



UFOP-SCHRIFTEN | AGRAR

# ABSCHLUSSBERICHT

Re-Evaluierung von Fruchtfolgen mit und ohne Raps hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der neuen Düngeverordnung, der Ackerbaustrategie und der Umweltwirkung

## Autoren

Prof. Dr. Reimer Mohr und Torben Ehmcke-Kasch

Hanse-Agro Unternehmensberatung GmbH | Lange Laube 7 | 30159 Hannover

Schlussbericht zu Projekt Nr. 529\_151

**Re-Evaluierung von Fruchtfolgen mit und ohne Raps hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der neuen Düngeverordnung, der Ackerbaustrategie und der Umweltwirkung**

Prof. Dr. Reimer Mohr und Torben Ehmcke-Kasch  
Hanse-Agro Unternehmensberatung GmbH  
Lange Laube 7  
30159 Hannover

Stand: April 2021

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	II
Tabellenverzeichnis .....	III
Abkürzungsverzeichnis .....	V
1 Einleitung .....	1
2 Vorgehensweise .....	2
2.1 Wahl der Regionen.....	2
2.2 Ertragsersparung der Ackerfrüchte.....	3
2.2 Wahl der Fruchtfolgen .....	7
2.3 Methodik der Fruchtfolgekalkulation .....	11
2.4 Preisentwicklung .....	13
2.5 EU-Prämien.....	14
2.6 Bestimmung der Nährstoffmengen unter Berücksichtigung der neuen Düngeverordnung .....	15
3 Analyse der Wirtschaftlichkeit.....	17
3.1 Gute Standorte Schleswig-Holstein .....	17
3.2 Gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern .....	19
3.3 Leichte Standorte Ostdeutschland.....	22
3.4 Gute Standorte Ostdeutschland .....	24
3.5 Gute Standorte Westdeutschland .....	27
3.6 Mittelgebirge / Übergangslagen.....	29
3.7 Gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich).....	31
3.8 Trockene Standorte Süddeutschland .....	32
3.9 Schlussfolgerung und Ergebnisbeurteilung .....	34
5 Einfluss der Düngeverordnung auf die Fruchtfolgegestaltung .....	37
6 Biodiversität und Resilienz von Fruchtfolgen .....	42
7 Schlusswort .....	47
Literaturverzeichnis .....	49
Anhang .....	50

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Die Rapsertäge in Mecklenburg-Vorpommern von 2003-2020.....	4
--	---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung der Rapsertträge (dt/ha) in Abhängigkeit der Anbauhäufigkeit. ....	5
Tabelle 2: Grundrente im Rapsanbau in Abhängigkeit der Anbaupause in Schleswig-Holstein. ....	5
Tabelle 3: Grundrente des Weizens in Schleswig-Holstein in Abhängigkeit der Vorfrucht. ....	6
Tabelle 4: Grundrente der Ackerbohne in Abhängigkeit des Ertrages. ....	7
Tabelle 5: Fruchtfolgen gute Standorte Schleswig-Holstein. ....	8
Tabelle 6: Fruchtfolgen gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern. ....	9
Tabelle 7: Fruchtfolgen leichte Standorte Ostdeutschland. ....	9
Tabelle 8: Fruchtfolgen gute Standorte Ostdeutschland. ....	9
Tabelle 9: Fruchtfolgen gute Standorte Westdeutschland. ....	10
Tabelle 10: Fruchtfolgen Mittelgebirge/ Übergangslagen. ....	10
Tabelle 11: Fruchtfolgen gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich). ....	10
Tabelle 12: Fruchtfolgen trockene Standorte Süddeutschland. ....	11
Tabelle 13: Schema zur Fruchtfolgekalkulation. ....	12
Tabelle 14: Angewandte Preisdifferenzen und Preisrelationen der Erntefrüchte. ....	14
Tabelle 15: Schema Düngedarfsrechnung von Stickstoff am Beispiel Raps der organischen Variante Küste. ....	16
Tabelle 16: Grundrenten der Fruchtfolgen in Gute Standorte Schleswig-Holstein. ....	18
Tabelle 17: Grundrenten der Fruchtfolgen gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern. ....	22
Tabelle 18: Grundrenten der Fruchtfolgen leichte Standorte Ostdeutschlands. ....	24
Tabelle 19: Grundrenten der Fruchtfolgen guter Standorte Ostdeutschlands. ....	26
Tabelle 20: Grundrenten der Fruchtfolgen guter Standorte Westdeutschlands. ....	29
Tabelle 21: Grundrente der Fruchtfolgen der Mittelgebirgs-/Übergangslagen. ....	31
Tabelle 22: Grundrente der Fruchtfolgen der guten Standorte Süddeutschlands (niederschlagsreich). ....	32
Tabelle 23: Grundrente der Fruchtfolgen der trockene Standorte Süddeutschlands. ....	34
Tabelle 24: N-Salden (mineralisch/organisch) und Güllemengen der Fruchtfolgen gute Standorte Schleswig-Holstein. ....	38
Tabelle 25: Vergleich Grundrenten mineralische und organische Varianten gute Standorte Schleswig-Holstein. ....	41
Tabelle 26: Bewertungskriterien des Fruchtfolgeindex. ....	43
Tabelle 27: Fruchtfolgen im Vergleich. ....	44
Tabelle 28: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index für die Küstenregion Schleswig-Holsteins. ....	45

Tabelle 29: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Schleswig-Holstein. .....	50
Tabelle 30: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern. ....	51
Tabelle 31: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen leichte Standorte Ostdeutschland.	51
Tabelle 32: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Ostdeutschland.	52
Tabelle 33: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Westdeutschland. .....	53
Tabelle 34: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in Mittelgebirge/ Übergangslagen. .....	53
Tabelle 35: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich). ....	54
Tabelle 36: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in trockene Standorte Süddeutschland. ....	54
Tabelle 37: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Schleswig-Holstein. ....	55
Tabelle 38: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern. ....	55
Tabelle 39: N-Salden und Güllemengen leichte Standorte Ostdeutschland. ....	56
Tabelle 40: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Ostdeutschland. ....	56
Tabelle 41: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Westdeutschland. ....	57
Tabelle 42: N-Salden und Güllemengen Mittelgebirge/ Übergangslagen. ....	57
Tabelle 43: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich). ....	58
Tabelle 44: N-Salden und Güllemengen trockene Standorte Süddeutschland. ....	58
Tabelle 45: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Schleswig-Holstein. ....	59
Tabelle 46: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern. ....	59
Tabelle 47: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index leichte Standorte Ostdeutschland. ....	60
Tabelle 48: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Ostdeutschland. ....	60
Tabelle 49: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Westdeutschland. ....	61
Tabelle 50: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index Mittelgebirge/ Übergangslagen. ....	61
Tabelle 51: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich). ....	62
Tabelle 52: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index trockene Standorte Süddeutschland. ....	62

## Abkürzungsverzeichnis

AB	Ackerbohne
B	Brache
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
DüV	Düngeverordnung
ER	Erbsen
GPS	Ganzpflanzensilage
Ha	Hafer
iLUC	indirect land use change
KM	Körnermais
N	Stickstoff
Nmin	pflanzenverfügbare, mineralisierter Stickstoff im Boden
Oel	Öllein
ÖVF	Ökologische Vorrangfläche
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphat
WR	Winterroggen
Soja	Sojabohne
SG	Sommerbraugerste
SM	Silomais
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen
TM	Trockenmasse
WG	Wintergerste
WW	Winterweizen
ZR	Zuckerrübe
ZF	Zwischenfrucht

## 1 Einleitung

Die Wahl der Fruchtfolge ist ein entscheidender Faktor für den langfristigen Erfolg im Ackerbau. In den vergangenen 20 bis 30 Jahren waren die kurzen Fruchtfolgen an vielen Standorten wirtschaftlich die erfolgreichsten Varianten. Ob Raps, Weizen, Gerste oder Zuckerrüben-Weizen-Weizen bis hin zu Silomais-Monokulturen in viehhaltenden- und Biogasbetrieben haben den Anbau regional geprägt. Die lange Periode der einseitigen Fruchtfolgen führten zuerst pflanzenbaulich und zuletzt auch betriebswirtschaftlich zu Misserfolgen. Das Zitat von Warren Buffett: „Die Ketten der Gewohnheit sind zu leicht, um sie wahrzunehmen, bis sie zu schwer sind um sie zu zerbrechen.“ beschreibt sehr gut die Situation auf vielen Betrieben. Als Beispiel seien die zunehmende Verungrasung, die Altrapsproblematik und Kohlhernie genannt. Diesen pflanzenbaulichen Problemen wurden über eine lange Zeit unzureichend Rechnung getragen. Die „Reparaturmöglichkeiten“ durch Pflanzenschutzmaßnahmen haben durch die restriktive Zulassungssituation für Pflanzenschutzmittel abgenommen. Damit sind die „Ketten“ auf Einzelflächen bereits sehr schwer. Darüber hinaus beeinflusst der Klimawandel mit den zunehmenden Wetterextremen die Produktionsverfahren im Ackerbau.

Neben den pflanzenbaulichen Faktoren hat die Diskussion in der Gesellschaft über die Produktionsverfahren, den Anteil der Landwirtschaft am Klimawandel und wie wir Nahrungsmittel produzieren stark zugenommen. Dabei steht das Thema Biodiversität insbesondere in Zusammenhang mit dem Insektensterben und der Düngung im Fokus. Die Gesellschaft fordert eine veränderte Produktionsweise in der Landwirtschaft. In der Ackerbaustrategie 2035 vom BMEL wird bereits das Ziel vielfältiger Fruchtfolgen mit dem Anbau von mindestens 5 Früchte formuliert.

Gesellschaft und Landwirtschaft blicken aus einem unterschiedlichen Winkel auf den Ackerbau der Zukunft. Während für die Gesellschaft eine hohe Biodiversität und sauberes Grundwasser im Vordergrund stehen, hat der Landwirt das Ziel, auf seinem Flächen über Generation wirtschaftlich Ackerbau zu bereiten, um für die in der Landwirtschaft arbeitenden Familien dauerhaft ein Einkommen zu erwirtschaften. Letztendlich geht der Nachhaltigkeitsgedanke der Gesellschaft und der Landwirtschaft trotz des Spannungsfeldes in die gleiche Richtung. In dieser Studie, die an die Studie von 2017 anschließt, wird untersucht, inwieweit veränderte Rahmenbedingungen durch die Politik als auch durch die Erweiterung der Fruchtfolgen auf die Wirtschaftlichkeit im Ackerbau und auf die Biodiversität auswirken.

## **2 Vorgehensweise**

In den nachfolgenden Abschnitten wird beschrieben, wie bei der Entwicklung und Modellierung der Studie vorgegangen wurde. Die methodische Vorgehensweise schließt weitgehend an die Studie aus 2017 an. Neu aufgenommen wurde der Einfluss der Fruchtfolge auf die Biodiversität.

Aufgrund des großen Datenumfangs und der umfangreichen Nebenrechnungen wurde ein Tabellenwerk zum vorliegenden Bericht angefertigt, welches die grundlegenden Daten beinhaltet.

### **2.1 Wahl der Regionen**

Die Modellregionen wurden so gewählt, dass innerhalb einer Region die Anbaustruktur, die Ertragsrelationen zwischen den Früchten und die Anbauverfahren ähnlich sind. Die Anbaustruktur hängt neben Klima- und Bodeneigenschaften von der Nähe zu Biogasanlagen und Verarbeitern von Kartoffeln und Zuckerrüben ab. Raps und Getreide werden sehr stark überregional gehandelt, stehen aber mit den lokalen Früchten im Wettbewerb. Eine Klassifizierung nach Bundesländern würde zu kurz greifen, da die Anbaustruktur und die Erträge auf Bundeslandebene meist sehr vielfältig sind. So sind in Mecklenburg-Vorpommern z.B. in der Küstenregion sehr gute und im Binnenland teilweise sehr leichte Böden zu finden. Hinzu kommt, dass die Zuckerfabrik in Anklam auf die Anbauplanung in der Umgebung ausstrahlt.

Auf Grundlage der genannten Faktoren wurden folgende Modellregionen definiert:

- 1) Gute Standorte Schleswig-Holstein (Küste)
- 2) Gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern
- 3) Leichte Standorte Ostdeutschland (25 bis 35 Bodenpunkte)
- 4) Gute Standorte Ostdeutschland (Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen)
- 5) Gute Standorte Westdeutschland
- 6) Mittelgebirge / Übergangslagen
- 7) Gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich)
- 8) Trockene Standorte Süddeutschland (niederschlagsarm)

Den Autoren ist bewusst, dass es sich bei den gewählten Modellregionen um keine homogenen Regionen handelt. Sie weisen aber eine ähnliche Ertragsrelation zwischen den Ackerkulturen auf, so dass die Anbauentscheidungen in die gleiche Richtung gehen. So bestehen z. B. zwischen dem nördlichen Sachsen-Anhalt und Zentral-Mecklenburg hinsichtlich des Klimas und des Bodens einige Unterschiede, aber Raps, Getreide und Silomaisserträge sind in vielen Jahren ähnlich.

Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, dass Regionen mit unterschiedlichen Ertragsrelationen zwischen den Ackerfrüchten Berücksichtigung finden. So beträgt das Ertragsverhältnis Raps zu Weizen auf sandigen Standorten 1:1,8 während das Verhältnis auf guten Standorten 1:2,3 beträgt. Bei Mais-silage (Trockenmasseertrag) schwankt das Verhältnis Weizen zu Silomais (in TM) zwischen 1:1,5

bis 1:2,2. Aufgrund der klimatischen Verhältnisse ist auf den nördlichen Standorten ein enges Ertragsverhältnis und im Süden ein weites zu finden. In ähnlicher Weise variiert das Ertragsverhältnis zwischen Raps- und Zuckerertrag (1:3 bis 1:3,8).

Durch eine gezielte Kombination der Verhältnisse, die sich aus mehrjährigen Erträgen aus Landesstatistiken, Versuchen und eigenen Erhebungen ergeben, lassen sich Aussagen für bestimmte Regionen treffen. Bei der Höhe der Hektarerträge werden die Daten der statistischen Landesämter nur als erste Grundlage verwendet, da sie für eine detaillierte Fruchtfolgeanalyse nicht geeignet sind. Ihre fehlende Eignung wird besonders am Hektarertrag für Roggen deutlich. In der Landesstatistik liegen die Roggenerträge häufig 20 dt/ha unterhalb des Weizenertrages. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Roggen innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebes häufig auf den sandigen Böden angebaut wird, während der Weizen auf den Lehmböden steht. Auf der anderen Seite stehen Zuckerrüben und Weizen häufig auf den guten Böden im Betrieb, während Raps auf der gesamten Betriebsfläche angebaut wird. Des Weiteren werden die Erträge der Landesstatistiken in der Regel auf Kreisebene, die vielfach sehr unterschiedliche Stufen der Bodengüte aufweist, ausgewiesen. Daher fließen schwerpunktmäßig Versuche mit Früchtevergleichen und eigene Erfahrungen aus der Beratung in die Erträge mit ein.

## **2.2 Ertragserwartung der Ackerfrüchte**

In den vergangenen Jahren war zu beobachten, dass die Rapsertträge bundesweit stark gesunken sind. Als Gründe sind neben den engen Fruchtfolgen das Verbot der Neonicotinoidenbeize sowie die allgemein rückläufige Anzahl an Wirkstoffen, insbesondere im Bereich der Insektizide. In der untenstehenden Grafik ist die Ertragsentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern von 2003 bis 2020 abgebildet. Vor allem in den Jahren 2016 bis 2018 hat der Druck auf den Rapsanbau deutlich zugenommen.

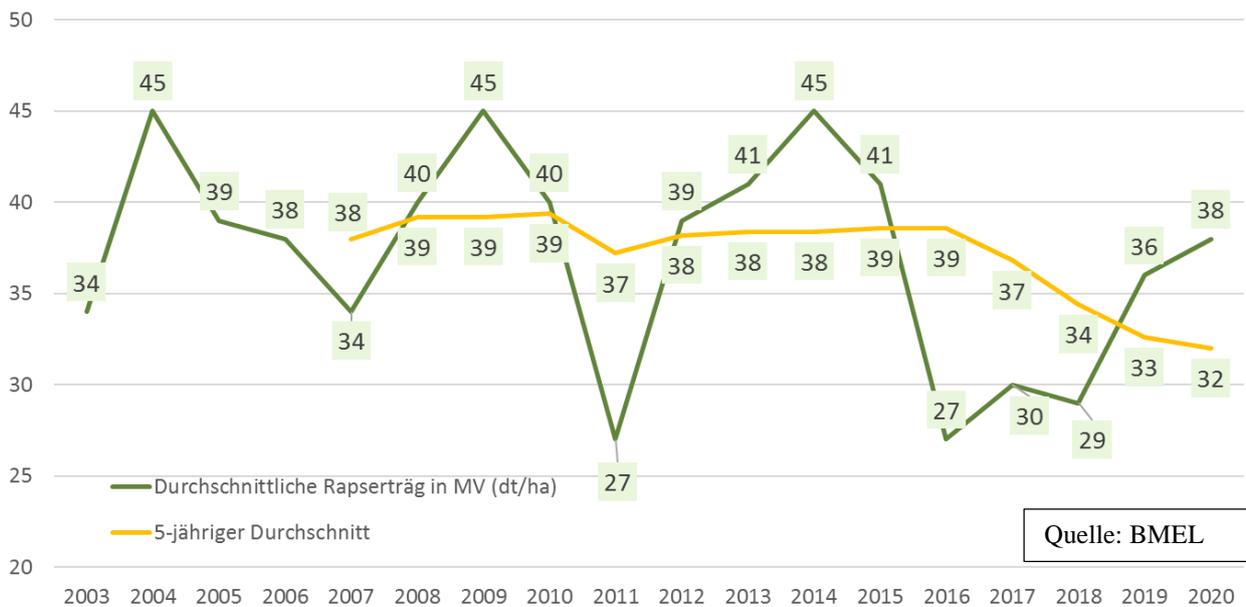


Abbildung 1: Die Rapsertträge in Mecklenburg-Vorpommern von 2003-2020.

In dieser Studie wird insbesondere der Ertragseffekt weiter Fruchtfolgen in den Kalkulationen berücksichtigt. Der Ertragseffekt des Rapses hinsichtlich der Wahl der Vorfrucht und der Anzahl der Fruchtfolgliedglieder ist bisher noch nicht systematisch untersucht worden. Es gibt aus Einzelversuchen und vor allem aus Erfahrung aus der Praxis und Beobachtungen eine Einordnung der Ertragsabstufungen in Abhängigkeit der Anbauhäufigkeit und der Vorfrucht. Die nachstehende Tabelle zeigt die Ertragsunterschiede von einer 3-jährigen bis zur 6-jährigen Anbaupause sowie unter der Berücksichtigung der Vorfrucht. In Versuchen und in der Praxis ist zu beobachten, dass die Rapsertträge nach Wintergerste um 1 bis 2 dt/ha höher liegen als nach Weizen und Roggen. Insbesondere durch die frühe Ernte kann die Ackerfläche nach Wintergerste besser für die folgende Aussaat vorbereitet werden. Besonders in Jahren einer späten Weizenernte im Norden ist das Saatbett häufig nicht optimal. Praxiserfahrungen lassen bei einem 4-jährigem Anbau Ertragssteigerungen von 2 dt/ha, bei 5-jährigem Anbau von 4 dt/ha und bei einem 6-jährigem Anbau von 5 dt/ha erwarten.

Tabelle 1: Entwicklung der Rapsertträge (dt/ha) in Abhängigkeit der Anbauhäufigkeit.

	Raps 3- FF n. WG	Raps 4- FF n. WG	Raps 5- FF n. WG	Raps 6- FF n. WG
Gute Standorte Schleswig-Holstein	36	38	40	41
Gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern	36	38	40	41
Leichte Standorte Ostdeutschland	31	33	35	36
Gute Standorte Ostdeutschland	38	40	42	43
Gute Standorte Westdeutschland	36	38	40	41
Mittelgebirge / Übergangslagen	38	40	42	43
Gute Standorte Süddeutschland	38	40	42	43
Trockene Standorte Süddeutschland	36	38	40	41

Nach Vorfrucht Winterweizen im Vergleich zu Wintergerste fallen die Rapsertträge um 1dt/ha geringer aus

Auf die Eigenrentabilität bezogen steigt die Grundrente hier am Beispiel Schleswig-Holstein gute Böden von 413 €/ha auf 683 €/ha. Bei der Kalkulation wurde die Düngung in Abhängigkeit des Ertrages nach der Düngebedarfsrechnung angepasst.

Tabelle 2: Grundrente im Rapsanbau in Abhängigkeit der Anbaupause in Schleswig-Holstein.

Schleswig-Holstein		Raps 3 - FF n. WG	Raps 4 - FF n. WW	Raps 4 - FF n. WG	Raps 5 - FF n. WW	Raps 5 - FF n. WG	Raps 3 - FF n. AB	Raps 6 - FF n. WW	Raps 6 - FF n. WG	Raps 5 - FF n. AB
<b>Ertrag</b>	dt/ha	36	37	38	39	40	38	40	41	41
<b>Erlös</b>	Euro/dt	37,40	37,40	37,40	37,40	37,40	37,40	37,40	37,40	37,40
<b>Marktleistung einschl. Prämie</b>	Euro/ha	1.611	1.649	1.686	1.724	1.761	1.686	1.761	1.798	1.798
<b>Summe der Produktionskosten</b>	Euro/ha	1.199	1.198	1.210	1.198	1.206	1.124	1.198	1.201	1.115
<b>Grundrente</b>	Euro/ha	413	450	476	526	555	562	563	597	683

Über die Höhe des Ertrages der Ackerkultur entscheidet neben dem Standort vor allem die Stellung der Kultur in der Fruchtfolge. Im Durchschnitt der Jahre erreichen Halmfrüchte nach Blattfrucht höhere Erträge als nach Halmfrucht und spätgesäte Halmfrüchte im Herbst fallen im Ertrag in der Mehrzahl der Jahre deutlich gegenüber den Normalsaaten ab. Tabelle 3 zeigt die Grundrente des Weizens in Schleswig-Holstein nach unterschiedlichen Vorfrüchten. Die Grundrente schwankt in der Tabelle 3 zwischen 413 €/ha nach Körnermais bis 600 €/ha nach Ackerbohne. Neben dem Ertrag beeinflusst

auch die unterschiedliche Bodenbearbeitung das Ergebnis. So wird nach Körnermais und nach Weizen gepflügt, während nach der Ackerbohne in der Regel ein bis zwei Bodenbearbeitungsgänge vor der Saat ausreichen.

Tabelle 3: Grundrente des Weizens in Schleswig-Holstein in Abhängigkeit der Vorfrucht.

<b>Schleswig-Holstein</b>		<b>WW n. Kö-Mais</b>	<b>WW n. Silomais</b>	<b>WW n. ZR</b>	<b>WW n. Hafer</b>	<b>WW n. Raps</b>	<b>WW n. Legu- minose</b>
<b>Ertrag</b>	<b>dt/ha</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>95</b>
<b>Erlös</b>	<b>Euro/dt</b>	<b>17,00</b>	<b>17,00</b>	<b>17,00</b>	<b>17,00</b>	<b>17,00</b>	<b>17,00</b>
<b>Marktleistung einschl. Prämie</b>	<b>Euro/ha</b>	<b>1.710</b>	<b>1.795</b>	<b>1.710</b>	<b>1.795</b>	<b>1.880</b>	<b>1.880</b>
<b>Summe der Produktionskosten</b>	<b>Euro/ha</b>	<b>1.297</b>	<b>1.326</b>	<b>1.234</b>	<b>1.295</b>	<b>1.320</b>	<b>1.280</b>
<b>Grundrente</b>	<b>Euro/ha</b>	<b>413</b>	<b>469</b>	<b>476</b>	<b>500</b>	<b>560</b>	<b>600</b>

Die Körnerleguminosen sind neben dem Raps eine gute Ergänzung als Blattfrucht. Als Argument gegen die Körnerleguminose gilt ihre schwache Eigenrentabilität. Ihr Ergebnis liegt langjährig deutlich niedriger als die Konkurrenzfrüchte bei gleichzeitig stark schwankenden Erträgen. Die Tabelle 4 zeigt die Grundrente der Ackerbohne in Abhängigkeit des Ertrages und des Preisaufschlages zum Weizenpreis. Die Spannweite der Ergebnisse liegt von – 56 €/ha bei 35 dt/ha bis 468 €/ha bei 60 dt/ha. Insbesondere auf guten Ackerbaustandorten bei guten Vermarktungsmöglichkeit ist die Ackerbohne wettbewerbsfähig. Bei niedrigen Erträgen wird ihr Vorfruchtwert als Argument für den Anbau herangezogen. Die Leguminosen unterbrechen die Infektionsketten der Getreidefrüchte und verlängern die Anbaupausen für den Raps, dadurch können die Pflanzenschutzkosten gesenkt werden und die Erträge gesteigert werden. Darüber hinaus führen sie in der Fruchtfolge zu Einsparung an Stickstoff und verringern durch eine weniger bzw. eine leichtere Bodenbearbeitung den Dieselverbrauch.

Tabelle 4: Grundrente der Ackerbohne in Abhängigkeit des Ertrages.

Schleswig-Holstein		Acker- bohne	Acker- bohne	Acker- bohne	Acker- bohne	Acker- bohne	Acker- bohne
Ertrag	dt/ha	35	40	45	50	55	60
Erlös	Euro/dt	19	19	19	19	19	19
Erlös	Euro/dt	21	21	21	21	21	21
Marktleistung einschl. Prämie	Euro/ha	930	1.025	1.120	1.215	1.310	1.405
Marktleistung einschl. Prämie	Euro/ha	1.000	1.105	1.210	1.315	1.420	1.525
Summe der Produktionskosten	Euro/ha	986	1.000	1.015	1.029	1.043	1.057
Grundrente (Erlös 19 €/ha)	Euro/ha	-56	25	105	186	267	348
Grundrente (Erlös 21 €/ha)	Euro/ha	14	105	195	286	377	468

In dieser Studie sollen die Vor- und Nachteile einzelner Früchte in den Fruchtfolgekalkulationen zusammengeführt werden und damit die Auswirkung der Vorfrucht bzw. ihre Auswirkung auf die Nachfrucht hinsichtlich der Düngeverordnung, der Bodenbearbeitung sowie der Anbaupause und des Ertrages Berücksichtigung finden.

## 2.2 Wahl der Fruchtfolgen

Für die Wahl der Fruchtfolgen wurden zunächst für jede Region auf Basis von Erfahrungswerten und Statistiken der Landesämter die Hauptanbaufrüchte bestimmt. Anschließend wurden übliche Fruchtfolgen der vergangenen Jahre und als Folge des Greenings die Stilllegung und der Zwischenfruchtanbau berücksichtigt. In den Regionen im Süden, Westen und Südosten (SN, ST, TH) wurde der sich entwickelnde Sojabohnenanbau in die Modellkalkulationen aufgenommen. Bisher wird sie in Deutschland nur vereinzelt angebaut. Sie wird aber bereits seit Jahren in vielen Versuchen mit zum Teil sehr guten aber stark schwankenden Ertragsergebnissen getestet. Neben der Sojabohne finden Ackerbohne und Erbse Eingang in die Kalkulationen. Die zunehmende Nachfrage insbesondere aus der Lebensmittelindustrie als auch für den Export führten zu verbesserten Preisrelationen zu Getreide und Ölsaaten. Die Leguminosen haben neben pflanzenbaulichen und wirtschaftlichen Gründen, durch die regionalen Programme für vielfältige Fruchtfolgen, zu einer Erhöhung des Anbaus geführt.

In der Studie dient die klassische dreifeldrige Fruchtfolge Raps-Weizen-Gerste als Vergleichsmaßstab, da diese Fruchtfolge in vielen Regionen über einen langen Zeitraum den Anbau bestimmt hat. Für Landwirte und Berater werden die erweiterten Fruchtfolgen an dieser dreigliedrigen Fruchtfolge gemessen. Fruchtfolgen, die aus zwei Früchten bestehen (Raps-WW-WW, SM-SM-Rog) finden in den Kalkulationen keine Berücksichtigung mehr. Den Autoren ist bewusst, dass diese Fruchtfolgen

auf Teilflächen in Ackerbaubetrieben und Betrieben mit Tierhaltung bzw. Biogasanlagen noch zu finden sind. Ihre Bedeutung wird in den kommenden Jahren aus pflanzenbaulichen, und betriebswirtschaftlichen Gründen sowie politischer Vorgaben abnehmen.

Ackerkulturen mit einer geringen Anbaubedeutung wurden in der Studie nicht berücksichtigt. Hierbei handelt es sich in der Regel um spezielle vertragliche Produktionen auf einer begrenzten Anbaufläche. Als Beispiel seien Durumweizen und Dinkel genannt. Darüber hinaus fehlen in der Betrachtung Triticale und Sommergerste (Futter). Triticale ersetzt regional Roggen bzw. Stoppelweizen als Fruchtfolgeglied und führt damit zu einem ähnlichen wirtschaftlichen Ergebnis. Der Anbau hängt dabei von der lokalen Nachfrage der Mischfutterwerke ab. Sommergerste (Futter) ist im Gegensatz zur Sommerbraugerste nur in wenigen Betrieben ein festes Fruchtfolgeglied. Der Hafer wird anders als in der Vorgängerstudie aufgrund der zunehmenden Beachtung in der Fruchtfolgegestaltung der Betriebe berücksichtigt. Besonders beim Hafer hängt der Anbau von der Nachfrage durch die Schälmühlen ab, die in den vergangenen Jahren vermehrt heimischen Hafer nachfragen. Ziel der Studie ist es nicht, jede Getreidefrucht wirtschaftlich zu beurteilen. Vielmehr geht es darum, die Entwicklung zwischen den Stärke-, Öl-, Eiweiß- und Zuckerpflanzen, ergänzt durch den Futterbau (Maissilage), anhand von pflanzenbaulichen Faktoren, der Marktentwicklung und den politischen Entwicklungen abzuschätzen, wobei die Politikmaßnahmen über die Veränderung der Preisrelationen (2.4 Preisentwicklung) abgebildet werden. Die betrachteten Fruchtfolgen lauten wie folgt:

Tabelle 5: Fruchtfolgen gute Standorte Schleswig-Holstein.

Fruchtfolge	Erträge in dt/ha
3-Raps-WW-WG	36-95-92
3-Raps-WW-WG/AB	36/38-95-92/52
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	37/38-95-150/75-90/94
4-Raps-WW-ZF+SM/AB-WW/WG	37/38-95-150/52-90/97
4-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW/WG	37/38-95-700/52-85/97
4-Raps-WW-Ha/AB-WW/WG	37/38-95-75/52-90/97
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	38-150-147-135
5-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG/AB	40/41-95-150/75-90/90-92/52
6-Raps-WW-ZF+KM-AB/Ha-WW-WG	41-95-95-52/75-95/90-92
7-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG	41-95-700/52-85/95-150/75-90/90-92

Tabelle 6: Fruchtfolgen gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern.

Fruchtfolge	Erträge in dt/ha
3-Raps-WW-WG	36-90-88
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	37/38-90-135/65-85/90
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	37/38-90-135/42-85/92
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	37/38-90-680/42-78/92
4-Raps-ZF+SM-SM-WW	37-135-132-85
5-Raps-WW-ZF+ZR-WW-WG	40-90-680-78-88
7-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-SM/Ha-WW-WG	41-90-680/42-78/90-135/65-85/85-88

Tabelle 7: Fruchtfolgen leichte Standorte Ostdeutschland.

Fruchtfolge	Erträge in dt/ha
3-Raps-WW-WG	31-67-65
3-Raps-WW-WG/WR	31/30-67-65/73
4-Raps-WW-ZF+SM-WG/WR	33/32-67-125-65/73
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	33-125-123-73
5-Raps-WW-ZF+SM-Er/Oel-WW/WR	34-67-125-30/15-67/78
6-Raps-WR-Er-WW-ZF+SM-WR/WG	35/36-78-30-67-125-65/73
8-Raps-WW-ZF+KM-Er-WR-Raps-WR-WG	31-67-78-30-78-34-67-65

Tabelle 8: Fruchtfolgen gute Standorte Ostdeutschland.

Fruchtfolge	Erträge in dt/ha
3-Raps-WW-WG	38-88-88
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	39/40-88-720/45-79/92
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	39/40-88-150/45-85/92
4-Raps-WW-ZF+KM/Er-WW/WG	39/40-88-100/45-77/92
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS/WW	40/39-150-147-128/85
6-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM-WG	43-88-720/45-79-88-150-88
7-Raps-WW-Er-WW-Raps-WW-WG	38-88-45-88-39-88-88
3-Soja-WW-WG	25-88-88
3-Soja-WW-ZF+KM	25-88-100

Tabelle 9: Fruchtfolgen gute Standorte Westdeutschland.

Fruchtfolge	Erträge in dt/ha
3-Raps-WW-WG	38-92-95
4-Raps-WW-ZF+ZR-WW	39-92-800-86
4-Raps-WW-ZF+SM-WW	39-92-175-88
4-Raps-WW-Ha/AB-WW	39-92-70/55-88-92
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	40-175-172-149
7-Raps-WW-AB-WW-Raps-WW-WG	38-92-55-92-39-92-95
7-Raps-WW-AB-WW-ZF+ZR/ZF+SM-WW/WG	42/43-92-55-92-800/175-88-95
3-Soja-WW-ZF+KM	30-92-110
4-Soja-WW-ZF+ZR-WW	30-92-800-86

Tabelle 10: Fruchtfolgen Mittelgebirge/ Übergangslagen.

Fruchtfolge	Erträge in dt/ha
3-Raps-WW-WG	36-80-75
4-Raps-WW-ZF+SM-WG	38-80-135-75
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	38-135-132-115
5-Raps-WW-Er/Oel-WW-WG	40-80-35/15-80/80-75
7-Raps-WW-ZF+SM-WW-Er-WW-WG	41-80-135-75-35-80-75

Tabelle 11: Fruchtfolgen gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich).

Fruchtfolge	Erträge in dt/ha
3-Raps-WW-WG	38-85-80
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	39-85-170/850-83/80
4-Raps-WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	39-85-110/850-75/80
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	40-170-167-136
6-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW-WG	43-85-850-110-75-80
3-Soja-WW-ZF+KM	35-85-110
4-Soja-WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	35-85-110/850-75/80

Tabelle 12: Fruchtfolgen trockene Standorte Süddeutschland.

Fruchtfolge	Erträge in dt/ha
3-Raps-WW-WG	36-76-69
3-Raps-WW-SG	36-76-53
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	37-76-135/720-74/69
4-Raps-WW-Er/ZF+KM-WW/SG	37-76-35/90-76/53
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	38-135-132-108
5-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW	39-76-720-90-70
4-Soja-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	28-76-135/720-74/69
5-Soja-WW-ZF+ZR-WW-ZF+KM	28-76-720-69-90

### 2.3 Methodik der Fruchtfolgekalkulation

Die Fruchtfolgen werden anhand ihrer Grundrente miteinander verglichen. Fruchtfolgenanalysen werden häufig durch den Vergleich der „Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistung“ durchgeführt. In dieser Studie wird von dieser Vorgehensweise abgewichen, da der Anspruch der Kulturen an z. B. Lagerkapazitäten auf den Ackerbaubetrieben sehr unterschiedlich ist. So wird die Zuckerrübe direkt vom Feldrand zur Fabrik transportiert, die Maissilage auf dem Halm verkauft und Raps und Leguminosen haben pro Hektar durch den geringeren (Volumen-)Ertrag einen geringeren Anspruch an die Lagerkapazität als Getreide. Dieser Effekt würde bei einem Vergleich der Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistung nicht berücksichtigt werden bzw. zu ergänzen sein. Darüber hinaus wurde für Allgemein- und Verwaltungskosten ein Ansatz in für alle Kulturen gleicher Höhe hinzugefügt. Die Berücksichtigung der Allgemein- und Verwaltungskosten ist ergebnisneutral, führt aber zu einer vollständigen Produktionskostenermittlung vor Pacht. Für den Leser lassen sich dadurch die Ergebnisse der Studie besser einordnen. Die Tabelle 13 veranschaulicht das der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zugrunde liegende Rechenschema.

Tabelle 13: Schema zur Fruchtfolgekalkulation.

			Raps 3-FF n. WG	WW n. Raps	W-Gerste n. WW	Brache	Durchschnitt
<b>Fruchtfolgeanteil in Prozent</b>			32,3%	32,3%	32,3%	3,0%	100,0%
<b>Ertrag</b>		<b>dt/ha</b>	<b>36</b>	<b>95</b>	<b>92</b>	<b>0</b>	
<b>Erlös</b>		<b>Euro/dt</b>	<b>37,40</b>	<b>17,00</b>	<b>15,00</b>	<b>0,00</b>	
ZA-Auszahlung	265	Euro/ha	265	265	265	265	<b>265</b>
<b>Marktleistung einschl. Prämie</b>		<b>Euro/ha</b>	<b>1.611</b>	<b>1.880</b>	<b>1.645</b>	<b>265</b>	<b>1.669</b>
							<b>€/ha</b>
Saatgut		Euro/ha	70	83	72	20	<b>73</b>
Düngung		Euro/ha	210	232	218	0	<b>213</b>
Pflanzenschutz		Euro/ha	220	240	230	0	<b>223</b>
Hagelversicherung		Euro/ha	13	5	4	0	<b>7</b>
Zinsansatz - Direktkosten	3%	Euro/ha	7	6	6	0,3	<b>6</b>
Arbeitsleistung		Euro/ha	569	554	557	163	<b>548</b>
Lagerung		Euro/ha	42	93	90	0	<b>73</b>
Trocknung (variable Kosten)		Euro/ha	9	48	23	0	<b>26</b>
Verwaltung, sonstiges	60	Euro/ha	60	60	60	60	<b>60</b>
<b>Summe der Produktionskosten</b>		<b>Euro/ha</b>	<b>1.199</b>	<b>1.320</b>	<b>1.260</b>	<b>243</b>	<b>1.229</b>
<b>Grundrente</b>		<b>Euro/ha</b>	<b>413</b>	<b>560</b>	<b>385</b>	<b>22</b>	<b>440</b>

Saatgut, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel sowie die Hagelversicherung zählen zu den Direktkosten. Die Saatgutkosten werden für alle Kulturen über den Zukauf von Z-Saatgut ermittelt. Die Saatstärke richtet sich nach dem Saattermin bzw. der Vorfrucht. Die Pflanzenschutzkosten werden anhand der Erfahrungen und pflanzenbaulichen Empfehlung der Pflanzenbauberatung der Hanse-Agro bestimmt. Die Düngungskosten ergeben sich aus den zu düngenden Nährstoffen und den für sie angesetzten Einkaufspreisen. Die Nährstoffmengen werden auf Basis der Düngebedarfsrechnung ermittelt. Für die organische Düngung werden Kosten für die bodennahe Ausbringung der Gülle berücksichtigt. Es wird die innerbetriebliche Verwertung des organischen Düngers durch die Differenzrechnung zur Fruchtfolgevariante ohne Gülle kalkuliert. Der innerbetriebliche Wert entspricht dem maximalen Kaufpreis für die Gülle. Für die Berechnung der Hagelversicherung wurden durchschnittliche Prämienätze je Bundesland der Vereinigten Hagelversicherung aus dem Jahr 2020 verwendet. Im Falle einer mehrere Bundesländer umfassenden Region, wurden die Prämienätze gemittelt. Beim Zinsansatz für die Direktkosten wurde berücksichtigt, dass diese unterschiedlich lange im Jahr gebunden sind.

Die Arbeitserledigung wird in Anlehnung an Maschinenring- und Lohnunternehmer-Verrechnungssätzen nach Arbeitsgängen bewertet, damit Ineffizienzen in der Maschinenauslastung die Ergebnisse nicht überlagern. Zudem wird jeder Hektar pauschal mit einem Kostensatz von 90 bis 140 € belastet. Dieser Kostensatz enthält u.a. die Kosten für die Betriebsführung, die Hofarbeiten, Wegebau, Knickpflege usw.. Dieser Ansatz schwankt in Abhängigkeit der Betriebsgröße und der regionalen Gegebenheit. Dieser Ansatz ist ergebnisneutral. Die Kosten werden berücksichtigt, um insgesamt die Höhe der Arbeitserledigungskosten auf das Niveau der Praxisbetriebe zu führen und damit eine realistische Kostengröße zu veröffentlichen. Insgesamt orientieren sich die Kosten und Erlöse an gut geführten Ackerbaubetrieben.

Für die Lagerkosten werden standardisierte Kostensätze pro Tonne Getreide angesetzt. Dabei wird für alle Getreide-, Öl- und Eiweißpflanzen von einer Lagerperiode von durchschnittlich drei Monaten ausgegangen. Der angenommene Erlös für die Körnerfrüchte schließt somit eine dreimonatige Lagerperiode ein, während es sich bei Maissilage und Zuckerrüben um einen Preis frei Feld bzw. Halm handelt. Zudem werden für Getreide, Raps und Körnerleguminosen durchschnittliche Trocknungskosten in Ansatz gebracht.

## **2.4 Preisentwicklung**

Die Preise für Weizen schwankten an der Börse seit 2007 zwischen 100 €/t und 300 €/t und für Raps zwischen 210 und 520 €/t. Aus diesen Preisen leiten sich die Preise ab Station für die Landwirte bzw. für die Kalkulationen im Rahmen dieser Studie ab. Dabei gilt der Weizenpreis als Eckpreis. Weizen wird zu inländischem Mehl verarbeitet, exportiert und als Futtermittel eingesetzt. Am Futtertisch konkurriert er mit allen anderen Stärketrägern. Die Stärketräger richten sich in der EU-27 nach dem Weizenpreis. Der Grad der Korrelation schwankt jährlich in Abhängigkeit des regionalen Angebots und der regionalen Nachfrage zwischen den Konkurrenzprodukten. So kann nach Produktionsausfällen der Brotroggenpreis oberhalb des Weizens liegen und bei einem Überangebot nur 75 % des Weizenpreises betragen. Langfristig ist allerdings eine wiederkehrende Preisbeziehung festzustellen. Ähnlich ist es mit den Preisverhältnissen zwischen Getreide, Ölfrüchten, Silagen und auch für den Zuckermarkt. Alle Produkte streiten um die Anbauwürdigkeit. Die wiederkehrenden Preisbeziehungen ändern sich durch eine veränderte lokale Nachfrage bzw. durch die Politik. So wäre zu erwarten, dass in der EU-27 durch z. B. die Einführung des iLUC-Faktors (indirect land use change) die Biodieselproduktion auf Basis von Raps eingestellt würde. Damit geht ein Großteil der nationalen Nachfrage verloren und das Rapsöl muss am Weltmarkt verkauft werden. Der Wandel vom Importeur zum Exporteur aufgrund der Transport- und Handelskosten führt zu einem sinkenden Inlandspreis für Raps im Vergleich zu z. B. Weizen, dessen politische Rahmenbedingungen sich nicht ändern. Als

weiteres Beispiel ist die EU-Zuckermarktordnung zu nennen. Eine veränderter Binnenschutz würde das Preisverhältnis zwischen Getreide, Raps und Zuckerrübe verändern.

Aufgrund der wiederkehrenden Preisverhältnisse wird in den Kalkulationen der Weizenpreis als Eckpreis angesetzt. Vom Weizenpreis werden die übrigen Preise abgeleitet bzw. zum Weizenpreis variiert. In der nachstehenden Übersicht sind die Preisgrundlagen aufgeführt. Die in Kapitel 3 in den Tabellen aufgeführten Ergebnisse beziehen sich auf Preisdifferenzen zwischen B-Weizen und Futtergerste von 20 €/t, zwischen Körnerleguminosen und B-Weizen von 20 €/t bzw. 40 €/t und, wenn nicht anders ausgewiesen, Preisverhältnisse zwischen Zuckerrüben und Raps von 1:13 sowie zwischen Weizen und Silomais von 1:0,475 oder 1:0,5.

Tabelle 14: Angewandte Preisdifferenzen und Preisrelationen der Erntefrüchte.

Preisdifferenzen zu B-Weizen in €/t		Preisrelationen	
Futtergerste	-20	WW zu Raps, 1:	
Braugerste	+20	2,0	2,2
Roggen	-25	WW zu Silomais (in TM), 1:	
A-Weizen	+3 +5	0,475	0,50
E-Weizen	+10 +20	ZR zu Raps, 1:	
Körnermais	-10	13	14
Körnerleguminosen	+20 +40		

## 2.5 EU-Prämien

In der Projektstudie wird die bestehende EU-Agrarreform als Grundlage für die Kalkulationen verwendet. Die EU-Prämie wird in der Fruchtfolgekalkulation berücksichtigt. Es wird berücksichtigt, dass die Betriebe durch Hecken, aus der Bewirtschaftung genommene Flächen, Teiche oder Sölle bereits einen Teil der Auflage erfüllen. So ist die Bereitstellung von ÖVF bei vielen Betrieben in Ostholstein bereits durch die kilometerlangen Knicks gegeben. Es wird in Schleswig-Holstein mit einer Stilllegung von 3 % und in den übrigen Bundesländern von 5 % kalkuliert. Durch die Vereinheitlichung der Prämienzahlungen in Deutschland wird in der Studie mit einer einheitlichen Prämie von 265 €/ha kalkuliert. Die Ergebnisse der Studie behalten nach dem Diskussionstand April 2021 über die Agrarreform 2022/23 ihre Aussagekraft. Auch in der Agrarreform soll eine Basisprämie gezahlt werden, die durch die Konditionalität eine Flächenstilllegung von 3 % vorsieht. Durch das Absenken der Prämie von 265 €/ha (Basisprämie inkl. Greeningprämie) auf künftig 140 bis 150 €/ha verringert sich die Höhe der Grundrente für alle Fruchtfolgen in gleicher Höhe. Die Differenz zwischen den Fruchtfolgen bleiben gleich.

## 2.6 Bestimmung der Nährstoffmengen unter Berücksichtigung der neuen Düngeverordnung

Für die Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor ( $P_2O_5$ ), Kali ( $K_2O$ ) und Schwefel (S) wurde eine Mengenplanung vorgenommen, wobei für die Düngung von N und  $P_2O_5$  die DüV berücksichtigt wurde. Kalk wird in der Praxis meist nur einmal in der Fruchtfolge ausgebracht. Um keine Frucht ungerechtfertigt zu benachteiligen, wurden die Kalkmenge sowie die Kosten ihrer Ausbringung (Teil der Arbeitserledigungskosten) zu gleichen Teilen jeder Frucht, mit Ausnahme von Brache und Zwischenfrüchten, zugeordnet. Für die Mikronährstoffe wurde ein von der Frucht und der Art der Düngung (mineralisch, mineralisch + organisch) abhängiger Kostenbetrag je Hektar angesetzt.

In der Einleitung wurde bereits erwähnt, dass bei der Berechnung der Düngung zwei Varianten aufgestellt wurden: zum einen eine rein mineralische Düngung und zum anderen eine Kombination aus mineralischer und organischer Düngung. Bei den rein mineralischen Varianten stammen die Nährstoffe mit Ausnahme der Fruchtfolgen mit Silomais ausschließlich aus mineralischen Düngern. Im Zuge der Lieferung von Substraten an eine Biogasanlage wird in der Regel Biogasgülle auf die Flächen zurückgebracht, weshalb die Betrachtung einer rein mineralischen Düngung an dieser Stelle nicht realistisch ist. Für die Fruchtfolgen mit Silomais wurde für den Silomais, neben der mineralischen Düngung, die Zufuhr von Biogasgülle angenommen. Bei den Varianten „mineralische zuzüglich organische Düngung“ wurden Zeitpunkt und Menge des organischen Düngers so gewählt, dass der pflanzenbauliche Nutzen, die N-Bedarfswerte und die Einhaltung der maximal zulässigen N- und  $P_2O_5$ -Salden gewahrt wurden. So erfolgt in allen in der Studie betrachteten Rapsfruchtfolgen keine organische Düngung von Raps im Frühjahr. Der Grund ist folgender: Die Hauptaufnahme von N durch Raps geschieht vergleichsweise früh im Frühjahr. Ab etwa Ende Mai wirkt sich die N-Aufnahme weder auf den Ertrag noch auf die Qualität des Erntegutes positiv aus. Der organisch gebundene Stickstoff eines im Frühjahr ausgebrachten organischen Düngers wird erst einige Zeit nach Vegetationsbeginn pflanzenverfügbar und könnte nicht in jedem Jahr sinnvoll vom Raps verwertet werden.

Bei Schwefel wurde regionsübergreifend vorgegangen und 40 kg/ha bei Raps und 20 kg/ha bei Getreide angesetzt. Phosphor und Kalium wurden in der Höhe ihrer Abfuhr vom Feld zugeteilt. Für die Berechnung der Nährstoffmengen wurde davon ausgegangen, dass sich die Böden in Versorgungsstufe C befinden und somit eine Düngung nach Entzug angemessen ist. Berücksichtigt wurde, dass die Regionen und ihre Böden in unterschiedlichem Ausmaß von der Kali-Auswaschung betroffen sind. Hier wurde auf eine im DLG Merkblatt 349 veröffentlichte Tabelle zurückgegriffen (ALBERT ET AL. 2008).

Die von den Früchten benötigten N-Mengen wurden gemäß der gesetzlichen Regelung zur Düngedarfsrechnung hergeleitet. Tabelle 15 gibt das Schema zur Berechnung der zu düngenden N-Menge am Beispiel des Rapses wider.

Tabelle 15: Schema Düngedarfsrechnung von Stickstoff am Beispiel Raps der organischen Variante Küste.

1		Ausbring- menge org. Dünger m <sup>3</sup>	org. Düngug nach DüV	Ertrag dt/ha	N kg/ha
2	<b>Winterraps</b>				
3	Ertrag in der Kalkulation			36	
4	Werte lt. Anlage 4, Tabelle 2			40	200
5	Zu-/Abschläge Ertragsdifferenz			-4	-12
6	Abschlag Nmin				-30
7	aus Bodenvorrat (Humuskorrektur)				0
8	Abschlag Nachlieferung org. Düngung Vj.				-8
9	Abschlag Vorfrucht Getreide				0
10	N-Bedarfswert				150
11	Düngung mineralisch				119
12	org. Düngung (Herbst) ausgebracht	10 m <sup>3</sup>			
13	kg N Biogasgülle	5,1 kg/m <sup>3</sup>			
14	org. Düngung (Herbst) angerechnet		60,0%		31
15	Ammonium-N Herbst, kg/m <sup>3</sup> & kg/ha	2,9	2,9		
16	org. Düngung (Frühjahr) ausgebracht	0			0
17	org. Düngung (Frühjahr) angerechnet		60,0%		0

Der obere Teil entspricht der Düngedarfsermittlung nach Tabelle 1 Anlage 4 der Verordnung. Die Nmin-Mengen wurden basierend auf den öffentlichen Mitteilungen der Ämter festgelegt. Die Nachlieferung aus der organischen Düngung im Vorjahr wurde nach der Verordnung mit 10 % bezogen auf den im Vorjahr aufgebrauchten „organischen“ Stickstoff angesetzt. Im mittleren Teil werden die N-Gaben aus mineralischem und organischem Dünger abgestimmt. Im dargestellten Beispiel wurden zum Raps 10 m<sup>3</sup> Biogasgülle mit 5,1 kg N pro m<sup>3</sup> (2,9 kg/m<sup>3</sup> Ammoniumstickstoff) ausgebracht. Im Jahr des Aufbringens sind bei Biogasgülle mindestens 60 % für die Ausnutzung des Stickstoffs anzusetzen, in diesem Fall also 29 kg/ha (vgl. Zeile 14). Für die Herbsdüngung gelten ein maximaler N-Einsatz von 60 kg/ha N und ein maximaler Anteil von 30 kg/ha Ammonium-N. Dies begrenzt die Ausbringung der o.a. Biogasgülle im Herbst auf 10 m<sup>3</sup>/ha.

Unter Berücksichtigung des N-Bedarfswertes von 150 kg/ha resultiert eine Düngung von 119 kg N aus mineralischem und 31 kg N aus organischem Dünger.

### **3 Analyse der Wirtschaftlichkeit**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der regionalen Fruchtfolgekalkulation dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden nicht alle Preis- und Ertragsrelationen dargestellt. In den Tabellen werden die langfristig zu erwartenden Relationen aufgeführt.

#### **3.1 Gute Standorte Schleswig-Holstein**

In Schleswig-Holstein waren die Fruchtfolgen auf den guten Böden an der Ost- und Westküste Jahrzehnte von den Winterkulturen Weizen, Raps und Gerste geprägt. Bereits in den vergangenen Jahren wurden die Fruchtfolgen dort erweitert. Die zunehmende Ackerfuchsschwanzproblematik, der Altrapsaufschlag sowie das Auftreten der Kohlhernie nach 50 Jahren Rapsanbau brachten die Erträge sowie die Wirtschaftlichkeit unter Druck. Der Bau der Biogasanlagen vor 10 bis 15 Jahren sowie die steigende Nachfrage der Schälmühlen nach Hafer aus regionalem Anbau und Ackerbohnerträge von 50 bis 60 dt/ha ermöglichen den Landwirten ihre Fruchtfolge zu erweitern. Hinzukommt der Zuckerrübenanbau, der neben dem rückläufigen Anbau für die Nordzucker in den Biogasanlagen vergoren wird.

Auf den guten Ackerbaustandorten in Schleswig-Holstein werden bundesweit die höchsten Getreideerträge erzielt. Besonders der Weizen und die Wintergerste erreichen im fünfjährigen Durchschnitt nach den Daten des Landesstatistikamtes einen Ertrag von 91 dt/ha bzw. 86 dt/ha. Die Rapsenerträge sind neben den oben angesprochenen pflanzenbaulichen Problemen durch die engen Fruchtfolgen auch durch die ungünstige Witterung der vergangenen Jahre auf 36 dt/ha gesunken. Stark gestiegen sind in den vergangenen Jahren die Zuckerrüben- und Silomaiserträge, im fünfjährigen Durchschnitt erzielt die Rübe einen Ertrag von 700 dt und der Silomais von 430 dt/ha bei 35 % TS. Bei der Ackerbohne wird aufgrund der Praxiserfahrungen der Hanse-Agro in Ostholstein ein Ertragsniveau von 50 dt/ha erreicht und in der Marsch von 60 dt/ha.

Bei den Sommerfrüchten Hafer, Ackerbohne, Silomais und Zuckerrübe wurde in vielen Fällen im Gegensatz zu den Winterfrüchten die Anbaufläche zwischen zwei Sommerfrüchten geteilt. Hintergrund der geteilten Fläche ist der deutliche kleinere Markt für die Früchte und die daraus resultierende begrenzte Nachfrage. Darüber hinaus ist das Risiko im Anbau höher als bei den Winterfrüchten. Als Vorfrucht für den Raps wurde die Fläche in einigen Fruchtfolgen zwischen Weizen und Wintergerste geteilt, da viele Landwirte aus arbeitsorganisatorischen und pflanzenbaulichen Gründen die Wintergerste anbauen.

Tabelle 16: Grundrenten der Fruchtfolgen in Gute Standorte Schleswig-Holstein.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	440	440	440	440
3-Raps-WW-WG/AB	437	454	437	454
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	468	468	461	461
4-Raps-WW-ZF+SM/AB-WW/WG	452	464	444	457
4-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW/WG	467	480	467	480
4-Raps-WW-Ha/AB-WW/WG*	444	457	444	457
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	512	512	467	467
5-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG/AB	470	480	464	474
6-Raps-WW-ZF+KM-AB/Ha-WW-WG	418	426	418	426
7-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG	477	484	473	480

\*Der Verlust in der 4-Raps-WW-Ha/AB-WW/WG Fruchtfolge beträgt durch die Stellung der Wintergerste nach der Ackerbohne an Stelle des Winterweizen 6 €/ha.

In der Tabelle 16 sind die Ergebnisse von drei- bis siebenfeldrigen Fruchtfolgen dargestellt. Es wurde dabei der Preis für Silomais und Ackerbohnen im Vergleich zum Eckpreis Weizen variiert. Die Variation des Preisverhältnisses Raps zu Weizen verändert die Höhe der Grundrente, führt aber selten zu einer Veränderung der Reihenfolge zwischen den Fruchtfolgen. In Schleswig-Holstein nimmt die Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolgen mit der Anzahl der Fruchtfolgliedern bzw. der zunehmenden Anbaupausen für den Raps zu. Vier- bis siebenfeldrige Fruchtfolgen haben einen wirtschaftlichen Vorteil von 4 bis 40 €/ha auf die dreifeldrigen Fruchtfolgen. Bei den mehrfeldrigen Fruchtfolgen, die als viertes bzw. siebtes Glied eine Frühjahrskultur enthalten, ergeben sich in der Praxis meist zudem hier nicht enthaltene Einsparungen in den Kosten der Arbeitserledigung durch die zeitliche Entzerrung bei der Saat und u.U. auch bei der Ernte.

Der Erfolg der weiten Fruchtfolgen ist zum einen auf den zunehmenden Ertrag des Rapses bei einer drei bis sechsjährigen Anbaupause sowie den Übergang vom Halmfrucht- auf den Blattfruchtweizen zurückzuführen. Dabei nehmen Weizen nach Hafer und Silomais eine intermediäre Stellung ein. Daneben erreichen Hafer und Wintergerste eine Grundrente auf dem Niveau des dreifeldrigen Rapses. Die Ackerbohne auf den guten Standorten fällt darüber hinaus bei einem Ertrag von 52 dt/ha und

einem Preisaufschlag von 40 €/t nur um 63 bis 85 €/t hinter der Wintergerste bzw. dem Hafer in der Grundrente zurück. Besonders erfolgreich sind Fruchtfolgen mit Silomais und Zuckerrüben. In diesen Fruchtfolgen wurde jeweils vor Silomais und Zuckerrübe der Zwischenfruchtanbau berücksichtigt, der durch seine Kosten aus Saatgut und zusätzlicher Bodenbearbeitung das Ergebnis belastet. Die Grundrente der Zuckerrübe ohne Berücksichtigung der Zwischenfruchtanbau, der zusätzlich 151 €/ha kostet, erreicht bei einem Preis von 28,8 €/t einen Wert von 775 €/ha und bei 26,7 €/t von 629 €/ha. Dies steht im Vergleich zum Rapsweizen bei einem Fruchtfolgeanteil von 20 % von 526 €/ha. Der Silomais erzielt eine Grundrente von 574 €/ha bei einem Preis von 81 €/t TM. Auf den guten Standorten in Schleswig-Holstein stärken die Zuckerrübe und der Silomais das wirtschaftliche Ergebnis. Die Anbauausweitung ist bekannterweise durch den Markt begrenzt. Durch die hohen Silomaiserträge erreicht eine biomassebetonte Fruchtfolge die Schwelle der Wirtschaftlichkeit bei einem Preis von 80 €/t. Bei einem Preis von 85 €/t ist sie dem Marktfruchtanbau überlegen. In der Kalkulation wurde unterstellt, dass Fläche beim Biomasseanbau nicht der knappe Faktor ist, so dass nach der Ganzpflanzensilage ein Raps angebaut werden kann. Damit kann auch der Milchviehbetrieb oder ein Betrieb mit angegliederter Biogasanlage trotz eines 50-prozentigen Silomaisanbau unterstützt durch den Zwischenfruchtanbau, der obligatorischen Stilllegung und dem Anlegen von Blühstreifen die Biodiversität am Standort sicherstellen.

Weiterhin wurde getestet, inwieweit ein Körnermaisbau bei fehlendem Bedarf nach Silomais eine Alternative wäre. In der Modellkalkulation wurde eine Fruchtfolge gerechnet, in der in jedem 6. Jahr Körnermais angebaut wird. Sie erreicht mit 418 bzw. 426 €/ha nicht ganz das Ergebnis der dreifeldrigen Fruchtfolge. Hintergrund des schwachen Ergebnisses ist bei einem Ertrag von 95 dt/ha eine trocknungskostenbedingt niedrige Eigenrentabilität. Weiterhin belastet die Fruchtfolge die schwächere Rentabilität der Folgefrüchte Hafer und Ackerbohne. Aufgrund des späten Druschtermins werden nach dem Körnermais Ackerbohnen und Hafer angebaut, damit ist der Anteil der Früchte mit unterdurchschnittlicher Wirtschaftlichkeit höher als in den Vergleichsfruchtfolgen.

### **3.2 Gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern**

Auch die guten Standorte Mecklenburg-Vorpommern sind in den letzten Jahrzehnten von der klassischen Fruchtfolge Raps, Weizen und Gerste geprägt gewesen. Aufgrund häufig auftretende Frühjahrsstrockenheit sind Winterkulturen im Vorteil. Doch die sehr engen Fruchtfolgen haben gerade im Raps zu Problemen geführt, so stieg der Befall von Fruchtfolgekrankheiten wie zum Beispiel Kohlhernie in den letzten Jahren stark an.

Bei einem Wechsel von einem Raps in einer dreifeldrigen Fruchtfolge zu einem Raps in einer vierfeldrigen Fruchtfolge erhöht sich die Grundrente nach den hier getroffenen Annahmen von 485 €/ha

auf 548 €/ha bei Erträgen von 36 bzw. 38 dt/ha gestiegen. Diese Vergrößerung der Anbauabstände kann die pflanzenbaulichen Probleme begrenzen. Dieses Ergebnis ist aber nicht im ersten Jahr der Umstellung von einer dreifeldrigen auf eine vierfeldrige Fruchtfolge zu erwarten. Aber ob die Erhöhung der Einzelrendite im Raps auch zu einer Erhöhung der gesamten Rentabilität der Fruchtfolge führt, hängt von der zusätzlich angebauten Frucht ab. Als ergänzende Früchte stehen Silomais, Hafer, Sommergerste, Ackerbohne, Erbse und die Zuckerrübe zur Verfügung.

Wirtschaftlich attraktive Erweiterungen wie Zuckerrübe befinden sich schon heute im Anbau. So ist besonders der Zuckerrübenanbau durch die Zuckerfabrik in Anklam in der Region vertreten. Der Anbau von Silomais hängt regional sehr stark vom Absatz über Biogas- und Milchviehbetriebe ab. Darüber hinaus hat in den letzten Jahren der Vertragsanbau für die Haferschälereien in Lübeck und Elmshorn zugenommen. Die Schälereien haben ihren Einkauf wieder etwas stärker auf die regionale Haferproduktion umgestellt und die Einfuhren aus Skandinavien verringert. Für den Hafer wurde ein Ertrag von 65 dt/ha angenommen. Alternativ zum Hafer kann die Sommergerste angebaut werden. Bei der Braugerste besteht das Risiko hinsichtlich des Vollgerstenanteils und des Eiweißgehaltes. Aufgrund anhaltender Trockenphasen in der Frühjahrsvegetation besteht bei Früchten das Risiko weder die geforderte Qualität als auch die Ertragshöhe zu erreichen. Vor allem in den etwas küstenferneren Standorten können die Erträge zwischen 40 und 80 dt/ha schwanken. Die Sommergerste (Futter) wurde in den Modellrechnungen nicht berücksichtigt, da die Ergebnisse dem Hafer sehr ähneln. Ackerbohne und Erbse finden neben dem Futter ihren Absatz Richtung Lebensmittelproduktion in der Stärkefabrik. Die Erbse wurde mit einem Ertrag von 42 dt/ha kalkuliert.

Seit einigen Jahren hat der Anbau von Körnermais vor allem im Süden Mecklenburg-Vorpommerns zugenommen. Insbesondere die sehr hohen Trocknungskosten bei Feuchten von 30 bis 35 % TM belasten die Wirtschaftlichkeit. Hier könnte die Verwendung als Feuchtmais für tierhaltende Betriebe eine Alternative sein. Der Feuchtmais wird auf dem Betrieb gelagert und anschließend als Futtermittel in der Tierhaltung eingesetzt. Aufgrund der hohen Trocknungskosten wurde der Körnermais nicht in den Fruchtfolgekalkulationen berücksichtigt.

Die langjährige Fruchtfolge Raps-Weizen-Gerste ist trotz der rückläufigen Rapsertträge mit einer Grundrente von 479 €/ha sehr wirtschaftlich. Sowohl durch die Klimabedingungen an der Küste als auch durch die guten Exportmöglichkeiten von Weizen und Gerste sowie die Verwertung des Rapses in der Rostocker Ölmühle sind diese klassischen Ackerbaukulturen die Nummer 1 in der Region. Gestärkt wird die Fruchtfolge durch den Zuckerrübenanbau. Der Zuchtfortschritt führte in den vergangenen Jahren zu steigenden Zuckerrübenertträgen und hat trotz der rückläufigen Zuckerpreise den Anbau gestärkt. Hinzukommt, dass durch die Erweiterung der Fruchtfolge die Rapsertträge steigen. Allerdings fällt der Ertrag durch den spätgesäten Rübenweizen gegenüber dem Rapsweizen ab. Eine Fruchtfolge Raps-WW-ZR-WW-WG erreicht mit 527 €/ha das höchste Niveau der kalkulierten

Fruchtfolgen. Fruchtfolgen mit Leguminosen fallen gegenüber der dreifeldrigen Raps-WW-WG-Fruchtfolge leicht zurück, da die schwache Eigenrentabilität durch den Blattfruchteffekt beim folgenden Getreide und den höheren Rapsertträgen in der weiteren Fruchtfolge nicht ausgeglichen werden. Die Erbse bzw. die Ackerbohne kann eine Ergänzung für das Fruchtfolgeglied Silomais und Zuckerrübe sein, wenn deren Anbau aufgrund der regionalen Nachfrage bzw. der Anzahl der Lieferrechte begrenzt ist. In einer fünffeldrigen Fruchtfolge werden 10 % Zuckerrübe und 10 % Erbsen angebaut. In diesem Fall würde der Betrieb die Möglichkeiten haben am Förderprogramm für vielfältige Fruchtfolgen teilzunehmen, das mit 85 €/ha Ackerfläche bezuschusst wird. Die Wirtschaftlichkeit des Silomais hängt sehr stark von der Preisgestaltung ab. Bei Trockenmasseerträgen von 135 dt/ha und einem Preis von 81 €/t fällt eine biomassebetonte -Fruchtfolge (Raps-SM-SM-GPS) hinter den Marktfruchtanbau zurück. Bei 85 €/t ist sie hingegen wettbewerbsfähig. Als zusätzliches Fruchtfolgeglied in Marktfruchtbetrieben ist der Silomais positiv zu beurteilen, da er zum einen die Anbaupausen im Raps- und Halmfruchtanbau erhöht und durch den Wechsel auf andere Herbizide die Ungräserbekämpfung verbessert. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass in Jahren mit normalen Erntebedingungen ohne Schadverdichtungen der Silomais eine gute Vorfrucht für das nachfolgende Getreide darstellt. Für den Silomais errechnet sich in Abhängigkeit vom Preis für Silomais eine Grundrente von 529 bzw. 586 €/ha. Beim Silomais erfolgt noch ein Zwischenfruchtanbau, der Kosten von 141 €/ha verursacht. Eine 7-feldrige Fruchtfolge mit Raps-WW-ZR+Er-WW-SM+HA-WW-WG erreicht trotz des zweimaligen Zwischenfruchtanbaus (vor Zuckerrübe + Silomais) und dem höheren Anteil der Früchte mit unterdurchschnittlichen Grundrenten (Erbse, Wintergerste und Hafer) das Grundrentenniveau der drei- bzw. vierfeldrigen Fruchtfolgen. Hohe Rapsertträge durch die lange Anbaupause sowie die Zuckerrübe sichern die Wettbewerbsfähigkeit der weiten Fruchtfolge.

Tabelle 17: Grundrenten der Fruchtfolgen gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	479	479	479	479
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	487	487	480	480
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	464	474	457	467
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	479	489	479	489
4-Raps-ZF+SM-SM-WW	501	501	474	474
5-Raps-WW-ZF+ZR-WW-WG	527	527	527	527
7-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG	485	491	481	487

### 3.3 Leichte Standorte Ostdeutschland

Auf den leichten Standorten in Ostdeutschland ist im Gegensatz zu den Standorten mit mittleren und schweren Böden die Wahl der Früchte eingeschränkt. Die Frühjahrsfrüchte fallen aufgrund der alljährlich wiederkehrenden Vorsommertrockenheit deutlich ab. Auf diesen Standorten haben Herbstsaaten einen hohen Vorteil im Anbau. Kulturen, die termingerecht und mit guter Bodenbearbeitung ausgesät werden, starten im Frühjahr mit einer guten Wurzelentwicklung und können daher die wenigen Wasservorräte im Boden erschließen und eine regenarme Zeit überstehen. Traditionell dominierte dort in den vergangenen Jahren das Wintergetreide und insbesondere der Raps. Ein gut etablierter Raps kann sich dort das Wasser in den tieferen Schichten erschließen. An einigen Standorten betrug in der Vergangenheit das Ertragsverhältnis Getreide zu Raps auf 1,5 bis 1,7. Auf Ackerbaustandorten mit guten Böden liegt der Faktor bei 2 bis 2,1. Der Rapsanbau war dort die tragende Säule im Ackerbau. Durch die Witterung, die fehlende Pflanzenschutzmittel und die Anbauhäufigkeit ist auch dort der Ertrag in den vergangenen Jahren geringer ausgefallen. Für die Verlängerung der Anbaupausen stehen dort Silomais, Körnermais, Erbsen, Lupinen und Öllein zur Verfügung. Sommergerste und Hafer sind aufgrund der regelmäßigen Ertragsdepressionen durch die Vorsommertrockenheit keine Alternative. Aufgrund der geringen Auswahl an Früchten wurde der Öllein mit einer Eigenrentabilität von 120 €/ha und die Erbse mit 76 €/ha in die Betrachtung aufgenommen. Aus den Kalkulationen geht hervor, dass der Silomais bei einem Ertrag von 125 dt TM pro ha die höchste

Grundrente (493 €/ha) bereits bei einem Preis von 81 €/t TM erreicht. Viele Ackerbaubetriebe auf den leichten Böden Ostdeutschlands suchen bei fehlender Tierhaltung daher Biogasanlagen oder Milchviehhalter als Vertragspartner. Der Silomais ist bis zu einem Ertrag von 125 dt/TM mit einer Grundrente von 388 €/ha mit Ausnahme des vierfeldrigen Rapses (407 €/ha) die Nummer 1. Fruchtfolgen mit Silomais sind daher unabhängig von der Länge der Fruchtfolgen sehr wirtschaftlich. Die Grundrenten der Getreidefrüchte bewegen sich in Abhängigkeit der Vorfrucht zwischen 300 €/ha und 380 €/ha mit Ausnahme der Wintergerste nach Weizen mit einer Grundrente von 224 €/ha. Alle Fruchtfolgen mit Silomais sind den Getreide-Raps-Fruchtfolgen wirtschaftlich überlegen. Die Erbse und Lupine können aufgrund ihres Nachteil durch die schwache Eigenrentabilität nicht durch ihren Vorteil für die Fruchtfolge als Blattfrucht und zur Verlängerung der Anbaupause ausgleichen. Der Körnermais reicht mit seiner Eigenrentabilität näher an die Winterfrüchte heran als auf den guten Ackerbaustandorten Mecklenburg-Vorpommerns, aber der wirtschaftliche Nachteil durch ein spätes Wintergetreide oder ein folgendes Sommergetreide mit Ausnahme vom Silomais belasten seine Wirtschaftlichkeit. Eine Erweiterung einer Raps-WW-WG-Fruchtfolge durch Körnermais und Erbse senkt die Grundrente um 23 €/ha auf 278 €/ha. Wirtschaftlich vorteilhaft ist auf den leichten Standorten der Roggenanbau, der bei einem Ertragsvorteil von 8 dt/ha und einer Grundrente von 312 €/ha gegenüber der Wintergerste ein wirtschaftliches Plus von 87 €/ha hat. Hierbei wird davon ausgegangen, dass für Roggen 5 €/t weniger als für Futtergerste bezahlt wird. In der Praxis ist die Differenz zeitweise bei 10 bis 15 €/t. Wird die Wertigkeit in den Mischfütterationen herangezogen, ist Roggen gegenüber Weizen und Gerste deutlich zu niedrig am Markt bewertet. Darüber hinaus wird Roggen in der Regel auf den schwächsten Böden des Betriebes angebaut. Somit fallen die Erträge niedriger aus, als bei den anderen Getreidearten. Für die Modellkalkulationen wird dagegen angenommen, dass der Roggen auf gleichwertigen Böden angebaut wird und sein Ertragsvorteil gegenüber Weizen und Gerste nutzen kann.

Tabelle 18: Grundrenten der Fruchtfolgen leichte Standorte Ostdeutschlands.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	301	301	301	301
3-Raps-WW-WG/WR	309	309	309	309
4-Raps-WW-ZF+SM-WG/WR	345	345	332	332
4-Raps-ZF+SM-SM-WR	407	407	382	382
5-Raps-WW-ZF+SM-Er/Oel-WW/WR	322	328	312	318
6-Raps-WR-Er-WW-ZF+SM-WR/WG	316	325	307	317
8-Raps-WW-ZF+KM-Er-WR-Raps-WR-WG	278	285	278	285

### 3.4 Gute Standorte Ostdeutschland

Die ostdeutschen Bördestandorte mit ihren Schwarzerdeböden und deren Ausläufern zählen zu den besten Böden in Deutschland. Sie zeichnen sich durch eine sehr gute Wasserspeicherfähigkeit aus. Aufgrund des kontinentalen Einflusses ist der Niederschlag in einigen Jahren der ertragsbegrenzende Faktor. Zusätzlich können Hitzeschläge im Juni und Juli von 30 bis 35°C über mehrere Tage den Ertrag begrenzen. Als Hohertragsstandorte erreichen sie in Abhängigkeit des Jahres Getreideerträge zwischen 75 - 100 dt/ha sowie Zuckerrübenenerträge im langjährigen Mittel von 700 - 750 dt/ha. In einigen Betrieben waren in sehr guten Zuckerrübenjahren Erträge von 850 - 950 dt/ha keine Seltenheit. Die Rapsenerträge erreichen langjährig einen Durchschnitt von 38 - 40 dt/ha. In den sehr guten Betrieben werden Erträge von 42 - 44 dt/ha gedroschen. Im Gegensatz zum Norden erreichte der Rapsanteil in den vergangenen Jahren einen Anteil von 20-25 %. Altrapszuschlag und die Zunahme des Krankheitsdruckes aufgrund kurzer Anbaupausen treten dort seltener auf. Allerdings sind auf Flächen mit enger Rapsfruchtfolge auch bekannte Ertragsdepressionen zu beobachten. Darüber hinaus hat das Blairhouse-Abkommen, dass den Rapsanbau in Ostdeutschland in den 1990-ziger Jahren begrenzte die Rapsmüdigkeit verzögert. Durch das Blairhouse-Abkommen war der mitteldeutsche Raum die Hochburg für den Erbsenanbau, daher ist dort ein gutes Know-how hinsichtlich des Produktionsverfahrens in den Betrieben vorhanden. Die Erträge erreichen ein Ertragsniveau von 40 bis 50 dt/ha.

Aufgrund der guten Böden und der Wärme des kontinentalen Klimas erzielen die Betriebe Silomaisserträge von 150 dt TM pro ha (469 dt/ha bei 32 % TS). Wenig Erfahrung liegt für den Anbau der Sojabohne vor. Aus Versuchen und aus der Praxis ist bekannt, dass die Erträge je nach Jahreswitterung zwischen 20 und 40 dt/ha schwanken. Problematisch ist der Anbau insbesondere in heiß-trockenen Sommern. Der Sojabohnenanbau ist damit mit einer hohen Unsicherheit behaftet. Neben der Sojabohne sind einige Betriebe in den Körnermaisbau eingestiegen. Damit rückt als neue Fruchtfolge Sojabohne-Weizen-Körnermais in den Blickpunkt. Eine Ausdehnung der Fruchtfolge würde zur Einschränkung der Rapsfruchtfolgen führen.

Aus den Kalkulationen geht hervor, dass Fruchtfolgen mit Zuckerrüben bei einem Preisverhältnis von 1 zu 13 (ZR-Preis: 28,76 €/t) und/oder Silomais die höchsten Grundrenten erzielen. Als Gründe sind neben der hohen Eigenrentabilität die Zunahme der Anbaupausen für den Raps als auch der Blattfruchteffekt zu nennen. Der Silomais ist auch durch die zeitige Ernte im September eine gute Vorfrucht für den folgenden Weizen und nimmt eine intermediäre Stellung zwischen Raps und Leguminose auf der einen Seite und Stoppelgetreide auf der anderen Seite ein. Bei einem Blick auf den Vergleich der Eigenrentabilität der Zuckerrübe und dem Raps hat die Rübe bei einem Preisverhältnis von 1 zu 13 zum Raps (28,8 €/t) mit 852 €/ha die höchste Grundrente vor dem sechsfeldrigen Raps bei 43 dt/ha mit 748 €/t. Allerdings wird die Zuckerrübe durch den Zwischenfruchtanbau und dem Rübenweizen belastet. Sollte das Preisverhältnis dauerhaft auf 1 zu 14 (26,60 €/t) fallen, sinkt die Grundrente der Rübe auf 702 €/t. Damit verlieren die Fruchtfolgen mit Zuckerrüben ihren großen Vorteil. Die Erbse schwächt die Fruchtfolge trotz eines Ertrages von 45 dt/ha und ihren Blattfruchteffekt einschließlich einer reduzierten N-Düngung die Fruchtfolgen stärker als auf den guten Standorten im Norden. Als Grund ist hier das bundesweit hohe Ertragsniveau des Rapses und seiner hohen Grundrente zu nennen. Das Grundrentengefälle zwischen Erbse und Raps ist höher als im Norden zwischen Ackerbohne und Raps. Wirtschaftlich fällt eine Fruchtfolge 7-Raps-WW-Er-WW-Raps-WW-WG gegenüber der dreifeldrigen Fruchtfolge Raps-WW-WG in Abhängigkeit der Preisprämie der Erbse auf den Brotweizen von +20 bis +40 €/t um 10 bis 22 €/ha ab. Weiterhin wurde für die guten Standorte Ostdeutschlands eine Fruchtfolge mit Sojabohnen sowie mit Körnermais geprüft. Einer Soja-WW-WG fehlen mit einer Grundrente von 422 €/ha gegenüber der Raps-WW-WG 91 €/ha. Die Eigenrentabilität der Sojabohne von 254 €/ha steht im Vergleich zu 570 €/ha beim dreifeldrigen Raps nach Wintergerste. Es fehlen der Sojabohne zur Wettbewerbsgleichheit 10 dt/ha. Aufgrund der schwankenden Niederschläge in der kritischen Wachstumsphase der Bohne im Juli sind Sojabohnenerträge auf einem durchschnittlichen Ertragsniveau von 35 dt/ha beim aktuellem Sortenspektrum nicht zu erwarten. In ihrer Eigenrentabilität fällt die Sojabohne noch hinter einer Erbse (262 €/ha) zurück. Eine Fruchtfolge Soja-WW-KM ist aufgrund des schwachen Ergebnisses gegenüber

den übrigen Fruchtfolgen nicht wirtschaftlich. Der Körnermais ist mit Erträgen von 100 dt/ha wettbewerbsfähig. Allerdings werden Fruchtfolgen mit Körnermais durch den saatzzeitbedingt ertraglich schwächeren Winterweizen belastet bzw. durch die schwache Eigenrentabilität der folgenden Leguminose. Vorteilhaft wäre zum einen als Folgefrucht der Silomais oder in Ausnahmefällen die Zuckerrübe. Festzuhalten bleibt, dass der Raps durch seine hohen Erträge eine starke Stellung in den Fruchtfolgen hat. Die Standardfruchtfolge Raps-WW-WG ist im Gegensatz zum Norden nicht grundsätzlich den vier bis siebenfeldrigen Fruchtfolgen unterlegen. Vielmehr hängt es von den Preisverhältnissen ab. Bei hohen Preisaufschlägen (40 €/t) für die Erbse und einem Preisverhältnis von Silomais zu Weizen von 0,5 sind die vielfältigen Fruchtfolgen wirtschaftlicher. Die Fruchtfolge 4-Raps-SM-SM-GPS+WW mit einem Biomasseanteil von 62,5 % ist über alle Preiskonstellation am wirtschaftlichsten. Hintergründe sind neben den hohen Silomaiserträgen Rapsrerträge von 39 bzw. 40 dt/ha bei einem Fruchtfolgeanteil von 25 % und ein Weizenertrag nach Silomais von 85 dt/ha.

Tabelle 19: Grundrenten der Fruchtfolgen guter Standorte Ostdeutschlands.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preisauflschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	513	513	513	513
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	519	529	519	529
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	507	518	500	510
4-Raps-WW-ZF+KM/Er-WW/WG	471	482	471	482
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS/WW	585	585	549	549
6-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM-WG	536	543	526	533
7-Raps-WW-Er-WW-Raps-WW-WG	491	503	491	503
3-Soja-WW-WG	422	422	422	422
3-Soja-WW-ZF+KM	402	402	402	402

### 3.5 Gute Standorte Westdeutschland

Zu den guten Standorten Westdeutschlands zählen neben der Köln-Aachener Bucht, die Soester und die Hildesheimer Börde, die guten Böden zwischen Hannover und Helmstedt sowie am Niederrhein und in Ostwestfalen. Neben der hohen Wasserspeicherfähigkeit der Böden zeichnen sich diese Regionen durch eine gute Niederschlagsverteilung in der Vegetationsperiode und milde Winter aus.

Die Weizenenerträge erreichen im langjährigen Durchschnitt in Abhängigkeit der Vorfrucht 82 bis 92 dt/ha, der Raps in Abhängigkeit der Anbaupause und der Vorfrucht 38 bis 43 dt/ha, die Zuckerrübe 800 dt/ha und der Silomais 170-175 dt/ha TM (531-547 dt/ha FM bei 32 %TS). Die Körnermaiserträge erreichen regelmäßig 110 dt/ha. Durch die guten Böden und die ausreichenden Frühjahrsniederschläge erzielt die Ackerbohne einen Ertrag von 55 dt/ha. Darüber hinaus zeigen Versuche und erste Ergebnisse aus der Praxis Sojabohnenerträge von 30 dt/ha. Die höhere Ertragserwartung ist auf die bessere Niederschlagsverteilung als auf den guten Standorten im Osten zurückzuführen.

Die Zuckerrübe und der Silomais sind aufgrund der hohen Erträge die erfolgreichsten Früchte am Standort. Die Zuckerrübe erreicht dabei bei einem Zuckerrübenpreis von 26,6 €/t eine Grundrente von 808 €/t und bei 28,8 €/t von 975 €/t. Für den Silomais errechnet sich eine Eigenrentabilität von 700 bis 800 €/ha. Beide Früchte sind aber noch mit den Kosten des Zwischenfruchtanbaus von 150 bis 200 €/ha belastet. Beim Raps schwankt die Eigenrentabilität in Abhängigkeit der Vorfrucht und der Anbaupause von 457 €/ha bis 646 €/ha. Damit erreicht der Raps bei einer zweijährigen Anbaupause in einer Raps-WW-WG Fruchtfolge nur eine Grundrente auf Höhe der Wintergerste (436 €/ha). Ein Vergleich zeigt, dass die Sojabohne bei einem Ertrag von 30 dt/ha das gleiche Grundrentenniveau wie die Ackerbohne (365 €/ha) mit einem Preisaufschlag von 40 €/t auf Weizen erreicht. Für die Sojabohne wird ein Marktpreis von 364 €/t angenommen. Der Körnermais erzielt bei einem Ertrag von 110 dt/ha eine Grundrente auf Höhe des Rapsweizens von 578 €/ha. Für die Fruchtfolgen errechnen sich folgende Grundrenten: vierfeldrige Fruchtfolgen mit 25 % Zuckerrübe oder Silomais und 50 % Weizen sowie 25 % Raps erreichen eine Grundrente mit 499 bis 564 €/ha. Neben den beiden Hackfrüchten erreicht der vierfeldrige Raps und der Rapsweizen ein überdurchschnittliches Ergebnis. Besonders erfolgreich ist auch die biomasseorientierte Fruchtfolge mit Raps-SM-SM-GPS (558-608 €/ha). Hierbei wird davon ausgegangen, dass ein Betrieb mit einer Biogasanlage oder einer umfangreichen Rinderhaltung ausreichend Fläche zur Verfügung hat oder aber mit einem Nachbarbetrieb regelmäßig Flächen tauschen kann. Hinsichtlich zukünftiger Anbaurestriktionen einseitiger Fruchtfolgen ist zu erwarten, dass die Kooperationen zwischen Ackerbaubetrieben mit und ohne Tierhaltung zunehmen werden. Hierzu zählt auch die Verwertung der Gülle im Herbst. Ein Vergleich der Standardfruchtfolge Raps-WW-WG (456 €/ha) mit einer Erweiterung um die Ackerbohne und dem Hafer zeigt, dass die 4-feldrige Fruchtfolge Raps-WW-Ha+Ab-WW mit 451 bis 464 €/ha das gleiche

Grundrentenniveau erreicht. Damit wird die schwächere Eigenrentabilität der Ackerbohne und des Hafers durch den Blattfruchteffekt und die längere Anbaupause für den Raps ausgeglichen. Auch siebenfeldrige Fruchtfolgen wie Raps-WW-Ab-WW-Raps-WW-WG erzielen mit einer Grundrente von 451 bis 465 €/ha ein ähnliches Ergebnis. Eine siebenfeldrige Fruchtfolgen 7-Raps-WW-Ab-WW-ZF+Zr/ZF+SM-WW/WG mit sechs Früchten gehört zu den rentabelsten Fruchtfolgen in der Region. Bei Absatzmöglichkeiten für Zuckerrüben und Silomais und der langen Anbaupause für Raps sowie dem Blattfruchteffekt für den Weizen werden die Vorteile des Ackerbaus und des Marktes genutzt. Weiterhin wurde für die Region die Fruchtfolge Soja-WW-KM mit der Standardfruchtfolge Raps-WW-WG verglichen. Die dreifeldrige Soja-Fruchtfolge liegt in ihrer Grundrente mit 434 €/ha um 22 €/ha niedriger. Bereits mit einem Anstieg des Sojabohnenertrages um 2 dt/ha wird die Grundrente der Raps-WW-WG-Fruchtfolge erreicht. Auch bei einem direkten Vergleich einer Raps-WW-ZR-WW-Fruchtfolge (564 €/ha) mit einer Soja-WW-ZR-WW (540 €/ha) fehlen der Sojabohne nur 3 dt/ha. Festzuhalten bleibt, dass es auf den guten Standorten in Westdeutschland vom Rhein bis Helmstedt viele Fruchtfolgesysteme erfolgreich sein können. Vier bis siebenfeldrige Fruchtfolgen mit Raps erreichen bzw. überschreiten das Niveau der Standardfruchtfolge Raps-WW-WG. In vielen Fällen gleichen die längeren Anbaupausen und der Blattfruchteffekt den Nachteil der schwächeren Eigenrentabilität der Leguminose aus. Der Sojabohnen fehlen gegenüber dem Raps 2-3 dt/ha Ertrag, um sie in der Fruchtfolge zu ersetzen. Ein weiterer Nachteil für tierhaltende Betriebe wäre der fehlende Bedarf an organischer Düngung. Der Körnermais bzw. Feuchtmals und Corn-Cob-Mix sind insbesondere in tierhaltenden Betrieben ist auf den Vormarsch. Die Zunahme der Sommerkulturen führt insgesamt zu einem rückläufigen Rapsanbau in der Region. Dies ist nicht auf die schwache Eigenrentabilität des Rapses zurückzuführen, sondern dem Rückgang des Halmgetreides zu Gunsten von Mais geschuldet. Der Maisanbau ist durch die späte Ernte häufig mit dem Anbau von Sommerfrüchten wie z. B. Ackerbohne und Sojabohne im Folgejahr verbunden. Insgesamt verschiebt durch den Maisanbau der Schwerpunkt der Herbstaussaat in Richtung Frühjahrsaussaat.

Tabelle 20: Grundrenten der Fruchtfolgen guter Standorte Westdeutschlands.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	456	456	456	456
4-Raps-WW-ZF+ZR-WW	564	564	564	564
4-Raps-WW-ZF+SM-WW	517	517	499	499
4-Raps-WW-Ha/AB-WW	451	464	451	464
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	608	608	558	558
7-Raps-WW-AB-WW-Raps-WW-WG	451	465	451	465
7-Raps-WW-AB-WW-ZF+ZR/ZF+SM-WW/WG	556	571	546	561
3-Soja-WW-ZF+KM	434	434	434	434
4-Soja-WW-ZF+ZR-WW	540	540	540	540

### 3.6 Mittelgebirge / Übergangslagen

Die Mittelgebirgslagen und deren Übergangslagen reichen vom Hunsrück über Eifel, den Thüringer Wald bis zum Voigtland und Erzgebirge. Die Mittelgebirge Deutschlands zeigen eine ähnliche Eignung für den Anbau von Getreide, Ölsaaten und Leguminosen. Aufgrund der Höhenlagen sind Körnermais und die Zuckerrübe für den Anbau weniger geeignet. Neben den Winterkulturen werden dort Sommergerste und Silomais angebaut. In der Fruchtfolgekalkulation werden nicht die Grenzlagen betrachtet, sondern die Standorte mit einem Ertragspotenzial von 70 bis 80 dt/ha Getreide. Die Sommerbraugerste wird in der Kalkulation nicht berücksichtigt. Sie steht im direkten Wettbewerb mit Wintergerste und Stoppelweizen. Die Ertrags- und Preisdifferenzen zu beiden Früchten am Standort bestimmen deren Anbau. Eine Analyse dazu geht über die Projektstudie hinaus, denn sie hat keinen Einfluss auf die regionale Entwicklung des Rapsanbaus.

Insgesamt ist die Auswahl der Früchte durch die Höhenlage begrenzt. Die Winterkulturen führen im Durchschnitt der Jahre zu den stabilsten Erträgen. Bei einer guten Vorwinterentwicklung der Pflanzen ist dort bereits die Basis für den Ertrag gelegt. Der spätere Vegetationsbeginn im Frühjahr sowie eine geringere Krumentiefe sind die Herausforderung der Standorte. Der Raps ist unabhängig von der Anbaupause mit einer Grundrente von 431 bis 609 €/ha die stärkste Frucht am Standort. Nur der

Silomais bei Erträgen von 135 dt TM/ha (420 t/ha bei 32 % TS) erreicht mit einer Grundrente von 476 bis 533 €/ha das Niveau des Rapses. Damit steht auf diesen Standorten der Raps im Mittelpunkt des Anbaus. Der Weizen nach Raps und Leguminose erreicht auf diesen Standorten bei einem Ertrag von 80 dt/ha eine Grundrente von 427 – 457 €/ha und die Gerste nach Weizen von 264 €/ha und die Braugerste von 271 €/ha.

Eine sehr schwache Eigenrentabilität weisen Öllein und die Erbse auf. Bei Ölleinerträgen von 15 dt/ha und Erbsenerträgen von 35 dt/ha beträgt die Grundrente nur 64 €/ha bzw. 42 €/ha. Aus diesem Grunde werden die Früchte selten angebaut. Grund des Anbaus ist in erster Linie eine verhinderte Aussaat im Herbst durch Nässe oder Auswinterungsschäden. Weiterhin wird der Erbsenanbau durch regionale Förderprogramme gestützt, die die Wirtschaftlichkeit des Anbaus ermöglichen.

Die Grundrenten der Fruchtfolgen auf diesen Standorten sind mit 327 bis 438 €/ha im Vergleich zu den guten Standorten deutlich niedriger. Die höchsten Grundrenten erzielt eine Biomassefruchtfolge (Raps-SM-SM-GPS). Bei dieser Fruchtfolge werden die stärksten Früchte auf dem Standort angebaut. Voraussetzung ist dabei der Absatz der Biomasse Richtung Biogasanlage oder Rinderhaltung. Ohne Silomaisanbau reichen die Fruchtfolgen nicht an die Standardfruchtfolge Raps-WW-WG heran. Alternative Blattfrüchte wie Erbse und Öllein sind am Standort nicht wettbewerbsfähig. Der Anbau könnte bei den Halmfrüchten um Winterroggen oder Sommerbraugerste erweitert werden. Der Roggen und die Braugerste liegen in der Grundrente mit 276 €/ha und 271 €/ha leicht über der Wintergerste mit 264 €/ha als Folgefrucht nach dem Weizen. Sie sind aber aufgrund des späteren Druschtermines die etwas schwächere Vorfrucht für den Raps im Vergleich zu Wintergerste. Die Entscheidung zwischen den drei Früchten ist neben dem regionalen Markt abhängig von den Ertragsrelationen am Standort. In dieser Studie wurden die Mittelgebirgsstandorte zusammengefasst, die sich aufgrund ihrer Höhenlage und Niederschlagsverteilung unterscheiden können.

Aus den Kalkulationen geht hervor, dass die klassische dreifeldrige Fruchtfolge aus Raps-WW-WG die stabilsten Grundrenten erzielt. Der Hintergrund ist mit Ausnahme des Silomais die fehlende Wirtschaftlichkeit der übrigen Sommerfrüchte. Der Silomais hängt neben der betrieblichen Verwertung sehr stark von der Nachfrage der Biogasanlagen ab. In der Regel ist der Markt begrenzt. Eine Erweiterung der Fruchtfolge durch Sommerbraugerste, die die Wintergerste ersetzt, löst das Problem einer engen Raps-Getreidefruchtfolge nicht. Es fehlt in den Mittelgebirgslagen die zweite Blattfrucht. Daher ist es schwierig den Problemen einer engen Rapsfruchtfolge entgegenzuwirken.

Tabelle 21: Grundrente der Fruchtfolgen der Mittelgebirgs-/Übergangslagen.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	356	356	356	356
4-Raps-WW-ZF+SM-WG	377	377	364	364
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	438	438	400	400
5-Raps-WW-Er/Oel-WW-WG	328	334	328	334
7-Raps-WW-ZF+SM-WW-Er-WW-WG	334	344	327	336

### 3.7 Gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich)

Auf den guten Ackerbaustandorten in Bayern und Baden-Württemberg, zu denen die Gäuböden in Bayern und die Rheinebene zählen, ist der Rapsanbau seit Jahren zurückgegangen. Parallel zum Rückgang des Rapsanbaus hat vor allem der Maisanbau als Körner- und Silomais für die Biogasanlagen zugenommen. Traditionell ist dort die Zuckerrübe mit langjährigen Durchschnittserträgen von 850 dt/ha die stärkste Kultur. Die regenreichen Standorte mit einer hohen Temperatursumme sind auch sehr gut für den Körnermais und die Sojabohne geeignet. Durch die Verarbeitung der Sojabohne in der Ölmühle Straubing hat sich die Vermarktung der Bohne deutlich verbessert. Ertraglich zählen diese Standorte zu den Gunststandorten in Deutschland. In der Kalkulation wird ein Hektarertrag bei der Sojabohne von 35 dt/ha angenommen. Der Rapsanbau hat im Vergleich zu der starken Konkurrenz der anderen Kulturen eine niedrige Eigenrentabilität. Die langjährigen Durchschnittserträge erreichen 40 dt/ha. Aus erfolgreichen Einzelbetrieben ist bekannt, dass diese langjährigen Erträge von 42 bis 45 dt/ha erreichen. In vielen Betrieben wird der Raps im Vergleich zur Zuckerrübe auf den schwächeren Böden angebaut, so dass die statistischen Erträge für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich nur bedingt geeignet sind. Für die Studie wurde in Abhängigkeit der Anbaupause und der Vorfrucht ein Ertragsniveau von 38 bis 43 dt/ha angenommen.

Die deutschlandweit verwendete Vergleichsfruchtfolge Raps-WW-WG ist mit 328 €/ha mit Abstand die schwächste Fruchtfolge am Standort. Die höchsten Grundrenten erzielen die Fruchtfolgen mit den Sommerfrüchten Zuckerrüben, Silomais und Körnermais. Auf diesen Standorten sind nicht mehr die Winterfrüchte, sondern die Sommerfrüchte die tragende Säule der Fruchtfolge. Der Ertrag des Wintergetreides ist auch durch die hohen Temperaturen im Sommer insbesondere im Juni begrenzt. Der

Raps und die Sojabohne sind an diesen Standorten insgesamt gleichwertig. Mit 35 dt/ha liegt die Sojabohne vor einem Raps in einer dreifeldrigen und vierfeldrigen Fruchtfolge, aber hinter der fünf-feldrigen Fruchtfolge. Entscheidend ist aber, dass die Sojabohne gut in eine Fruchtfolge mit Körnermais passt, der erst spät das Feld räumt. Die hohe Wirtschaftlichkeit von Zuckerrübe, Körnermais und Silomais begrenzen den Rapsanbau. Ob in der Eigenrentabilität oder als Blattfrucht hat der Raps geringe bzw. keine Vorteile gegenüber der Sojabohne. Hinzu kommt, dass regional auch die Nachfrage nach Industriekartoffeln den Anbau verringern. An Standorten in denen der Weizenanbau nicht mehr im Zentrum der Fruchtfolge steht, sondern nur noch die abtragende Frucht ist, hat der Raps eine schwache Stellung in der Fruchtfolge. Der Raps findet daher seine Flächen in den höheren Lagen abseits der Standorte für Mais und Zuckerrüben.

Tabelle 22: Grundrente der Fruchtfolgen der guten Standorte Süddeutschlands (niederschlagsreich).

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	328	328	328	328
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	461	461	453	453
4-Raps-WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	421	421	421	421
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	532	532	485	485
6-Raps-WW-ZF+Zr-KM-WW-WG	449	449	449	449
3-Soja-WW-ZF+KM	408	408	408	408
4-Soja- WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	442	442	442	442

### 3.8 Trockene Standorte Süddeutschland

Die Ackerbaustandorte im Norden Baden-Württembergs und im Norden Bayerns, gekennzeichnet durch die Regionen Franken, der Oberpfalz und dem Raum Heilbronn, weisen mittlere bis gute Böden auf. Insgesamt gelten die Naturräume als niederschlagsarm. Es treten regelmäßig Trockenphasen im Mai, Juni aber auch im Spätsommer zur Rapsaussaat auf. Hinzukommt eine hohe Strahlungsintensität unter der insbesondere die Gerste leidet. Die Erträge erfahren somit ihre Grenzen durch die geringen Niederschläge in der Vegetationsperiode als auch die hohen Temperaturen im Sommer. Im Vergleich zu den Winterfrüchten ist die Niederschlagsverteilung mit einer Zunahme in den Sommermonaten

für die Ertragsbildung für Mais und Zuckerrübe günstiger als für das Wintergetreide. Allerdings reichen die Niederschläge in vielen Jahren für die Sojabohne in deren Hauptvegetationsphase im Juli/August nicht aus. Im Durchschnitt der Jahre ist damit der Ertrag auf 28 dt/ha begrenzt. Beim Raps schwanken die Erträge in Abhängigkeit der Anbaupause und der Vorfrucht zwischen 36 und 41 dt/ha. Die Getreideerträge liegen zwischen 69 und 76 dt/ha, dabei erreicht die Wintergerste nur einen Ertrag von 69 dt/ha. Gute Erträge erzielt die Zuckerrübe mit 720 dt/ha, der Silomais mit 135 dt/ha TM und der Körnermais mit 90 dt/ha. Für Sommerbraugerste wird ein Ertrag von 53 dt/ha angenommen. Bei einer Preisdifferenz von 40 €/t zur Winterfuttergerste errechnet sich eine Grundrente für Sommerbraugerste nach Weizen von 240 €/ha im Vergleich zu 162 €/ha für die Winterfuttergerste. Auf vielen Betrieben steht damit der Sommerbraugerstenanbau im Vordergrund. Die klassische Fruchtfolge Raps-WW-WG erzielt durch die schwache Wintergerste mit 273 €/ha das niedrigste Niveau. Der Anbau von Sommerbraugerste statt Wintergerste verbessert das Ergebnis um 25 €/ha. Die Grundrenten reichen aber nicht an die Ergebnisse der Fruchtfolgen mit Zuckerrüben und Mais heran. Sehr schwach sind die Fruchtfolgen mit der Futtererbse. Auf den trockenen Standorten erreichen die Erbsen im Durchschnitt Erträge von 35 dt/ha. Auf einigen Standorten sind Erträge über 30 dt/ha die Ausnahme. Bei den hier angenommenen Erträgen auf guten Ackerbaubetrieben von 35 dt/ha wird eine Grundrente von nur 15 €/ha einschließlich EU-Prämie erzielt. In vielen Jahren ist sie damit nicht wirtschaftlich. Dagegen könnte die Sojabohne in Kombination mit den Sommerfrüchten eine Alternative zum Raps sein. In den Kalkulationen wurden jeweils eine vierfeldrige und eine fünffeldrige Fruchtfolge mit Raps und der Sojabohne verglichen. Aufgrund der Ertragsdifferenz von Raps zur Sojabohne von 8-13 dt/ha sind Fruchtfolgen mit Raps wirtschaftlicher als mit der Bohne. Der Vorteil beträgt bei der 4-feldrigen Fruchtfolge 26 €/ha und 23 €/ha bei der fünffeldrigen Fruchtfolge. Der Sojabohne fehlen damit 3 bis 4 dt/ha Ertrag im Vergleich zum Raps. Darüber hinaus weist die Bohne aufgrund ihrer Ertragsschwankungen im Vergleich zum Raps ein höheres Risiko auf.

Tabelle 23: Grundrente der Fruchtfolgen der trockene Standorte Süddeutschlands.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preisauflschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	273	273	273	273
3-Raps-WW-SG	297	297	297	297
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	356	356	349	349
4-Raps-WW-Er/ZF+KM-WW/SG	263	271	263	271
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	381	381	343	343
5-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW	370	370	370	370
4-Soja-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	330	330	323	323
5-Soja-WW-ZF+ZR-WW-KM	347	347	347	347

### 3.9 Schlussfolgerung und Ergebnisbeurteilung

Zusammenfassend bestätigen die Modellkalkulationen die Beobachtungen in der Praxis. Vor allem auf den guten bis sehr guten Standorten mit einer guten Niederschlagsverteilung oder einer guten Wasserspeicherfähigkeit der Böden sind die Fruchtfolgen vielfältiger geworden. Auf diesen Standorten hat der Landwirt durch den Mais als Silo- oder Körnermais als auch die Zuckerrüben sowie die Leguminosen wirtschaftliche Alternativen zu den Winterkulturen. Im Detail zeichnen sich aber Unterschiede ab: während der Silomais durch den zunehmenden Ertragsfortschritt durch Züchtung und Produktionsverfahren auf allen Standorten im Vergleich hohe Grundrenten erzielt, fällt der Körnermais in Richtung Norden durch die hohen Trocknungskosten als auch die im Vergleich höheren Wintergetreideerträge ab. Dagegen sind im Süden die Wintergetreideerträge aufgrund der hohen Temperaturen im Sommer etwas niedriger. Die guten Silomaiserträge haben dazu geführt, dass der Preis ab Feld für Silomais im Vergleich zu Weizen in den vergangenen 5 Jahren um 5 bis 10 % gefallen ist. Die Zuckerrübe ist an allen Standorten unabhängig vom Preisverhältnis 1:13 zum Raps (28,8 €/t) oder 1 zu 14 (26,70 €/t) trotz des schwächeren Ertrages des Zuckerrübenweizens und des mit der Rübe verbundenen Zwischenfruchtanbaus wirtschaftlich und damit eine feste Größe im Anbauplan. Die Wirtschaftlichkeit der Körnerleguminosen hat in den vergangenen Jahren durch die verbesserte Vermarktungssituation an Attraktivität gewonnen. Die Preisauflschläge gegenüber dem Weizen sind um

20 €/t auf 20 bis 40 €/t gestiegen. In der Lebensmittelindustrie als auch im Export wird die Ackerbohne verstärkt nachgefragt. Aber auch die Erbse ist im Aufwind. Als Hintergrund ist hier unter anderem die Herstellung von Fleischersatzprodukten auf Erbsen und Rote Beete Basis zu nennen. In ihrer Eigenrentabilität fallen allerdings beide Früchte weiterhin gegenüber Getreide und Ölsaaten ab. Auf den guten Ackerbaustandorten wird die Lücke durch den Blattfruchteffekt als auch die höhere Anbaupause für den Raps in vielen Fruchtfolgen kompensiert. Der Raps ist hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Gewinner der weiten Fruchtfolgen. Die Anbaupausen von 3 bis 5 Jahren im Vergleich zu einer zweijährigen Pause führen zu Ertragssteigerung in Abhängigkeit der Vorfrucht von 3 bis 5 dt/ha. Auf vielen Standorten weist der Raps in einer fünf- bzw. sechsfeldrigen Fruchtfolge mit Ausnahme der Zuckerrübe die höchste Eigenrentabilität auf. Die Wahl der Fruchtfolge zwischen einer vier bis siebenfeldrigen Fruchtfolge hängt von den regionalen Vermarktungsmöglichkeiten für die Alternativkulturen Zuckerrübe, Silomais, Schälhafer und Körnerleguminosen ab. Hafer und Körnerleguminosen sind zwar globale Produkte, die aber bei regionaler Verarbeitung bzw. auf den Export spezialisierte Händler einen zusätzlichen Preisaufschlag erzielen und damit wirtschaftlich attraktiver werden. Die Sojabohne befindet sich auf vielen Standorten noch in der Experimentierphase. Gemessen am Rapsanbau von 1 Mio. ha ist sie mit einer Fläche von deutschlandweit 40.000 ha eine Nische. Die vergangenen Jahre haben gezeigt, dass trotz schwankender Erträge die Anbauwürdigkeit zu genommen hat. Bei Erträgen über 30 dt/ha bzw. Ertragsdifferenzen am Standort unter 3-5 dt/ha gegenüber dem Raps nimmt ihre Wettbewerbsfähigkeit zu. Insbesondere in Süddeutschland ist sie in Kombination mit dem späträumenden Körnermais und der Zuckerrübe eine gute Ergänzung. Auch auf den guten Standorten Westdeutschlands sind positive Entwicklungen zu beobachten. Es hängt auch stark von der Wahl der übrigen Fruchtfolge ab. Dort wo Körnermais angebaut wird, ersetzt die Sojabohne einen spätgesäten Maisweizen.

Auf leichten Standorten im Osten als auch auf den Mittelgebirgsstandorten/Übergangslagen ist der Übergang von einer dreifeldrigen zur vier- bis siebenfeldrigen Fruchtfolge schwierig. Es sind die klassischen Standorte für die Winterkulturen. Für Zuckerrüben und Körnermais sind die Standorte weniger geeignet. Als Sommerkultur wächst dort nur der Silomais gut. Auch die Leguminosen reichen mit Erträgen von 25 bis 35 dt/ha knapp ihre Wirtschaftlichkeit. Im Herbst gesäte Kulturen erzielen ihre Erträge insbesondere bei einer guten Vorwinterentwicklung durch ein gutes Wurzelwerk, dass ihnen in der Vorsommertrockenheit ermöglicht die wenigen Wasservorräte des Bodens zu erschließen. Es ist zu erwarten, dass dort drei bis vierfeldrige Fruchtfolgen mit über 90 % Winterfrüchten im Anbau dominieren werden. Die große Herausforderung ist es, langfristig trotz der kurzen Anbaupausen für Raps am Zuchtfortschritt teilzuhaben bzw. die Erträge stabil zu halten.

Als Sensitivitätsrechnung wurden die Preisrelation zwischen Weizen zu Raps von 1:2,2 auf 1:2 gesenkt. Sollte zum Beispiel die Biodieselproduktion in Deutschland und der EU-27 durch eine veränderte Klima-/Energiepolitik eingeschränkt werden, ist zu erwarten, dass durch den Rückgang des Rapsölverbrauchs der Rapspreis im Verhältnis zum Getreidepreis sinken wird. Ein Erlösrückgang von 30 bis 40 €/t Raps würde den Erlös pro ha Raps in Abhängigkeit des Ertrages um 100 bis 180 € verringern. Auf vielen Standorten fällt die Eigenrentabilität vor allen in engen Fruchtfolgen hinter das Getreide und auf den Gunststandorten für Leguminosen auf das Grundrentenniveau der Ackerbohne zurück. In Fruchtfolgen mit einem Rapsanteil von 20 % beträgt der Rückgang der Grundrenten 20 – 25 €/ha und bei einem Rapsanteil von 33 % 35 bis 45 €/ha. Damit verlieren die kurzen einseitigen Fruchtfolgen in ihrer Wirtschaftlichkeit stärker als die vielfältigen Fruchtfolgen. Die Rangierung der Fruchtfolgen ändert sich gegenüber dem Preisverhältnis von 1:2,2 nur geringfügig. Allerdings würden dreifeldrige Fruchtfolgen mit Raps neben den pflanzenbaulichen Problemen auch betriebswirtschaftlich weiter zurückfallen. Insbesondere die leichten Standorte und die Mittelgebirgsstandorte sind aufgrund der geringen Alternativen im Anbau vom Preisrückgang stärker betroffen.

## 5 Einfluss der Düngeverordnung auf die Fruchtfolgegestaltung

In der Projektstudie wurde die N-Düngung auf allen Standorten anhand der Düngebedarfsrechnung der neuen Düngeverordnung (DüV) durchgeführt. Für die Berechnung der N-Salden wurden auch die Stickstoffüberschüsse aus dem Leguminosenanbau angerechnet. So hinterlässt eine Ackerbohne mit 52 dt/ha einen N-Überschuss von 47 kg/ha für die Folgefrucht. Als Ausnahme ist die Region 4 (gute Standorte Ostdeutschland) zu nennen, deren Salden aufgrund der hohen N<sub>min</sub>-Werte negativ sind. Dies wird im unteren Teil des Kapitels beschrieben. Niedrigere Salden als bei den Verkaufsfrüchten weisen in vielen Regionen die Biomassefruchtfolgen auf. In der Biomassefruchtfolge wurde aufgrund der Kreislaufwirtschaft mit der Biogasanlage oder den rinderhaltenden Betrieben anteilig ihrer Biomasselieferung die Gülle auch in der mineralischen Düngungsvariante berücksichtigt. Der Anbau von Biomasse ohne Rückfluss der organischen Dünger sollte die Ausnahme bleiben. Insgesamt waren die niedrigen N-Salden aufgrund der Düngung nach Düngebedarfsrechnung zu erwarten gewesen.

In der organischen Varianten steigen die N-Salden gegenüber der mineralischen Düngungsvariante um 11 bis 31 kg N pro Hektar an. Die N-Salden für alle Regionen sind für die mineralische und mineralisch organische Düngung in den Tabellen im Anhang Tabelle 37 - 44 dargestellt.

Als Beispiel sind in Tabelle 24 die Werte für Schleswig-Holstein abgebildet. In Schleswig-Holstein werden rechnerisch N-Salden in der mineralischen Variante von 14 bis 30 kg N pro Hektar erreicht. In den mineralisch-organischen Varianten steigen die Werte auf 17 bis 52 kg pro ha. Die niedrigen Salden werden jeweils in den o. a. Biomassefruchtfolgen erreicht.

Der Anstieg der Salden in den organischen Varianten gegenüber den mineralischen Varianten ist auf die Anrechenbarkeit der Biogasgülle von 60 % zurückzuführen. Trotz der Anrechnung von 10 % zur Folgefrucht und die Berücksichtigung der Ausbringungsverluste kann der N-Pool im Boden erhalten werden, während er auf einigen Standorten in den mineralischen Düngungsvarianten abgebaut wird. Die gedüngten Güllemengen wurden auf Basis von pflanzenbaulichen Gesichtspunkten ermittelt. So wird der Raps im Herbst mit 10 m<sup>3</sup>/ha gedüngt. Im Frühjahr wurde auf den Einsatz verzichtet, da insbesondere in kalten Frühjahren die Düngewirkung der Gülle zu spät einsetzt. Im Durchschnitt der Fruchtfolgen wurden zwischen 11 m<sup>3</sup>/ha und 27 m<sup>3</sup>/ha eingesetzt. Die niedrige Menge von 11 m<sup>3</sup>/ha wurde in der Fruchtfolge Raps-WW-WG/AB ausgebracht, da die Ackerbohne aufgrund des fehlenden N-Bedarfs keine Gülle erhält. Die Biomasse-Fruchtfolge erhielt 27 m<sup>3</sup>/ha. Durch die sehr gute Verwertung in den Sommermonaten hat die organische Düngung in Mais und Zuckerrübe eine sehr hohe Düngungseffizienz. Insgesamt erreichen die N-Salden die Werte der guten fachlichen Praxis.

Tabelle 24: N-Salden (mineralisch/organisch) und Güllemengen der Fruchtfolgen gute Standorte Schleswig-Holstein.

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> ha
3-Raps-WW-WG	25	38	13
3-Raps-WW-WG/AB	28	40	11
4-Raps-WW-ZF+SM/HA-WW/WG	27	39	16
4-Raps-WW-ZF+SM/AB-WW/WG	30	41	14
4-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW/WG	27	46	13
4-Raps-WW-HA/AB-WW/WG*	26	39	12
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	14	17	27
5-Raps-WW-ZF+SM/HA-WW-WG/AB	30	41	14
6-Raps-WW-ZF+KM-AB/HA-WW-WG	30	52	16
7-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW-ZF+SM/HA- WW-WG	29	45	15

\*in den organisch gedüngten Varianten

Sehr stark hängen die Überschüsse von den N<sub>min</sub>-Werten des Standortes, der Fruchtfolge und dem Ertragsniveau ab. So weisen die Düngebilanzen der Region 4 (gute Standorte Ostdeutschlands) teilweise negative Werte auf (Tabelle 40 im Anhang). Durch die sehr hohen N<sub>min</sub>-Werte aufgrund des hohen Nachlieferungspotenzials der Lössböden ist die N-Düngung dort gering. Nach der vorgeschriebenen N-Bedarfskalkulation sind die N<sub>min</sub>-Werte im Bereich von 0 bis 90 cm vollständig vom N-Bedarf der Kultur abzuziehen. Bei N<sub>min</sub>-Werten von 60 bis 90 kg/ha fällt der ermittelte N-Düngebedarf der Kultur sehr niedrig aus. Durch die späte Verfügbarkeit des N-Pools im Boden besteht somit ein hohes Risiko, dass trotz „normalen“ Witterungsverlaufes das Ertragsziel nicht erreicht wird. Rein rechnerisch beträgt der N-Überschuss auf diesen Standorten zwischen -2 und -22 kg/ha. In der Praxis sind diese Werte allerdings kaum zu erreichen. In Einzeljahren kommt die N-Nachlieferung für das Wintergetreide zu spät. Die höchsten N-Überschüsse werden auf den sandigen Standorten erzielt (Tabelle 39 im Anhang). Zum einen sind dort aufgrund des geringeren N-Pools im Boden die N<sub>min</sub>-Werte am niedrigsten und zum anderen sind die N-Überschüsse aufgrund der gesetzlich vorgeschriebenen N-Bedarfsrechnung bei niedrigen Erträgen höher als auf Hohertragsstandorten.

Ergänzend ist daher darauf hinzuweisen, dass bei sehr niedrigen N-Salden und damit auf den guten Ackerbaustandorten der N-Pool im Boden abgebaut wird und damit langfristig eine Verarmung der

Böden und eine Abnahme der Bodenfruchtbarkeit einsetzt mit der Folge von zunehmenden Ertragschwankungen. Eine Abnahme der Bodenfruchtbarkeit verringert auf Dauer auch das Bodenleben und damit dessen Biodiversität.

Der Einsatz der organischen Dünger ist sehr stark von der Fruchtfolge abhängig. Die DüV stützt die Sommerkulturen Mais und Zuckerrübe, da diese einen zeitlich späteren N-Bedarf im Sommer haben. Damit steht einer unsicheren Ertragsersparung des Wintergetreides eine „sicherere“ Ertragsersparung des Sommergetreides gegenüber. Besonders niedrig sind die N-Salden bei hohen Silomais- und hohen Zuckerrübenenerträgen. Dadurch werden auf den guten Standorten in Süd-, West- und Ostdeutschland gepaart mit den hohen N<sub>min</sub>-Werten die niedrigsten N-Überschüsse erreicht.

Weiterhin passt in veredlungsstarken Betrieben die Leguminose nicht in die Gülleverwertung. Deutlich wird auch, dass die Mehrzahl der Betriebe ihre Güllelagerkapazitäten auf 8 bis 10 Monate ausdehnen müssen. In dem Investitionsprogramm der BMEL wird durch die Förderung der Erweiterung von Lagerkapazitäten diesem Umstand Rechnung getragen. Weiterhin ist zu erwarten, dass Betriebe auf den Lößstandorten mit dem Einsatz von organischem Dünger aufgrund ihrer hohen N<sub>min</sub>-Werte vorsichtiger werden, da sie vermeiden wollen, dass zwei Stickstoffquellen deren Pflanzenverfügbarkeit schwer kalkulierbar ist, verstärkt aufeinandertreffen. Gülleüberschüsse aus den Veredlungsregionen in den Bördegebieten auszubringen ist künftig mit einem Fragezeichen zu versehen.

In einer Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden für alle Regionen die mineralischen Düngungsvarianten der Fruchtfolgen, um die organische Düngung auf Grundlage der DüV und der Düngedarfsrechnung ergänzt. Eine Herbstdüngung von 10 m<sup>3</sup>/ha wurde bei Raps und Zwischenfrüchten berücksichtigt. Weiterhin wurden in den Fruchtfolgen zu Getreide im Frühjahr 15 m<sup>3</sup>/ha Gülle eingesetzt, zur Zuckerrübe 20 m<sup>3</sup>/ha und zum Körnermais 25 m<sup>3</sup>/ha. Für die Biomasseproduktion richtet sich die Düngung einschließlich der Zwischenfrucht nach dem Ertragsniveau. So wird rein rechnerisch zu Silomais 75 % der geernteten Biomasse als Gülle gedüngt. Ziel ist es, dass vor allem bei Biogasanlagen den Kreislauf der Nährstoffe abzubilden. Die Kaligehalte der Gülle in den mineralischen Düngungsvarianten, in den wie oben beschrieben der Silomais und die GPS mit Gülle gedüngt werden und der mineralisch-organischen Düngungsvarianten sind unterschiedlich. In der reinen Biogasgülle auf Silomaisbasis wurde der Annahme der Nährstoffkreislauf folgend mit einem Kaligehalt von 6,5 % gerechnet, damit erfolgt keine ergänzende Kalidüngung zu Silomais. In der mineralisch-organischen Variante wird dagegen eine Mischgülle mit einem Kaligehalt von 5,4 % eingesetzt. Zum Beispiel wird in einer Biogasanlage mit Güllebonus neben Silomais z.B. auch Rinder- bzw. Schweinegülle eingesetzt. Diese Anpassung war notwendig, da trotz Einhaltung der DüV für Stickstoff und Phosphor beim Einsatz einer „Silomais-Gülle“ in den übrigen Früchten zu einem hohen Kaliüberschuss führen würde und umgekehrt bei einem Gehalt von 5,4 % K<sub>2</sub>O der Silomais noch durch eine

Kalidüngung ergänzt werden müsste. Diese Anpassung führt dazu, dass die Grundrente in den Biomassefruchtfolgen (Raps-SM-SM-GPS) in der organischen Düngungsvariante gegenüber der mineralisch-organischen Variante leicht abfällt, während in allen übrigen Fruchtfolgen die Grundrenten steigen. Dies Ergebnis war zu erwarten, da bereits in der mineralischen Variante drei von vier Früchten organisch gedüngt wurden und durch den Wechsel von der „Silomais-Gülle“ zur Mischgülle eine leichte Ergänzung in der Kalidüngung erfolgt.

In den Kalkulationen wurde angenommen, dass der Düngewert höher ist als die Ausbringungskosten. Die Mikronährstoffe in der Gülle wurden durch eine Reduktion der Kosten für Mikronährstoffe berücksichtigt. Für die bodennahe Gülleausbringung wurden pro m<sup>3</sup> Kosten von 4,5 € angenommen. In Bayern und Westdeutschland wurden 5 €/m<sup>3</sup> als Kostenfaktor verwendet. Aus der Tabelle 25 ist zu nehmen, dass der Gülleinsatz die Grundrenten pro ha um 18 bis 26 €/ha sich erhöht. Über den kalkulatorischen Vorteil des Gülleinsatzes bleiben die positive Wirkung auf den Humusgehalt ohne Berücksichtigung. In der an pflanzenbaulichen Faktoren orientierten organischen Düngung verändert sich die Rangierung der Fruchtfolgen nur geringfügig. Die Schlussfolgerungen aus Kapitel 3.9 gelten daher auch für die organischen Varianten.

Tabelle 25: Vergleich Grundrenten mineralische und organische Varianten gute Standorte Schleswig-Holstein.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2		
Silomaispreis in €/t TM	85		
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20		
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13		
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>		
	mineralisch	organisch	Differenz: org - min
3-Raps-WW-WG	440	463	23
3-Raps-WW-WG/AB	437	459	22
4-Raps-WW-ZF+SM/HA-WW/WG	468	489	21
4-Raps-WW-ZF+SM/AB-WW/WG	452	470	18
4-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW/WG	467	493	26
4-Raps-WW-HA/AB-WW/WG	444	469	25
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	512	505	-7
5-Raps-WW-ZF+SM/HA-WW-WG/AB	470	489	19
6-Raps-WW-ZF+KM-AB/HA-WW-WG	418	436	18
7-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW-ZF+SM/HA-WW-WG	477	502	25

\*in der organische gedüngten Varianten

## 6 Biodiversität und Resilienz von Fruchtfolgen

Seit 1100 n. Chr. wird mit der Einführung der Dreifelderwirtschaft über Fruchtfolgen diskutiert. Damals wechselten sich Winter-, Sommergetreide und Brache ab. In den Diskussionen stand neben der Ernährung der Menschen der Erhalt und die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit im Vordergrund. Die langfristige Erhaltung der Ertragskraft steht in vielen Betrieben auch heute noch an erster Stelle. Das Familieneinkommen soll nicht nur heute, sondern auch in der nächsten Generation gesichert sein. In den vergangenen 50 Jahren haben moderne Züchtungsverfahren und die Entwicklung des Pflanzenschutzes dazu geführt, dass Fruchtfolgen einseitiger wurden und sich stark an der Nachfrage orientiert haben. Durch die zu kurzen Anbaupausen haben allerdings das Unkrautspektrum als auch die Fruchtfolgekrankheiten zugenommen. Die Restriktion in der Zulassung von neuen Pflanzenschutzmitteln als auch das Verbot bestehender Mittel sowie die Zunahme von Resistenzen offenbaren die Schwäche einseitiger Fruchtfolgen. Gleichzeitig wird in der EU-27 ein Insektensterben beobachtet. Als Ursache wird die intensive Landwirtschaft genannt. In diesem Projekt wird diese Fragestellung nicht untersucht. Vielmehr soll im Rahmen der Studie die Wirkung der Fruchtfolgen auf die Biodiversität und ihre Resilienz anhand von Indices beurteilt werden.

Als Biodiversität bezeichnet die Biodiversitätskonvention der Vereinten Nationen die Vielfalt aller lebenden Organismen, Lebensräume und Ökosysteme auf dem Land, im Süßwasser, in den Ozeanen sowie in der Luft (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT, 2021).

Als Maß für die Biodiversität wird häufig der Shannon-Index verwendet. Nach BREITSCHUH ET AL. (2004) beschreibt der Shannon-Index ( $H$ ) das Verhältnis einer Kultur zur Summe aller Kulturen in einer Fruchtfolge und ist damit ein Index und Vergleichsmaß zur Angabe der Diversität. Die Formel lautet;  $H = -\sum_i p_i \times \ln p_i$ , wobei  $p_i$  die Anzahl der Kulturen ist. Mit der zunehmenden Anzahl der Früchte (Tabelle 28) steigt der Index von 1,1 in einer Fruchtfolge mit drei Früchten auf 1,85 bei 7 Früchten einschließlich Zwischenfruchtanbau, dabei wird die Zwischenfrucht als eine Frucht gewertet. Der Shannon-Index ist ein erstes Maß, dass die Vielfalt wiedergibt. Der Index gewichtet jede Frucht gleich. Damit erreicht eine Fruchtfolge aus vier Getreidefrüchten (Weizen, Gerste, Roggen und Triticale) den gleichen Wert wie Raps-WW-Mais-Ackerbohne. Für die Vielfalt und Resilienz wurde daher ein Fruchtfolgeindex entwickelt, in dem weitere Faktoren Berücksichtigung finden. Unter Resilienz einer Fruchtfolge wird ihre Widerstandsfähigkeit verstanden: Je mehr Früchte angebaut werden, je ausgeglichener der Anbau zwischen Sommer- und Winterfrüchten sowie zwischen Getreide- und Halmfrüchten und je mehr auf die Humusbildung geachtet wird, je widerstandsfähiger ist sie im Zeitablauf.

In den Bewertungsmaßstab werden die Faktoren in der Tabelle 26 berücksichtigt:

Tabelle 26: Bewertungskriterien des Fruchtfolgeindex.

Indexfaktoren	Berechnung	Max. Fruchtfolgepunkte
Anzahl Früchte	Je Frucht 5 Fruchtfolgepunkte	40
Verhältnis Blatt- zu Halmfrucht	50 : 50 Verhältnis ergibt 25 Fruchtfolgepunkte. Pro Prozentpunkt Abweichung in der Fruchtfolge: -0,5 Fruchtfolgepunkte	25
Verhältnis Herbst- zu Frühjahrssaat	50 : 50 Verhältnis ergibt 25 Fruchtfolgepunkte. Pro Prozentpunkt Abweichung in der Fruchtfolge: -0,5 Fruchtfolgepunkte	25
Humusbilanz	(Anteil Zwischenfrucht - Anteil humuszehrende Früchte) pro errechneten Prozentpunkt: -/+0,5 Fruchtfolgepunkte	25
Anteil Leguminosen	1 Fruchtfolgepunkt pro Prozentpunkt Leguminose in der Fruchtfolge (max. 15 Punkte)	15
Anzahl der Blühwochen	1 Fruchtfolgepunkt pro Blühwoche	20
Zielwert		85-90

Der Index spiegelt damit neben der Vielfalt durch die Unterscheidung von Herbst- und Frühjahrsausaat auch die Länge der Vegetationszeit von zum Beispiel der Aussaat des Rapses im August bis hin zur Ernte der Sommerkulturen (Zuckerrübe und Mais) im Herbst des Folgejahres wider. Über die Anzahl der Blühwochen macht er eine Aussage über die Förderung der Insektenvielfalt. Darüber hinaus wird die Auswirkung auf die Humusbilanz berücksichtigt und der Anteil der Leguminosen. Mit diesen beiden Punkten wird somit die Auswirkung auf das Bodenleben und die natürliche Stickstoffbildung der Knöllchenbakterien berücksichtigt. Tabelle 27 zeigt am Beispiel von drei Fruchtfolgen die Unterschiede der Fruchtfolgen auf.

Tabelle 27: Fruchtfolgen im Vergleich.

	3-Raps-WW- WG	4-Raps-WW- ZF+SM/HA- WW/WG	4-Raps-WW- ZF+ZR/AB- WW/WG
Anzahl der Früchte	3	6	6
Anteil Blattfrucht	33%	25%	50%
Anteil Herbstsaat	100%	75%	75%
Anteil Frühjahrssaat	0%	25%	25%
Anteil humuszehrender Früchte	0%	12,5%	12,5%
Anteil Zwischenfrucht	0%	12,5%	12,5%
Anteil Leguminosen	0%	0%	12,5%
Anzahl der Blühwochen	3	6	9
<b>Fruchtfolgeindex in Punkte</b>	<b>35</b>	<b>61</b>	<b>89</b>

Aus der Tabelle 28 geht hervor, dass der Fruchtfolgeindex deutlich stärker in der Bewertung die Fruchtfolgen voneinander differenziert. Während eine dreifeldrige Fruchtfolge aus Winterfrüchten nur 35 Punkte erhält, erzielt die Fruchtfolge 6-Raps-WW-ZF+KM-AB/HA-WW-WG 94 Punkte. Die sechsfeldrige Fruchtfolge besteht aus 4 Gliedern mit Winterfrüchten und 2 Gliedern mit Sommerfrüchten (Tabelle 28). Die Anzahl der Blühwochen beträgt über Raps, Ackerbohne und den Zwischenfrüchten neun Wochen. Des Weiteren ist der Anbau der Ackerbohne als Leguminose positiv zu bewerten. Der Fruchtfolgeindex bietet die Möglichkeit über die Wirtschaftlichkeit hinaus eine Fruchtfolge zu beurteilen. Eine hohe Punktzahl lässt auf der einen Seite auf eine Streuung des Witterungsrisikos, den Erhalt des langfristigen Bodenfruchtbarkeit schließen und auf der anderen Seite auf ein hohes Maß an Biodiversität. Es schließt damit den Shannon-Index ein.

Tabelle 28: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index für die Küstenregion Schleswig-Holsteins.

	Frucht- folgeindex	Shannon- Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
3-Raps-WW-WG/AB	74	1,33
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	61	1,68
4-Raps-WW-ZF+SM/AB-WW/WG	83	1,68
4-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW/WG	89	1,68
4-Raps-WW-Ha/AB-WW/WG	75	1,49
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	39	1,33
5-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG/AB	84	1,77
6-Raps-WW-ZF+KM-AB/Ha-WW-WG	90	1,85
7-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG	85	1,84

Ein Vergleich der Regionen zeigt, dass gute und schwache Standorte sich deutlich unterscheiden (Anhangtabellen 45-52). Auf den guten Standorten haben die Landwirte eine höhere Anzahl von Früchten zur Auswahl. Die guten Standorte von Nord nach Süd und Ost nach West sind sowohl für Winter- als auch Sommerfrüchte sowie Leguminosen und Hackfrüchte geeignet. Dies ermöglicht ein Fruchtwechsel zwischen Halm- und Blattfrucht. Durch den Anbau von Sommerfrüchten wie Mais und Zuckerrübe besteht die Möglichkeit Zwischenfrüchte zu integrieren, so dass das Anbauspektrum zusätzlich erweitert wird. Insgesamt ist hier Biodiversität und Wirtschaftlichkeit im Einklang. Fruchtfolgen mit einer hohen Biodiversität sind häufig auch die Wirtschaftlichsten. Dagegen ist es auf den leichten Standorten im Osten und den Mittelgebirgslagen die Situation schwieriger. Diese Standorte sind durch die Herbstsaat geprägt. Die Winterkulturen haben aufgrund ihrer Vorwinterentwicklung und damit der höheren Widerstandsfähigkeit gegenüber den Vorsommertrockenheiten deutliche wirtschaftliche Vorteile. Mit Ausnahme des Silomais werden Sommerfrüchte nur vereinzelt angebaut. Die Leguminosen rechnen sich nur bei der finanziellen Unterstützung durch Förderprogramme. Hohe Punktzahlen erreichen dort Fruchtfolgen mit zum Beispiel Öllein und Erbsen sowie dem zusätzlichen Maisanbau. Diese Fruchtfolgen sind häufig weniger rentabel als Fruchtfolgen mit Winterfrüchten. Hier geht Biodiversität und Wirtschaftlichkeit nicht „Hand in Hand“. Insgesamt ist die Vielfalt im Ackerbau und damit der Beitrag zur Biodiversität geringer als auf guten Böden. Allerdings ist in Mittelgebirgslagen aufgrund der Topografie und des höheren Grünland- und Waldanteils insgesamt die Biodiversität hoch.

Hohe Punktzahlen erreichen im Gegensatz zur Raps-WW-WG mit 35 Punkten eine dreifeldrige Fruchtfolge Soja-WW+ZF+KM mit 91 Punkten. Trotz einer leichten Überbewertung ist die Fruchtfolge deutlich vielfältiger. Die Sojabohne ist neben der Blattfrucht gleichzeitig eine Leguminose, die bei 33 % trotz der Abschneidegrenze von 15 % 15 zusätzliche Punkte erhält. Durch die Zwischenfrucht wird zum einen die Anzahl der Blühwochen von 3 auf 6 Wochen erhöht und die Anzahl der Früchte steigt von 3 auf 4 und damit werden weitere 8 Punkte gutgeschrieben. Darüber hinaus trägt der Zwischenfruchtanbau zum Humusaufbau statt. Im Gegensatz zu Fruchtfolgen mit Zuckerrüben, Karottfeldern und Silomais fehlt in dieser Fruchtfolge die humuszehrende Komponente. Dies erhöht die Punktzahl um weitere 17 Punkte. Durch den Anbau von Winterfrüchte 33 % und Sommerfrüchte 67 % im Gegensatz zum Anbau von 100 % Winterfrüchte werden weitere 17 Punkte erreicht. Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang der späte Drusch des Körnermaises bis in den November hinein. Nach der Aberntung des Wintergetreides im Juli/August ist die grüne Brücke aus Sicht der Biodiversität durch den Mais als positiv zu bewerten.

## 7 Schlusswort

Deutschlandweit sind die Fruchtfolgen in den vergangenen Jahren im Umbruch. Die klassischen dreifeldrigen Fruchtfolgen werden zu vier- bis siebenfeldrigen Fruchtfolgen erweitert. Die Hintergründe sind neben pflanzenbaulichen und betriebswirtschaftlichen Gründen in den politischen Vorgaben aus der EU-Agrarreform und der Düngeverordnung zu sehen. Der Anbau hat sich vom Schwerpunkt des klassischen Anbaus von Winterfrüchten leicht Richtung Sommerfrüchte verschoben. Besonders der hohe Zuchtfortschritt der Sommerkulturen Mais und Zuckerrübe und deren gute Ausnutzung der N-Vorräte des Bodens sowie des organischen Düngers stärken diese Kulturen. Auch für die Körnerleguminosen sich die Wirtschaftlichkeit durch eine verbesserte Vermarktungssituation erhöht. Im Vergleich zum Getreide sind die Preise in den vergangenen Jahren durch eine erhöhte Nachfrage in der Lebensmittelindustrie als auch in den Mischfutterwerken gestiegen. Vom Einsatz in Fleischersatzprodukten bis hin zum Export sind Leguminosen gefragt. Trotz des Preisanstieges erzielen die Körnerleguminosen nur eine geringe Eigenrentabilität. Ihr Anbau wird gefördert durch den Vorfruchteffekt für die Folgekultur. Darüber hinaus stärken regionale Förderprogramme zur vielfältigen Fruchtfolge den Anbau. Allerdings sind je nach Region Erträge zwischen 45 und 60 dt/ha notwendig, damit die Fruchtfolgen mit Erbse und Ackerbohne wettbewerbsfähig sind. Aufgrund der klimatischen Verhältnisse und der größer werdenden Nachfrage wird die Sojabohne in Süddeutschland und den guten Ackerbaustandorten Südostdeutschlands zunehmen. Die hohe Ertragsschwankung aufgrund der Jahreswitterung führt weiterhin zu einer vorsichtigen Einführung der neuen Kultur.

Wie bereits in der Projektstudie 2017 aufgezeigt, gerät durch die zunehmende Bedeutung der Sommerkulturen der Rapsanbau regional unter Druck. Die Sommerkulturen führen zu Fruchtfolgen, in denen Raps ersetzt wird. So werden in Süddeutschland auf vielen Standorten die Fruchtfolgen mit Zuckerrübe, Mais, Sojabohne und Weizen gestaltet. Neben der schwachen Eigenrentabilität im Vergleich zu den Konkurrenzfrüchten am Standort fehlen, mit Ausnahme vom Weizen, die Vorfrüchte für Raps.

Darüber hinaus verlängern sich die Fruchtfolgen auf den guten Ackerbaustandorten von einer drei- zu einer vier- bis siebenfeldrigen Fruchtfolge. Damit sinkt dort der Rapsanteil in der Fruchtfolge. Durch die verlängerten Anbaupausen sind steigende Rapsertträge zu erwarten. Raps weist in fünf- bis sechsfeldrigen Fruchtfolgen nach der Zuckerrübe die höchste Eigenrentabilität auf. Raps bleibt damit eine tragende Säule der Fruchtfolge. In vielen Fällen ist dabei der Übergang von der drei- auf die vier- bis siebenfeldrige Fruchtfolge auch mit arbeitswirtschaftlichen Vorteilen verbunden.

Während der Rapsanbau auf den guten und sehr guten Standorten im Anbau zurückgehen wird, behält er auf den leichten bis mittleren Standorten seine Bedeutung. Der Raps entfaltet durch den Anbau im Spätsommer mit seiner guten Wurzelbildung in Gebieten mit einer Vorsommertrockenheit und in den

Mittelgebirgslagen besonders auf schwierigen Standorten seine Stärke. Diese Standorte sind für den Anbau von Sommerfrüchten weniger geeignet. Dort hat der Raps ein enges Ertragsverhältnis zu Getreide und ist die Kultur mit der höchsten Eigenrentabilität. Die Landwirte bauen die Fruchtfolge „um den Raps herum“.

Die Düngebedarfsrechnung, die nach der Düngeverordnung anzuwenden ist, hat zu einem sparsameren Umgang mit dem Nährstoff Stickstoff und damit zu einem effizienteren Einsatz geführt. Die Ergebnisse der Projektstudie 2017 hinsichtlich der N-Düngung haben sich bestätigt. Im Rapsanbau wurde bereits in den vergangenen Jahren durch eine bessere Anrechnung der Herbsdüngung und die Berücksichtigung der N-Aufnahme die Düngung optimiert. Raps bietet in zweierlei Hinsicht Vorteile im Anbau. Zum einen kann der Stickstoffeinsatz beim folgenden Getreide eingespart werden und zum anderen darf im Herbst nur zu Raps, zur Zwischenfrucht und zur Wintergerste organisch gedüngt werden. Raps entlastet damit die Veredlungsbetriebe beim notwendigen Ausbau der Güllelagerkapazitäten. Dagegen ist der Gülleinsatz im Frühjahr, besonders in kalten Frühjahren, durch die späte Pflanzenverfügbarkeit nicht zu empfehlen.

Mit Hilfe eines Fruchtfolgeindex wurde die Biodiversität der Fruchtfolgen beurteilt. Der Index berücksichtigt neben der Anzahl der Früchte das Verhältnis von Herbst- und Frühjahrsaussaat, den Flächenanteil an Leguminosen, die Anzahl von Blühwochen und den Humusaufbau. Über die Anzahl der Blühwochen macht er eine Aussage über die Förderung der Insektenvielfalt. Die Ergebnisse zeigen, dass auf guten Ackerbaustandorten weite Fruchtfolgen aus Halm- und Blattfrüchten wirtschaftlich sind und einen hohen Grad an Biodiversität aufweisen. Es besteht damit kein Widerspruch zwischen Rentabilität und Biodiversität. Dagegen sind Fruchtfolgen auf sandigen Standorten und im Mittelgebirge weniger biodivers. Die Wirtschaftlichkeit folgend liegt der Schwerpunkt auf den Winterkulturen. Dort fehlt die Ergänzung durch das Sommergetreide und den Zwischenfruchtanbau. Allerdings ist in Mittelgebirgslagen aufgrund der Topografie und des höheren Grünland- und Waldanteils insgesamt die Biodiversität hoch. Für die Förderung einer weiteren Fruchtfolge bedarf es hier der staatlichen Förderung.

## Literaturverzeichnis

- ALBERT, E., G. BAUMGÄRTEL, A. GRANSEE, H.-H. KOWALEWSKY, F. LORENZ, G. PASDA, M. REX UND H. U. VON WULFFEN, 2008: DLG-Merkblatt 349 – Grunddüngung effizient gestalten, Hrsg. DLG e.V. – Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft – Ausschuss für Pflanzenernährung, Frankfurt/Main.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL), 2021: LfL Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html>
- BREITSCHUH, G., H. ECKERT, H. FEIGE, U. GERNAND, UND D. SAUERBECK, 2004: Entwicklung eines Umweltcontrolling-/Umweltoptimierungssystems in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt, 139.
- DÜNGEVERORDNUNG 2020: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen - Düngeverordnung (DüV). [https://www.gesetze-im-internet.de/d\\_v\\_2017/D%C3%BCV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/D%C3%BCV.pdf), zuletzt geprüft am 22.02.2021. zuletzt geändert durch: Artikel 1 der Verordnung vom 28. April 2020 (BGBl. I S. 846).
- LANDWIRTSCHAFTSÄMTER UND -KAMMERN: Mitteilungen zu den Gehalten an mineralischem Stickstoff in den Ackerböden.
- MAX-PLACK-GESELLSCHAFT, 2021: Biodiversität – Vielfalt des Lebens. <https://www.mpg.de/biodiversitaet>, zuletzt geprüft am 08.03.2021
- MOHR, R. UND K. JERCHEL, 2017: Abschlussbericht - Evaluierung von Fruchtfolgen mit und ohne Raps hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und Treibhausgasbilanz unter Berücksichtigung der neuen Düngeverordnung. Hrsg. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP Schriften: Agrar).
- ROßBERG, D., V. MICHEL, R. GRAF UND R. NEUKAMPF, 2007: Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 59 (7), 155-161.
- STATISTISCHE LANDESÄMTER: Statistische Berichte der Länder zur Bodennutzung und Ernte.

## Anhang

### Wirtschaftlichkeit der organischen gedüngten Varianten

Tabelle 29: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Schleswig-Holstein.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	463	463	463	463
3-Raps-WW-WG/AB	459	476	459	476
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	489	489	482	482
4-Raps-WW-ZF+SM/AB-WW/WG	470	483	462	475
4-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW/WG	493	505	493	505
4-Raps-WW-Ha/AB-WW/WG	469	481	469	481
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	505	505	461	461
5-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG/AB	489	499	483	493
6-Raps-WW-ZF+KM-AB/Ha-WW-WG	436	444	436	444
7-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG	502	509	498	505

Tabelle 30: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	500	500	500	500
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	506	506	500	500
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	481	491	474	484
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	505	515	505	515
4-Raps-ZF+SM-SM-WW	503	503	476	476
5-Raps-WW-ZF+ZR-WW-WG	556	556	556	556
7-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG	509	514	505	511

Tabelle 31: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen leichte Standorte Ostdeutschland.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	325	325	325	325
3-Raps-WW-WG/WR	336	336	336	336
4-Raps-WW-ZF+SM-WG/WR	361	361	348	348
4-Raps-ZF+SM-SM-WR	412	412	387	387
5-Raps-WW-ZF+SM-Er/Oel-WW/WR	337	343	327	333
6-Raps-WR-Er-WW-ZF+SM-WR/WG	330	340	322	331
8-Raps-WW-ZF+KM-Er-WR-Raps-WR-WG	300	307	300	307

Tabelle 32: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Ostdeutschland.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	532	532	532	532
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	544	555	544	555
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	525	535	517	528
4-Raps-WW-ZF+KM/Er-WW/WG	487	498	487	498
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS/WW	583	583	547	547
6-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM-WG	555	562	545	552
7-Raps-WW-Er-WW-Raps-WW-WG	512	524	512	524
3-Soja-WW-WG	440	440	440	440
3-Soja-WW-ZF+KM	409	409	409	409

Tabelle 33: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Westdeutschland.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	476	476	476	476
4-Raps-WW-ZF+ZR-WW	588	588	588	588
4-Raps-WW-ZF+SM-WW	526	526	509	509
4-Raps-WW-Ha/AB-WW	468	481	468	481
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	598	598	548	548
7-Raps-WW-AB-WW-Raps-WW-WG	468	482	468	482
7-Raps-WW-AB-WW-ZF+ZR/ZF+SM-WW/WG	570	585	560	575
3-Soja-WW-ZF+KM	443	443	443	443
4-Soja-WW-ZF+ZR-WW	558	558	558	558

Tabelle 34: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in Mittelgebirge/ Übergangslagen.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	381	381	381	381
4-Raps-WW-ZF+SM-WG	393	393	380	380
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	432	432	394	394
5-Raps-WW-Er/Oel-WW-WG	352	358	352	358
7-Raps-WW-ZF+SM-WW-Er-WW-WG	351	360	343	352

Tabelle 35: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich).

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	342	342	342	342
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	478	478	469	469
4-Raps-WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	437	437	437	437
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	523	523	476	476
6-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW-WG	470	470	470	470
3-Soja-WW-ZF+KM	413	413	413	413
4-Soja- WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	461	461	461	461

Tabelle 36: Grundrenten der organisch gedüngten Fruchtfolgen in trockene Standorte Süddeutschland.

Preisverhältnis WW zu Raps, 1:	2,2			
Silomaispreis in €/t TM	85		81	
Preiszuschlag Leguminosen €/t	20	40	20	40
Preisverhältnis Raps zu ZR, 1:	13			
<b>Fruchtfolgen</b>	<b>Grundrenten in €/ha</b>			
3-Raps-WW-WG	285	285	285	285
3-Raps-WW-SG	308	308	308	308
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	373	373	366	366
4-Raps-WW-Er/ZF+KM-WW/SG	270	278	270	278
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	374	374	337	337
5-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW	387	387	387	387
4-Soja-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	342	342	335	335
5-Soja-WW-ZF+ZR-WW-KM	366	366	366	366

## N-Salden und Güllemengen

Tabelle 37: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Schleswig-Holstein.

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> / ha
3-Raps-WW-WG	25	38	13
3-Raps-WW-WG/AB	28	40	11
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	27	39	16
4-Raps-WW-ZF+SM/AB-WW/WG	30	41	14
4-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW/WG	27	46	13
4-Raps-WW-Ha/AB-WW/WG	26	39	12
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	14	17	27
5-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG/AB	30	41	14
6-Raps-WW-ZF+KM-AB/Ha-WW-WG	30	52	16
7-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW-ZF+SM/Ha- WW-WG	29	45	15

\*in den organisch gedüngten Varianten

Tabelle 38: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern.

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> / ha
3-Raps-WW-WG	27	41	13
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	30	42	15
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	31	42	13
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	28	46	13
4-Raps-ZF+SM-SM-WW	33	40	21
5-Raps-WW-ZF+ZR-WW-WG	29	52	16
7-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM/Ha- WW-WG	31	47	15

\*in den organisch gedüngten Varianten

Tabelle 39: N-Salden und Güllemengen leichte Standorte Ostdeutschland.

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> / ha
3-Raps-WW-WG	41	57	13
3-Raps-WW-WG/WR	42	55	13
4-Raps-WW-ZF+SM-WG/WR	41	51	16
4-Raps-ZF+SM-SM-WR	32	39	20
5-Raps-WW-ZF+SM-Er/Oel-WW/WR	33	42	14
6-Raps-WR-Er-WW-ZF+SM-WR/WG	34	44	13
8-Raps-WW-ZF+KM-Er-WR-Raps-WR-WG	36	55	14

\*in den organisch gedüngten Varianten

Tabelle 40: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Ostdeutschland.

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> / ha
3-Raps-WW-WG	-7	6	13
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	-6	12	13
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	-4	7	14
4-Raps-WW-ZF+KM/Er-WW/WG	-3	16	14
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS/WW	-22	-17	24
6-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM-WG	-8	7	17
7-Raps-WW-Er-WW-Raps-WW-WG	-4	8	11
3-Soja-WW-WG	-2	11	10
3-Soja-WW-ZF+KM	-2	29	16

\*in den organisch gedüngten Varianten

Tabelle 41: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Westdeutschland.

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> / ha
3-Raps-WW-WG	23	37	13
4-Raps-WW-ZF+ZR-WW	20	45	17
4-Raps-WW-ZF+SM-WW	24	34	19
4-Raps-WW-Ha/AB-WW	26	39	11
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	-4	-1	30
7-Raps-WW-AB-WW-Raps-WW-WG	26	38	11
7-Raps-WW-AB-WW-ZF+ZR/ZF+SM- WW/WG	14	29	14
3-Soja-WW-ZF+KM	24	55	16
4-Soja-WW-ZF+ZR-WW	18	43	14

\*in den organisch gedüngten Varianten

Tabelle 42: N-Salden und Güllemengen Mittelgebirge/ Übergangslagen.

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> / ha
3-Raps-WW-WG	33	46	13
4-Raps-WW-ZF+SM-WG	34	44	17
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	17	20	24
5-Raps-WW-Er/Oel-WW-WG	29	41	11
7-Raps-WW-ZF+SM-WW-Er-WW-WG	36	47	14

\*in den organisch gedüngten Varianten

Tabelle 43: N-Salden und Güllemengen gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich).

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> / ha
3-Raps-WW-WG	17	30	13
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	16	34	18
4-Raps-WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	18	44	17
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	-19	-16	29
6-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW-WG	16	40	17
3-Soja-WW-ZF+KM	15	46	16
4-Soja- WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	21	46	15

\*in den organisch gedüngten Varianten

Tabelle 44: N-Salden und Güllemengen trockene Standorte Süddeutschland.

	Mineralische Varianten kg N/ ha	Organische Varianten kg N/ ha	Güllemengen* m <sup>3</sup> / ha
3-Raps-WW-WG	16	29	13
3-Raps-WW-SG	26	40	13
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	13	30	17
4-Raps-WW-Er/ZF+KM-WW/SG	19	38	14
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	-7	-4	23
5-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW	11	37	18
4-Soja-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	15	32	14
5-Soja-WW-ZF+ZR-WW-KM	11	36	16

\*in den organisch gedüngten Varianten

## Fruchtfolgeindex und Shannon-Index

Tabelle 45: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Schleswig-Holstein.

	Frucht- folgeindex	Shannon- Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
3-Raps-WW-WG/AB	74	1,33
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	61	1,68
4-Raps-WW-ZF+SM/AB-WW/WG	83	1,68
4-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW/WG	89	1,68
4-Raps-WW-Ha/AB-WW/WG	75	1,49
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	39	1,33
5-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG/AB	84	1,77
6-Raps-WW-ZF+KM-AB/Ha-WW-WG	90	1,85
7-Raps-WW-ZF+ZR/AB-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG	85	1,84

Tabelle 46: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Mecklenburg-Vorpommern.

	Fruchtfolge- index	Shannon- Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
4-Raps-WW-ZF+SM/Ha-WW/WG	61	1,68
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	83	1,68
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	89	1,68
4-Raps-ZF+SM-SM-WW	51	1,33
5-Raps-WW-ZF+ZR-WW-WG	61	1,56
7-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM/Ha-WW-WG	85	1,84

Tabelle 47: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index leichte Standorte Ostdeutschland.

	Fruchtfolge- index	Shannon- Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
3-Raps-WW-WG/WR	40	1,33
4-Raps-WW-ZF+SM-WG/WR	61	1,75
4-Raps-ZF+SM-SM-WR	51	1,33
5-Raps-WW-ZF+SM-Er/Oel-WW/WR	97	1,86
6-Raps-WR-Er-WW-ZF+SM-WR/WG	92	1,91
8-Raps-WW-ZF+KM-Er-WR-Raps-WR-WG	94	1,89

Tabelle 48: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Ostdeutschland.

	Fruchtfolge- index	Shannon- Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
4-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW/WG	89	1,68
4-Raps-WW-ZF+SM/Er-WW/WG	83	1,68
4-Raps-WW-ZF+KM/Er-WW/WG	89	1,68
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS/WW	50	1,47
6-Raps-WW-ZF+ZR/Er-WW-ZF+SM-WG	86	1,84
7-Raps-WW-Er-WW-Raps-WW-WG	69	1,28
3-Soja-WW-WG	66	1,10
3-Soja-WW-ZF+KM	91	1,39

Tabelle 49: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Westdeutschland.

	Fruchtfolge- index	Shannon- Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
4-Raps-WW-ZF+ZR-WW	64	1,33
4-Raps-WW-ZF+SM-WW	51	1,33
4-Raps-WW-Ha/AB-WW	70	1,21
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	39	1,33
7-Raps-WW-AB-WW-Raps-WW-WG	69	1,28
7-Raps-WW-AB-WW-ZF+ZR/ZF+SM-WW/WG	94	1,84
3-Soja-WW-ZF+KM	91	1,39
4-Soja-WW-ZF+ZR-WW	91	1,33

Tabelle 50: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index Mittelgebirge/ Übergangslagen.

	Fruchtfolge- index	Shannon- Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
4-Raps-WW-ZF+SM-WG	56	1,61
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	39	1,33
5-Raps-WW-Er/Oel-WW-WG	74	1,47
7-Raps-WW-ZF+SM-WW-Er-WW-WG	82	1,67

Tabelle 51: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index gute Standorte Süddeutschland (niederschlagsreich).

	Fruchtfolgeindex	Shannon-Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	62	1,47
4-Raps-WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	69	1,47
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	39	1,33
6-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW-WG	69	1,75
3-Soja-WW-ZF+KM	91	1,39
4-Soja- WW-ZF+KM/ZF+ZR-WW	96	1,47

Tabelle 52: Fruchtfolgeindex und Shannon-Index trockene Standorte Süddeutschland.

	Fruchtfolgeindex	Shannon-Index
3-Raps-WW-WG	35	1,10
3-Raps-WW-SG	51	1,10
4-Raps-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	62	1,47
4-Raps-WW-Er/ZF+KM-WW/SG	95	1,68
4-Raps-ZF+SM-SM-GPS	39	1,33
5-Raps-WW-ZF+ZR-KM-WW	71	1,56
4-Soja-WW-ZF+SM/ZF+ZR-WW	90	1,47
5-Soja-WW-ZF+ZR-WW-KM	86	1,56



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON  
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de

Bildnachweis: fredredhat – Fotolia; © DSV; Aleksandr Rybalko/Shutterstock.com