03	0,84	-0,04	1,00												
WGPreis €/t	0,12	0,91	-0,33	0,99	-0,05	1,00											
Winterroggen t/ha	0,72	-0,41	0,62	-0,46	0,40	-0,46	1,00										
WRPreis €/t	0,02	0,93	-0,40	0,96	-0,13	0,98	-0,43	1,00									
Zuckerrüben	-0,39	0,14	-0,13	-0,02	-0,15	0,00	-0,82	0,02	1,00								
ZRPreis €/t	0,36	0,05	-0,04	0,27	-0,21	0,19	0,79	0,13	-0,61	1,00							
Silomais t/ha	0,51	0,36	-0,23	0,48	0,29	0,44	0,46	0,43	-0,39	0,63	1,00						
SMPreis €/t	0,07	0,65	-0,15	0,72	0,10	0,73	-0,62	0,61	0,37	-0,08	0,04	1,00					
Futtererbse	0,19	-0,39	0,50	-0,42	0,45	-0,49	-0,11	-0,55	0,32	-0,09	0,06	0,02	1,00				
FEPreis €/t	0,41	0,45	-0,08	0,64	0,18	0,65	-0,97	0,52	0,56	0,12	0,50	0,63	-0,30	1,00			
N Preis KAS	0,30	0,37	-0,12	0,55	0,09	0,56	-0,69	0,43	-0,06	0,10	0,42	0,57	-0,35	0,99	1,00		
P Preis DAP	0,34	0,55	-0,11	0,70	0,09	0,71	-0,68	0,61	-0,01	0,13	0,52	0,62	-0,51	0,98	0,97	1,00	
K Preis KCl	0,22	0,10	-0,12	0,31	0,06	0,31	-0,58	0,16	-0,69	0,12	0,22	0,42	0,30	0,92	0,96	0,85	1,00

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 34 Preisermittlung 1 kg N

	Kalkammonsalpeter (26% N) (Sackware) <sup>23)</sup>									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		Durchschnittspreis für 1 Kg N
DE Preis 100kg N in €	101,57	78,84	77,10	79,59	81,26	73,03	128,55	283,85		112,97
Preis 1 kg N	1,02	0,79	0,77	0,80	0,81	0,73	1,29	2,84		1,13
Quelle BMEL										

Quelle Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 35: Preisermittlung für 1 kg K und 1kg P

Preis t KCl in €				Preis t DAP in €			
Monat Jahr	Preis €/t	Durchschnittspreis 1 t KCl in €	Durchschnittspreis 1kg k in €	Monat Jahr	Preis €/t	Durchschnittspreis 1 t DAP	Durchschnitts
Jan 15	241,05	284,81	0,47	Jan 15	379,68	381,58	0,83
Feb 15	246,34						
Mrz 15	261,58						
Apr 15	277,44						
Mai 15	269,69						
Jun 15	268,9						
Jun 15	268,9	2015 Durchschnittspreis		Jun 15	375,82	2015 Durchschnittspreis	
Jul 15	274,33	267,08	0,45	Jul 15	392,61	375,41	0,82
Aug 15	270,74			Aug 15	390,29		
Sep 15	268,61			Sep 15	381,31		
Okt 15	268,56			Okt 15	377,45		
Nov 15	280,48			Nov 15	357,12		
Dez 15	277,21			Dez 15	313,19		
Jan 16	277,68			Jan 16	301,29		
Feb 16	271,94			Feb 16	294,04		
Mrz 16	271,69			Mrz 16	304,69		
Apr 16	265,9			Apr 16	291,47		
Mai 16	266,39			Mai 16	277		
Jun 16	268,53	2016 Durchschnittspreis		Jun 16	273,1	2016 Durchschnittspreis	
Jul 16	255,31	235,00	0,39	Jul 16	275,83	285,39	0,62
Aug 16	184,19			Aug 16	283,7		
Sep 16	184,13			Sep 16	285,34		
Okt 16	187,42			Okt 16	281,35		
Nov 16	190,88			Nov 16	275,46		
Dez 16	195,89			Dez 16	281,39		
Jan 17	194,42			Jan 17	289,98		
Feb 17	283,27			Feb 17	306,29		
Mrz 17	193,29			Mrz 17	304,8		
Apr 17	192,69			Apr 17	292,19		
Mai 17	186,89			Mai 17	279,88		
Jun 17	183,9	2017 Durchschnittspreis		Jun 17	276,34	2017 Durchschnittspreis	
Jul 17	179,94	192,44	0,32	Jul 17	272,41	286,85	0,62
Aug 17	182,53			Aug 17	271,68		
Sep 17	180,87			Sep 17	273,53		
Okt 17	183,31			Okt 17	274,23		
Nov 17	183,8			Nov 17	293,4		
Dez 17	182,07			Dez 17	301,84		
Jan 18	176,73			Jan 18	295,55		
Feb 18	174,58			Feb 18	299,74		
Mrz 18	174,69			Mrz 18	306,42		
Apr 18	175,55			Apr 18	313,43		
Mai 18	182,33			Mai 18	325,22		
Jun 18	184,54	2018 Durchschnittspreis		Jun 18	335,34	2018 Durchschnittspreis	
Jul 18	184,38	182,57	0,30	Jul 18	342,88	333,68	0,73
Aug 18	186,62			Aug 18	354,18		
Sep 18	184,81			Sep 18	361,58		
Okt 18	187,66			Okt 18	366,39		
Nov 18	189,61			Nov 18	360,92		
Dez 18	189,39			Dez 18	342,45		
Jan 19	188,72			Jan 19	334,65		
Feb 19	189,83			Feb 19	314,81		
Mrz 19	217,21			Mrz 19	296,43		
Apr 19	236,25			Apr 19	288,09		
Mai 19	237,4			Mai 19	280,22		
Jun 19	235,1	2019 Durchschnittspreis		Jun 19	278,83	2019 Durchschnittspreis	
Jul 19	236,74	228,37	0,38	Jul 19	274,19	273,31	0,59
Aug 19	238,63			Aug 19	263,26		
Sep 19	241,24			Sep 19	259,64		
Okt 19	240,21			Okt 19	250,95		
Nov 19	240,12			Nov 19	224,3		
Dez 19	239,01			Dez 19	214,4		
Jan 20	220,7			Jan 20	238,63		
Feb 20	224,61			Feb 20	256,12		
Mrz 20	221,53			Mrz 20	249,75		
Apr 20	225,48			Apr 20	259,53		
Mai 20	198,15			Mai 20	241,27		
Jun 20	179,93	2020 Durchschnittspreis		Jun 20	242,58	2020 Durchschnittspreis	
Jul 20	176,42	191,64	0,32	Jul 20	265,8	272,82	0,59
Aug 20	171,21			Aug 20	289,05		
Sep 20	171,79			Sep 20	304,03		
Okt 20	171,99			Okt 20	303,3		
Nov 20	171,18			Nov 20	304,01		
Dez 20	166,7			Dez 20	319,82		
Jan 21	166,31			Jan 21	346,01		
Feb 21	167,41			Feb 21	437,24		
Mrz 21	170,19			Mrz 21	448,91		
Apr 21	169,06			Apr 21	453,66		
Mai 21	166,77			Mai 21	473,23		
Jun 21	168,11	2021 Durchschnittspreis		Jun 21	502,04	2021 Durchschnittspreis	
Jul 21	171,33	177,87	0,30	Jul 21	518,64	509,58	1,11
Aug 21	187,74			Aug 21	512,36		
Sep 21	188			Sep 21	547,61		
Okt 21	190,47			Okt 21	579,95		
Nov 21	193,38			Nov 21	635,87		
Dez 21	195,61			Dez 21	659,42		
Jan 22	694,67			Jan 22	618,4		
Feb 22	698,22			Feb 22	658,76		
Mrz 22	887,14			Mrz 22	851,41		
Apr 22	1.110,94			Apr 22	881,72		
Mai 22	1.107,03	2022 Durchschnittspreis		Mai 22	797,16	2022 Durchschnittspreis	
Jun 22	1.042,77	849,08	1,42	Jun 22	741,7	746,50	1,62
Jul 22	996,63			Jul 22	771,33		
Aug 22	877,6			Aug 22	739,98		
Sep 22	738,36			Sep 22	759,57		
Okt 22	633,19			Okt 22	737,45		
Nov 22	553,31			Nov 22	654,03		

Quelle: Index Mundi

Tabelle 36: Co2 Bilanzierung Stoppelweizen Teil1

	kg N	kg/l Dünger		
Stoppelweizen:				
SSA	29,4	140		
AHL	75,6	270		
Rest Kalkammons	98,05	363,16		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge	140	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,21	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	29,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	5,23	kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge	270	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/l	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	75,6	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	13,44	kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge	363,16	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	98,05454545	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	17,43	kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe	36,10	Kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge	140	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,21	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	29,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	168,50	Kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge	270	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	75,6	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	433,29	Kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge	363,16	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	98,05454545	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	561,98	Kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe	1163,76	Kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 37: CO2 Bilanzierung Stoppelweizen Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag	8305,45	kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt	0,86	kg TM/kg FM	DüV	
``=Trockenmasse je Hektar	7101,16	kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Korn	0,8	kg Stroh/ kg Korn	DüV	
Trockenmasse Stroh je ha	5680,93	kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
``=TM Stroh + Korn``	12782,09	kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor TM	0,23	kg TM/kg	Parameterdatei	
``=Wurzelrückstände``	2939,88	kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
``=CO2-Emissionen``	151,64	kg CO2/ha	Ergebnis	
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau	-64,93654545	kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei	
``CO2 Emission``	-238,3171218	CO2e/ha	Ergebnis	
N2O-Emissionen aus Humusaufbau				
Humusabbau	-64,93654545	kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis	10	kg C/kg N	Parameterdatei	
``=freigewordene N Menge``	-6,49	kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
``=CO2 Emissionen	-37,22	kg CO2e/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb	
• CO2-EF für CaO	0,79	kg CO2/kg CaO	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO2e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 38: CO2 Bilanzierung Stoppelweizen Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>SSA</b>	Ausgebrachte Menge	140	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,21	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	29,4	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	103,488	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>AHL</b>	Ausgebrachte Menge	270	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	75,6	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,397	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	256,8132	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>KAS</b>	Ausgebrachte Menge	363,16	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	98,05	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	345,152	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Kalimagnesia</b>	Ausgebrachte Menge	176,6666667	kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt	0,3	kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge	53	kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,416	kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	22,048	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>TSP</b>	Ausgebrachte Menge	152,173913	kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt	0,46	kg P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P2O5 Menge	70	kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,542	kg CO2e/kg P2O5	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	37,94	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Saatgut</b>	Aussaatzstärke	160	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	0,89	kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	106,8	kg CO2/ kg FM	Ergebnis
<b>Pflanzenschutzmittel</b>	Ausbringmenge	2,11	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	11,09	kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	23,3999	kg CO2e/ ha	Ergebnis
<b>Energiebereitstellung/Diesel</b>	Dieserverbrauch	60,49	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	3,013	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	182,25637	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Maschinenherstellung</b>	Dieserverbrauch	60,5	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,885	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	53,5425	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Summe Feldbau	1233,97	kg CO2e/ha	Ergebnis	
Summe Betriebsmittelbereitstellung	1131,43997	kg CO2e/ha	Ergebnis	
Summe Gesamt	2365,41	kg CO2e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 39: CO2 Bilanzierung Rübenweizen Teil 1

	kg N	kg/l Dünger		
Rübenweizen:				
SSA	29,4	140		
AHL	75,60	270		
Rest Kalkammons	81	299,61		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge		140 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,21 kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in		29,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''		5,23 kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		270 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kg N/l	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in		75,6 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''		13,44 kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge		299,61 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,27 kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in		80,89454545 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''		14,38 kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe		33,05 kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge		140 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,21 kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in		29,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''		168,50 kg CO2/ha	Ergebnis
	AHL	Ausgebrachte Menge		270 kg
*Stickstoffgehalt			0,28 kg N/kg	Herstellerangabe
''=Ausgebrachte Menge N in			75,6 kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor			0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor			1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial			298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
''=CO2 Emission''			433,29 kg CO2/ha	Ergebnis
KAS		Ausgebrachte Menge		299,61 kg
	*Stickstoffgehalt		0,27 kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in		80,89454545 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''		463,63 kg CO2/ha	Ergebnis
		Summe		1065,41 kg CO2/ha

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 40: CO2 Bilanzierung Rübenweizen Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag		7059,64 kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt		0,86 kg TM/kg FM	DüV	
"=Trockenmasse je Hektar		6035,99 kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Korn		0,8 kg Stroh/ kg Korn	DüV	
Trockenmasse Stroh je ha		4828,79 kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
"=TM Stroh + Korn"		10864,78 kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor TM		0,23 kg TM/kg	Parameterdatei	
"=Wurzelrückstände"	2498,90	kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt		0,009 kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2-Emissionen"	128,90	kg CO2/ha	Ergebnis	
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau		5,078436364 kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor		3,67 CO2/ kg C	Parameterdatei	
"CO2 Emission"	18,63786145	CO2e/ha	Ergebnis	
N2O-Emissionen aus Humusaufbau				
Humusabbau		5,078436364 kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis		11 kg C/kg N	Parameterdatei	
"=freigewordene N Menge"	0,46	kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2 Emissionen	2,65	kg CO2e/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb	
• CO2-EF für CaO	0,79	kg CO2/kg CaO	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO2e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 41: : CO2 Bilanzierung Rügenweizen Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge		140 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,21 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		29,4 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		103,488 kg CO2e/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		270 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		75,6 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,397 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		256,8132 kg CO2e/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge		299,61 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,27 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		80,89 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		284,7488 kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge		176,6666667 kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt		0,3 kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge		53 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,416 kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		22,048 kg CO2e/ha	Ergebnis
TSP	Ausgebrachte Menge		152,173913 kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt		0,46 kg P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P2O5 Menge		70 kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,542 kg CO2e/kg P2O5	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		37,94 kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatzstärke		160 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		0,89 kg CO2e /kg FM	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		106,8 kg CO2/ kg FM	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge		2,11 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		11,09 kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		23,3999 kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch		56,71 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,013 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		170,86723 kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch		56,7 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,885 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		50,1795 kg CO2e/ ha	Ergebnis
Summe Feldbau		1406,65 kg CO2e/ha	Ergebnis	
Summe Betriebsmittelbereitstellung		1056,28463 kg CO2e/ha	Ergebnis	
Summe Gesamt		2462,93 kg CO2e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024



Tabelle 42: CO2 Bilanzierung Gerste schw. Boden Teil 1

Gerste schw Boden	kg N	kg/l Dünger		
AHL	16,8	60		
Piamon 33S	59,4	180		
Rest KAS	88,46	327,61		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge	60	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N	16,8	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfakt	0,038	kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	2,99	kg CO2/ha	Ergebnis
Piamon 33S	Ausgebrachte Menge	180	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,33	kg N/l	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N	59,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfakt	0,038	kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	10,56	kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge	327,61	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N	88,46	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfakt	0,038	kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	15,73	kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe	29,27	Kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge	60	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N	16,8	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	96,29	Kg CO2/ha	Ergebnis
Piamon 33S	Ausgebrachte Menge	180	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,33	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N	59,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	340,44	Kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge	327,61	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N	88,46	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	506,96	Kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe	943,69	Kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 43.: CO2 Bilanzierung Gerste schw. Boden Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag	8465,55	kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt	0,86	kg TM/kg FM DüV		
''=Trockenmasse je Hektar	7238,04	kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Korn	0,7	kg Stroh/ kg	Verband Humus und Erdwi	
Trockenmasse Stroh je ha	5066,63	Kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
''=TM Stroh + Korn''	12304,67	Kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor T	0,22	kg TM/kg	Parameterdatei	
''=Wurzelrückstände''	2707,03	kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei	
''=CO2-Emissionen''	139,63	kg CO2/ha	Ergebnis	
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau	-14,94117273	kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei	
''CO2 Emission''	-54,83410391	CO2e/ha	Ergebnis	
N2O-Emissionen aus Humusabbau				
Humusabbau	-14,94117273	kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis	10	kg C/kg N	Parameterdatei	
''=freigewordene N Menge	-1,49	kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei	
''=CO2 Emissionen	-8,56	kg CO2e/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb	
• CO2-EF für CaO	0,79	kg CO2/kg	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO2e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 44: CO2 Bilanzierung Gerste schw. Boden Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge		60 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		16,8 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfak		3,397 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	57,0696	kg CO2e/ha	Ergebnis
Piamon33S	Ausgebrachte Menge		180 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,33 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		59,4 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfak		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	209,088	kg CO2e/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge		327,61 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,27 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		88,46 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfak		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	311,3632	kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge		170,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt		0,30 kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Meng		51,00 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfa		0,42 kg CO2e/kg K	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	21,22	kg CO2e/ha	Ergebnis
TSP	Ausgebrachte Menge		150 kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt		0,46 kg P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P2O5 Men		69 kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfa		0,542 kg CO2e/kg P	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	37,398	kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatzstärke		120 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfi		0,684 kg CO2e /kg F	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	82,08	kg CO2/ kg F	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge		3,04 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfi		11,09 kg CO2e /kg F	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	33,7136	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch		58,98 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfa		3,013 kg CO2e/l Di	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	177,70674	kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch		59 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfa		0,885 kg CO2e/l Di	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	52,215	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Summe Feldbau	1207,20	kg CO2e/ha	Ergebnis	
Summe Betriebsmittelbereitste	981,85014	kg CO2e/ha	Ergebnis	
Summe Gesamt	2189,05	kg CO2e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 45: CO2 Bilanzierung Gerste leicht Boden Teil 1

Gerste leicht Böden	kg N	kg/l Dünger		
AHL	16,8	60		
Piamon 33S	59,4	180		
Rest KAS	80,39	297,75		

N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge	60	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	16,8	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	2,99	kg CO2/ha	Ergebnis
Piamon 33S	Ausgebrachte Menge	180	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,33	kg N/l	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	59,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	10,56	kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge	297,75	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	80,39	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	14,29	kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe	27,84	Kg CO2/ha	Ergebnis

N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge	60	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	16,8	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	96,29	Kg CO2/ha	Ergebnis
	Piamon 33S	Ausgebrachte Menge	180	kg
*Stickstoffgehalt		0,33	kg N/kg	Herstellerangabe
''=Ausgebrachte Menge N in kg''		59,4	kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor		1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial		298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
''=CO2 Emission''		340,44	Kg CO2/ha	Ergebnis
KAS		Ausgebrachte Menge	297,75	kg
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''	80,39	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''	460,76	kg CO2/ha	Ergebnis
		Summe	897,48	Kg CO2/ha

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 46: CO2 Bilanzierung Gerste leicht Boden Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag	7659,30	kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt	0,86	kg TM/kg FM	DüV	
''=Trockenmasse je Hektar	6548,70	kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Korn	0,7	kg Stroh/ kg Korn	Verband Humus und Erdwirtschaft	
Trockenmasse Stroh je ha	4584,09	kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
''=TM Stroh + Korn''	11132,80	kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor TM	0,22	kg TM/kg	Parameterdatei	
''=Wurzelrückstände''	2449,22	kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
''=CO2-Emissionen''	126,33	kg CO2/ha	Ergebnis	
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau	24,48408182	kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei	
''CO2 Emission''	89,86	CO2e/ha	Ergebnis	
N2O-Emissionen aus Humusaubbau				
Humusabbau	24,48408182	kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis	11	kg C/kg N	Parameterdatei	
''=freigewordene N Menge''	2,23	kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
''=CO2 Emissionen	12,76	kg CO2e/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb	
• CO2-EF für CaO	0,79	kg CO2/kg CaO	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO2e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 47: CO2 Bilanzierung Gerste leicht Boden Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>AHL</b>	Ausgebrachte Menge	60	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	16,8	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,397	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	57,0696	kg CO2e/ha	Ergebnis
Piamon33S	Ausgebrachte Menge	180	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,33	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	59,4	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	209,088	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>KAS</b>	Ausgebrachte Menge	297,75	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	80,39	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	282,9834667	kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge	170,00	kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt	0,30	kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge	51,00	kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,42	kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	21,22	kg CO2e/ha	Ergebnis
TSP	Ausgebrachte Menge	150	kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt	0,46	kg P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P2O5 Menge	69	kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,542	kg CO2e/kg P2O5	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	37,398	kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatzstärke	120	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	0,684	kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	82,08	kg CO2/ kg FM	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge	3,04	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	11,09	kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	33,7136	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch	54,05	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	3,013	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	162,85265	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Maschinenherstellung</b>	Dieserverbrauch	54,1	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,885	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	47,8785	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Summe Feldbau		1155,06	kg CO2e/ha	Ergebnis
Summe Betriebsmittelbereitstellung		934,2798167	kg CO2e/ha	Ergebnis
Summe Gesamt		2089,34	kg CO2e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 48: CO2 Bilanzierung Raps schw. Boden Teil 1

Raps schw B	kg N	kg/l Dünger		
MAP	14,4	120		
AHL	11,2	40		
ASS	78	300		
Harnstoff	68,25	148,37		

N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge	120	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,12	kg N/kg	Herstellerausgabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"	14,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"	2,56	kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge	40	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerausgabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"	11,2	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"	1,99	kg CO2/ha	Ergebnis
ASS	Ausgebrachte Menge	300	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,26	kg N/l	Herstellerausgabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"	78	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"	13,87	kg CO2/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge	148,37	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,46	kg N/kg	Herstellerausgabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"	68,25	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"	12,13	kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe	27,99	Kg CO2/ha	Ergebnis

N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge	120	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,12	kg N/kg	Herstellerausgabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"	14,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emission"	82,53	Kg CO2/ha	Ergebnis
	AHL	Ausgebrachte Menge	40	kg
*Stickstoffgehalt		0,28	kg N/kg	Herstellerausgabe
"=Ausgebrachte Menge N in kg"		11,2	kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor		1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial		298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
"=CO2 Emission"		64,19	Kg CO2/ha	Ergebnis
ASS		Ausgebrachte Menge	300	kg
	*Stickstoffgehalt	0,26	kg N/kg	Herstellerausgabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"	78	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emission"	447,04	Kg CO2/ha	Ergebnis
	Harnstoff	Ausgebrachte Menge	148,37	kg
*Stickstoffgehalt		0,46	kg N/kg	Herstellerausgabe
"=Ausgebrachte Menge N in kg"		68,25	kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor		1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial		298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
"=CO2 Emission"		391,15	Kg CO2/ha	Ergebnis
		Summe	984,92	Kg CO2/ha

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 49: CO2 Bilanzierung Raps schw. Boden Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründüng				
	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
	Frischmasseertrag	4092,45	kg/ha	Betriebsangabe
	*TM Gehalt	0,91	kg TM/kg FM	DüV
	''=Trockenmasse je Hektar	3499,05	kg TM/ha	Ergebnis
	Verhältnis Stroh Korn	1,7	kg Stroh/ kg Korn	DüV
	Trockenmasse Stroh je ha	5948,38	Kg Stroh TM/ha	Ergebnis
	''=TM Stroh + Korn''	9447,43	Kg TM/ha	Ergebnis
	*Proportionalitätsfaktor TM	0,22	kg TM/kg	Parameterdatei
	''=Wurzelrückstände''	2078,43	kg TM/kg	Ergebnis
	*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2-Emissionen''	107,21	kg CO2/ha	Ergebnis
CO2 Emissionen aus Harnstoffdüngung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Harnstoff	Ausgebrachte Menge	148,37	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,46	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte N Menge''	68,25	kg N/ha	Ergebnis
	*CO2 Emissionsfaktor	1,57	kg CO2e/kg Harnstoff N	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	107,15	kg CO2/ha	Ergebnis
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
	Humusabbau	-87,16209091	kg Humus/ha	Humusbilanz
	*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei
	''CO2 Emission''	-319,8848736	CO2e/ha	Ergebnis
N2O-Emissionen aus Humusaubbau				
	Humusabbau	-87,16209091	kg Humus/ha	Humusbilanz
	:N/C Verhältnis	10	kg C/kg N	Parameterdatei
	''=freigewordene N Menge''	-8,72	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen	-49,96	kg CO2e/ha	Ergebnis
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt		Wert	Einheit	Datenherkunft
Kalkdüngung		200	kg CaO/ha	Betrieb
• CO <sub>2</sub> -EF für CaO		0,79	kg CO <sub>2</sub> /kg CaO	Parameterdatei
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung		158	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024



Tabelle 50: CO2 Bilanzierung Raps schw. Boden Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,12 kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge		14,4 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	50,688	kg CO2e/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		300 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge		84 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,397 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	285,348	kg CO2e/ha	Ergebnis
ASS	Ausgebrachte Menge		300,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,26 kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge		78,00 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	274,56	kg CO2e/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		148,37 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge		68,25 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,50 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	239,01	kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge		136,67 kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt		0,30 kg K2O/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte K2O Menge		41,00 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,42 kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	17,06	kg CO2e/ha	Ergebnis
MAP	Ausgebrachte Menge		120,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt		0,52 kg P2O5/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte P2O5 Menge		62,40 kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,54 kg CO2e/kg P2O5	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	33,82	kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatstärke		5,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		2,10 kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	10,48	kg CO2/ kg FM	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge		2,76 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		11,09 kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	30,61	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch		49,10 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,01 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	147,94	kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch		49,10 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,89 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	43,45	kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau		1015,43	
	Summe Betriebsmittelbereitstellung		1132,96	
	Summe Gesamt		2148,39	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 51: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden Teil 1

Raps lei Boden	kg N	kg/l Dünger		
MAP	14,4	120		
AHL	11,2	40		
ASS	78	300		
Harnstoff	51,63	112,25		

N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln					
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg	Betriebsdaten	
	*Stickstoffgehalt		0,12 kg N/kg	Herstellerausgabe	
	"/=Ausgebrachte Menge N in kg"		14,4 kg N/ha	Ergebnis	
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei	
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei	
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"/=CO2 Emissionen"		2,56	kg CO2/ha	Ergebnis	
AHL	Ausgebrachte Menge		40 kg	Betriebsdaten	
	*Stickstoffgehalt		0,28 kg N/kg	Herstellerausgabe	
	"/=Ausgebrachte Menge N in kg"		11,2 kg N/ha	Ergebnis	
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei	
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei	
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"/=CO2 Emissionen"		1,99	kg CO2/ha	Ergebnis	
ASS	Ausgebrachte Menge		300 kg	Betriebsdaten	
	*Stickstoffgehalt		0,26 kg N/l	Herstellerausgabe	
	"/=Ausgebrachte Menge N in kg"		78 kg N/ha	Ergebnis	
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei	
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei	
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"/=CO2 Emissionen"		13,87	kg CO2/ha	Ergebnis	
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		112,25 kg	Betriebsdaten	
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerausgabe	
	"/=Ausgebrachte Menge N in kg"		51,63 kg N/ha	Ergebnis	
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei	
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei	
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"/=CO2 Emissionen"		9,18	kg CO2/ha	Ergebnis	
	Summe		25,04	kg CO2/ha	Ergebnis

N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern					
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg	Betriebsdaten	
	*Stickstoffgehalt		0,12 kg N/kg	Herstellerausgabe	
	"/=Ausgebrachte Menge N in kg"		14,4 kg N/ha	Ergebnis	
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei	
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
	"/=CO2 Emission"		82,53	kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		40 kg	Betriebsdaten	
	*Stickstoffgehalt		0,28 kg N/kg	Herstellerausgabe	
	"/=Ausgebrachte Menge N in kg"		11,2 kg N/ha	Ergebnis	
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei	
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
	"/=CO2 Emission"		64,19	kg CO2/ha	Ergebnis
ASS	Ausgebrachte Menge		300 kg	Betriebsdaten	
	*Stickstoffgehalt		0,26 kg N/kg	Herstellerausgabe	
	"/=Ausgebrachte Menge N in kg"		78 kg N/ha	Ergebnis	
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei	
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
	"/=CO2 Emission"		447,04	kg CO2/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		112,25 kg	Betriebsdaten	
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerausgabe	
	"/=Ausgebrachte Menge N in kg"		51,63 kg N/ha	Ergebnis	
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei	
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
	"/=CO2 Emission"		295,93	kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe		889,69	kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 52: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag	3507,82	kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt	0,91	kg TM/kg FM	DüV	
"=Trockenmasse je Hektar	2999,18	kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Korn	1,7	kg Stroh/ kg Korn	DüV	
Trockenmasse Stroh je ha	5098,61	kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
"=TM Stroh + Korn"	8097,80	kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor TM	0,22	kg TM/kg	Parameterdatei	
"=Wurzelrückstände"	1781,52	kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2-Emissionen"	91,89	kg CO2/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus Harnstoffdüngung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Harnstoff	Ausgebrachte Menge	112,25	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,46	kg N/kg	Herstellerausgabe
	"=Ausgebrachte N Menge"	51,63	kg N/ha	Ergebnis
	*CO2 Emissionsfaktor	1,57	kg CO2e/kg Harnstoff	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"	81,07	kg CO2/ha	Ergebnis
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau	-17,59036364	kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei	
"CO2 Emission"	-64,55663455	CO2e/ha	Ergebnis	
N2O-Emissionen aus Humusabbau				
Humusabbau	-17,59036364	kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis	10	kg C/kg N	Parameterdatei	
"=freigewordene N Menge"	-1,76	kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2 Emissionen	-10,08	kg CO2e/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb	
• CO <sub>2</sub> -EF für CaO	0,79	kg CO <sub>2</sub> /kg CaO	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 53: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge	120	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,12	kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge	14,4	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	50,688	kg CO2e/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge	300	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge	84	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,397	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	285,348	kg CO2e/ha	Ergebnis
ASS	Ausgebrachte Menge	300,00	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,26	kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge	78,00	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	274,56	kg CO2e/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge	112,25	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,46	kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge	51,63	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,50	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	180,82	kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge	136,67	kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt	0,30	kg K2O/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte K2O Menge	41,00	kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,42	kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	17,06	kg CO2e/ha	Ergebnis
MAP	Ausgebrachte Menge	120,00	kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt	0,52	kg P2O5/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte P2O5 Menge	62,40	kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,54	kg CO2e/kg P2O5	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	33,82	kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatzstärke	5,00	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	2,10	kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	10,48	kg CO2/ kg FM	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge	2,76	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	11,09	kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	30,61	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch	45,50	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	3,01	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	137,09	kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch	49,10	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,89	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	43,45	kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau	1171,05		
	Summe Betriebsmittelbereitstellung	1063,93		
	Summe Gesamt	2234,98		

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 54: CO2 Bilanzierung Roggen Teil1

Roggen	kg N	kg/l Dünger		
AHL	16,8	60		
Piamon 335	59,4	180		
KAS	85,06	315,04		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge	60	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerrangabe
	**=Ausgebrachte Menge N in kg**	16,8	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	**=CO2 Emissionen**	2,99	kg CO2/ha	Ergebnis
Piamon 335	Ausgebrachte Menge	180	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,33	kg N/l	Herstellerrangabe
	**=Ausgebrachte Menge N in kg**	59,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	**=CO2 Emissionen**	10,56	kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge	315,04	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerrangabe
	**=Ausgebrachte Menge N in kg**	85,06	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	**=CO2 Emissionen**	15,12	kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe	28,67	Kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge	180	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerrangabe
	**=Ausgebrachte Menge N in kg**	50,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	**=CO2 Emission**	288,80	Kg CO2/ha	Ergebnis
	Piamon 335	Ausgebrachte Menge	315,0440917	kg
*Stickstoffgehalt		0,33	kg N/kg	Herstellerrangabe
**=Ausgebrachte Menge N in kg**		103,9645503	kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor		1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial		298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
**=CO2 Emission**		595,89	Kg CO2/ha	Ergebnis
KAS		Ausgebrachte Menge	315,04	kg
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerrangabe
	**=Ausgebrachte Menge N in kg**	85,06	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	**=CO2 Emission**	487,51	Kg CO2/ha	Ergebnis
		Summe	1372,22	Kg CO2/ha

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 55: CO2 Bilanzierung Roggen Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag	9126,19	kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt	0,86	kg TM/kg FM	DiV	
"=Trockenmasse je Hektar	7802,89	kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Korn	0,9	kg Stroh/ kg Korn	Verband Humus und Erdwirtsch	
Trockenmasse Stroh je ha	7022,60	kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
"=TM Stroh + Korn"	14825,50	kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor TM	0,22	kg TM/kg	Parameterdatei	
"=Wurzelrückstände"	3261,61	kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2-Emissionen"	168,24	kg CO2/ha	Ergebnis	
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau	-174,3447619	kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei	
"CO2 Emission"	-639,85	kg CO2e/ha	Ergebnis	
N2O-Emissionen aus Humusaufbau				
Humusabbau	-174,3447619	kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis	10	kg C/kg N	Parameterdatei	
"=freigewordene N Menge"	-17,43	kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2 Emissionen	-99,92	kg CO2e/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb	
• CO <sub>2</sub> -EF für CaO	0,79	kg CO <sub>2</sub> /kg CaO	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 56: CO2 Bilanzierung Roggen Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
AHL	Ausgebrachte Menge		60,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		16,80 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,40 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		57,07 kg CO2e/ha	Ergebnis
Piamon335	Ausgebrachte Menge		180,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,33 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		59,40 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		209,09 kg CO2e/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge		315,04 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,27 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		85,06 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		299,42 kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge		183,33 kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt		0,30 kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge		55,00 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,42 kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		22,88 kg CO2e/ha	Ergebnis
TSP	Ausgebrachte Menge		139,13 kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt		0,46 kg P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P2O5 Menge		64,00 kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,54 kg CO2e/kg P2O5	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		34,688 kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatsstärke		100 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		0,828 kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		82,8 kg CO2/ kg FM	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge		2,457 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		11,09 kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		27,24813 kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch		58,02 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,013 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		174,81426 kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch		54,1 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,885 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		47,8785 kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Pflanzenbau		987,36	
	Summe Betriebsmittelbereitstellung		955,88	
	Summe Insgesamt		1943,25	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 57: Weizen leicht. Boden nach Raps Teil 1

Weizen leicht B nach Raps	kg N	kg/l Dünger		
SSA	29,4	140		
AHL	75,6	270		
Rest Kalkammons	83,35	308,71		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge		140 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,21 kg N/kg	Herstellerangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		29,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		5,23 kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		270 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kg N/l	Herstellerangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		75,6 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		13,44 kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge		308,71 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,27 kg N/kg	Herstellerangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		83,35272727 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		14,82 kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe		33,49 Kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge		140 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,21 kg N/kg	Herstellerangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		29,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emission"		168,50 Kg CO2/ha	Ergebnis
	AHL	Ausgebrachte Menge		270 kg
*Stickstoffgehalt			0,28 kg N/kg	Herstellerangabe
"=Ausgebrachte Menge N in kg"			75,6 kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor			0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor			1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial			298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
"=CO2 Emission"			433,29 Kg CO2/ha	Ergebnis
KAS		Ausgebrachte Menge		308,71 kg
	*Stickstoffgehalt		0,27 kg N/kg	Herstellerangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		83,35272727 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emission"		477,72 Kg CO2/ha	Ergebnis
		Summe		1079,50 Kg CO2/ha

Quelle: Eigene Berechnung, 2024



Tabelle 58: Weizen leicht. Boden nach Raps Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag	7890,18	kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt	0,86	kg TM/kg FM	DüV	
"=Trockenmasse je Hektar	6746,11	kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Korn	0,8	kg Stroh/ kg Korn	Verband Humus und Erdwirtschaft	
Trockenmasse Stroh je ha	5396,88	Kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
"=TM Stroh + Korn"	12142,99	Kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor TM	0,23	kg TM/kg	Parameterdatei	
"=Wurzelrückstände"	2792,89	kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2-Emissionen"	144,06	kg CO2/ha	Ergebnis	
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau	-41,59821818	kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei	
"CO2 Emission"	-152,6654607	CO2e/ha	Ergebnis	
N2O-Emissionen aus Humusaufbau				
Humusabbau	-41,59821818	kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis	10	kg C/kg N	Parameterdatei	
"=freigewordene N Menge"	-4,16	kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2 Emissionen	-23,84	kg CO2e/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb	
• CO <sub>2</sub> -EF für CaO	0,79	kg CO <sub>2</sub> /kg CaO	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 59: : Weizen leicht. Boden nach Raps Teil 3

Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>SSA</b>	Ausgebrachte Menge	140,00	kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Stickstoffgehalt</b>	0,21	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	29,40	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>103,49</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>AHL</b>	Ausgebrachte Menge	270,00	kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Stickstoffgehalt</b>	0,28	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	75,60	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,40	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>256,81</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>KAS</b>	Ausgebrachte Menge	308,71	kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Stickstoffgehalt</b>	0,27	kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge	83,35	kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor	3,52	kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>293,40</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Kalimagnesia</b>	Ausgebrachte Menge	176,67	kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Kaliumgehalt</b>	0,30	kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge	53,00	kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,42	kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>22,05</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>TSP</b>	Ausgebrachte Menge	152,17	kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Phosphatgehalt</b>	0,46	kg P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P2O5 Menge	70,00	kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,54	kg CO2e/kg P2O5	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>37,94</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Saatgut</b>	Aussaatzstärke	160,00	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	0,89	kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>142,40</b>	kg CO2/ kg FM	Ergebnis
<b>Pflanzenschutzmittel</b>	Ausbringmenge	2,11	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	11,09	kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>23,40</b>	kg CO2e/ ha	Ergebnis
<b>Energiebereitstellung/Diesel</b>	<b>Dieserverbrauch</b>	56,01	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	3,01	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>168,76</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Maschinenherstellung</b>	<b>Dieserverbrauch</b>	56,00	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,89	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	<b>49,56</b>	kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau	<b>1238,54</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis
	Summe Betriebsmittelbereitstellung	<b>1097,81</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis
	Summe Gesamt	<b>2336,35</b>	kg CO2e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 60: : Weizen leicht. Boden nach Mais Teil 1

	kg N	kg/l Dünger		
Weizen leicht B nach Mais				
SSA	29,4	140		
AHL	75,6	270		
Rest Kalkammons	93,35	345,75		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge	140	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,21	kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""	29,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
""=CO2 Emissionen""	5,23	kg CO2/ha	Ergebnis	
AHL	Ausgebrachte Menge	270	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/l	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""	75,6	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
""=CO2 Emissionen""	13,44	kg CO2/ha	Ergebnis	
KAS	Ausgebrachte Menge	345,75	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""	93,35272727	kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor	0,038	kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor	0,01	N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
""=CO2 Emissionen""	16,60	kg CO2/ha	Ergebnis	
	Summe	35,26	Kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge	140	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,21	kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""	29,4	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	""=CO2 Emission""	168,50	Kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge	270	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,28	kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""	75,6	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	""=CO2 Emission""	433,29	Kg CO2/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge	345,75	kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,27	kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""	93,35272727	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	""=CO2 Emission""	535,03	Kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe	1136,82	Kg CO2/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 61: Weizen leicht. Boden nach Mais Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Strohh- und Gründung			
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Frischmasseertrag		7890,18 kg/ha	Betriebsangabe
*TM Gehalt		0,86 kg TM/kg FM	DüV
"=Trockenmasse je Hektar		6746,11 kg TM/ha	Ergebnis
Verhältnis Stroh Korn		0,8 kg Stroh/ kg Korn	Verband Humus und Erdwirtschaft
Trockenmasse Stroh je ha		5396,88 kg Stroh TM/ha	Ergebnis
"=TM Stroh + Korn"		12142,99 kg TM/ha	Ergebnis
*Proportionalitätsfaktor TM		0,23 kg TM/kg	Parameterdatei
"=Wurzelrückstände"	2792,89	kg TM/kg	Ergebnis
*Stickstoffgehalt		0,009 kg N/kg TM	Parameterdatei
*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
"=CO2-Emissionen"	144,06	kg CO2/ha	Ergebnis
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten			
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Humusabbau		-41,60 kg Humus/ha	Humusbilanz
*Umrechnungsfaktor		3,67 CO2/ kg C	Parameterdatei
"CO2 Emission"	-152,67	CO2e/ha	Ergebnis
N2O-Emissionen aus Humusaufbau			
Humusabbau		-41,60 kg Humus/ha	Humusbilanz
:N/C Verhältnis		10,00 kg C/kg N	Parameterdatei
"=freigewordene N Menge"	-4,16	kg N/ha	Ergebnis
*Lachgasemissionsfaktor		0,01 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial		298,00 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
"=CO2 Emissionen	-23,84	kg CO2e/ha	Ergebnis
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung			
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb
• CO2-EF für CaO	0,79	kg CO2/kg CaO	Parameterdatei
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO2e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 62: : Weizen leicht. Boden nach Mais Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
SSA	Ausgebrachte Menge		140,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,21 kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge		29,40 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	103,49	kg CO2e/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		270,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge		75,60 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,40 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	256,81	kg CO2e/ha	Ergebnis
KAS	Ausgebrachte Menge		345,75 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,27 kgN/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte N Menge		93,35 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	328,60	kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge		176,67 kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt		0,30 kg K2O/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte K2O Menge		53,00 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,42 kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	=CO2 Emissionen	22,05	kg CO2e/ha	Ergebnis
TSP	Ausgebrachte Menge		152,17 kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt		0,46 kg P2O5/kg	Herstellerrangabe
	=Ausgebrachte P2O5 Menge		70,00 kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,54 kg CO2e/kg P2O5	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	37,94	kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatstärke		160,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		0,89 kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	142,40	kg CO2/ kg FM	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge		2,11 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		11,09 kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	23,40	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch		56,01 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,01 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	168,76	kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch		56,00 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,89 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	=CO2 Emissionen	49,56	kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau		1297,64 kg CO2e/ha	Ergebnis
	Summe Betriebsmittelbereitstellung		1133,01 kg CO2e/ha	Ergebnis
	Summe Gesamt		2430,64 kg CO2e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 63: CO2 Bilanzierung Zuckerrüben Teil 1

Zuckerrüben	kg N	kg/l Dünger		
DAP	23,4	130		
Harnstoff	123,28	267,99		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
DAP	Ausgebrachte Menge		130 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,18 kg N/kg	Herstellerrangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''		23,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,041 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
''=CO2 Emissionen''		4,49 kg CO2/ha	Ergebnis	
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		267,99 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerrangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''		123,28 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
''=CO2 Emissionen''		21,92 kg CO2/ha	Ergebnis	
Summe		26,41 kg CO2/ha	Ergebnis	
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
DAP	Ausgebrachte Menge		130 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,18 kg N/kg	Herstellerrangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''		23,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''		134,11 kg CO2/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		267,99 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerrangabe
	''=Ausgebrachte Menge N in kg''		123,28 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emission''		706,52 kg CO2/ha	Ergebnis
Summe		840,64 kg CO2/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 64: CO2 Bilanzierung Zuckerrüben Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
	Frischmasseertrag		71675,00 kg/ha	Betriebsangabe
	*TM Gehalt		0,23 kg TM/kg FM	DüV
	"=Trockenmasse je Hektar		16485,25 kg TM/ha	Ergebnis
	Verhältnis Kraut Rübenkörper		0,7 kg Kraut/ kg Rübenkörper	Verband Humus und Erdwirtschaft
	Trockenmasse Stroh je ha		11539,68 kg Stroh TM/ha	Ergebnis
	"=TM Stroh + Korn"		28024,93 kg TM/ha	Ergebnis
	*Proportionalitätsfaktor TM		0,22 kg TM/kg	Parameterdatei
	"=Wurzelrückstände"	6165,48	kg TM/kg	Ergebnis
	*Stickstoffgehalt		0,009 kg N/kg TM	Parameterdatei
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2-Emissionen"	318,03	kg CO2/ha	Ergebnis
CO2 Emissionen aus Harnstoffdüngung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		267,99 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerangabe
	"=Ausgebrachte N Menge"		123,28 kg N/ha	Ergebnis
	*CO2 Emissionsfaktor		1,57 kg CO2e/kg Harnstoff N	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"	193,54	kg CO2/ha	Ergebnis
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
	Humusabbau		648,1475 kg Humus/ha	Humusbilanz
	*Umrechnungsfaktor		3,67 CO2/ kg C	Parameterdatei
	"=CO2 Emission"	2378,701325	CO2e/ha	Ergebnis
N2O-Emissionen aus Humusaabbau				
	Humusabbau		648,1475 kg Humus/ha	Humusbilanz
	:N/C Verhältnis		11 kg C/kg N	Parameterdatei
	"=freigewordene N Menge"	58,92	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgasemissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen	337,70	kg CO2e/ha	Ergebnis
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt		Wert	Einheit	Datenherkunft
Kalkdüngung		200	kg CaO/ha	Betrieb
• CO <sub>2</sub> -EF für CaO		0,79	kg CO <sub>2</sub> /kg CaO	Parameterdatei
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung		158	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 65: CO2 Bilanzierung Zuckerrüben Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>DAP</b>	Ausgebrachte Menge		130 kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Stickstoffgehalt</b>		0,18 kgN/kg	Herstellerrangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		23,4 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	82,368	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Harnstoff</b>	Ausgebrachte Menge		267,99 kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Stickstoffgehalt</b>		0,46 kgN/kg	Herstellerrangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		123,28 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,50 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	431,71	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>DAP</b>	Ausgebrachte Menge		130 kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Phosphatgehalt</b>		0,46 P2O5/kg	Herstellerrangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		59,8 kg P2O5/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg P2O5	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	210,496	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Kalimagnesia</b>	Ausgebrachte Menge		600,00 kg/ha	Betriebsdaten
	<b>*Kaliumgehalt</b>		0,30 kg K2O/kg	Herstellerrangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge		180,00 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,416 kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	74,88	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Saatgut</b>	Aussaatzstärke		15 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		2,069 kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	31,035	kg CO2/ kg FM	Ergebnis
<b>Pflanzenschutzmittel</b>	Ausbringmenge		6,12 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		11,09 kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	67,8708	kg CO2e/ ha	Ergebnis
<b>Energiebereitstellung/Diesel</b>	<b>Dieserverbrauch</b>		102,8 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,013 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	309,7364	kg CO2e/ha	Ergebnis
<b>Maschinenherstellung</b>	<b>Dieserverbrauch</b>		102,8 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,885 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	90,978	kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau	4253,01	kg CO2e/ha	Ergebnis
	Summe Betriebsmittelbereitstellung	1299,01	kg CO2e/ha	Ergebnis
	Summe Gesamt	5552,08	kg CO2e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024



Tabelle 66: CO2 Bilanzierung Futtererbse

Futtererbse				
N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag	3195,85	kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt	0,86	kg TM/kg FM	DÜV	
"=Trockenmasse je Hektar	2748,43	kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Erbse	1	kg Kraut/ kg Rübenkörper	DÜV	
Trockenmasse Stroh je ha	2748,43	Kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
"=TM Stroh + Korn"	5496,86	kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor TM	0,22	kg TM/kg	Parameterdatei	
"=Wurzelrückstände"	1209,31	kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2-Emissionen"	62,38	kg CO2/ha	Ergebnis	
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau	-160	kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei	
"CO2 Emission"	-587,2	CO2e/ha	Ergebnis	
N2O-Emissionen aus Humusaubbau				
Humusabbau	-160	kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis	10	kg C/kg N	Parameterdatei	
"=freigewordene N Menge"	-16,00	kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2 Emissionen	-91,70	kg CO2e/ha	Ergebnis	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb	
• CO2-EF für CaO	0,79	kg CO2e/kg CaO	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO2e/ha	Ergebnis	
Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge	150,00	kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt	0,30	kg K2O/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte K2O Menge	45,00	kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,416	kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
"=CO2 Emissionen	18,72	kg CO2e/ha	Ergebnis	
Saatgut	Aussaatzstärke	15	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	2,069	kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	"=CO2 Emissionen	31,035	kg CO2/ kg FM	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge	6,12	kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor	11,09	kg CO2e /kg Wirkstoff	Parameterdatei KTBL
	"=CO2 Emissionen	67,8708	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch	42,22	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	3,013	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	"=CO2 Emissionen	127,20886	kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch	102,8	l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor	0,885	kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	"=CO2 Emissionen	90,978	kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau	-458,52	kg CO2e/ha	Ergebnis
	Summe Betriebsmittelbereitstellung	335,81	kg CO2e/ha	Ergebnis
	Summe Gesamt	-122,71	kg CO2e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 67: CO2 Bilanzierung Silomais Teil 1

Silomais	KgN /ha	kg/Dünger		
DAP	21,6	120		
Harnstoff	131,18	285,17		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
DAP	Ausgebrachte Menge		120 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,18 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		21,6 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,041 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		4,14 kg CO2/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		285,17 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		131,18 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg N	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg NH3-N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		23,32 kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe		27,46 kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
DAP	Ausgebrachte Menge		120 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,18 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		21,6 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N2-O	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	"=CO2 Emission"		123,80 kg CO2/ha	Ergebnis
	Harnstoff	Ausgebrachte Menge		285,17 kg
*Stickstoffgehalt			0,46 kg N/kg	Herstellerrangabe
"=Ausgebrachte Menge N in kg"			131,18 kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor			0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor			1,57 kg N2O /kg N2-O	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial			298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
"=CO2 Emission"			751,81 kg CO2/ha	Ergebnis
		Summe		875,60 kg CO2/ha
<b>CO2 Emissionen aus Harnstoffdüngung</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		285,17 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte N Menge"		131,18 kg N/ha	Ergebnis
	*CO2 Emissionsfaktor		1,57 kg CO2e/kg Harnst	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		205,95 kg CO2/ha	Ergebnis
<b>CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten</b>				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau		800 kg Humus/ha	Humusbilanz	
*Umrechnungsfaktor		3,67 CO2/ kg C	Parameterdatei	
"CO2 Emission"		2936 kg CO2e/ha	Ergebnis	
<b>N2O-Emissionen aus Humusaubbau</b>				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Humusabbau		800 kg Humus/ha	Humusbilanz	
:N/C Verhältnis		11 kg C/kg N	Parameterdatei	
"=freigewordene N Menge"		72,73 kg N/ha	Ergebnis	
*Lachgasemissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei	
"=CO2 Emissionen		416,82 kg CO2e/ha	Ergebnis	
<b>CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung</b>				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Kalkdüngung		200 kg CaO/ha	Betrieb	
• CO2-EF für CaO		0,79 kg CO2/kg CaO	Parameterdatei	
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung		158 kg CO2e/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 68: CO2 Bilanzierung Silomais Teil 2

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
<b>DAP</b>	Ausgebrachte Menge		120 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,18 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		21,6 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		76,032	kg CO2e/ha
<b>Harnstoff</b>	Ausgebrachte Menge		285,17 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		131,18 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,50 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		459,38	kg CO2e/ha
<b>DAP</b>	Ausgebrachte Menge		120 kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt		0,46 P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		55,2 kg P2O5/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg P2O5	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		194,304	kg CO2e/ha
<b>Kalimagnesia</b>	Ausgebrachte Menge		640,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt		0,30 kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge		192,00 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,416 kg CO2e/kg K2O	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen		79,872	kg CO2e/ha
<b>Saatgut</b>	Aussaatzstärke		15 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		2,136 kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		32,04	kg CO2/ kg FM
<b>Pflanzenschutzmittel</b>	Ausbringmenge		1,1 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		11,09 kg CO2e /kg Wirk	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		12,199	kg CO2e/ ha
<b>Energiebereitstellung/Diesel</b>	Dieserverbrauch		120 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,013 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		361,56	kg CO2e/ha
<b>Maschinenherstellung</b>	Dieserverbrauch		70 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,885 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		61,95	kg CO2e/ ha
	Summe Feldbau		4619,84	
	Summe Betriebsmittelbereitstellung		1277,34	
	Summe Insgesamt		5897,17	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 69: CO2 Bilanzierung Zwischenfrucht

Zwischenfrucht				
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
	Humusabbau		-252 kg Humus/ha	Humusbilanz
	*Umrechnungsfaktor		3,67 CO2/ kg C	Parameterdatei
	''CO2 Emission''		-924,84 CO2e/ha	Ergebnis
N2O-Emissionen aus Humusaubbau				
	Humusabbau		-252 kg Humus/ha	Humusbilanz
	:N/C Verhältnis		11 kg C/kg N	Parameterdatei
	''=freigewordene N Menge''		-22,91 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgasemissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N2-O-N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N2O	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen		-131,30 kg CO2e/ha	Ergebnis
Betriebsmittelbereitstellung				
	Aussaatstärke		20 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		2,486 kg CO2e /kgFM	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		49,72 kg CO2/ kg FM	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel				
	Dieserverbrauch		8 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,013 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		24,104 kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung				
	Dieserverbrauch		8 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,885 kg CO2e/l Diesel	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen		7,08 kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau		-1056,14	
	Summe Betriebsmittelbereitstellung		80,904	
	Summe Insgesamt		-975,23	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 70: CO2 Bilanzierung Raps schwerer Boden nach Erbsen Teil 1

Raps schw B nach Erbsen	kg N	kg/l Dünger		
MAP	14,4	120		
AHL	11,2	40		
ASS	78	300		
Harnstoff	58,25	126,63		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,12 kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""		14,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	""=CO2 Emissionen""		<b>2,56</b> kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		40 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""		11,2 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	""=CO2 Emissionen""		<b>1,99</b> kg CO2/ha	Ergebnis
ASS	Ausgebrachte Menge		300 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,26 kg N/l	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""		78 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	""=CO2 Emissionen""		<b>13,87</b> kg CO2/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		126,63 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""		58,25 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	""=CO2 Emissionen""		<b>10,36</b> kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe		<b>26,21</b> Kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,12 kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""		14,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	""=CO2 Emission""		<b>82,53</b> Kg CO2/ha	Ergebnis
	AHL	Ausgebrachte Menge		40 kg
*Stickstoffgehalt			0,28 kg N/kg	Herstellerangabe
""=Ausgebrachte Menge N in kg""			11,2 kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor			0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor			1,57 kg N2O /kg N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial			298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
""=CO2 Emission""			<b>64,19</b> Kg CO2/ha	Ergebnis
ASS		Ausgebrachte Menge		300 kg
	*Stickstoffgehalt		0,26 kg N/kg	Herstellerangabe
	""=Ausgebrachte Menge N in kg""		78 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	""=CO2 Emission""		<b>447,04</b> Kg CO2/ha	Ergebnis
	Harnstoff	Ausgebrachte Menge		126,63 kg
*Stickstoffgehalt			0,46 kg N/kg	Herstellerangabe
""=Ausgebrachte Menge N in kg""			58,25 kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor			0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor			1,57 kg N2O /kg N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial			298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
""=CO2 Emission""			<b>333,84</b> Kg CO2/ha	Ergebnis
		Summe		<b>927,60</b> Kg CO2/ha

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 71: CO2 Bilanzierung Raps schwerer Boden nach Erbsen Teil 2

N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung				
	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
	Frischmasseertrag	4092,45	kg/ha	Betriebsangabe
	*TM Gehalt	0,91	kg TM/kg FM	DüV
	''=Trockenmasse je Hektar	3499,05	kg TM/ha	Ergebnis
	Verhältnis Stroh Korn	1,7	kg Stroh/ kg K	DüV
	Trockenmasse Stroh je ha	5948,38	Kg Stroh TM/t	Ergebnis
	''=TM Stroh + Korn''	9447,43	kg TM/ha	Ergebnis
	*Proportionalitätsfaktor TM	0,22	kg TM/kg	Parameterdatei
	''=Wurzelrückstände''	2078,43	kg TM/kg	Ergebnis
	*Stickstoffgehalt	0,009	kg N/kg TM	Parameterdatei
	*Lachgas-Emissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2-O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2-Emissionen''	107,21	kg CO2/ha	Ergebnis
CO2 Emissionen aus Harnstoffdüngung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Harnstoff	Ausgebrachte Menge	126,63	kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt	0,46	kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte N Menge''	58,25	kg N/ha	Ergebnis
	*CO2 Emissionsfaktor	1,57	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''	91,45	kg CO2/ha	Ergebnis
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
	Humusabbau	-87,16209091	kg Humus/ha	Humusbilanz
	*Umrechnungsfaktor	3,67	CO2/ kg C	Parameterdatei
	''CO2 Emission''	-319,88	CO2e/ha	Ergebnis
N2O-Emissionen aus Humusaubbau				
	Humusabbau	-87,16209091	kg Humus/ha	Humusbilanz
	:N/C Verhältnis	10	kg C/kg N	Parameterdatei
	''=freigewordene N Menge''	-8,72	kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgasemissionsfaktor	0,01225	kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor	1,57	kg N2O/kg N2	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial	298	kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen	-49,96	kg CO2e/ha	Ergebnis
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt		Wert	Einheit	Datenherkunft
	Kalkdüngung	200	kg CaO/ha	Betrieb
	• CO2-EF für CaO	0,79	kg CO2/kg	Parameterdatei
	CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung	158	kg CO2e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 72: CO2 Bilanzierung Raps schwerer Boden nach Erbsen Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,12 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		14,4 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	50,688	kg CO2e/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		40 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		11,2 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,397 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	38,0464	kg CO2e/ha	Ergebnis
ASS	Ausgebrachte Menge		300,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,26 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		78,00 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	274,56	kg CO2e/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		126,63 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		58,25 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,50 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	203,99	kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge		136,67 kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt		0,30 kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge		41,00 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,42 kg CO2e/kg K	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	17,06	kg CO2e/ha	Ergebnis
MAP	Ausgebrachte Menge		40,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt		0,52 kg P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P2O5 Menge		20,80 kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,54 kg CO2e/kg P	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	11,27	kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatzstärke		5,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		2,10 kg CO2e /kgF	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	10,48	kg CO2/ kg FI	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge		2,76 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		11,09 kg CO2e /kg!	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	30,61	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch		49,10 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,01 kg CO2e/l Di	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	147,94	kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch		49,10 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,89 kg CO2e/l Di	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	43,45	kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau	940,64		
	Summe Betriebsmittelbereitstellung	986,09		
	Summe Gesamt	1926,73		

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 73: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden nach Erbsen Teil 1

Raps lei Boden nach Erbsen	kg N	kg/l Dünger		
MAP	14,4	120		
AHL	11,2	40		
ASS	78	300		
Harnstoff	41,63	90,51		
<b>N2O Emissionen aus NH3 Verlusten bei Düngung mit mineralischen Düngemitteln</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,12 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		14,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		2,56 kg CO2/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		40 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		11,2 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		1,99 kg CO2/ha	Ergebnis
ASS	Ausgebrachte Menge		300 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,26 kg N/l	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		78 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		13,87 kg CO2/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		90,51 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		41,63 kg N/ha	Ergebnis
	*Ammoniak Emissionsfaktor		0,038 kg NH3-N /kg	Parameterdatei
	*Lachgas Emissionsfaktor		0,01 N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	"=CO2 Emissionen"		7,40 kg CO2/ha	Ergebnis
	Summe		23,26 kg CO2/ha	Ergebnis
<b>N2O Emissionen aus der Düngung mit Mineraldüngern</b>				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,12 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		14,4 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	"=CO2 Emission"		82,53 kg CO2/ha	Ergebnis
	AHL	Ausgebrachte Menge		40 kg
*Stickstoffgehalt			0,28 kg N/kg	Herstellerrangabe
"=Ausgebrachte Menge N in kg"			11,2 kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor			0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor			1,57 kg N2O /kg N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial			298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
"=CO2 Emission"			64,19 kg CO2/ha	Ergebnis
ASS		Ausgebrachte Menge		300 kg
	*Stickstoffgehalt		0,26 kg N/kg	Herstellerrangabe
	"=Ausgebrachte Menge N in kg"		78 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O /kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	"=CO2 Emission"		447,04 kg CO2/ha	Ergebnis
	Harnstoff	Ausgebrachte Menge		90,51 kg
*Stickstoffgehalt			0,46 kg N/kg	Herstellerrangabe
"=Ausgebrachte Menge N in kg"			41,63 kg N/ha	Ergebnis
*Lachgas-Emissionsfaktor			0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei
*Umrechnungsfaktor			1,57 kg N2O /kg N	Parameterdatei
*Treibhausgaspotenzial			298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
"=CO2 Emission"			238,62 kg CO2/ha	Ergebnis
		Summe		832,38 kg CO2/ha
<b>N2O-Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründung</b>				
Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft	
Frischmasseertrag		3507,82 kg/ha	Betriebsangabe	
*TM Gehalt		0,91 kg TM/kg FM	DÜV	
"=Trockenmasse je Hektar		2999,18 kg TM/ha	Ergebnis	
Verhältnis Stroh Korn		1,7 kg Stroh/ kg	DÜV	
Trockenmasse Stroh je ha		5098,61 kg Stroh TM/ha	Ergebnis	
"=TM Stroh + Korn"		8097,80 kg TM/ha	Ergebnis	
*Proportionalitätsfaktor TM		0,22 kg TM/kg	Parameterdatei	
"=Wurzelrückstände"		1781,53 kg TM/kg	Ergebnis	
*Stickstoffgehalt		0,009 kg N/kg TM	Parameterdatei	
*Lachgas-Emissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg	Parameterdatei	
*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2-O/kg N	Parameterdatei	
*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei	
"=CO2 Emissionen"		91,89 kg CO2/ha	Ergebnis	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024



Tabelle 74: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden nach Erbsen Teil 2

CO2 Emissionen aus Harnstoffdüngung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		90,51 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kg N/kg	Herstellerangabe
	''=Ausgebrachte N Menge''		41,63 kg N/ha	Ergebnis
	*CO2 Emissionsfaktor		1,57 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen''		65,37 kg CO2/ha	Ergebnis
CO2-Emissionen bzw Bindungen aus Humusabbau bzw. aufbau der angebauten Fruchtarten				
	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
	Humusabbau		-17,59 kg Humus/ha	Humusbilanz
	*Umrechnungsfaktor		3,67 CO2/ kg C	Parameterdatei
	''CO2 Emission''		-64,56 CO2e/ha	Ergebnis
N2O-Emissionen aus Humusabbau				
	Humusabbau		-17,59036364 kg Humus/ha	Humusbilanz
	:N/C Verhältnis		10 kg C/kg N	Parameterdatei
	''=freigewordene N Menge''		-1,76 kg N/ha	Ergebnis
	*Lachgasemissionsfaktor		0,01225 kg N2-O-N/kg N	Parameterdatei
	*Umrechnungsfaktor		1,57 kg N2O/kg N	Parameterdatei
	*Treibhausgaspotenzial		298 kg CO2e/kg N	Parameterdatei
	''=CO2 Emissionen		-10,08 kg CO2e/ha	Ergebnis
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung				
Rechenschritt		Wert	Einheit	Datenherkunft
Kalkdüngung		200	kg CaO/ha	Betrieb
• CO <sub>2</sub> -EF für CaO		0,79	kg CO <sub>2</sub> /kg	Parameterdatei
CO2 Emissionen aus der Kalkdüngung		158	kg CO <sub>2</sub> e/ha	Ergebnis

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 75: CO2 Bilanzierung Raps leicht. Boden nach Erbsen Teil 3

Betriebsmittelbereitstellung				
Eingesetzter Dünger	Rechenschritt	Wert	Einheit	Datenherkunft
MAP	Ausgebrachte Menge		120 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,12 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		14,4 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	50,688	kg CO2e/ha	Ergebnis
AHL	Ausgebrachte Menge		300 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,28 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		84 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,397 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	285,348	kg CO2e/ha	Ergebnis
ASS	Ausgebrachte Menge		300,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,26 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		78,00 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,52 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	274,56	kg CO2e/ha	Ergebnis
Harnstoff	Ausgebrachte Menge		90,51 kg/ha	Betriebsdaten
	*Stickstoffgehalt		0,46 kgN/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte N Menge		41,63 kg N/ha	Ergebnis
	Treibhausgasemissionsfaktor		3,50 kg CO2e/kg N	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	145,80	kg CO2e/ha	Ergebnis
Kalimagnesia	Ausgebrachte Menge		136,67 kg/ha	Betriebsdaten
	*Kaliumgehalt		0,30 kg K2O/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte K2O Menge		41,00 kg K2O/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,42 kg CO2e/kg K	Parameter Datei KTBL
	'=CO2 Emissionen	17,06	kg CO2e/ha	Ergebnis
MAP	Ausgebrachte Menge		120,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Phosphatgehalt		0,52 kg P2O5/kg	Herstellerangabe
	'=Ausgebrachte P2O5 Menge		62,40 kg P2O5/ha	Ergebnis
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,54 kg CO2e/kg P	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	33,82	kg CO2e/ha	Ergebnis
Saatgut	Aussaatzstärke		5,00 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		2,10 kg CO2e /kg F	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	10,48	kg CO2/ kg F	Ergebnis
Pflanzenschutzmittel	Ausbringmenge		2,76 kg/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgas-Emissionsfaktor		11,09 kg CO2e /kg F	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	30,61	kg CO2e/ ha	Ergebnis
Energiebereitstellung/Diesel	Dieserverbrauch		49,10 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		3,01 kg CO2e/l Di	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	147,94	kg CO2e/ha	Ergebnis
Maschinenherstellung	Dieserverbrauch		45,50 l/ha	Betriebsdaten
	*Treibhausgasemissionsfaktor		0,89 kg CO2e/l Di	Parameterdatei KTBL
	'=CO2 Emissionen	40,27	kg CO2e/ ha	Ergebnis
	Summe Feldbau		1096,26	
	Summe Betriebsmittelbereitstellung		1036,57	
	Summe Gesamt		2132,83	

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 76: EkfL Weizen schwerer Boden nach Raps

Weizen schw. B nach Raps			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	87,20
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	21,14
Gesamterlös		Euro/ha	1843,41
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
<b>Direktkosten</b>			
Saatgut		Euro/ha	83,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	170,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	246,00
	dafür N,P,K	kg/ha	158 31 44
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	86,00
	dafür N,P,K	kg/ha	35 9 81
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	123,00
Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid	Euro/ha	41,00
	Fungizid	Euro/ha	67,00
	Insektizid	Euro/ha	3,00
	Sonstige	Euro/ha	12,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	3,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	541,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1302,41
<b>Arbeits erledigungskosten</b>			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	156,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	96,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	61,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	126,00
Lohn		Euro/ha	64,00
Trocknung		Euro/ha	16,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	15,00
	bei Erntefeuchte	%	16,00
Zinsansatz		Euro/ha	20,00
Summe Arbeiterledigungskosten		Euro/ha	382,00
<b>weitere Kosten</b>			
Flächenkosten (Pachten, WBV, Grundsteuer)			473,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1401,50
Einzelkostenfreie Leistung	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
	ohne Prämie	Euro/ha	441,91
	mit Prämie	Euro/ha	597,91
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	657,91

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 77: EkfL Stoppelweizen

Stoppelweizen			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	83,10
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	21,14
Gesamterlös		Euro/ha	1756,73
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
<b>Direktkosten</b>			
Saatgut		Euro/ha	83,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	170,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	235,00
	dafür N,P,K	kg/ha	1580 29 42
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	82,00
	dafür N,P,K	kg/ha	33 9 77
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	123,00
	Gesamtkosten für beh. Fläche	H Euro/ha	41,00
		Fungizid Euro/ha	67,00
		Insektizid Euro/ha	3,00
		Sonstige Euro/ha	12,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	3,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	526,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1230,73
<b>Arbeitserledigungskosten</b>			
Machinenkosten	variabel	Euro/ha	154,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	96,00
	Ernte, Transport, Einlage	Euro/ha	58,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	124,00
Lohn		Euro/ha	64,00
Trocknung		Euro/ha	15,00
	Anteil Trocknung an Ernte	%	15,00
	bei Erntefeuchte	%	16,00
Zinsansatz		Euro/ha	20,00
Summe Arbeitserledigungskosten		Euro/ha	377,00
<b>weitere Kosten</b>			
Flächenkosten (Pachten,WBV, Grundsteuer)			473,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1381,50
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>			
	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
	ohne Prämie	Euro/ha	375,23
	mit Prämie	Euro/ha	531,23
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	591,23

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 78: EkfL Rügenweizen

Rügenweizen			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	70,60
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	21,14
Gesamterlös		Euro/ha	1492,48
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
Direktkosten			
Saatgut		Euro/ha	83,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	170,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	204,00
	dafür N,P,K	kg/ha	128 25 35
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	70,00
	dafür N,P,K	kg/ha	28 7 66
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	123,00
Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid	Euro/ha	41,00
	Fungizid	Euro/ha	67,00
	Insektizid	Euro/ha	3,00
	Sonstige	Euro/ha	12,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	3,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	483,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1009,48
Arbeits erledigungskosten			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	145,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	89,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	56,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	117,00
Lohn		Euro/ha	61,00
Trocknung		Euro/ha	13,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	15,00
	bei Erntefeuchte	%	16,00
Zinsansatz		Euro/ha	19,00
Summe Arbeiterledigungskosten		Euro/ha	355,00
weitere Kosten			
Flächenkosten (Pachten, WBV, Grundsteuer)			473,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1316,50
Einzelkostenfreie Leistung	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
	ohne Prämie	Euro/ha	175,98
	mit Prämie	Euro/ha	331,98
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	391,98

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 79: EkfL Weizen leichter Boden

Weizen leichter Boden			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	78,90
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	21,14
Gesamterlös		Euro/ha	1667,95
Prämien	Direktaahlungen 2024	Euro/ha	156,00
<b>Direktkosten</b>			
Saatgut		Euro/ha	83,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	170,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	225,00
	dafür N,P,K	kg/ha	143 28 39
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	78,00
	dafür N,P,K	kg/ha	32 8 73
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	108,00
	Gesamtkosten für beh. Fläche	Her Euro/ha	36,00
		Fungizid Euro/ha	62,00
		Insektizid Euro/ha	2,00
		Sonstige Euro/ha	8,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	3,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	497,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1170,95
<b>Arbeits erledigungskosten</b>			
Machinenkosten	variabel	Euro/ha	145,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	89,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	56,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	117,00
Lohn		Euro/ha	61,00
Trocknung		Euro/ha	13,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	15,00
	bei Erntefeuchte	%	16,00
Zinsansatz		Euro/ha	18,00
Summe Arbeits erledigungskosten		Euro/ha	354,00
<b>weitere Kosten</b>			
Flächenkosten (Pachten,WBV, Grundsteuer)			420,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1276,50
	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
Einzelkostenfreie Leistung	ohne Prämie	Euro/ha	391,45
	mit Prämie	Euro/ha	547,45
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	607,45

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 80: EkfL Raps schwerer Boden

Raps schwerer Boden			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	40,90
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	49,36
Gesamterlös		Euro/ha	2018,82
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
Direktkosten			
Saatgut		Euro/ha	75,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	4,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	219,00
	dafür N,P,K	kg/ha	137 32 34
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	135,00
	dafür N,P,K	kg/ha	49 12 145
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	173,00
	Gesamtkosten für beh. Fläche	He Euro/ha	66,00
		Fungizid Euro/ha	26,00
		Insektizid Euro/ha	52,00
		Sonstige Euro/ha	30,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	4,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	606,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1412,82
Arbeits erledigungskosten			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	134,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	99,00
	Ernte, Transport, Einlager	Euro/ha	36,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	110,00
Lohn		Euro/ha	58,00
Trocknung		Euro/ha	7,00
	Anteil Trocknung an Ernte	%	10,00
	bei Erntefeuchte	%	15,00
Zinsansatz		Euro/ha	19,00
Summe Arbeitserledigungskosten		Euro/ha	328,00
weitere Kosten			
Flächenkosten (Pachten,WBV, Grundsteuer)			473,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1412,50
	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
Einzelkostenfreie Leistung	ohne Prämie	Euro/ha	606,32
	mit Prämie	Euro/ha	762,32
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	823,32

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 81: EkfL Raps leichter Boden

Raps leichter Boden			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	35,10
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	49,36
Gesamterlös		Euro/ha	1732,54
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
Direktkosten			
Saatgut		Euro/ha	75,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	4,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	192,00
	dafür N,P,K	kg/ha	118 27 29
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	116,00
	dafür N,P,K	kg/ha	42 10 124
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	181,00
Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid	Euro/ha	70,00
	Fungizid	Euro/ha	24,00
	Insektizid	Euro/ha	57,00
	Sonstige	Euro/ha	30,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	4,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	568,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1164,54
Arbeits erledigungskosten			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	129,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	99,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	33,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	107,00
Lohn		Euro/ha	58,00
Trocknung		Euro/ha	4,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	10,00
	bei Erntefeuchte	%	12,00
Zinsansatz		Euro/ha	18,00
Summe Arbeiterledigungskosten		Euro/ha	316,00
weitere Kosten			
Flächenkosten (Pachten, WBV, Grundsteuer)			420,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1309,50
Einzelkostenfreie Leistung	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
	ohne Prämie	Euro/ha	423,04
	mit Prämie	Euro/ha	579,04
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	640,04

Quelle: Eigene Berechnung, 2024



Tabelle 82: EkfL Gerste schwerer Boden

Gerste schw. Boden			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	84,70
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	18,98
Gesamterlös		Euro/ha	1607,61
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
<b>Direktkosten</b>			
Saatgut		Euro/ha	71,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	150,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	225,00
	dafür N,P,K	kg/ha	154 30 42
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	81,00
	dafür N,P,K	kg/ha	30 8 84
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	99,00
Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid	Euro/ha	53,00
	Fungizid	Euro/ha	40,00
	Insektizid	Euro/ha	0,00
	Sonstige	Euro/ha	6,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	3,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	479,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1128,61
<b>Arbeitserledigungskosten</b>			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	150,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	91,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	59,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	120,00
Lohn		Euro/ha	60,00
Trocknung		Euro/ha	15,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	15,00
	bei Erntefeuchte	%	16,00
Zinsansatz		Euro/ha	19,00
Summe Arbeitserledigungskosten		Euro/ha	364,00
<b>weitere Kosten</b>			
Flächenkosten (Pachten, WBV, Grundsteuer)			473,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1321,50
Einzelkostenfreie Leistung	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
	ohne Prämie	Euro/ha	286,11
	mit Prämie	Euro/ha	442,11
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	502,11

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 83: EkfL Gerste leichter Boden

Gerste leichter Boden			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	76,60
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	18,98
Gesamterlös		Euro/ha	1453,87
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
Direktkosten			
Saatgut		Euro/ha	71,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	150,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	206,00
	dafür N,P,K	kg/ha	126 27 38
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	73,00
	dafür N,P,K	kg/ha	27 7 76
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	81,00
Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid	Euro/ha	36,00
	Fungizid	Euro/ha	40,00
	Insektizid	Euro/ha	0,00
	Sonstige	Euro/ha	5,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	3,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	434,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1019,87
Arbeits erledigungskosten			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	141,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	86,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	55,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	113,00
Lohn		Euro/ha	57,00
Trocknung		Euro/ha	14,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	15,00
	bei Erntefeuchte	%	16,00
Zinsansatz		Euro/ha	18,00
Summe Arbeits erledigungskosten		Euro/ha	343,00
weitere Kosten			
Flächenkosten (Pachten,WBV, Grundsteuer)			420,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1202,50
	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
Einzelkostenfreie Leistung	ohne Prämie	Euro/ha	251,37
	mit Prämie	Euro/ha	407,37
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	467,37

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 84: EkfL Roggen

Roggen			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	91,30
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	17,11
Gesamterlös		Euro/ha	1562,14
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
Direktkosten			
Saatgut		Euro/ha	32,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	70,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	226,00
	dafür N,P,K	kg/ha	138 32 46
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	103,00
	dafür N,P,K	kg/ha	41 11 99
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	89,00
	Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid Euro/ha	35,00
		Fungizid Euro/ha	42,00
		Insektizid Euro/ha	0,00
		Sonstige Euro/ha	12,00
Zinsansatz		Umlaufkapital Euro/ha	3,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	453,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1109,14
Arbeitserledigungskosten			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	148,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	85,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	63,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	120,00
Lohn		Euro/ha	59,00
Trocknung		Euro/ha	16,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	15,00
	bei Erntefeuchte	%	16,00
Zinsansatz		Euro/ha	18,00
Summe Arbeitserledigungskosten		Euro/ha	361,00
weitere Kosten			
Flächenkosten (Pachten, WBV, Grundsteuer)			420,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1239,50
	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
Einzelkostenfreie Leistung	ohne Prämie	Euro/ha	322,64
	mit Prämie	Euro/ha	478,64
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	538,64

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 85: EkfL Zuckerrübe

Zuckerrübe			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	716,80
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	3,59
Gesamterlös		Euro/ha	2573,31
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
<b>Direktkosten</b>			
Saatgut		Euro/ha	252,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	0,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	266,00
	dafür N,P,K	kg/ha	129 29 151
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	366,00
	dafür N,P,K	kg/ha	201 25 251
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	166,00
Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid	Euro/ha	148,00
	Fungizid	Euro/ha	13,00
	Insektizid	Euro/ha	5,00
	Sonstige	Euro/ha	0,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	5,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	1055,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	1518,31
<b>Arbeits erledigungskosten</b>			
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	292,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	87,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	205,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	206,00
Lohn		Euro/ha	102,00
Trocknung		Euro/ha	0,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	0,00
	bei Erntefeuchte	%	0,00
Zinsansatz		Euro/ha	24,00
Summe Arbeiterledigungskosten		Euro/ha	624,00
<b>weitere Kosten</b>			
Flächenkosten (Pachten,WBV, Grundsteuer)			473,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			2157,50
Einzelkostenfreie Leistung	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
	ohne Prämie	Euro/ha	415,81
	mit Prämie	Euro/ha	571,81
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	631,81

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 86: EkfL Futtererbse leichter Boden

Futtererbse leichter Boden			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	30,60
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	24,95
Gesamterlös		Euro/ha	763,47
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
Direktkosten			
Saatgut		Euro/ha	116,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	200,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	55,00
	dafür N,P,K	kg/ha	0 15 35
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	36,00
	dafür N,P,K	kg/ha	0 4 66
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	71,00
	Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizid Euro/ha	64,00
		Fungizid Euro/ha	0,00
		Insektizid Euro/ha	7,00
		Sonstige Euro/ha	0,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	1,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	279,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	484,47
Arbeits erledigungskosten			
Machinenkosten	variabel	Euro/ha	113,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	83,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	31,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	89,00
Lohn		Euro/ha	47,00
Trocknung		Euro/ha	32,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	60,00
	bei Erntefeuchte	%	20,00
Zinsansatz		Euro/ha	13,00
Summe Arbeitserledigungskosten		Euro/ha	294,00
weitere Kosten			
Flächenkosten (Pachten, WBV, Grundsteuer)			420,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			998,50
	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
Einzelkostenfreie Leistung	ohne Prämie	Euro/ha	-235,03
	mit Prämie	Euro/ha	-79,03
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	-19,03

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 87: EkfL Futtererbse schwerer Boden

Futtererbse schwerer Boden			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag	Marktware	dt/ha	32,00
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	24,95
Gesamterlös		Euro/ha	798,40
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
Direktkosten			
Saatgut		Euro/ha	116,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	200,00
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	57,00
	dafür N,P,K	kg/ha	0 15 37
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	38,00
	dafür N,P,K	kg/ha	0 4 69
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	71,00
	Gesamtkosten für beh. Fläche	Euro/ha	64,00
		Fungizid Euro/ha	0,00
		Insektizid Euro/ha	7,00
		Sonstige Euro/ha	0,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	1,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	283,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	515,40
Arbeits erledigungskosten			
Machinenkosten	variabel	Euro/ha	117,00
	darunter: Anbau, Pflege	Euro/ha	86,00
	Ernte, Transport, Einlagerung	Euro/ha	31,00
	fest (ohne Zinsansatz)	Euro/ha	91,00
Lohn		Euro/ha	47,00
Trocknung		Euro/ha	35,00
	Anteil Trocknung an Erntegut	%	60,00
	bei Erntefeuchte	%	20,00
Zinsansatz		Euro/ha	13,00
Summe Arbeitserledigungskosten		Euro/ha	303,00
weitere Kosten			
Flächenkosten (Pachten,WBV, Grundsteuer)			473,00
Berufsgenossenschaft			5,50
Einzelkosten			1064,50
	darunter Zinsansatz	Euro/ha	
Einzelkostenfreie Leistung	ohne Prämie	Euro/ha	-266,10
	mit Prämie	Euro/ha	-110,10
	mit Prämie Ökoreglung 2	Euro/ha	-50,10

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 88: EkfL Silomais

Silomais			
Leistung		Einheit	Ergebniss
Ertrag FM	Marktware	dt/ha	463,90
Erzeugerpreis	Marktware	dt/ha	2,97
Gesamterlös		Euro/ha	1377,78
Prämien	Direktzahlungen 2024	Euro/ha	156,00
<b>Direktkosten</b>			
Saatgut		Euro/ha	180,00
	Saatguteinsatz	kg/ha	
Handelsdünger Hauptprodukt	incl. Ca.	Euro/ha	330,00
	dafür N,P,K	kg/ha	170 36 190
Handelsdünger Koppelprodukt		Euro/ha	
	dafür N,P,K	kg/ha	
Pflanzenschutzmittel		Euro/ha	70,00
	Gesamtkosten für beh. Fläche	Herbizi Euro/ha	68,00
		Fungizid Euro/ha	0,00
		Insektizid Euro/ha	2,00
		Sonstige Euro/ha	0,00
Zinsansatz	Umlaufkapital	Euro/ha	7,00
Summe Direktkosten		Euro/ha	587,00
		Euro/dt	
direktkostenfreie Leistung ohne Prämie		Euro/ha	790,78
Arbeits erledigungskosten		Euro/ha	215,00
Maschinenkosten	variabel	Euro/ha	50
	Pflege	Euro/ha	50
	fest ohne Zinsansatz	Euro/ha	50
	Ernte, Transport, Pflege	Euro/ha	0
Lohn		Euro/ha	40
Arbeits erledigungskosten Lohnunternehmen	Anbau	Euro/ha	60
Zinsansatz		Euro/ha	15
<b>weitere Kosten</b>			
Flächenkosten (Pachten, WBV, Grundsteuer)		Euro/ha	420
Berufsgenossenschaft		Euro/ha	5,5
Einzelkostenfreie Leistung ohne Prämie			150,28
Einzelkostenfreie Leistung mit Prämie			306,28

Quelle: Eigene Berechnung, 2024

Tabelle 89: Ergebnis durchschnittliche EkfL und CO2 Bilanzen der Fruchtfolgen

	Schwerer Boden				Neue Fruchtfolge				Leichtere Böden				Anzahl Jahre	Mittelwert je Jahr	Std Dev	
	Raps	Weizen	Weizen	Gerste	Raps	Weizen	Zwischefrucht	Zuckerrübe	Weizen	Gerste	Raps	Weizen				ZWFR
<b>Schwerer Boden</b>																
<b>Jetzt</b>																
Fruchtfolge	Raps	Weizen	Weizen	Gerste	Raps	Weizen	Zwischefrucht	Zuckerrübe	Weizen	Gerste						
Ertrag	40,92	87	83	84,66	41	87	0	717	71	85						
Preis	49,36	21,14	21,14	18,98	49,36	21,14	0,00	3,59	21,14	18,98						
Prämie	156	156	156	156	156	156	0	156	156	156						
Erlös	2020	1843	1756	1607	2020	1843	0	2572	1492	1607						
Erntekosten	1415	1402	1381	1320	1412	1402	115	2157	1318	1320						
EkfL schw. Boden SQ	761	597	443	591	764	591	-115	571	443	560						217
Ohne Prämie	605	441	375	287	608	441	-115	415	175	608						439
Humusbilanz schw. Boden SQ	87	88	65	15	87	65	252	-648	-5	15						-26
CO2 Bilanz schw. Boden SQ	2148,39	2259,26	2365,41	2189,05	2148,39	2259,26	-975,23	5552,08	2462,93	2189,05						2511
<b>Neue Fruchtfolge</b>																
Ertrag	41	87	85	71	41	87	41	85	32	8						
Preis	49,36	21,14	18,98	0,00	49,36	21,14	49,36	18,98	0	24,95						
Prämie	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216						
Erlös	2020	1843	1607	0	2572	1492	2020	1607	0	797						216,00
Erntekosten	1412	1402	1320	115	2157	1318	1412	1320	115	1064						1744,80
EkfL schw. Boden erw. Fr.	824	657	503	-115	631	391	824	503	-115	-51						535,25
Ohne Prämie	608	441	287	-115	415	175	608	287	-115	-267						319,25
Humusbilanz schw. Boden erw. Fr.	87	88	15	252	-648	-5	87	15	252	160						-25,13
CO2 Bilanz schw. Boden erw. Fr.	1926,73	2259,26	2089,34	-975,23	5552,08	2462,93	2148,39	2089,34	-975,23	-122,71						2056,86
<b>Leichtere Böden</b>																
<b>Jetzige Fruchtfolge</b>																
Ertrag	35	79	77	45,63	35	79	35	79	77	91						
Preis	49,36	21,14	0,00	21,14	49,36	21,14	49,36	21,14	18,98	17,11						
Prämie	156	156	0	156,00	156	156	156	156	156	156						
Erlös	1731	1668	0	1380,00	1668	1454	1731	1668	1454	1562						156,00
Erntekosten	1310	1278	135	1074,00	1273	1201	1310	1278	1201	1240						1590,59
EkfL leicht Boden SQ	578	546	-135	306,00	551	409	578	546	409	477						488,84
Ohne Prämie	422	390	-135	150,00	395	253	422	390	253	321						332,84
Humusbilanz leicht Boden SQ	18	42	252	-800,00	42	18	18	42	-25	175						-57,00
CO2 Bilanz leicht Boden SQ	2234,98	2336,35	-975,23	5897,17	2430,64	2089,34	2234,98	2336,35	2089,34	1943,25						2513,02
<b>Neue Fruchtfolge</b>																
Ertrag	35	79	77	91	35	79	77	31	8							
Preis	49,36	21,14	18,98	17,11	49,36	21,14	18,98	24,95	8							
Prämie	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216,00						
Erlös	1731	1668	1454	1562	1731	1668	1454	762	8	1503,72						
Erntekosten	1310	1278	1201	1240	1310	1278	1201	1000	8	1227,11						
EkfL leicht Boden erw. Fr.	638	606	469	537	638	606	469	-22	8	492,61						191,00
Ohne Prämie	422	390	321	321	422	390	253	-238	8	276,61						
Humusbilanz leicht Boden erw. Fr.	18	42	-25	175	18	42	-25	160	8	50,63						
CO2 Bilanz leicht Boden erw. Fr.	2132,83	2336,35	2089,34	1943,25	2234,98	2336,35	2089,34	-122,71	8	1879,97						32

Quelle: Eigene Berechnung, 2024



## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der aufgeführten Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde bisher keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Name, Ort, Datum und Unterschrift