

Abschlussbericht

Forschungsverbund: Integrierte chemisch-biotechnologische Herstellung von Synthesebausteinen auf Basis nachwachsender Rohstoffe in einer Bioraffinerie

Teilvorhaben 12: „Rohstoffmanagement der Anbau- und Reststofföle inklusive ökonomische und ökologische Betrachtung des Anbaus“

Projekt-Nr.: 99.25

FKZ: 22039111 (11NR391)

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Langtitel: **Forschungsverbund: Integrierte chemisch-biotechnologische Herstellung von Synthesebausteinen auf Basis nachwachsender Rohstoffe in einer Bioraffinerie**

Teilvorhaben 12: „Rohstoffmanagement der Anbau- und Reststofföle inklusive ökonomische und ökologische Betrachtung des Anbaus“

Kurztitel: Integrierte Bioproduktion

Projektleiter: Dipl.-Ing. agr. Torsten Graf

Abteilung: Pflanzenproduktion und Agrarökologie

Abteilungsleiter: stellv. Dipl.-Ing. agr. Reinhard Götz

Laufzeit: 01.05.2012 bis 31.10.2014

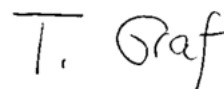
Zuwendung durch: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. als Projektträger des BMEL

Bearbeiter: M. Sc. Kristin Bothe

November 2014



Dr. Armin Vetter
(Stellv. Präsident)



Torsten Graf
(Projektleiter)

Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis	4
Anhangsverzeichnis	4
I. Ziele	5
1. Aufgabenstellung	5
2. Stand der Technik	5
3. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	6
II. Ergebnisse.....	7
1. Erzielte Ergebnisse.....	7
AP1 Rohstoffmanagement der pflanzlichen Öle.....	7
1.1 Anbau und Ernte der Ölpflanzen Iberischer Drachenkopf, Krambe, Erucaraps und Koriander.....	7
1.2 Pressen der Öle	7
1.3 Beschaffung der Reststofföle Tallöl, Senföl und Holunderkernöl je nach Bedarf...	8
1.4 Beprobung und Analyse der Ölsaaten, der Öle aus dem Anbau, der Reststofföle und der Presskuchen.....	9
AP5.2 Produktbewertung	11
5.2.1 Erarbeitung der ökonomischen Grundlagen des Anbaus, der Ernte einschließlich Logistik, der Kaltpressung und Nebenproduktverwertung	11
Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Saatproduktion	11
Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Ölkaltpressung	12
Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Nebenproduktverwertung.....	14
1. Presskuchen als Futtermittel.....	15
2. Presskuchen als Gärsubstrat in Biogasanlagen.....	19
4. Presskuchen als Brennstoff in Feuerungsanlagen	25
Zusammenfassung der Mindestpreise der verschiedenen Presskuchenverwertungen.....	27
5.2.2 Ökologische Bewertung des Anbaus	28
A Recherchen zu Züchtungsarbeiten, Züchtungsfortschritt, Anbauumfang, Anbauerfahrung und Anbauwürdigkeit der vier Ölpflanzen für das gesamte Bundesgebiet	28
Züchtungsarbeiten und -fortschritt	28
Anbauumfang und -erfahrung	29
Anbauwürdigkeit	29
B und C Ermittlung des Einflusses des Anbaus der alternativen Ölpflanzen auf die Fruchtfolgegestaltung in der Landwirtschaft, auf die biologische Vielfalt bzw. ihren	

Beitrag zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Vergleich mit bereits etablierten Kulturen und Bewertung der Anbauverfahren hinsichtlich Nachhaltigkeit und Vermeidung von Klimagasen.....	30
D Diskussion der Flächenkonkurrenz zur Food- und Non-Foodproduktion	39
5.2.3 Reststofföle.....	39
Senföl.....	39
Anfall, Verfügbarkeit, Preise in Deutschland und Europa.....	39
Nachhaltigkeit und Vermeidung von Klimagasen	40
Gegenüberstellung mit vergleichbaren Ölen aus dem Anbau.....	40
Holunderkern- und Tallöl.....	40
Zusatz-Information: Weitere Rapssorten veränderten Fettsäuremusters	41
HOLLi-Raps	41
Laurinraps	41
2. Verwertung	42
3. Erkenntnisse von Dritten	42
4. Veröffentlichungen.....	42
Literaturverzeichnis	43
Anhang	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anbau und Ernte der Ölpflanzen 2012 und 2013	7
Tabelle 2: Mengen aufbereiteter und versendeter Pflanzenöle	8
Tabelle 3: Ölausbeuten nach Pressung (Rohöl) und nach Entschleimung/Entsäuerung (Gereinigtes Öl) dezentrale Pressung im Technikum der TLL	8
Tabelle 4: Säurezahl und freie Fettsäuren, Senf- und Erucarapsöl	9
Tabelle 5: Laboranalyse Presskuchen*	9
Tabelle 6: Laboranalyse Fettsäurespektren Presskuchen*, % Fettsäure im Öl	10
Tabelle 7: Erzeugermindestpreise in €/dt für den Anbau von Iberischem Drachenkopf, Krambe, Koriander und Erucaraps unter Berücksichtigung verschiedener Ertragsniveaus	12
Tabelle 8: Ölmindestpreis Iberischer Drachenkopf in Abhängigkeit des Ertragsniveaus der Saat und der Verwertungsschienen des Presskuchens, €/l	14
Tabelle 9: Ölmindestpreis Krambe in Abhängigkeit des Ertragsniveaus der Saat und der Verwertungsschienen des Presskuchens, €/l	14
Tabelle 10: Ölmindestpreis Koriander in Abhängigkeit des Ertragsniveaus der Saat und der Verwertungsschienen des Presskuchens, €/l	14
Tabelle 11: Ölmindestpreis Erucaraps in Abhängigkeit des Ertragsniveaus der Saat und der Verwertungsschienen des Presskuchens, €/l	14
Tabelle 12: Nährstoffgehalte der Presskuchen je 1.000g Frischmasse	16
Tabelle 13: Mindestpreise, €/t Frischmasse nach der Austauschmethode nach Löhr, Referenzfutter Eiweißträger: 50 % Sojaschrot Normtyp (446 €/t), 50 % Rapsextraktionsschrot (252 €/t) und Futtergerste (164 €/t)	16
Tabelle 14: Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Biogasanlage	20
Tabelle 15: Mindestpreise der Presskuchen bei Vergärung in der Biogasanlage, Gärrestaubsbringung als Düngemittel abzgl. Ausbringkosten und Gesamtleistung, €/t FM	21
Tabelle 16: Mindestpreise der Presskuchen, €/t Frischmasse bei Verwertung als Düngemittel, N-Wirksamkeit 92 %, P-, K-, Mg-Wirksamkeit 100%, abzügl. Ausbringungskosten	23
Tabelle 17: Mindestpreise der Presskuchen verschiedener Verwertungsrichtungen in €/t Frischmasse	27
Tabelle 18: Klassifizierung von Ökologischen Indikatoren der alternativen Ölpflanzen und Erucaraps	30
Tabelle 19: kg CO ₂ - Äquivalente bei der Stickstoffdüngerproduktion und den Feldemissionen (Koriander in Frühjahr- und Herbstsaat, Kornentzüge (DÜV 2012), Alternative Ölpflanzen und Raps)	33
Tabelle 20: Ölerträge je Flächeneinheit (dezentrale und zentrale Pressung) und Ertrag der Fettsäure mit dem höchsten Gehaltsanteil am Ölertrag je Flächeneinheit (dezentrale und zentrale Pressung), Alternative Ölpflanzen und Raps, Koriander in Herbst- und Frühjahrssaat	35
Tabelle 21: Durchschnittserträge und Ölgehalte im Dornburger Anbau sowie im Krambe Modellvorhaben (mit Standardabweichungen), Alternative Ölpflanzen und Raps	35
Tabelle 22: Durchschnittserträge und Ölgehalte im Dornburger Anbau, Öl- und Erucasäureerträge je Flächeneinheit, Raps, Krambe und Senf	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ölmindestpreise einer Kaltpressung in Abhängigkeit von der Verwertungsrichtung des Presskuchens, Ertragsniveau der Sommerungen: 20 dt/ha und Erucaraps: 40 dt/ha	13
Abbildung 2: Relativer Kornertrag (2007: Ganzpflanzenertrag) bei Stickstoffdüngung mit Presskuchen im Vergleich zur mineralischen Stickstoffdüngung (=100%) in einer Fruchtfolge, Versuchsstandort Dornburg 1996 bis 2009 (BIERTÜMPFEL ET AL. 2010)	24
Abbildung 3: Preisentwicklung fossiler und nachwachsender Brennstoffe (Preise Heizöl: TECSON 2014, Rapskuchen: UFOP 2014, Holzpellets: C.A.R.M.E.N. 2014, Hackschnitzel WG 35 = Wassergehalt 35 %: KAMINHOLZ 2014, Ölsaatenpresskuchen Mindestpreis 95 €/t)	26

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Richtwerte für Kosten der Produktion von Iberischem Drachenkopf und Erzeugermindestpreis	50
Anhang 2: Richtwerte für Kosten der Produktion von Krambe und Erzeugermindestpreis	51
Anhang 3: Richtwerte für Kosten der Produktion von Koriander und Erzeugermindestpreis	52
Anhang 4: Richtwerte für Kosten der Produktion von Erucaraps und Erzeugermindestpreis	53
Anhang 5: Grundparameter der Produktion von Iberischem Drachenkopf, Krambe und Koriander	54
Anhang 6: Grundparameter der Produktion von Erucaraps	54
Anhang 7: Spezialkosten Pflanzenschutz für die Produktion von Iberischem Drachenkopf	55
Anhang 8: Spezialkosten Pflanzenschutz für die Produktion von Krambe	55
Anhang 9: Spezialkosten Pflanzenschutz für die Produktion von Koriander	56
Anhang 10: Spezialkosten Pflanzenschutz für die Produktion von Erucaraps	57
Anhang 11: Summe der Direktkosten für die Produktion von Iberischem Drachenkopf	59
Anhang 12: Summe der Direktkosten für die Produktion von Krambe	59
Anhang 13: Summe der Direktkosten für die Produktion von Koriander	60
Anhang 14: Summe der Direktkosten für die Produktion von Erucaraps	61
Anhang 15: Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarf für die Produktion von Iberischem Drachenkopf, Krambe und Koriander	62
Anhang 16: Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarf für die Produktion von Erucaraps	64
Anhang 17: Arbeitskosten für die Produktion von Iberischem Drachenkopf und Koriander	65
Anhang 18: Arbeitskosten für die Produktion von Krambe	65
Anhang 19: Arbeitskosten für die Produktion von Erucaraps	66
Anhang 20: Tierspezifische Verdaulichkeiten der Inhaltstoffe,% TM	66
Anhang 21: Presskuchenmindestpreise €/dt Frischmasse, Vergleichsfutter Sojaschrot-Normtyp und Futtergerste*	66
Anhang 22: Presskuchenmindestpreise €/dt Frischmasse, Vergleichsfutter Rapsextraktionsschrot und Futtergerste*	66

I. Ziele

1. Aufgabenstellung

Die wissenschaftlichen Ziele umfassten die produkt- und prozessgerechte Auswahl von heimischen pflanzlichen Rohstoffen (Ölpflanzen), die nicht im Nahrungs- und Futtermittelbereich eingesetzt werden, die ökonomische Bewertung des Anbaus und der Herstellung der Öle einschließlich der Verwendung der anfallenden Nebenprodukte sowie die Betrachtung ökologischer Aspekte, wie Biodiversität, Fruchtfolgegestaltung oder Treibhausgasminimierung. Das technische Arbeitsziel war die Bereitstellung der Öle aus dem landwirtschaftlichen Anbau in ausreichender Menge und benötigter Qualität.

2. Stand der Technik

Die alternativen Ölpflanzen Iberischer Drachenkopf (*Lallemantia iberica*), Krambe (*Crambe abyssinica*) und Koriander (*Coriandrum sativum*) weisen aktuell in Deutschland keine bekannten Anbauumfänge auf.

Bezüglich der **botanischen Einordnung** handelt es sich beim Drachenkopf um einen Lippenblütler und beim Koriander um einen Doldenblütler. Die Krambe und der Erucaraps gehören zur Pflanzenfamilie der Kreuzblütler.

Zum **Ertragsniveau** der einzelnen Arten gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben. Je nach Witterungs- und Standortbedingungen sowie den noch wenig oder gar nicht züchterisch bearbeiteten Pflanzen sind die Erträge Schwankungen unterworfen.

Für den Drachenkopf sind Erträge zwischen 10 und 20 dt/ha mit ca. 38 % fettem Öl angeführt. Im Fettsäurespektrum des Öls dominiert die Linolensäure mit bis zu fast 70 % (BIERTÜMPFEL ET AL., 2005). Der von der TLL ermittelte Ertragsdurchschnitt des 17-jährigen Versuchsanbaus in Thüringen beträgt 17 dt/ha und 34 % fettes Öl.

Erträge von 9 bis 40 dt/ha und Ölgehalte zwischen 30 und 40% sind für die Krambe genannt (MAKOWSKI UND TROEGEL, 2001). Der Ölgehalt des Samens ohne Samenhülle beträgt zwischen 40 und 50 %. Die Erucasäure weist im Öl einen Anteil von 55 bis 62 % auf (HEYLAND ET AL., 2006). Der Durchschnittsertrag ist im 6-jährigen Thüringer Versuchsanbau der TLL auf 21 dt/ha und 37 % fettes Öl beziffert.

Bei Koriander sind Kornerträge zwischen 2 und 24 dt/ha, Ölgehalte zwischen 18 und 25 % sowie Petroselinensäureanteile im fetten Öl zwischen 50 und 80 % dargestellt (HEYLAND ET AL., 2006). Im Thüringer Versuchsanbau der TLL wurden bei Frühjahrssaat 17 dt/ha (8 Anbaujahre) und bei Herbstsaat 26 dt/ha (4 Anbaujahre) bei 18 % Ölgehalt erreicht.

Der Erucaraps wächst in Deutschland auf ca. 25.000 ha, vorwiegend im Raum Brandenburg. Die Erträge liegen leicht unter denen des Winterrapses der 00-Qualität, während die Ölgehalte leicht darüber rangieren. Der von der TLL ermittelte Durchschnittsertrag im 4-jährigen Anbau beträgt 46 dt/ha, der Ölgehalt 44 %.

Die **agronomischen Eigenschaften** des Erucarapses entsprechen denen des 00-Winterrapses. Eine überjährige Standzeit von 11 Monaten resultiert aus dem Saatzeitpunkt im August und der Ernte im Juli/August des darauffolgenden Jahres.

Die alternativen Ölpflanzen Drachenkopf und Krambe werden als Sommerungen behandelt. Die Saat sollte Mitte März bis Mitte April, die Ernte in der Regel Anfang August des selben Jahres erfolgen (BIERTÜMPFEL ET AL., 2005 und BIERTÜMPFEL, 2009).

Koriander kann sowohl überjährig stehen mit Saatzeitpunkt August bis September als auch als Sommerung mit Saatzeitpunkt März bis April. Letztgenanntes Verfahren ist das gebräuchlichere. Die Ernte erfolgt, wenn 60 % der Früchte ausgereift sind, in der Regel im August, Herbstsaaten sind mitunter bereits im Juli druschreif (TLL 2008). Die Saat und Ernte der alternativen Ölpflanzen und des Erucarapses erfolgt mit üblicher Drill- und Mähdruschtechnik.

Bezüglich der Krankheiten und Schädlinge ist für den Drachenkopf die Botrytis-Stängelfäule in feuchten Jahren zu nennen (BIERTÜMPFEL ET AL., 2005).

Der Koriander kann von dem Pilz *Ramularia coriandri* (Gelbwelke) sowie dem Bakterium *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola* (Bakterieller Doldenbrand) befallen werden. Beide Erreger können Totalausfälle verursachen (TLL 2008).

Bei der Krambe können *Botrytis* (Grauschimmelfäule) und *Alternaria* (Schwärzepilze) als pilzliche Schaderreger bedeutsam sein. Rapsglanzkäfer und Rapserrdfloh sind im Anbau bekannt, der Befall ist jedoch meist nicht bekämpfungswürdig (BIERTÜMPFEL 2009).

Zu den tierischen Schädlingen im Winterraps zählen der Rapserrdfloh (*Psyllodes chrysocephala*), der Große Rapsstängelrüssler (*Ceutorrhynchus napi*), der Gefleckte Kohltriebrüssler (*Ceutorrhynchus quadridens*), der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus*), der Kohlschotenrüssler (*Ceutorrhynchus assimilis*) und die Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae*). Pilzliche Schaderreger können die Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*), die Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*), der Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) und die Rapschwärze (*Alternaria brassicaceae*) sein (GRAF ET AL., 2008). Im Gegensatz zu den alternativen Ölpflanzen sind im Raps ausreichend Pflanzenschutzmittel zugelassen, die zur Ertragssicherung zum Einsatz kommen können.

3. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Vorhaben war Bestandteil eines Verbundprojektes mit folgenden Projektpartnern:

- Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
- Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
- Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP
- DHW Deutsche Hydrierwerke GmbH
- Hobum Oleochemicals GmbH
- EUCODIS Bioscience GmbH Deutschland
- InfraLeuna GmbH
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- Taminco Germany GmbH
- Umicore AG&Co KG
- Karlsruher Institut für Technologie KIT
- ADDINOL Lube Oil GmbH
- Linde Engineering Dresden GmbH.

II. Ergebnisse

1. Erzielte Ergebnisse

AP1 Rohstoffmanagement der pflanzlichen Öle

1.1 Anbau und Ernte der Ölpflanzen Iberischer Drachenkopf, Krambe, Erucaraps und Koriander

In den Jahren 2012 und 2013 kamen auf den Versuchsfeldern der TLL oben genannte Kulturen sowie aufgrund der Nachfrage seitens der Projektpartner weitere Ölpflanzen zum Anbau, zur Ernte, Pressung und Aufbereitung (Tab. 1).

Tabelle 1: Anbau und Ernte der Ölpflanzen 2012 und 2013

	Anbau m ²	Kornertrag dt/ha, 9 % Feuchte	TS Ernte ¹ %	Ölgehalt TM ² %
Ernte 2012				
Drachenkopf	247,5	11,8	92,3	27,7
Krambe	247,5	16,0	94,3	36,5
Koriander	742,5	19,0	92,3	23,3
Ernte 2013				
Drachenkopf	1.093,5	10,0	93,6	34,6
Krambe	1.147,5	22,8	93,6	35,9
Koriander	1.000	9,9	88,3	16,7
Erucaraps	540	53,1	95,6	52,6
Senf	1.000	6,0		
Lein	1.000	15,0		
HO-Sonnenblume	500	40,4	81,7	47

¹ Trockensubstanz ² Trockenmasse

Die Witterung in den beiden Anbaujahren war für die meisten Sommerkulturen wenig vorteilhaft, was sich in Erträgen am unteren Rand mehrjähriger Durchschnittserträge äußert. 2012 litten der Drachenkopf und die Krambe unter dem trockenen Frühjahr und den nachfolgenden feuchten Verhältnissen in den Sommermonaten. Das frühzeitige Auftreten von Pilzkrankheiten beeinträchtigte die Kornfüllung und der Drachenkopf erlangte einen geringen Ölgehalt. Hingegen erreichte der Koriander etwa den Durchschnittsertrag und einen überdurchschnittlichen Ölgehalt. 2013 erfolgte die Aussaat der Sommerkulturen aufgrund des sehr langen Winters verspätet am 17. April. Dreifach höhere Niederschlagsmengen im Mai im Vergleich zum langjährigen Mittel führten zu Verschlämmungen und einer schlechten Entwicklung der Kulturen. Letztlich resultierten daraus Erträge unter dem vieljährigen Durchschnitt. Nur Krambe und Sonnenblume kamen mit der darauffolgenden trockenen Hitze in Juli und August gut zurecht und erreichten einen hohen Ertrag. Der Erucaraps als Winterung erzielte einen sehr guten Ertrag.

Aufgrund fehlender züchterischer Bearbeitung muss bei den alternativen Ölpflanzen generell mit Ertragsschwankungen im Anbau gerechnet werden. Die Durchschnittserträge und deren Streuung von Drachenkopf, Krambe, Koriander und Erucaraps im mehrjährigen Dornburger Anbau werden ausführlich im Kapitel Ökologische Bewertung des Anbaus, Flächeneffizienz und Ertragsstabilität dargestellt.

1.2 Pressen der Öle

Das Pressen der Saat aus der Ernte erfolgte auf den Laborpressanlagen der TLL: KOMET DD85-G, Durchsatz je nach Saat ca. 25 kg/h und KOMET CA/59G, Durchsatz je nach Saat ca. 10 kg/h.

Es wurden die Pressparameter ermittelt und eine quantitative Erfassung nach den jeweiligen Verfahrensschritten sowohl hinsichtlich der Ölausbeute als auch der Nebenproduktausbeute

vorgenommen (Tab. 3). Die kalt abgepressten Öle wurden im Technikum der TLL gefiltert und gereinigt (Säureentschleimung, Laugenentsäuerung).

Die Reinigung oder Veredelung des Öls durch Entschleimung und Entsäuerung orientierte sich dabei an MATTHÄUS UND MÜNCH (2009). Beide Veredelungsstufen fanden in einem Verfahrensschritt statt. Dabei werden für Stabilität und Lagerfähigkeit Phospholipide, Kohlenhydrate, Proteine, Metallionen, Seifen, Farb- und Schmutzstoffe sowie freie Fettsäuren abgetrennt.

Das Rohöl wurde im Wasserbad auf 70 °C erhitzt, pro kg Rohöl 1 g 85 %ige Phosphorsäure zugesetzt und intensiv vermischt. Zur Säureneutralisation wurden nach 10 Minuten pro kg Rohöl 50 ml 32%ige Natronlauge und 2% entmineralisiertes Wasser zugegeben. Die Reagenzien wurden intensiv vermischt und unter leichtem Rühren hat man sie 60 Minuten reagieren lassen. Während der letzten 10 Minuten wurde die Temperatur auf 85°C erhöht. Die ausgefällten Inhaltsstoffe setzten sich innerhalb von 24 Stunden ab. Das gereinigte Öl wurde erneut gefiltert.

Insgesamt wurden 351 Liter (l) aufbereitetes Öl an die Projektpartner versendet (Tab. 2).

Tabelle 2: Mengen aufbereiteter und versendeter Pflanzenöle

Pflanzenöl	Menge, l	Projektpartner
Iberischer Drachenkopf	58	32 l IGB, 14 l CBP, 12 l Hobum
Krambe	66	60 l CBP, 6 l Hobum
Koriander	22,5	15 l IGB, 7,5 l Koriander
Erucaraps	77	1 l IGB, 70 l CBP, 6 l Hobum
Senf	35,5	29 l IGB, 21 l DHW, 0,5 l Eucodis, 5 l Addinol, 1 l Hobum
Lein	20	20 l IGB, 44 l CBP
Schwarzkümmel	5	2 l IGB, 3 l Hobum
Saflor	6	5 l IGB, 1 l Hobum
Leindotter	4	4 l Hobum
HighOleic-Sonnenblumen	30	30 l CBP

Tabelle 3: Ölausbeuten nach Pressung (Rohöl) und nach Entschleimung/Entsäuerung (Gereinigtes Öl) dezentrale Pressung im Technikum der TLL

Pflanzenöl	Rohöl, % der Saat	Gereinigtes Öl, % der Saat
Iberischer Drachenkopf	27	18
Krambe	20	15
Krambe, geschält	34	21
Koriander	16	12
Erucaraps	34	26
Senf	15	13
Lein	35	29
Schwarzkümmel	21	15
Saflor	17	12
Leindotter	33	25
HighOleic-Sonnenblumen	38	34

In industriellen Herstellungsprozessen ist die Ölausbeute nach der Reinigung höher als in den hier dargestellten Technikumsversuchen.

1.3 Beschaffung der Reststofföle Tallöl, Senföl und Holunderkernöl je nach Bedarf

Aufgrund der hohen Nachfrage nach Senföl wurden zusätzlich zu dem aus Dornburger Anbau gepressten Senföl 50 Liter vom ABW Apoldaer Biomassewerk UG beschafft und im Technikum aufbereitet.

Die Beschaffung der Reststofföle Tallöl und Holunderkernöl war aufgrund fehlender Nachfrage seitens der Projektpartner nach Rücksprache mit der Projektleitung nicht erforderlich.

1.4 Beprobung und Analyse der Ölsaaten, der Öle aus dem Anbau, der Reststofföle und der Presskuchen

Die Beprobung und Analyse der angebauten Ölsaaten erfolgte auf den Ölgehalt, bezogen auf die Trockenmasse (Tab. 1) sowie auf freie Fettsäuren bei ausgewählten Ölen (Tab. 4).

Tabelle 4: Säurezahl und freie Fettsäuren, Senf- und Erucarapsöl

	Säurezahl (mg KOH/g)	Freie Fettsäuren (%)
Senföl (Apoldaer Biomassewerk), gereinigt	0,011	0,006
Senföl (Dornburg), gereinigt	0,009	0,004
Erucarapsöl, gereinigt	0,198	0,099

Für die Bewertung der wirtschaftlichen Nutzung der Presskuchen von Drachenkopf, Krambe, Koriander und Erucaraps wurden diese auf Inhaltsstoffe und relevante Parameter für die einzelnen Verwertungsrichtungen untersucht. Dazu zählen Nährstoffanalysen, der Hohenheimer Biogastest, die Weender Futtermittelanalyse und die Heizwertbestimmung (Tab. 5). Die Fettsäurespektren der Presskuchen, welche den Fettsäurespektren der Öle entsprechen, wurden analysiert (Tab. 6).

Tabelle 5: Laboranalyse Presskuchen*

	ME ¹	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps	Verfahren
Trockensubstanz	% FM	91,8	91,2	93,9	92,0	Trockenschrank
Rohfett	% TM	8,17	20,8	13,6	17,5	Petroletherextraktion nach HCL-Hydrolyse
Rohasche	% TM	8,41	5,43	7,31	6,48	Trockenveraschung Muffelofen
Rohprotein	% TM	22,1	19,5	18,8	36,7	Kjeldahldestillation
Rohfaser	% TM	26,9	34,4	31,8	14,8	Fibertec
ADF	% TM	36,3	39,4	18,4	35,7	Fibertec
Lignin	% TM	13,4	17,5	8,87	13,8	Fibertec
NDF	% TM	48,6	46,0	12,0	66,6	Fibertec
Gesamtzucker	% TM	1,99	4,76	1,59	7,03	Luff-Schoorl nach ethanolischer Extraktion
Stärke	% TM	<3,00	4,22	<3,00	<3,00	Polarimetrie
Lysin	% FM	1,24	1,11	1,00	2,15	Ionenaustauschchromatographie
Methionin	% FM	0,46	0,32	0,34	0,70	Ionenaustauschchromatographie
Threonin	% FM	0,92	0,88	0,65	1,48	Ionenaustauschchromatographie
Glucosinolate	µmol/g	0,57	2,69	0,61	25,49	HPLC
PRO	µmol/g	0,04	1,05	0,10	12,92	HPLC
GNL	µmol/g	0,05	0,04	0,03	0,66	HPLC
GNA	µmol/g	0,05	0,30	0,06	6,04	HPLC
4OH	µmol/g	0	0,02	0,02	1,34	HPLC
GBN	µmol/g	0	0,05	0,02	1,99	HPLC
GBC	µmol/g	0	0,03	0,01	0,69	HPLC
NAS	µmol/g	0,04	0,47	0,03	1,07	HPLC
4-methoxy	µmol/g	0,38	0,74	0,35	0,55	HPLC
N-GBC	µmol/g	0	0	0	0,23	HPLC
Phosphor	g/kg TM	12,4	8,11	9,36	12,5	ICP-OES
Kalium	g/kg TM	23,3	7,93	17,6	13,2	ICP-OES
Magnesium	g/kg TM	4,86	2,72	4,84	4,75	ICP-OES
Calcium	g/kg TM	6,42	12,5	14,8	8,35	ICP-OES
Schwefel	g/kg TM	3,43	8,18	2,82	7,70	ICP-OES
Natrium	g/kg TM	0,031	0,024	0,090	0,025	ICP-OES
Chlorid (w.Extrakt)	% TM	<0,05	0,14	0,1	0,07	Potentiometr. Titration
Kohlenstofforg. = min.	% TM	47,4	53,0	49,1	51,0	Trockene Verbrennung (Elementaranalyse)
Kupfer	mg/kg TM	11,8	3,62	17,9	7,83	ICP-OES

	ME ¹	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps	Verfahren
Mangan	mg/kg TM	50,9	23,3	26,6	68,5	ICP-OES
Zink	mg/kg TM	63,4	35,3	52,9	71,9	ICP-OES
Cadmium	mg/kg TM	0,033	0,21	0,14	0,12	ICP-MS
Chrom	mg/kg TM	1,69	0,25	0,27	0,016	ICP-MS
Blei	mg/kg TM	0,28	0,086	0,069	0,0076	ICP-MS
Nickel	mg/kg TM	0,95	0,47	1,05	0,64	Graphitrohr-AAS
Eisen	g/kg TM	0,31	0,30	0,094	0,13	ICP-OES
Nitrat	mg/kg TM	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	Fotometrie
pH-Wert	---	6,9	5,5	6,8	6,1	Potentiometrie
HBT (Biogas)	NI/kg OTS	495	548	522	676	Hohenheimer Biogastest (HBT)
HBT (Methan)	NI/kg OTS	305	353	330	428	Hohenheimer Biogastest (HBT)
HBT (Methan %)	%	61,7	64,6	63,3	63,4	Hohenheimer Biogastest (HBT)
Heizwert, oberer	J/g TM	18.975	22.483	20.040	21.515	Bombenkalorimeter
Heizwert, unterer	J/g TM	17.638	20.969	18.581	19.987	Bombenkalorimeter
Berechnungen:						
Stickstoff	% TM	3,54	3,12	3,01	5,87	Rohprotein/6,25
Stickstoff	g/kg TM	35,4	31,2	30,1	58,7	
C:N Verhältnis	---	13,4	17,0	16,3	8,7	
Org. Trocken-substanz (OTS)	% TM	91,6	94,6	92,7	93,5	100 (entspricht TM) – Rohasche

* Presskuchen Erntejahre: Drachenkopf 2010, Krambe 2012, Koriander 2013, Erucaraps (Zukauf)

Tabelle 6: Laboranalyse Fettsäurespektren Presskuchen*, % Fettsäure im Öl

Fettsäuren	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps	Verfahren
c4:0	0	0	0	0	GC
c6:0	0	0	0	0	GC
c8:0	0	0	0	0	GC
c10:0	0,01	0	0	0	GC
c11:0	0	0	0	0	GC
c12:0	0,01	0,01	0,02	0,02	GC
c13:0	0	0	0	0	GC
c14:0	0,06	0,07	0,04	0,06	GC
c14:1	0	0	0	0	GC
c15:0	0,03	0,02	0,04	0,03	GC
c15:1	0	0	0	0	GC
c16:0	7,82	2,4	3,18	3,45	GC
c16:1	0,19	0,38	0,46	0,35	GC
c17:0	0,08	0,03	0,03	0,03	GC
c17:1	0,04	0,02	0,06	0,02	GC
c18:0	2,28	0,99	0,69	0,95	GC
c18:1	10,9	17,05	79,77	13,65	GC
c18:2	14,01	9,62	15,11	13,02	GC
c18:3g	0	0	0,08	0	GC
c18:3a	62,2	6,31	0,19	7,66	GC
c20:0	0,07	1,08	0,08	0,81	GC
c20:1	1,23	3,03	0,06	4,81	GC
c20:2	0,16	0,26	0,02	0,39	GC
c20:3	0,36	0,04	0	0,05	GC
c21:0	0	0,03	0,01	0	GC
c20:4	0	0	0	0	GC
c20:5	0,17	0	0,02	0	GC
c22:0	0,04	1,94	0,05	0	GC
c22:1	0,17	54,17	0,02	52,53	GC
c22:2	0,03	0,36	0,02	0,43	GC
c23:0	0,03	0,36	0,02	0,43	GC
c24:0	0,02	0,66	0,03	0,27	GC
c24:1	0,11	1,15	0	1,05	GC
c22:6	0	0	0	0	GC

* Presskuchen Erntejahre: Drachenkopf 2010, Krambe 2012, Koriander 2013, Erucaraps (Zukauf)

AP5.2 Produktbewertung

5.2.1 Erarbeitung der ökonomischen Grundlagen des Anbaus, der Ernte einschließlich Logistik, der Kaltpressung und Nebenproduktverwertung

Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Saatproduktion

Wird der kalkulierte Erzeugermindestpreis am Markt garantiert, der die im Produktionsverfahren entstehenden Vollkosten und einen Beitrag zum Betriebsergebnis (Gewinn) abdeckt, können die Alternativen zum Winterraps im Anbau wirtschaftlich konkurrenzfähig etabliert und eine nennenswerte Produktion aufgebaut werden.

Die Vollkostenrechnung umfasst den Anbau, die Ernte, Reinigung, Trocknung sowie den Transport zum Erzeuger mit Preisen für Betriebsmittel, Arbeitserledigung, Fläche und sonstigen Kosten aus dem Jahr 2013 (Anh. 1 bis 4).

Da aufgrund des zu vernachlässigenden Anbauumfangs von Drachenkopf und Krambe nicht alle eingesetzten chemischen Pflanzenschutzmittel zugelassen sind, kann eine Genehmigung für Mittelanwendungen mit geringfügigem Umfang nach §22, Absatz 2 Pflanzenschutzgesetz beantragt werden (Anh. 7 und 8).

Den Direktkosten (Anh. 11 bis 14) wurden die aktuellen ortsüblichen Preise für Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Trocknung, Reinigung und Hagelschutzversicherung zugrunde gelegt.

Bei den Maschinenkosten und dem Arbeitszeitbedarf (Anh. 15 bis 19) kamen die in den Versuchen bzw. der Praxis bewährten agrotechnischen Maßnahmen sowie Richtwerte des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft KTBL zur Anwendung.

Für die Kulturen Drachenkopf und Krambe gibt es keinen Saatgutpreis, weshalb die Kalkulation selbiger auf dem Mittelwert der Marktpreise für Öllein- und Senfsaatgut basiert.

Der im Erzeugermindestpreis enthaltene Beitrag zum Betriebsergebnis entspricht dem durchschnittlichen Gewinn aller Feldfrüchte in Thüringen.

Im Falle einer zeitnahen Markteinführung müssen die Ertragsschwankungen von Drachenkopf, Krambe und Koriander berücksichtigt werden.

Für den Drachenkopf ist ein Erzeugermindestpreis zwischen den Ertragsniveaus 10 und 15 dt/ha, monetär zwischen 72,8 und 55,3 €/dt zu veranschlagen.

Die Durchschnittserträge der Krambe liegen höher als beim Drachenkopf, weshalb bei der Krambe mit einem Erzeugermindestpreis zwischen den Ertragsniveaus 15 und 20 dt/ha, monetär zwischen 76 und 57 €/dt zu kalkulieren ist. Die Produktion von Krambesaat weist aufgrund des niedrigen Schüttgewichtes hohe Arbeitserledigungskosten auf, weshalb ihr Erzeugermindestpreis, trotz höherer Erträge, generell über dem des Drachenkopfes liegt.

Bei Koriander ist in Frühjahrssaat von einem Ertragsniveau zwischen 10 und 15 dt/ha, bei der Herbstsaat zwischen 15 und 20 dt/ha auszugehen, was Erzeugermindestpreisen zwischen 85,3 und 68 €/dt (Frühjahrssaat) bzw. zwischen 68 und 54,4 €/dt (Herbstsaat) entspricht.

Ein Sicherheitszuschlag von 20 % auf den Erzeugermindestpreis würde auftretende Ertragsschwankungen auffangen.

Bezüglich des aktuell realisierbaren durchschnittlichen Ertragsniveaus von Drachenkopf, Krambe und Koriander wurde sich an den mehrjährigen Anbauversuchen im thüringischen Dornburg orientiert. Aufgrund der guten Bodenqualität in Dornburg und den vorteilhaften Bedingungen im Versuchsanbau, ist unter Praxisbedingungen von leicht niedrigeren Erträgen auszugehen, die in zuvor genannten Empfehlungen für den Erzeugermindestpreis bei sofortigem Markteintritt der Kulturen berücksichtigt wurden.

Die Durchschnittserträge und deren Streuung von Iberischem Drachenkopf, Krambe, Koriander und Erucaraps im mehrjährigen Dornburger Anbau werden ausführlich im Kapitel Ökologische Bewertung des Anbaus, Flächeneffizienz und Ertragsstabilität dargestellt.

Der Winterraps weist ein stabiles Ertragsniveau auf. Im Mittel wurden 2013 in Deutschland 39,5 dt/ha geerntet (DESTATIS 2014), auf guten Standorten sind Erträge über 50 dt/ha realistisch. Der für den Erucaraps veranschlagte Mindesterzeugerpreis entspricht demzufolge einem Ertragsniveau zwischen 35 und 40 dt/ha, monetär zwischen 33,9 und 32 €/dt (Tab. 7).

Tabelle 7: Erzeugermindestpreise in €/dt für den Anbau von Iberischem Drachenkopf, Krambe, Koriander und Erucaraps unter Berücksichtigung verschiedener Ertragsniveaus

Ertragsniveau Sommerungen	10 dt/ha	15 dt/ha	20 dt/ha	25 dt/ha*	30 dt/ha*
Drachenkopf	72,8	55,3	46,1	38,5	33,5
Krambe	76,0	57,0	47,5	40,4	35,7
Koriander	85,3	68,0	54,4	45,0	38,8
Ertragsniveau Winterraps	30 dt/ha	35 dt/ha	40 dt/ha	45 dt/ha	50 dt/ha
Erucaraps	36,5	33,9	32,0	30,6	29,5

* Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Bei Anhebung bzw. Stabilisierung der Ertragsniveaus von Drachenkopf, Krambe und Koriander auf 20 bzw. 25 dt/ha reduzieren sich die Mindestpreise für den Erzeuger.

Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Ölkaltpressung

Ziel der vorliegenden Kalkulation ist ein Ölmindestpreis, zu dem die Ölmühle, bei Verkauf des Öls, kostendeckend produziert und ab dem sie einen Gewinn einfährt. Die Wertschöpfung über den Presskuchen ist an dieser Stelle von enormer Bedeutung, da sein Verkauf den Ölpreis maßgeblich mitbestimmt bzw. zur Wirtschaftlichkeit der Ölproduktion beiträgt. Folgende Parameter wurden der Vollkostenrechnung zugrunde gelegt:

- Investitionskosten Technik 180 T€
- das Gebäude befindet sich bereits im Bestand, es wurde hier kein Betrag bemessen
- Erzeugermindestpreise für den Anbau der Ölsaaten wurden in Vollkostenrechnung kalkuliert (AP 5.2 Produktbewertung, Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Saatproduktion, Tab. 7)
- Presskuchenmindestpreise aus den Verwertungsrichtungen Futtermittel, Gärsubstrat in Biogasanlagen, Brennstoff und Düngemittel (AP 5.2 Produktbewertung, Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Nebenproduktverwertung, Tab. 17)
- Abpressgrade bzw. Ölausbeuten entsprechen einer Kaltpressung, Ermittlung auf Ölmühle KOMET DD85-G der TLL in Dornburg, nach Filterung der Rohöle (Tab. 3)
- Einsatzzeit der Mühle 5.000 Stunden/Jahr
- Anlagenverfügbarkeit 22 Stunden/Tag
- 227 Produktionstage/Jahr
- Verarbeitungskapazität 0,15 t je Stunde
- Verarbeitungsmenge 750 t Ölsaaten/Jahr
- für Presskuchenverkauf wurden verschiedene Schatten- oder Gleichgewichtspreise der Verwertungen Futtermittel, Biogassubstrat mit Gärrestnutzung, Düngemittel und Brennstoff eingesetzt
- einheitliche Dichte von 0,917 kg/l Für alle vier Ölsorten
- Abschreibungen 18 T€/Jahr
- Kapitalverzinsung 3,2 T€/Jahr
- Versicherung 1,4 T€/Jahr
- Instandhaltung/Wartung 10,5 T€/Jahr
- Energie- und Betriebsstoffe 42 T€/Jahr
- Lohn- und Verwaltung 11,7 T€/Jahr

- für Ölaufbereitung (Entschleimung und Entsäuerung) wurden Kosten von 20 €/t angesetzt
- dargestellter Ölmindestpreis enthält keinen Gewinn für die Ölmühle sowie keine Transportkosten zur Mühle und gegebenenfalls zur Ölaufbereitung

Die Höhe des Kornertrages und des Presskuchenmindestpreises der verschiedenen Verwertungsrichtungen beeinflussen den Ölmindestpreis. Je höher das stabile Ertragsniveau und die ökonomische Wertschöpfung der Presskuchen ist, desto niedriger ist der Ölmindestpreis (Abb. 1, Tab. 8 bis 11).

Bei einer Presskuchenverwertung als Futtermittel stellt sich der Ölmindestpreis am günstigsten dar. Für die Kulturen Drachenkopf, Krambe und Koriander, deren Nebenprodukte aktuell keinen Zugang in den Futtermittelmarkt finden, ist der Einsatz als Brennstoff und in der Biogasanlage die wirtschaftlichste Option. Die Presskuchenverwendung als Düngemittel führt zum höchsten Mindestpreis für das Öl.

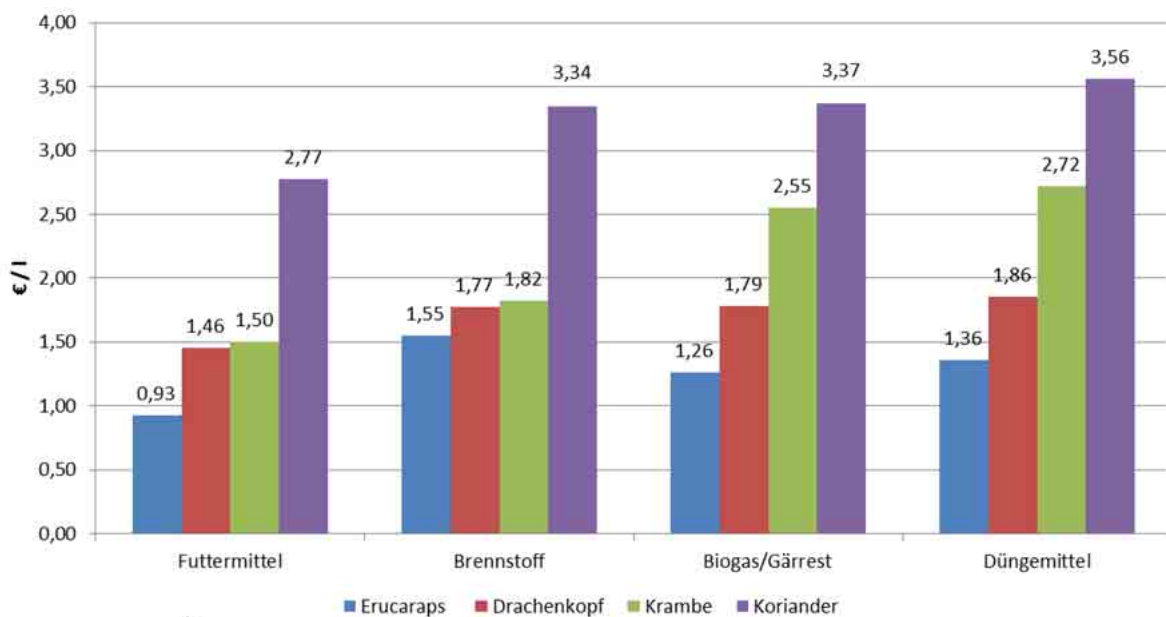


Abbildung 1: Ölmindestpreise einer Kaltpressung in Abhängigkeit von der Verwertungsrichtung des Presskuchens, Ertragsniveau der Sommerungen: 20 dt/ha und Erucaraps: 40 dt/ha

20 dt/ha sind von den Sommerungen in guten Jahren erreichbar, stellen augenblicklich aber keine zuverlässige Größe dar.

Wie in Kapitel Produktbewertung, Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Saatproduktion ausgeführt, liegen die aktuell realisierbaren Durchschnittserträge unter Berücksichtigung von Ertragsschwankungen für den Drachenkopf zwischen 10 und 15 dt/ha, für die Krambe zwischen 15 und 20 dt/ha und für Koriander je nach Aussaatzeitpunkt zwischen 10 und 15 dt/ha (Frühjahrssaat) oder 15 und 20 dt/ha (Herbstaat). Entsprechend gestaltet sich der Ölmindestpreis, der aus dem aktuellen Ertragsniveau resultiert (Tab. 8 bis 10).

Eine züchterische Anhebung bzw. Stabilisierung der Ertragsniveaus der Sommerungen auf 20 bzw. 25 dt/ha würde den Ölmindestpreis aktiv senken und der Oleochemie attraktivere Preiskonditionen bieten.

Tabelle 8: Ölmindestpreis Iberischer Drachenkopf in Abhängigkeit des Ertragsniveaus der Saat und der Verwertungsschienen des Presskuchens, €/l

Ertragsniveau	Futtermittel	Biogassubstrat ¹	Düngemittel	Brennstoff
10 dt/ha	2,38	2,71	2,78	2,70
15 dt/ha	1,77	2,10	2,18	2,09
20 dt/ha	1,46	1,79	1,86	1,77
25 dt/ha*	1,19	1,52	1,59	1,51

¹ inkl. Gärrestnutzung * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)
Fett hervorgehoben ist das aktuell realisierbare durchschnittliche Ertragsniveau.

Tabelle 9: Ölmindestpreis Krambe in Abhängigkeit des Ertragsniveaus der Saat und der Verwertungsschienen des Presskuchens, €/l

Ertragsniveau	Futtermittel	Biogassubstrat ¹	Düngemittel	Brennstoff
10 dt/ha	2,49	3,93	4,10	2,18
15 dt/ha	1,83	3,01	3,18	2,15
20 dt/ha	1,50	2,55	2,72	1,82
25 dt/ha*	1,26	2,21	2,38	1,58

¹ inkl. Gärrestnutzung * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)
Fett hervorgehoben ist das aktuell realisierbare durchschnittliche Ertragsniveau.

Tabelle 10: Ölmindestpreis Koriander in Abhängigkeit des Ertragsniveaus der Saat und der Verwertungsschienen des Presskuchens, €/l

Ertragsniveau	Futtermittel	Biogassubstrat ¹	Düngemittel	Brennstoff
10 dt/ha	4,55	5,14	5,34	5,11
15 dt/ha	3,55	4,15	4,34	4,12
20 dt/ha	2,77	3,37	3,56	3,34
25 dt/ha*	2,24	2,83	3,03	2,80

¹ inkl. Gärrestnutzung * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)
Fett hervorgehoben ist das aktuell realisierbare durchschnittliche Ertragsniveau (Frühjahrssaat: 10 bis 15 dt/ha, Herbstsaat 15 bis 20 dt/ha).

Für den Erucaraps ist mit stabilen Durchschnittserträgen zwischen 35 und 40 dt/ha zu rechnen (Tab. 11).

Tabelle 11: Ölmindestpreis Erucaraps in Abhängigkeit des Ertragsniveaus der Saat und der Verwertungsschienen des Presskuchens, €/l

Ertragsniveau	Futtermittel	Biogassubstrat ¹	Düngemittel	Brennstoff
30 dt/ha	0,75	1,09	1,18	1,15
35 dt/ha	0,68	1,02	1,11	1,08
40 dt/ha	0,63	0,97	1,06	1,03
50 dt/ha	0,56	0,90	1,00	0,96

¹ inkl. Gärrestnutzung

Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Nebenproduktverwertung

Einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit der Ölpflanzenverwertung leisten die Koppelprodukte Presskuchen oder Extraktionsschrot. Für Rapssaat wurde in den vergangenen vier Jahren ein sehr hoher Marktpreis erzielt, dabei wurde 2012 ein Börsenhoch von über 520 €/t erreicht. Ende Juli 2014 sank der Kurs auf den niedrigsten Stand seit drei Jahren mit zeitweise unter 310 €/t (GOYAX, 2014). Witterungsbedingungen, politische und wirtschaftliche Entwicklungen führen zu Preisschwankungen.

Der Kurs für die Rapssaat wird neben dem Rapsölpreis (648 €/t) durch den Preis für Presskuchen (227 €/t) bzw. Extraktionsschrot (206 €/t) generiert (Preise Oktober 2014, UFOP 2014).

Eine hohe wirtschaftliche Wertschöpfung der Koppelprodukte führt zu einem hohen Erlös für das Hauptprodukt. Presskuchen und Schrot des Rapses finden nahezu ausschließlich in der Tierfütterung Einsatz, wo sie aktuell die höchste monetäre Wertschöpfung liefern.

Nachfolgend soll für die Presskuchen der alternativen Ölpflanzen sowie für den Erucaraps die beste ökonomische Verwertungsmöglichkeit analysiert werden. Folgende Einsatzbereiche sind möglich und werden wirtschaftlich und rechtlich betrachtet:

1. Futtermittel
2. Gärsubstrat in Biogasanlagen mit Verkauf des erzeugten Stroms, Nutzung der Wärmeenergie und anschließender Ausbringung des Gärrestes als Düngemittel
3. Organisches Düngemittel
4. Brennstoff.

Die Preisfindung der Presskuchen in den einzelnen Verwertungsrichtungen resultiert aus den spezifischen Inhaltsstoffen, die laboranalytisch in der TLL ermittelt und bezüglich ihrer verwertungsrelevanten Eigenschaften bewertet wurden. Es handelt sich dabei um einen Mindestpreis, der in der weiteren Wertschöpfungskette zur Kostendeckung des Ölpreises beiträgt.

Auf eine mögliche Verwendung des Ölpflanzenproteins für die technische Nutzung sowie für die Humanernährung wird hingewiesen.

1. Presskuchen als Futtermittel

In Deutschland wird seit Jahrzehnten der Hauptteil des Bedarfes an Eiweißfuttermitteln aus Importen, vor allem Sojaextraktionsschrot, gedeckt. Am Beispiel des Einsatzes der Koppelprodukte der Rapsölproduktion (Presskuchen, Extraktionsschrot) wird deutlich, dass deutsche Futtermittelverwerter dankbare Abnehmer für proteinreiche heimische Futtermittel sind (BDP ET AL., 2012).

So verdoppelte sich der Verbrauch des Futtermittels Rapsextraktionsschrot in Deutschland von 2000 nach 2012 auf 3,5 Mio. t. Der Anteil des Rapsschrotes am Gesamtschrotverbrauch (Raps und Soja) wuchs im gleichen Zeitraum um 27 % auf 42 % (SCHMIDT, 2013).

Bei der Nutzung heimischer Futtermittel werden neben der Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe lange Transportwege vermieden und es wird eine Alternative zu gentechnisch verändertem Importsoja geschaffen.

Rechtlicher Rahmen für den Einsatz von Koppelprodukten alternativer Ölpflanzen als Futtermittel

Um an nationalen und internationalen Qualitätssicherungssystemen teilnehmen zu können, ist die Aufnahme in für den Markt relevante Futtermittellisten unumgänglich.

Raps hat Eingang in die deutsche Positivliste für Einzelfuttermittel (10. Auflage 2012) und die GMP+ International (Fassung 05/2013) gefunden. Krambe, Iberischer Drachenkopf und Koriander hingegen sind in beiden Verzeichnissen nicht vertreten. Durch die Nicht-Nennung erfolgt eine Abschottung gegenüber des weitaus größten Teiles des Marktes für Futtermittel, welcher über die Qualitätssicherungssysteme an diese Listen gebunden ist.

Für Rapskuchen und –extraktionsschrot gilt der uneingeschränkte Einsatz im konventionellen Futtermittelbereich. In den oben genannten Futtermittellisten findet keine Trennung in 00- und Erucaqualität statt. Bei 00-Sorten kennzeichnet die erste 0 einen geringen Gehalt an Erucasäure, die zweite 0 steht für geringe Glucosinolatgehalte. Erucasorten sind +0-Sorten, wobei + für hohe Erucasäuregehalte und 0 für geringe Glucosinolatgehalte steht.

Während bei Anbau, Erfassung, Lagerung und Transport, bis hin zur Separierung in der Ölmühle eine strikte Trennung von Eruca- gegenüber 00-Raps einzuhalten ist, wird üblicherweise das Extraktionsschrot beider Sorten nach der Ölabtrennung zusammengeführt und als Futtermittel vermarktet. Aufgrund des in Deutschland im Vergleich zu 00-Raps sehr geringen

Aufkommens des Erucarapses (< 3 % der Anbaufläche von Winterraps in 2013), tritt bei der Zusammenführung ein erheblicher Verdünnungseffekt ein.

Korianderöl und Korianderextrakt sind in der Liste der EU-Futtermittel-Zusatzstoffe (Register of Feed Additives, EG Nr. 1831/2003) unter Annex1, 2b, natural products, geführt. Die natural products gehören in die Kategorie Aroma und appetitanregende Stoffe und sind für alle Tierarten geeignet (BVL 2014). Die deutsche Positivliste sowie der GMP+ International schließen allerdings den Einsatz von Koriandernebenprodukten aus. Somit ist der Einsatz praktisch ausgeschlossen.

Preisfindung über die Austauschmethode nach Löhr

Die Ermittlung des monetären Wertes der verschiedenen Presskuchen erfolgt über die wertbestimmenden Inhaltsstoffe Energie- und Eiweißgehalt. Auf Grundlage der „Austauschmethode nach Löhr“ wurde über ein Kalkulationsprogramm (LEL 2012) der Wert der Inhaltsstoffe der alternativen Ölsaatenpresskuchen mit den aktuellen Marktpreisen eines Referenzfuttermittels verglichen (Tab.12 und 13). Das Referenzfuttermittel besteht aus einer Zweikomponentenfuttermischung, Sojaschrot Normtyp bzw. Rapsschrot als Eiweißträger und der Futtergerste. Das Programm errechnet einen sogenannten Schatten- oder Vergleichspreis, der den monetären Wert der Inhaltsstoffe der Presskuchen angibt. Es wurden Soja- und Rapschrot gewählt, um heimischen und importierten Eiweißfuttermitteln gleichermaßen gerecht zu werden. Außerdem ist es eine gängige Praxis, auf beide Eiweißträger zurück zu greifen und diese im Gemisch einzusetzen.

Die Berechnung des Energiegehaltes beim Schwein erfolgte aus den Verdaulichkeiten der Nährstofffraktionen Rohprotein, Rohfett und verdaulicher Rest, weiterhin Stärke und Zucker, beim Wiederkäuer aus den Verdaulichkeiten von Rohfett, Rohfaser, Organischer Substanz sowie dem Rohprotein (DLG 2011). Die einzelnen Verdaulichkeiten der Inhaltsstoffe wurden der Datenbank Futtermittel der DLG entnommen.

Die höchste Wertschöpfung wird über die Rindermast erzielt, gefolgt von der Milchvieh- und der Schweinefütterung (Tab. 13).

Ein möglicher Zusatznutzen der Fettsäuren, etwa der Linolensäure im Drachenkopfpresskuchen, wird ökonomisch nicht berücksichtigt.

Tabelle 12: Nährstoffgehalte der Presskuchen je 1.000g Frischmasse

	MJ ME _R ¹	MJ NEL _R ²	XP ³ g/kg	UDP ⁴ %	MJ ME _S ⁵	g Lysin
Drachenkopf	11,26	6,89	203	30	5,8	12,4
Krambe	13,00	7,94	178	30	8,7	11,1
Koriander	12,24	7,48	177	30	6,6	10,0
Erucaraps	13,04	7,98	338	30	10,6	21,5
00-Raps	12,90	7,90	294	30	9,9	19,8

¹Umsetzbare Energie Rind ²Netto-Energie-Laktation Rind ³Rohprotein ⁴Unabbaubares Rohprotein ⁵Umsetzbare Energie Schwein

Tabelle 13: Mindestpreise, €/t Frischmasse nach der Austauschmethode nach Löhr, Referenzfutter Eiweißträger: 50 % Sojaschrot Normtyp (446 €/t), 50 % Rapsextraktionsschrot (252 €/t) und Futtergerste (164 €/t)

	Basis	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps
Rindermast	XP ¹ , ME ²	220	220	213	316
Milchvieh	XP, NEL ³	215	217	211	315
Schwein	Lys ⁴ , ME	176	193	162	311
Schwein	XP, ME	173	179	163	296

¹Rohprotein ²Umsetzbare Energie ³Netto-Energie-Laktation ⁴Lysin

Antinutritive Inhaltsstoffe und Einsatzempfehlungen

Je nach Verbindung und Konzentration haben antinutritive Inhaltsstoffe negative Auswirkungen auf das Tier und dessen Gesundheit. Für Krambe und Erucaraps ist der Glucosinolatgehalt der begrenzende Faktor.

Die Folgen eines überhöhten Glucosinolatverzehrs sind Beeinträchtigungen der Jodaufnahme und der Synthese von Schilddrüsenhormonen, aus denen Wachstumshemmungen und Leistungsrückgang sowie Einschränkungen in der Fortpflanzungskapazität und der Leber- und Nierenfunktion resultieren. Seit den 1970er Jahren stehen glucosinolatarme Rapssorten zur Verfügung, heutige 00- und Erucarapssorten sind arm an diesem Inhaltsstoff (EFSA 2007).

Trotz glucosinolatarmen Rapssorten müssen die Konzentrationen gerade bei den empfindlichen Monogastriern (Schwein, Geflügel) beachtet werden. 18 $\mu\text{mol/g}$ in der Saat akzeptieren deutsche Pflanzenzüchter und das Bundessortenamt. In Kanada beträgt der Grenzwert hingegen 12 $\mu\text{mol/g}$ Saat und in der EU 25 $\mu\text{mol/g}$ Saat (SCHÖNE, 2009). Neben der Konzentration in der Saat hängt der Gehalt im Futtermittel von der Verarbeitungsform in der Ölmühle ab. Um im Extraktionsschrot das Lösungsmittel zu entfernen, wird durch den Vorgang des Toastens unter Feuchte- und Hitzeeinfluss auch der Gehalt an Glucosinolaten gesenkt.

Hohe Erucasäurerationen im Futter führen zu Veränderungen des Körperfettes und in den Lipiden des Herzmuskels, was verschiedene Folgeerkrankungen nach sich zieht. Der Einsatz ist restriktiv zu halten.

MAKOWSKI UND TROEGEL (2001) ermittelten in Krambesaat in sechs von sieben Fällen im deutschlandweiten Anbau des Jahres 1999 Glucosinolatgehalte, die das zwei- bis dreifache des EU-Höchstwertes für glucosinolatarmen 00-Raps aufweisen. In der von der TLL durchgeführten Untersuchung wird der Glucosinolatgehalt der in Dornburg 2012 angebauten Krambesaat weit unter dem Höchstgehalt einstuft. Es wurde ein Gehalt im Presskuchen von 2,69 $\mu\text{mol/g}$ der Frischmasse gemessen. Da sich der Gehalt in der Saat zum Gehalt im Presskuchen aufgrund des Ölentzugs rechnerisch erhöht, liegen die Gehalte in der Saat unter denen des Presskuchens und somit in einem niedrigen Bereich. Bezüglich des Glucosinolatgehaltes ist also mit Schwankungen zu rechnen.

MAKOWSKI UND TROEGEL (2001) empfehlen auf Grundlage von Literaturrecherchen einen restriktiven Einsatz von Krambepresskuchen und -extraktionsschrot in der Mastschweinfütterung von 5 % der Gesamtration sowie eine maximale Glucosinolataufnahme für die Dauer der Verfütterung von 280 μmol . Bei den Wiederkäuern soll der Anteil im Kraftfutter 15 % nicht übersteigen. Bei den hohen Rohfasergehalten und der besseren Verdaulichkeit für den Wiederkäuer im Vergleich zum Schwein ist die Verfütterung an Rind und Schaf sinnvoller. Bei Erhöhung der Anteile an Krambenebenprodukten im Kraftfutter von Milchkühen auf 30 %, sanken die Aufnahme des Kraftfutters sowie die tägliche Milchmenge. Der Fettgehalt der Milch verringerte sich und das Fettsäuremuster zeigte höhere Konzentrationen an ungesättigten Fettsäuren. Der Erucasäuregehalt im Milchfett erhöhte sich auf bis zu 2 % an den Gesamtfettsäuren.

In amerikanischen Studien wird der Einsatz von Krambenebenprodukten für Monogastrier abgelehnt, bei den Wiederkäuern unter Restriktionen, wie der Inaktivierung der Glucosinolaten, befürwortet (FAO 2014). Getoastetes Krambeextraktionsschrot ist in der US-amerikanischen „Food Additive Status List“ als „Crambe meal, heat toasted“ zugelassen (FDA 2014). Die Zulassung ist auf Rinder beschränkt, der Gesamtanteil darf dabei 4,2 % der Trockenmasse der Gesamtration nicht überschreiten. Grenzwerte bezüglich der Gehalte an Wasser, Öl, Rohprotein, Rohfaser und Glucosinolaten müssen eingehalten werden (LII 2014). Anteile von 50 % Krambenebenprodukt am Gesamtprotein der Ration für Fleischrinder als wertvolle Eiweißquelle, ohne Auswirkungen auf Futterakzeptanz, Verdauung, Leistung oder hormonelle Belastung, empfiehlt die ebenfalls US-amerikanische Publikation ANDERSON ET AL. (2001).

Aufgrund des antinutritiven Inhaltsstoffes Glucosinolat und vergleichbarer Erucasäuregehalte ist von einer Gleichbehandlung bezüglich der Futtereinsatzmengen von Erucaraps- und Krambenebenprodukten auszugehen.

15 % im Kraftfutteranteil von Wiederkäuern nach MAKOWSKI UND TROEGEL (2001) entsprechen einer Futtermenge für einen Bullen von 600 g Presskuchen pro Tag (300 kg Lebendgewicht, 8 kg Trockenmasseaufnahme/Tag, darunter 50 % Kraftfutter) bzw. für eine Milchkuh 810 g Presskuchen pro Tag (630 kg Lebendgewicht, 18 kg Trockenmasseaufnahme/Tag, darunter 30 % Kraftfutter).

Bezüglich in der Praxis angewandten Vermischung von 00- und Erucarapsextraktionsschroten für Fütterungszwecke ist zu ergänzen, dass der Restfettgehalt in Extraktionsschroten unter 5 % liegt. Der zugeführte Erucasäureanteil ist entsprechend gering. Ängste vor jeglichem Erucasäureeinsatz sind unbegründet. Auch in der Humanernährung ist ein Erucasäuregehalt von 5 % im Fettanteil von Lebensmitteln zulässig (ERUKASÄUREV 2006). Aufgrund des Übergangs in das Nahrungsfett ist der Einsatz in der Tierernährung jedoch restriktiv zu halten. Da 00- und Erucarapssorten glucosinolatarm sind, ist ein negativer Einfluss diesbezüglich nicht zu befürchten.

Ist aus Sicht der Tierernährung eine Aufnahme in die Positivliste für Drachenkopf-, Krambe- und Korianderpresskuchen bzw. – extraktionsschrot zu befürworten?

Es spricht nichts gegen die Aufnahme der Koppelprodukte aus der Drachenkopf- und Krambeölproduktion. Als Eiweißfuttermittel können sie einen wichtigen Beitrag zur Ernährung der Nutztiere leisten.

Das gleiche gilt für Korianderprodukte. Allerdings sind hier keine Futterakzeptanz- und Verdauungsversuche bekannt, es sollten diesbezüglich Untersuchungen angestoßen werden.

Für LÖHNERT ET AL. (2001) scheint die Aufnahme des Presskuchens von Iberischem Drachenkopf in die Liste der Einzelfuttermittel aufgrund des ungenügenden Futterwertes, der durch einen hohen Rohfaseranteil, speziell durch hohe Ligningehalte bestimmt wird, nicht angeraten. Die in der Studie untersuchte Fragestellung bezog sich jedoch auf die Gewährleistung hoher Leistungsniveaus der Tiere und nicht auf das Kriterium der Aufnahme in die Positivliste. Da auch Futtermittel mit höheren Rohfaser- und Ligningehalten in der Positivliste vertreten sind, bspw. Stroh, können diese Inhaltsstoffe keine begrenzenden Faktoren für den Einsatz darstellen.

Die Schälung der Saat bietet eine Möglichkeit, den Rohfasergehalt zu senken und damit den Futterwert zu erhöhen, was für die Krambe und den Raps eine Option darstellen würde. Ökonomisch attraktive Verfahren zur ÖlsaatenSchälung gibt es derzeit nicht, sie sind aber Bestandteil aktueller Forschung.

In Verbindung mit einer Aufnahme in die Positivliste ist ein Einsatz der Nebenprodukte von Drachenkopf, Krambe und Koriander in extensiven Tierhaltungsverfahren wie der Mutterkuh- oder Schafhaltung mit geringen Leistungsansprüchen trotz des niedrigen Futterwertes denkbar.

Zur Aufnahme von Futtermitteln in die Positivliste existiert ein Leitfaden. Das Antragsformular ist bei der Normenkommission Einzelfuttermittel des Zentralausschusses der Deutschen Landwirtschaft auf der Webseite der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (http://www.dlg.org/positivliste_antrag.html) herunterzuladen.

Einsatz von Ölsaatennebenprodukten in der Fütterung im ökologischen Landbau

In der ökologischen Tierhaltung ist ausschließlich die Fütterung von Presskuchen, welcher durch mechanisches Pressen der Saat entsteht, zulässig. Extraktionsschrot, bei dem die Saat mechanisch, thermisch und chemisch behandelt wird, ist aufgrund chemischer Rückstände, die in geringen Mengen im Schrot vorliegen, nicht gestattet. Extraktionsschrot wird als gesundheitlich bedenklich eingestuft.

Rapssaat und Rapskuchen sind für die Fütterung zugelassen (EG-ÖKO-VERORDNUNG 2008). Grundsätzlich obliegen die Futtermittel der Pflicht einer Herkunft aus ökologischem Anbau. Sofern eine ausschließliche Versorgung mit selbigem nicht möglich ist, gelten Ausnahmen für Monogastrier, die bis zu 5 % nicht ökologisch erzeugtes Futter erhalten dürfen, bei der Wandertierhaltung (Form der Schafhaltung) bis zu 10 % der jährlichen Futteraufnahme (EU-VERORDNUNG ÖKOLOGISCHER LANDBAU 2013).

Der Einsatz der Presskuchen von Drachenkopf, Krambe, Koriander und Erucaraps im Ökologischen Landbau wäre demzufolge in Ausnahmefällen, wenn keine ökologisch erzeugten Futtermittel verfügbar sind, möglich.

Fazit

Die Ölsaatennebenprodukte von Drachenkopf, Krambe und Koriander sind in der deutschen Positivliste für Futtermittel nicht vertreten und finden damit keinen Marktzugang. Da die Nebenprodukte der Ölsaaten wertvolle Eiweißlieferanten sind, wird ihr Einsatz aus Sicht der Tierernährung als sehr positiv bewertet. Für einen Marktzugang müsste die Aufnahme in die Positivliste für Futtermittel erfolgen.

Rapskuchen und –extraktionsschrot sind in der Positivliste vertreten und finden in der Praxis Einsatz.

2. Presskuchen als Gärsubstrat in Biogasanlagen

Rechtlicher Rahmen für den Einsatz von Koppelprodukten alternativer Ölpflanzen in Biogasanlagen und als organisches Düngemittel

Die Bioabfallverordnung (BioAbfV, Fassung 4.4.2013) regelt in Verbindung mit der Düngemittelverordnung (DüMV, Fassung 5.12.2012) die Verwertung unbehandelter und behandelter Abfälle als Düngemittel auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Aufgrund der Verwendbarkeit von Gärresten als Düngemittel ist auch beim Substrateinsatz in Biogasanlagen auf die Einhaltung der BioAbfV zu achten. In der DüMV sind Qualitätsanforderungen sowie Kennzeichnungsparameter für das Inverkehrbringen reglementiert.

Preisfindung

Im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2009 und 2012 wird Rapskuchen in die Einsatzstoffklasse 0 gruppiert. Somit entfällt eine einsatzstoffbezogene Prämie, der sogenannte NAWARO-Bonus, und es wird nur die Grundvergütung gezahlt. Laut EEG erhalten Anlagen ab dem Zeitpunkt des Anschlusses, einen für 20 Jahre garantierten Preis für Strom- und Wärmeverkauf, welcher dem gültigen Satz des Inbetriebnahmezeitpunktes entspricht. Die Grundvergütung unterliegt gemäß dem EEG 2012 einer Degression von 2 % pro Jahr.

Mit der Novelle des EEG 2014 entfallen alle Boni für neu errichtete Anlagen. Die Einspeisevergütung sinkt auf ein Niveau der Grundvergütung (13,66 bis 11,78 ct/kWh) (EEG 2014). Dadurch wird in Verbindung mit der geforderten 100%igen Abdeckung jeglicher Neubau von landwirtschaftlichen Anlagen zum Erliegen kommen.

Für die Ermittlung des Mindestpreises für die verschiedenen Presskuchen in einer Bestandsbiogasanlage werden in Vollkostenrechnung folgende Parameter angenommen (REINHOLD 2014):

- die Vergütung erfolgt nach EEG 2012, Inbetriebnahmejahr 2013
- die installierte BHKW-Leistung beträgt 300 kW

- der Substrateinsatz setzt sich zusammen aus 10.000 m³/a Rindergülle und 1.000 t/a Presskuchen, zur Sicherung der Leistung wird zusätzlich Maissilage eingesetzt
- für die Investitionskosten der Biogasanlage wurden 923 T€, für das Blockheizkraftwerk (BHKW) 225 T€ und für das Gärrestlager je nach Presskuchen zwischen 207 und 228 T€ angesetzt
- die Kosten für Hilfsstoffe und Sonstiges belaufen sich jährlich auf 53 T€, Wartung und Instandhaltung 48 T€, der Personalaufwand je nach Presskuchenart zwischen 14,7 und 17,4 T€, Leitung und Verwaltung zwischen 2,2 und 3,1 T€, Versicherungskosten 9,2 T€, kapitalbedingte Kosten (Abschreibungen und Zinsen) zwischen 153,8 und 157,4 T€ sowie für die Annuitäten der Biogasanlage, des BHKW's und des Lagers
- bezüglich der erzeugten Wärmeleistung werden 50 kW für die Substrataufheizung selbst verwertet, aufgrund fehlender Abnehmer bleibt die restliche Wärmeenergie ungenutzt

Die aus Sicht der Biogasanlage tolerablen Zielpreise für die Presskuchen werden entsprechend der Methanausbeuten der einzelnen Presskuchen (Hohenheimer Biogastest, Tab. 5) und den o.g. verfahrensökonomischen Unterstellungen (weitere wirtschaftliche Parameter Tab. 14) über die Gewinnleichheit zum Substrat Maissilage (35 €/dt) ermittelt.

Tabelle 14: Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Biogasanlage

Biomasseeinsatz						
Gülle		Rindergülle	Rindergülle	Rindergülle	Rindergülle	Rindergülle
Menge	m ³ /a	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
TS-Gehalt	%	8	8	8	8	8
oTS-Gehalt	% der TS	80	80	80	80	80
Gasausbeute	m ³ CH ₄ /kg oTS _E	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209
Koferment 1		Maissilage	Maissilage	Maissilage	Maissilage	Maissilage
Einsatzmenge	t FM/a	4.727	1.764	1.043	1.932	2.232
TS-Gehalt	%	32	32	32	32	32
oTS-Gehalt	% der TS	95	95	95	95	95
Gasausbeute	m ³ CH ₄ /kg oTS _E	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338
Koferment 2		kein Presskuchen	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps
Menge	t/a	0	1.000	1.000	1.000	1.000
TS-Gehalt	%	90	91	91	94	92
oTS-Gehalt	% der TS	95	95	95	93	92
Gasausbeute	m ³ CH ₄ /kg oTS _E	0,3	0,353	0,436	0,33	0,305
Anlagenparameter						
Gasverwertung (BHKW)						
BHKW-Leistung (installiert)	kW	300	300	300	300	300
BHKW-Leistung (Mittel)	kW	267	267	267	267	267
Wärmeleistung (Mittel)	MWh/a	281	281	281	281	281
Wärmenutzung (Eigenbedarf)	kW	50	50	50	50	50
Nicht nutzbare Wärme	kW	161	168	171	167	166
Leistungen						
Strom Verkauf EEG*	€/kWh	0,20	0,17	0,17	0,17	0,17
Wärme Innenumsatz (Ablösung)	€/kWh	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ergebnis						
Summe Leistungen	T€/a	464	399	392	400	403
Summe Aufwendungen	T€/a	458	392	385	394	396
Saldo (Überschuss)	T€/a	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
EEG 2012						

*2012- EEG Stromrechner (bis 5 MW, ohne Gaseinspeisung, Gülle- und Abfall-BGA § 27a und § 27b EEG 2012), TLL-Vergütungsrechner

Gärreste düngen

Das vergorene Substrat aus Rindergülle, Presskuchen und Mais ist als organisches Düngemittel im Sinne des Düngemittelrechts einzustufen. Für die Vermeidung von Nährstoffverlusten und zur optimalen Ausnutzung der Nährstoffe durch die Pflanze müssen die Einhaltung von Ausbringverboten und Sperrfristen, Abstandsauflagen zu Gewässern, Obergrenzen für die Ausbringung und das Einarbeitungsgebot laut Düngeverordnung umgesetzt werden.

Der monetäre Wert des Gärrestes ergibt sich aus den Nährstoffpreisen und den Nährstoffgehalten, welche neben den Gärbedingungen von dem Nährstoffgehalt der eingesetzten Substrate abhängen (Tab. 5). Aufgrund des erhöhten Aufwandes für die Ausbringung des Gärrestes im Vergleich zur mineralischen Düngung werden die für den Presskuchen anteiligen Verfahrenskosten der Gärrestausrückführung vom monetären Nährstoffwert der Inhaltstoffe abgezogen.

Bezüglich der Stickstoffgehalte und –bindungsformen bewirkt der Abbau der organischen Substanz während der Fermentation, speziell der Eiweißverbindungen, eine Mineralisierung organisch gebundener Stickstofffraktionen. Somit steigt der Ammoniumanteil, was pflanzenbaulich eine höhere und kurzfristige Stickstoffdüngewirkung im Vergleich zu Rohgülle bedeutet. Gasförmige Stickstoffverluste in Ammoniakform können in Größenordnungen von 5 bis 15 % auftreten (REINHOLD ET AL., 2012). Die pflanzenbaulich anrechenbare Stickstoffwirksamkeit von Gärresten beträgt abzüglich der Lagerverluste 60 % des eingegangenen Stickstoffs (N). Bei den Nährstoffen Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) finden während der Fermentation keine Umsetzungsprozesse statt, der Gehalt im Gärrest entspricht dem Gehalt im Presskuchen und wird zu 100 % düngewirksam angerechnet.

Der Mindestpreis für die Verwertungsschiene Biogas beinhaltet die Vergärung in der Biogasanlage und den Einsatz des Gärrestes als Düngemittel (Tab. 15).

Tabelle 15: Mindestpreise der Presskuchen bei Vergärung in der Biogasanlage, Gärrestausrückführung als Düngemittel abzgl. Ausbringkosten und Gesamtleistung, €/t FM
Gärrest als Düngemittel: N-Wirksamkeit 60%, P-, K-, Mg-Wirksamkeit 100%

	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps
Vergärung	31	46	41	64
Gärrest als Düngemittel (abzgl. Ausbringungskosten)	63	40	52	72
Gesamtleistung Vergärung und Gärrest als Düngemittel	94	86	93	136

Der Erucarapskuchen erlangt mit 136 €/t Frischmasse die höchste monetäre Bewertung durch eine hohe Methanausbeute während der Fermentation und die hohen Nährstoffgehalten, vor allem Stickstoff, im Kuchen für die Bewertung des Gärrestes als Düngemittel. Die hohe Methanausbeute ist neben dem Protein- und Stärkegehalt auf den hohen Restfettgehalt zurückzuführen (Tab. 5). Der Drachenkopfkuchen kompensiert die vergleichsweise niedrige Gasausbeute mit hohen Nährstoffgehalten, sein Zielpreis beträgt 94 €/t, ähnlich der Koriander mit 93 €/t. Die wirtschaftliche Bewertung des Krambepresskuchens erreicht mit 86 €/t in dieser Verwertungsschiene die geringste Wertschöpfung. Aus relativ geringen Nährstoffgehalten des Kuchens aus ungeschälter Saat resultiert ein niedriger Düngewert des Gärrestes. Trotz des hohen Ölgehaltes ist die Methanausbeute des Krambekuchens vergleichsweise gering, da hohe Rohfasergehalte die Methanbildung reduzieren.

Eine alternative Option, die Presskuchen in die Sonderkategorie „Bioabfallanlagen“ des EEG 2012 einzusetzen, besteht nicht, da in der Novelle des EEG 2014 der Substrateinsatz für Bioabfallanlagen nicht auf weitere Substrate ausgedehnt wurde. In dieser Kategorie bekämen Anlagen mit > 90 % Substrateinsatz einiger Abfallschlüsselnummern (20 02 01, 20 03 01, 20 03 02) aus der Gruppe der Siedlungsabfälle nach BioAbfV eine Vergütung von 16 bzw. 14 ct/kWh. Rapspresskuchen oder -extraktionsschrot finden hier keine Berücksichti-

gung, da sie der Gruppe der Abfälle aus der Zubereitung und Verarbeitung von u. a. Speiseölen (Abfallschlüsselnummer 02 03) zugeordnet sind. Das Gleiche gilt für Presskuchen oder Extraktionsschrote der alternativen Ölpflanzen. Der geringfügig höhere Erlös gegenüber der Grundvergütung des EEG 2012 würde jedoch auch keine wesentliche Verbesserung darstellen.

Aus der drastischen Kürzung der Einspeisevergütung in der Novelle des EEG in 2014 folgt, dass wegen fehlender Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage kaum ein Neubau von Biogasanlagen erfolgen wird. In Altanlagen, die bis 2014 in Betrieb genommen wurden, gelten zeitlich begrenzt die Vergütungen des EEG 2009 oder 2012, welche nach heutigem Gesetzesstand auf 20 Jahre ab Inbetriebnahmejahr festgeschrieben sind.

Fazit

Der Einsatz von Ölsaatennebenprodukten in Biogasanlagen und die anschließende Ausbringung des Gärrestes als Düngemittel ist zulässig. Ist bei Anwendung des EEG 2009 und 2012 noch ein wirtschaftlicher Einsatz gegeben, kommt dieser beim EEG 2014 aufgrund gesunkener Vergütungssätze völlig zum Erliegen. Für Anlagen die nach dem EEG 2012 in Betrieb gegangen sind, endet die festgeschriebene Vergütung 2034.

Mit Blick auf sich verändernde politische Rahmenbedingungen und Strategien zur Sicherung der Energiebereitstellung sind Änderungen bezüglich der zukünftigen Biogasvergütungen und damit auch der Substraterlöse möglich.

3. Presskuchen als Düngemittel

Rechtlicher Rahmen für den Einsatz von Koppelprodukten alternativer Ölpflanzen als organisches Düngemittel

Die Bioabfallverordnung (BioAbfV, Fassung 4.4.2013) regelt in Verbindung mit der Düngemittelverordnung (DüMV, Fassung 5.12.2012) die Verwertung unbehandelter und behandelter Abfälle als Düngemittel auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden.

Nach der BioAbfV ist das Aufbringen von Ölsaatenrückständen unter Einhaltung der DüMV zulässig. Die in der BioAbfV erfassten Materialien unterliegen einer Hygienisierungspflicht. Bei seuchen- und phytohygienischer Unbedenklichkeit können auf Antrag Ausnahmen entsprechend § 10 BioAbfV erlassen werden, die von den Anforderungen an die Behandlung und Untersuchung von bestimmten Bioabfällen befreien. Im Falle der Presskuchen sollte die hygienische Unbedenklichkeit gegeben sein.

In der DüMV sind Qualitätsanforderungen sowie Kennzeichnungsparameter für das Inverkehrbringen reglementiert.

Preisfindung

Der Mindestpreis für die Verwertungsrichtung Düngemittel wird über die monetäre Bewertung der Hauptnährstoffgehalte und deren pflanzenbauliche Verfügbarkeit, abzüglich der Verfahrenskosten für die Ausbringung des Presskuchens mittels Festmiststreuer von 9,50 €/t, ermittelt (Tab. 16).

Das zugrunde liegende Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) für Stickstoff beträgt 92 % (BIERTÜMPFEL ET AL., 2010), das heißt, es werden 92 % des im Presskuchen enthaltenen Stickstoffs düngewirksam und monetär angerechnet. Für die Nährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium wird langfristig eine 100%ige Verfügbarkeit aller Nährstoffe angesetzt. Die Humuswirkung bleibt wirtschaftlich unberücksichtigt.

Die Mindestpreise der Presskuchen bewegen sich von 38 €/t Frischmasse für die Krambe bis 74 €/t für den nährstoffreichen Erucaraps.

Unter der Annahme mittelfristig steigender Düngemittelpreise wurde das Szenario der Verdopplung der Preise von N-, P-, K- und Mg-Düngemitteln kalkuliert. Bei gleichbleibenden Applikations- und Produktionskosten für die Saat erhöhen sich die Erlöse für Krambekuchen auf 85 €/t und für Erucarapskuchen auf 158 €/t.

Tabelle 16: Mindestpreise der Presskuchen, €/t Frischmasse bei Verwertung als Düngemittel, N-Wirksamkeit 92 %, P-, K-, Mg-Wirksamkeit 100%, abzügl. Ausbringungskosten

	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps
Mindestpreis, €/t	62	38	49	74
Verdopplung Düngerpreise*, €/t	133	85	108	158

* Szenario Verdopplung der Düngerpreise für N, P, K und Mg bei gleichbleibenden Ausbringkosten und Produktionskosten der Ölsaart

Im 14-jährigen Dauerdüngungsversuch im thüringischen Dornburg wurden in einer herkömmlichen Fruchtfolge Krambe-, Drachenkopf- und Rapspresskuchen als Ersatz der ersten Stickstoffgabe im Frühjahr als Kopfdüngung ausgebracht (Abb. 2). Die Fruchtfolgeglieder Sommergerste, Wintergerste, Winterraps, Winterweizen, Sommergerste, Körner-Erbesen, Winterweizen, Winterroggen, Winterraps, Winterweizen, Sommergerste, Silomais, Winterweizen und Sommergerste im Zeitraum von 1996 bis 2009, wurden mit folgenden Varianten geprüft:

1. Kopfdüngung Presskuchen, N optimal (N-Gabe über den Presskuchen entsprach zu 100% der mineralischen Düngungsvariante)
2. Kopfdüngung Presskuchen, N - 50% (N-Gabe über den Presskuchen entsprach zu 50% der mineralischen Düngungsvariante)
3. Kopfdüngung Presskuchen, N + 50% (N-Gabe über den Presskuchen entsprach zu 150% der mineralischen Düngungsvariante)
4. Einarbeitung Presskuchen zur Aussaat, N optimal (N-Gabe über den Presskuchen entsprach zu 100% der mineralischen Düngungsvariante)
5. N mineralisch, optimal (=100%)
6. N mineralisch, - 50%.

Die Stickstoffgaben während der Vegetation erfolgten in allen Prüfgliedern mineralisch. Im Durchschnitt der 14 Jahre wurde bei den Düngungsvarianten Presskuchen N optimal (Variante 1 und 4) 92 % der Erträge der mineralischen Düngungsvariante erreicht. Dabei erreichte Variante 1 91 % und Variante 4 93 % des Ertrages. In Variante 3, bei der die Ausbringungsmenge des Presskuchens um den Faktor 1,5, bezogen auf den N-Gehalt erhöht wurde, stieg der Ertrag auf 96 % der mineralischen Düngungsvariante (BIERTÜMPFEL ET AL., 2010).

Für die Berechnung des Düngewertes der alternativen Ölpflanzenpresskuchen wurde analog zum beschriebenen Versuch ein Stickstoff-MDÄ von 92% zugrunde gelegt.

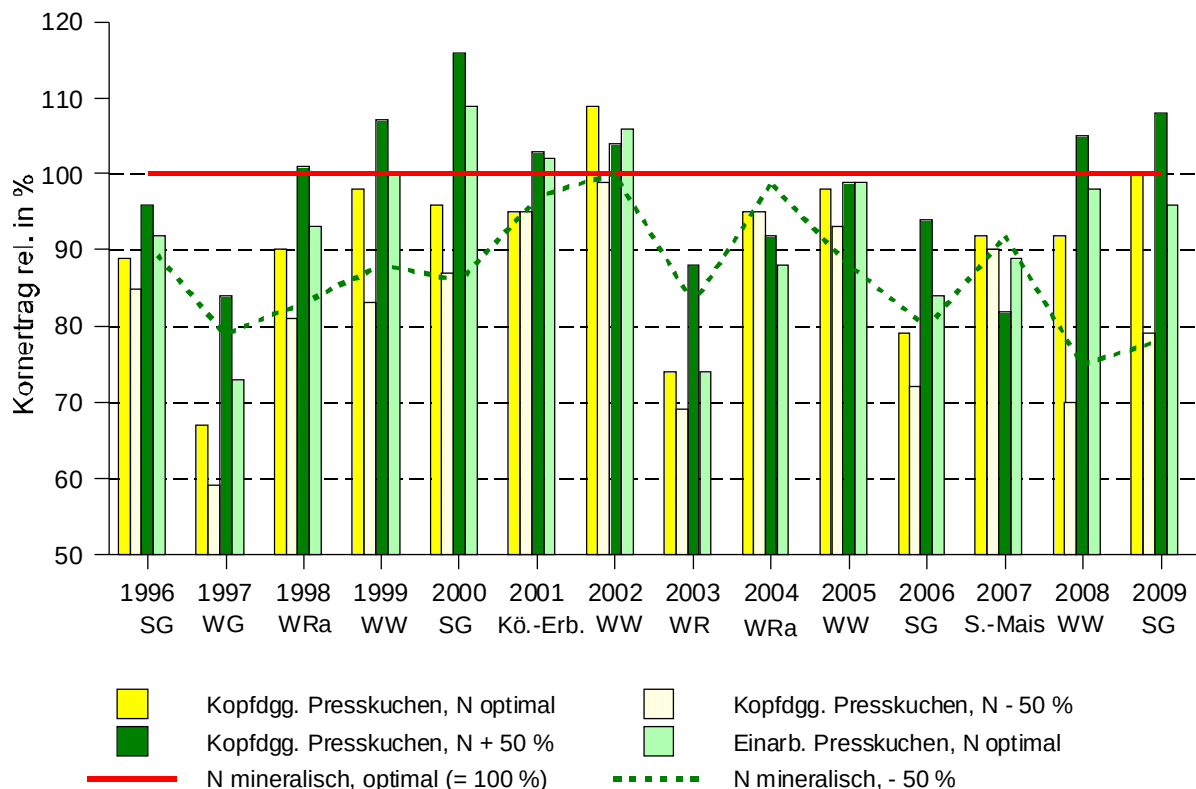


Abbildung 2: Relativer Kornertrag (2007: Ganzpflanzenertrag) bei Stickstoffdüngung mit Presskuchen im Vergleich zur mineralischen Stickstoffdüngung (=100%) in einer Fruchtfolge, Versuchsstandort Dornburg 1996 bis 2009 (BIERTÜMPPEL ET AL. 2010)

Pflanzenbauliche Bewertung weiterer Inhaltsstoffe

Nach Laboranalyse liegen die pH-Werte der Presskuchen in einem schwach bis leicht sauren und damit für das Bodenmilieu wünschenswerten Bereich (Tab. 5). Förderlich für die Humusreproduktion ist der hohe Kohlenstoffgehalt, der sich unter anderem positiv auf die Bodenbiologie und physikalische Eigenschaften wie Aggregatstabilität (Erosion) oder Wasser- und Nährstoffspeicherefähigkeit auswirkt.

Kohlenstoff zu Stickstoffverhältnisse (C:N) < 20 fördern die Stickstoffmineralisation, entsprechend steht der Stickstoff der Pflanzenernährung zeitnah zur Verfügung.

Die Grenzwerte der Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink nach BioAbfV, liegen weit über den gemessenen Gehalten der Presskuchen, die Gehalte sind unbedenklich (Tab. 5). Eine Analyse auf den Quecksilbergehalt wurde, wie in der BioAbfV gefordert, nicht durchgeführt. Aus fachlicher Sicht sind hier jedoch keine erhöhten Gehalte zu befürchten.

Zu berücksichtigen ist, dass, bezogen auf den Nährstoffgehalt, der Aufwand für Lagerung und Ausbringung im Vergleich zur mineralischen Düngung deutlich erhöht ist. Aus diesem Grund wird der Einsatz in konventionellen Bewirtschaftungssystemen unter derzeitigen Bedingungen voraussichtlich keine Bedeutung erlangen.

Im Ökologischen Landbau hingegen, wo der Einsatz chemisch-synthetischer Stickstoffdünger sowie leicht löslicher Phosphordünger nicht gestattet ist, besteht eine Nachfrage nach alternativen Düngerformen. Gerade auf Flächen mit hoher Wertschöpfung wie im Gemüsebau, hat die Anwendung bereits Eingang in die Praxis gefunden.

Laut EU-VERORDNUNG ÖKOLOGISCHER LANDBAU (2013) ist die organische Düngung mit Erzeugnissen und Nebenprodukten aus Ökobetrieben zugelassen. Produkte aus konventionel-

ler Landwirtschaft können eingesetzt werden, wenn die Produktionsmittel aus ökologischem Anbau nicht verfügbar sind.

Alternativ zur landwirtschaftlichen Verwertung wäre die Vermarktung für den Haus- und Kleingartenbereich denkbar, da hier ein höherer Erlös erzielbar wäre. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass dieser Absatzweg nur eine Nische darstellt und hinsichtlich der Mengenabnahme dem landwirtschaftlichen Einsatz weit unterlegen wäre.

Fazit

Die Presskuchenverwertung als Düngemittel ist aus pflanzenbaulicher Sicht zu befürworten. Sie liefert eine adäquate Nährstoffquelle für die Pflanzenernährung und trägt zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit bei.

Der Einsatz von Presskuchen als organisches Düngemittel ist in konventionellen und, in Ausnahmen, im ökologischen Landbau möglich.

4. Presskuchen als Brennstoff in Feuerungsanlagen

Rechtlicher Rahmen für den Einsatz von Koppelprodukten alternativer Ölpflanzen als Brennstoff

Die Verbrennung von Presskuchen ist gegenwärtig in Feuerungsanlagen zulässig. Reglementiert wird der Einsatz durch die 4. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV), unter die genehmigungsbedürftige Anlagen einer Größe ab 100 kW fallen. In Anlagen kleiner 100 kW ist der Presskucheneinsatz aufgrund nicht vollständig geklärter Vorgehensweise bei Prüfstandsuntersuchungen der Feuerungstechnologie gegenwärtig praktisch nicht möglich. Aufgrund spezifischer Inhaltsstoffe, wie der Gehalte an Stickstoff, Schwefel, Chlor, hohe Aschegehalte und tiefe Ascheschmelzpunkte, sind geeignete Feuerungstechnologien zu verwenden. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach 4. BImSchV wird der Genehmigungsbescheid alle drei Jahre überwacht.

Preisfindung

Aufgrund der Genehmigungspflicht nach 4. BImSchV für Anlagen die Presskuchen einsetzen und den daraus resultierenden Betriebskosten, wird für den monetären Wert der Preis für Strohballen herangezogen. Diese unterliegen bezüglich des Einsatzes in der Verbrennung den gleichen rechtlichen Reglementierungen wie die Presskuchen und werden im Jahresmittel mit 95 €/t veranschlagt. Dieser Preis wird als Mindestpreis für die Presskuchen von Drachenkopf, Krambe, Koriander und Erucaraps veranschlagt.

Im Vergleich der Brennstoffkostenanteile an den Wärmegestehungskosten mit anderen Brennstoffen, schneiden die Presskuchen der Ölsaaten bei einem Mindestpreis von 95 €/t und einem unterstellten Heizwert von Rapskuchen mit 2,22 ct/kWh am wirtschaftlichsten ab (Abb. 3).

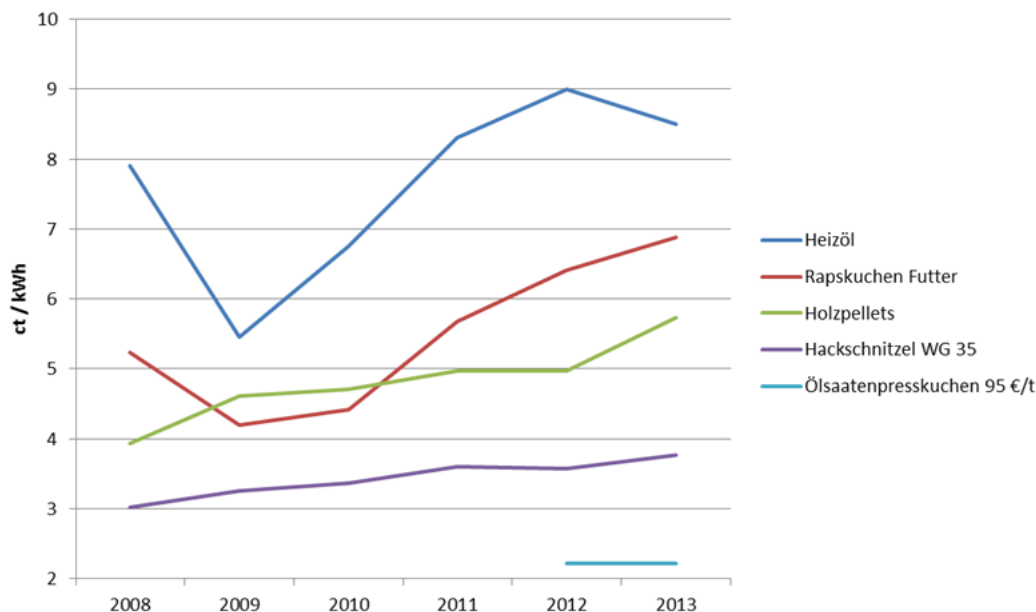


Abbildung 3: Preisentwicklung fossiler und nachwachsender Brennstoffe ((Preise Heizöl: TECSON 2014, Rapskuchen: UFOP 2014, Holzpellets: C.A.R.M.E.N. 2014, Hackschnitzel WG 35 = Wasser-gehalt 35 %: KAMINHOLZ 2014, Ölsaatenpresskuchen Mindestpreis 95 €/t)

Für den Sondereinsatzstoff Presskuchen gilt: je höher die Anlagenleistung, desto kostengünstiger der Brennstoffeinsatz. Ab einer Größe von 500 kW wird der Presskucheneinsatz wirtschaftlicher, weil sich dann die niedrigen Kosten des Brennstoffes ausspielen lassen. Ab einer Anlagengröße von 1 MW werden auch Holzfeuerungsanlagen genehmigungspflichtig und müssen entsprechende Filtertechnik aufweisen, die technischen Aufwendungen und Kosten für Genehmigungs- und Überwachungsbescheide einer Verbrennungsanlage mit Sondereinsatzstoffen wie Ölsaatennebenprodukte oder Stroh nähern sich denen einer Holzfeuerungsanlage an.

Der Vergleich von Wärmegestehungskosten inklusive der Kapital- und Betriebskosten unterschiedlicher biogener Festbrennstoffe und fossiler Energieträger stellt heraus, dass Biomasseanlagen deutlich höhere Investitionskosten gegenüber Anlagen auf Basis fossiler Energieträger aufweisen, wobei Aufwendungen für Lagerung, Brennstoffförderntechnik, Kessel, Ascheaustrag, Pufferspeicher, Steuerung, der verwaltungsseitige Aufwand und die Rauchgasreinigung besonders ins Gewicht fallen. Für die betriebsgebundenen Kosten sind für die Biomasseanlagen leicht höhere Aufwendungen zu verzeichnen, etwa für Hilfsenergie der Förderntechnik, Wartung und Instandhaltung, Schornsteinfeger und Ascheentsorgung (HERING, 2009).

Auch die Aufwendungen für das Genehmigungsverfahren nach 4. BImSchV sind hier zu nennen. Sie liegen je nach Investitionsvolumen und Quantität der nachzuweisenden Parameter im 4- bis 5-stelligen Bereich, die Überwachungskosten des Genehmigungsbescheids bewegen sich im 4-stelligen Bereich.

Preisentwicklung nachwachsender und fossiler Brennstoffe

Ein Vergleich der Preisentwicklung der Brennstoffkostenanteile an den Wärmegestehungskosten zeigt sowohl für fossile als auch für die nachwachsenden Rohstoffe über die letzten 6 Jahre Preisanstiege (Abb. 3).

Mit Blick auch auf künftig zu erwartende weitere Agrarpreissteigerungen haben holzartige Brennstoffe also einen klaren wirtschaftlichen Vorteil gegenüber dem Rapskuchen, der durch seinen Einsatz als Futtermittel eine hohe Wertschöpfung erzielt.

Der Brennstoffkostenanteil des Heizöls lag im Mittel der sechs Jahre bei 7,65 ct/kWh. Im letzten Jahrzehnt verdoppelte sich der Preis für Heizöl, was bei einem weiteren Anstieg Vorteile, gerade für die holzartigen Brennstoffe aber auch für Rapskuchen, bedeuten würde. Wird für Ölsaatenpresskuchen ein Preis von 95 €/t kalkuliert, ergibt sich bei dem hohen Heizwert der Presskuchen ein niedriger Brennstoffkostenanteil an den Wärmegestehungskosten von 2,22 ct/kWh, der den Preis der holzartigen Brennstoffe unterschreitet.

Fazit

Die Verbrennung von Presskuchen in dafür geeigneten Feuerungsanlagen ist ab 100 kW zulässig. Der Mindestpreis orientiert sich am Preis für Strohballen und beträgt für alle Presskuchen 95 €/t.

Zusammenfassung der Mindestpreise der verschiedenen Presskuchenverwertungen

Die höchsten Mindestpreise werden für alle Presskuchen in der Verwertungsrichtung Futtermittel generiert, obgleich für Drachenkopf, Krambe und Koriander ein praktischer Einsatz aufgrund von Reglementierung aktuell nicht möglich ist (Tab. 17). Der errechnete Mindestpreis für Erucarapskuchen von 316 €/t liegt etwa an der Obergrenze des Marktpreises der letzten Jahre für Rapskuchen.

Für Drachenkopf-, Krambe- und Korianderpresskuchen sind nur die folgenden Verwertungsrichtungen im Augenblick rechtlich zulässig. Dabei werden in der Verbrennung und der Verwertung in der Biogasanlage die höchsten Mindestpreise erzielt.

Beim Einsatz als Düngemittel wird im Mittel etwa die Hälfte des Mindestpreises der Verwertungsrichtungen Brennstoff- und Biogasnutzung generiert.

Tabelle 17: Mindestpreise der Presskuchen verschiedener Verwertungsrichtungen in €/t Frischmasse

	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps
Futtermittel, Rindermast	220	220	213	316
Brennstoff	95	95	95	95
Biogas inkl. Gärrestnutzung	94	86	93	136
Düngemittel	62	38	49	74

Die spezifischen Gehalte der Inhaltsstoffe der Presskuchen, auf denen die monetäre Bewertung basiert, schwanken nach Anbaujahr und Einstellungen der Presse in der Ölmühle.

Presskuchen als Proteinquelle für die Humanernährung und als technisches Protein

Eine weitere potenzielle Verwertungsrichtung von Ölsaatennebenprodukten ist die Nutzung des Proteins in der Humanernährung oder in der Technik.

Für einen Einsatz in der Humanernährung gilt, dass für Produkte, die als Novel Food gelten, umfangreiche Untersuchungen erforderlich werden. Dieser Fall wäre für Drachenkopf und Krambe zu erwarten.

Mögliche technische Nutzungen sind Bindemittel in Papieranwendungen und Farben, als Haft- und Klebstoff, Lösungsvermittler, Emulgator, Nutzung filmbildender Eigenschaften für Coating-Anwendungen für unterschiedliche Bereiche, thermoplastische Werkstoffe oder Fliese, z.B. in medizinischen Anwendungen.

Dazu sind Proteine zu gewinnen, die über entsprechende techno-funktionelle Eigenschaften verfügen. Die dazu erforderlichen Bedingungen sind durch Untersuchungen zur Extraktion dieser Proteine zu klären.

Untersuchungen für die Eignung der Proteine, sowohl im Bereich der Humanernährung als auch im technischen Bereich, sind nur angeraten, wenn das Produkt in großen Mengen anfällt.

Die Informationen stammen aus einem persönlichen Gespräch mit der Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e.V.

Unter derzeitigen Voraussetzungen scheinen diese Verwertungsrichtungen der alternativen Ölpflanzenpresskuchen nicht relevant.

5.2.2 Ökologische Bewertung des Anbaus

A *Recherchen zu Züchtungsarbeiten, Züchtungsfortschritt, Anbauumfang, Anbauerfahrung und Anbauwürdigkeit der vier Ölpflanzen für das gesamte Bundesgebiet*

Züchtungsarbeiten und -fortschritt

Krambe

Züchtungsarbeiten für die Krambe begannen in den 1930er Jahren in Russland und in den 1950er Jahren in den USA und Polen. In den 1960er bis 1980er Jahren wurden verschiedene polnische und amerikanische Sorten zugelassen. In Europa erfolgte eine züchterische Bearbeitung in den 80er und 90er Jahren v.a. in den Niederlanden, Italien, Schweden, Dänemark, Polen und Deutschland. In dieser Zeit erlangten u.a. „Carmen“ und „Mario“ eine Sortenzulassung (HEYLAND ET AL., 2006).

Alle bis dato aktuellen europäischen Sorten und Neuzüchtungen, vier amerikanische Sorten und zwei osteuropäische Landsorten, wurden in den Jahren 1995 bis 1996 sowie 1997 bis 1999 in Deutschland auf ihre Sorteneigenschaften geprüft. Die Sorten „Carmen“ und „Mario“ können uneingeschränkt empfohlen werden, sie erreichten auf den untersuchten Standorten die besten Ergebnisse bezüglich Ertrag und Qualitätsparametern (MAKOWSKI, TROEGEL, 2001).

Nach Recherche von MAKOWSKI UND TROEGEL (2001), bestehen Aussichten auf weitere Züchtungsarbeiten in den USA, den Niederlanden und Italien. Auch in der Hybridzüchtung werden Perspektiven gesehen.

Drachenkopf

Zugelassene Sorten des Iberischen Drachenkopfs gibt es nicht. Einige Firmen, wie beispielsweise Dreschflegel-Saatgut, bieten Drachenkopfsamen an. Für den Versuchsanbau wurden Herkünfte aus Genbanken und botanischen Gärten verwendet und aussichtsreiche Formen entsprechend vermehrt. In den 1940er Jahren erreichte der Iberische Drachenkopf nahezu gleiche Korn- und Ölerträge wie Öllein, Sonnenblumen oder Raps. Während letztgenannte Pflanzen bis heute angebaut und intensiv züchterisch bearbeitet wurden, geriet der Drachenkopf in Deutschland nahezu in Vergessenheit und erfuhr keine züchterische Bearbeitung (BIERTÜMPFEL ET AL., 2005).

Das Ertragsvermögen wird von VETTER UND WURL (2000) als hoch eingeschätzt. In Gefäßversuchen wurden unter Optimalbedingungen Erträge erreicht, die ca. 60 dt/ha entsprechen. Bislang lässt sich dieses biologische Ertragsvermögen in der landwirtschaftlichen Praxis günstigstenfalls zu 30 % ausschöpfen. Vor einer züchterischen Ertragserhöhung und Erhöhung des Fettgehaltes sollte eine Ertragsstabilisierung durch die Selektion krankheitsresistenter Formen geschehen.

Koriander

Koriander als Heil- und Gewürzpflanze erfuhr in der Vergangenheit wenig züchterische Bearbeitung. In der beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes 2002 sind sechs Sorten aufgeführt.

Dennoch leidet der Koriander in Jahren ungünstiger Witterung unter dem Auftreten von Krankheiten, was zu erheblichen Ertragseinbußen führen kann.

Zuchtziele sind resistente Sorten sowie höhere Frucht- und Ölerträge.

Erucaraps

Die Züchtungsarbeiten und der -fortschritt des Erucarapses sind, wie im Raps generell, weit vorangeschritten. In Deutschland ist das Züchterhaus die Rapool-Ring GmbH führend. Aktuell sind für den Erucaraps eine Linien- und eine Hybridsorte im Angebot, die mit Erträgen knapp unter dem Durchschnittsertrag von 00-Sorten aufwarten.

Anbauumfang und -erfahrung

Der Drachenkopf kam von 1925 bis 1950 in der ehemaligen UdSSR auf mehr als 20.000 ha zum Anbau (BIERTÜMPFEL ET AL., 2005). Seit den 1990er Jahren wird er im Versuchsanbau der TLL auf verschiedenen Standorten bearbeitet und geprüft. Der Anbauumfang auf Praxisflächen ist zu vernachlässigen.

Auch die Krambe wurde seit den 1990er Jahren vorwiegend in Versuchsanstalten kultiviert. Von der TLL regelmäßig auf die Anbaueigenschaften geprüft, kamen 1996 bis 1999 im Rahmen eines Modellvorhabens auf verschiedenen deutschlandweiten Standorten Krambesorten zum Einsatz.

Die Anbauerfahrung beider Kulturen beschränkt sich auf die Feldversuche inklusive eines minimalen Praxisanbaus im Rahmen dieser Forschungstätigkeiten.

Der Koriander wurde in Thüringen letztmalig im Jahr 2008 auf 1,3 ha angebaut. Bezüglich des aktuellen deutschlandweiten Anbaus konnten keine Zahlen ermittelt werden. Auf den Versuchsflächen der TLL erfährt er regelmäßige Kultivierung.

Der Anbauumfang und die -erfahrung sind im Vergleich zu den hier betrachteten Ölpflanzen beim Erucaraps am größten. Dieser wuchs in 2013 auf 25.000 ha im Vertragsanbau mit überwiegenden Flächenanteilen in Brandenburg. Da das Produktionsverfahren identisch mit dem des 00-Rapses ist, können Landwirte auf einen reichen Erfahrungsschatz sowie sich fortlaufend weiterentwickelnde rapsspezifische agrotechnische und agrochemische Produkte des Pflanzenbaus zurückgreifen.

Anbauwürdigkeit

Die Frage der Anbauwürdigkeit ist für den Erucaraps mit Blick auf die Anbaufläche mit einem „ja“ zu beantworten. Die vorwiegend in Brandenburg liegenden Anbauflächen können ausgeweitet werden. Zu beachten sind dabei die Einhaltung einer phytosanitär vertretbaren Konzentration an Kreuzblütlern in der Fruchtfolge sowie die Abstandsauflagen zu Rapsflächen anderen Genotyps (AP 5.2.2 Ökologische Bewertung des Anbaus, Teil B, Fruchtfolge-wirkung, Anbaukonzentration, Auskreuzung).

Aber auch für die alternativen Ölpflanzen besteht bei einer kostendeckenden und wirtschaftlich nachhaltigen Erzeugerpreisgestaltung eine Anbauwürdigkeit auf dem gesamten Gebiet der Bundesrepublik. Die Korn- und Ölerträge unterscheiden sich zum langjährig etablierten Winterraps zwar zum Teil erheblich, die Vorteile liegen bei den alternativen Ölpflanzen aber ganz klar im ökologischen Bereich (AP 5.2.2 Ökologische Bewertung des Anbaus, Teil B).

B und C Ermittlung des Einflusses des Anbaus der alternativen Ölpflanzen auf die Fruchtfolgegestaltung in der Landwirtschaft, auf die biologische Vielfalt bzw. ihren Beitrag zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Vergleich mit bereits etablierten Kulturen und Bewertung der Anbauverfahren hinsichtlich Nachhaltigkeit und Vermeidung von Klimagasen

Neben den klassischen Ökosystemleistungen Fruchtfolgewirkung, Agrobiodiversität und Insektenweide werden die Treibhausgasemissionen, die Flächeneffizienz und Ertragsstabilität als maßgebliche Parameter einer produktbezogenen ökologischen Bewertung analysiert. Als ökologische Indikatoren werden weiterhin die Pflanzenschutzintensität, die Auskreuzung mit der Gefahr einer ungewollten Vermischung der Genotypen sowie die Trockentoleranz als Anpassungsreaktion der Pflanzenarten auf den Klimawandel untersucht.

Zur Veranschaulichung der von den alternativen Ölpflanzen und Erucaraps generierbaren Ökosystemwirkung wurde ein Bewertungsmodell mit einer fünfstufigen Klassifizierung für jeden Parameter gewählt (Tab.18):

- ++ sehr gute Ökosystemwirkung
- + gute Ökosystemwirkung
- nachteilige Ökosystemwirkung
- sehr nachteilige Ökosystemwirkung
- 0 keine Auswirkungen.

Die spezifischen Kriterien der gewählten Klassifizierung sind unter jedem Parameter nachzulesen.

Tabelle 18: Klassifizierung von Ökologischen Indikatoren der alternativen Ölpflanzen und Erucaraps

	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Erucaraps
Fruchtfolgewirkung	++	+	++	+
Anbaukonzentration	++	+	++	-
Agrobiodiversität	++	++	++	++
THG-Emissionen (Öl)	+	-	+	++
THG-Emissionen (Fläche)	++	++	++	-
Flächeneffizienz, Ertragsstabilität	-	-	-	+
PS-Intensität	+	++	+	-
Auskreuzung	0	+	0	-
Insektenweide	++	++	++	+
Trockentoleranz	++	++	++	+

Fruchtfolgewirkung

In Deutschland dominieren mit fast drei Viertel der Ackerfläche Getreidearten, dabei vorwiegend Winterformen, den Anbau (DESTATIS 2013). Hohe Konzentrationen einer Kultur oder einer Pflanzenfamilie in der Fruchtfolge bringen verschiedene phytosanitäre Nachteile mit sich, die zu Belastungen und Problemen des biotischen und abiotischen Ökosystems führen. Mit einer Auflockerung einseitiger Fruchtfolgen werden aus agronomischer Sicht pilzliche, viröse und bakterielle Infektionsketten unterbrochen sowie die Wirkung der Unkrautregulierung verbessert. Durch die damit einhergehende Reduktionsmöglichkeit des Pflanzenschutzmitteleinsatzes wird der partiell bereits bestehenden Resistenzbildung von Schaderre-

gern und Beikräutern gegenüber bestimmten Wirkstoffen vorgebeugt bzw. wird diese Resistenzbildung nicht noch verstärkt. Weiterhin werden Pflanzenschutzmittelrückstände im Erntegut verhindert bzw. reduziert und Grund- und Oberflächenwasser vor Einträgen bewahrt bzw. auch diese reduziert. Eine ausgeglichene Fruchtfolge ist gekennzeichnet durch den Wechsel von Halm- und Blattfrucht, von Winterung und Sommerung sowie der Abfolge verschiedener Pflanzenarten und -familien.

Alle Ölpflanzen sind Blattfrüchte und bilden somit ein Pendant zu den vorherrschenden Halmfrüchten, den Getreidearten, was aus pflanzenbaulicher Sicht als sehr positiv zu werten ist. Durch die Reduktion der Kartoffel- und Rübenproduktion in Deutschland in den vergangenen Jahren sind die Ölfrüchte (vor allem Raps) vielerorts die verbleibenden Blattfrüchte geworden.

Einen weiteren Vorteil bringen die Sommerungen Iberischer Drachenkopf, Krambe und Koriander durch ihre kurze Vegetationszeit mit, die im Frühjahr beginnt und im Sommer endet, was einen geringeren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln begründet. Aufgrund der bei den Getreidearten dominierenden Winterungen (überjährige Standzeit), dienen die Sommerkulturen als phytosanitäre Gesundungskulturen. Durch den veränderten Rhythmus von Vegetations- und Bodenbearbeitungszeit werden Krankheitsinfektionsketten unterbrochen und Schädlings- und Beikrautdruck reduziert. Gegebenenfalls könnten sie auch Raum für den Anbau von Winterzwischenfrüchten bieten.

Mit Iberischem Drachenkopf als Lippenblütler (Lamiaceae) und Koriander als Doldenblütler (Apiaceae) betreten neben zwei neuen Fruchtarten auch zwei neue Pflanzenfamilien das Feld, was in der Bewertung als besonders vorteilhaft wirkt. Den Anbaukonzentrationen beider Pflanzenfamilien fällt in Deutschland und Europa keine größere Bedeutung zu. Anteile von 33 % für Doldenblütler (2 Jahre Anbaupause) und 20 % für Lippenblütler (4 Jahre Anbaupause) in der Fruchtfolge sollten aber nicht überschritten werden (AMA 2007).

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter Fruchtfolgewirkung:

- ++ Blattfrucht, neue Pflanzenfamilie, Sommerung
- + Blattfrucht
- Raps: maximale Anbaukonzentration nicht flächendeckend erreicht
- Krambe: neue Art in Pflanzenfamilie und Sommerung

Anbaukonzentration

Doldenblütlerarten, wie Fenchel, Kümmel, Petersilie oder Dill und die Lippenblütler, wie die verschiedenen Minzearten, gehören neben weiteren Pflanzenfamilien zu den Heil- und Gewürzpflanzen. Diese nahmen in Deutschland 2013 mit 12.200 ha (PROPLANTA 2013), 0,1 % der Ackerfläche ein. Einer Etablierung und Ausweitung von Drachenkopf und Koriander kann aus pflanzenbaulicher Sicht nur zugestimmt werden.

Die Krambe ist eine neue Pflanzenart, gehört aber, wie der Erucaraps, zu einer in Fruchtfolgen bereits etablierten Pflanzenfamilie, den Kreuzblütlern (Brassicaceae). Die Krambe sollte nicht in eine bereits von Kreuzblütlern, wie Raps oder Senf, durchgezogene Rotation aufgenommen werden, da Pflanzenbestände gleicher Mitglieder einer Pflanzenfamilie von den gleichen Krankheiten, Schädlingen und Beikräutern befallen werden können. Eine wirksame Durchwuchsregulierung wäre ebenfalls problematisch. Die Krambe erfährt hier jedoch eine positive Beurteilung, weil sie als Sommerung die damit verbundenen pflanzenbaulichen und phytosanitären Vorteile mitbringt sowie aufgrund ihrer ausgeprägten Trockentoleranz für Grenzstandorte geeignet ist. Sie stellt also eine Alternative zum Rapsanbau und keine Konkurrenz zu ihm auf von Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit gefährdeten Flächen dar.

Der Erucaraps ist wie der 00-Raps aus acker- und pflanzenbaulicher Sicht als Winterraps zu betrachten. Der Anbauumfang des Winterrapses, als bedeutendstem Kreuzblütler und bedeutendster Ölpflanze in Deutschland, betrug 2013 1,43 Mio. ha, was 12 % der Ackerfläche ausmacht (DESTATIS 2013) und liegt damit noch unter der für einen nachhaltigen Rapsanbau

ausgewiesenen Anbaukonzentration in der Fruchtfolge von 20 % (GRAF ET AL., 2008). Da sich die Anbauwürdigkeit (Standorteignung) nicht auf die gesamte Ackerfläche der Bundesrepublik erstreckt, fallen aber regional Konzentrationen von bis zu 40 % an (MAKOWSKI, 2009).

Bei Nichteinhaltung von Anbaupausen, also Anbauzyklen kleiner vier Jahren ist mit signifikanten Ertragsdepressionen, bedingt durch hohen Krankheits- und Schädlingsdruck, die auch durch verstärkten Pflanzenschutzmitteleinsatz wirtschaftlich nicht zu kompensieren sind, zu rechnen (GRAF ET AL., 2008). Weiterhin akkumulieren Krankheiten und Schädlinge am Standort und beeinträchtigen über Jahre hinweg die Ertragsbildung der Feldfrüchte (MAKOWSKI, 2009). Von einer Ausweitung der Winterrapskultivierung auf Flächen mit bereits hoher Anbaukonzentration ist daher abzuraten. Der konkrete Anbauumfang für Erucaraps liegt in Deutschland 2013 bei 25.000 ha im Vertragsanbau mit überwiegenden Flächenanteilen in Brandenburg.

Allen vier Kulturen ist eine gute Vorfruchtwirkung zuzuschreiben, da sie durch die Entwicklung der Blattmasse Nährstoffe binden, die nach der Ernte auf dem Feld verbleiben und der Folgekultur nach der Mineralisierung zur Verfügung stehen.

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter Anbaukonzentration:

- ++ geringe Anbaukonzentration für die Kultur und Pflanzenfamilie
- + geringe Anbaukonzentration für die Kultur,
Pflanzenfamilie in gängigen Fruchtfolgen etabliert
- Anbaukonzentrationen der Kultur regional überschritten
maximale Anbaukonzentration deutschlandweit aber noch nicht erreicht

Agrobiodiversität

Die Agrobiodiversität umfasst die Vielfalt innerhalb und zwischen den Arten sowie die Vielfalt der Ökosysteme, die für Ernährung-, Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft genutzt werden bzw. nutzbar sind (BLE, 2014). Bezüglich einer vielfältigen und multifunktionellen Landwirtschaft ist der Anbau der hier betrachteten Kulturen sehr zu begrüßen und zu befürworten.

Wie bereits in „Fruchtfolgewirkung“ erläutert, stellen der Iberische Drachekopf als Lippenblütler und Koriander als Doldenblütler zwei Fruchtarten und gleichzeitig Pflanzenfamilien dar, deren Anbaukonzentrationen in Deutschland und Europa sehr gering sind. Die Krambe stellt als neue Art innerhalb der Familie der Kreuzblütler ebenfalls eine Bereicherung des Artenspektrums dar. Der Erucaraps bringt innerhalb der von glucosinolat- und erucasäurearmen 00-Sorten dominierten Rapsformen, eine Bereicherung des Genpools innerhalb einer Art mit sich. Die Aufnahme der drei alternativen Ölpflanzen und Erucaraps in einen großflächigeren Anbau würde zu einer größeren Variabilität innerhalb und zwischen den Arten beitragen.

Neben der Nutzpflanze profitieren weitere Lebensformen von den unterschiedlichen Anbaubedingungen der einzelnen Hauptkulturen.

Die 11-monatige Standzeit des Winterrapses bietet Klein- und Kleinstlebewesen ein Habitat. Die nach der Saat schnell geschlossene Pflanzendecke bietet Überwinterungsmöglichkeiten sowie Schutz vor Erosion durch starke Niederschläge oder Windereignisse. Das Auftreten von Beikräutern wird unterdrückt, Verdunstung minimiert und Stickstoffauswaschungen reduziert. Gegebenenfalls können die Sommerungen auch Möglichkeiten zur Einordnung von Zwischenfrüchten zum Erreichen der positiven Effekte einer andauernden Pflanzendecke auf biotische und abiotische Faktoren der Bodenfruchtbarkeit und Umweltgesundheit bieten.

Das zügige Jugendwachstum von Drachekopf, Krambe und Winterraps ermöglicht es den Pflanzen, schnell eine geschlossene Bodendeckung zu erreichen, die sich u. a. positiv auf den Wasserhaushalt des Bodens, Erosion und Konkurrenzkraft gegenüber Beikräutern auswirkt.

Bezüglich der Landschaftsvielfalt stellen gerade die Sommerungen eine optische Abwechslung zu den etablierten Feldfrüchten, durch unterschiedliche Wuchshöhen, Blütezeitpunkte und Blütenfarben, dar.

Während die dunkelgrünen Stängel und Blätter des Winterrapses Höhen bis 200 cm erreichen, sind die Sommerungen kleineren Wuchses. Die Krambe wird bis 150 cm, der Koriander mit seinen hellgrünen Laubblättern bis 80 cm und der Drachenkopf bis 50 cm hoch.

Der Verlust von Agrobiodiversität ist ein aktuelles und schleichendes Problem. In den vergangenen Jahrzehnten sind die Felder immer monotoner geworden. Das Spektrum der Kulturpflanzen ist stark reduziert, die Welternährung basiert heute auf wenigen Kulturpflanzenarten. Eine hohe Diversität in der Landwirtschaft stellt aber eine Absicherung gegen Missernten, Schädlings- und Krankheitsanfälligkeit dar. Häufig geht die Standardisierung im Pflanzenbau mit High-Input-Verfahren einher, die hohe Einsätze an fossiler Energie, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erfordern. Grundwasserverschmutzungen, Rückstände in Lebensmitteln und eine Monotonisierung von Landschaften können ökologische Folgeerscheinungen sein (IÖW 2004).

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter Agrobiodiversität:

- ++ Vegetationszeit (Bodenschutz, Faunahabitat, Zwischenfrüchte)
Aufnahme neuer Art (Krambe), neuer Familie (Drachenkopf, Koriander)
zum Teil zügige Jugendentwicklung (Raps, Drachenkopf, Krambe)
Landschaftsvielfalt

THG – Emissionen

Die wichtigsten anthropogenen Treibhausgase (THG) sind Kohlendioxid (CO₂), Methan, Distickstoffmonoxid bzw. Lachgas (N₂O) und die Halogenkohlenwasserstoffe.

Die Stickstoffdüngung einer Kultur hat einen entscheidenden Einfluss auf die ihr zuzurechnenden THG-Emissionen. So beträgt der Anteil der N-Düngung an den Gesamt-THG-Emissionen im Rapsanbau über 80 %. Zu 42 % fließen dabei die Emissionen der energieintensiven Stickstoffherstellung ein, zu 41 % die Lachgas-Emissionen, die bei der Produktion auf dem Feld entstehen (WEIRAUCH, 2014).

Sowohl für die Berechnung der THG-Emissionen der Stickstoffdüngerherstellung als auch der Lachgasemissionen auf dem Feld wurde der N-Entzug des Korns als ausgebrachte Düngermenge unterstellt. Die Kornerträge und die Ölgehalte sind mit den Mittelwerten aus dem mehrjährigen Dornburger Anbau kalkuliert (siehe Flächeneffizienz, Ertragsstabilität).

Als spezifische Treibhausgaswerte werden die Emissionsfaktoren (Hintergrunddaten) zur Berechnung von Standardwerten nach der Erneuerbaren Energien Richtlinie 2009/28/EG von 6,41 kg CO₂-Äquiv./kg N-Dünger für die N-Dünger Herstellung und von 4,87 kg CO₂-Äquiv./kg N für die Feldemissionen bei der N-Düngung zugrunde gelegt (BLE 2010).

Die Summe der CO₂-Äquivalente aus Düngemittelherstellung und Feldemissionen während des Anbaus ergibt die Gesamt-THG-Emissionen je Hektar und Jahr (Tab. 19).

Tabelle 19: kg CO₂- Äquivalente bei der Stickstoffdüngerproduktion und den Feldemissionen (Koriander in Frühjahrs- und Herbstsaat, Kornentzüge (DüV 2012), Alternative Ölpflanzen und Raps)

	Drachenkopf	Krambe	Koriander Herbst	Koriander Frühjahr	Erucaraps
Entzug Korn, kg/dt FM	3,0	3,4	2,1	2,1	3,4
kg CO ₂ -Äquiv./ha	637	929	676	435	1.929
kg CO ₂ -Äquiv./t Öl (dezent. Pressung)	1.385	2.323	1.649	1.611	1.206
kg CO ₂ -Äquiv./t Öl (zent. Pressung)	1.138	1.222	1.536	1.554	974

Der Koriander weist mit 2,1 kg den geringsten N-Entzug je Dezitonne Korn auf. Es folgen der Drachenkopf mit 3 kg und die Krambe und Erucaraps mit jeweils 3,4 kg. Entsprechend des hohen Kornertrages des Erucarapses, bei dessen Produktion die höchste N-Menge je Flächeneinheit zugeführt wird, resultiert diese Intensität mit 1.929 kg CO₂-Äquivalenten je Hektar in einen zwei bis viermal höheren THG-Ausstoß gegenüber den alternativen Ölpflanzen. Bezogen auf den stofflichen Output (Tonne Öl) drehen sich die Verhältnisse aufgrund der spezifischen Korn- und Ölerträge um. Für eine Tonne Erucarapsöl werden die niedrigsten CO₂-Äquivalente emittiert, gefolgt von Drachenkopföl, Koriander und Krambe. Bei zentraler Pressung verbessern sich durch die höheren Abpressgrade in der Ölmühle die CO₂-Emissionen der Öle.

Für die Visualisierung wurden zwei Bezugsgrößen dargestellt. Zum einen die THG-Emissionen je Tonne Öl, wo sich der Raps durch den hohen Öloutput am günstigsten darstellt. Zum anderen den Bezug zur Fläche, in der die alternativen Ölpflanzen durch ihre geringere Bewirtschaftungsintensität den geringeren THG-Ausstoß bewirken.

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter THG – Emissionen (Öl):

- ++ < 1.500 kg CO₂-Äquivalente je Tonne Öl (dezentrale Pressung)
- + 1.500 – 2.000 kg CO₂-Äquivalente je Tonne Öl (dezentrale Pressung)
- > 2.000 kg CO₂-Äquivalente je Tonne Öl (dezentrale Pressung)

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter THG – Emissionen (Fläche):

- ++ < 1.000 kg CO₂-Äquivalente je Hektar
- + > 1.000 kg CO₂-Äquivalente je Hektar

Flächeneffizienz und Ertragsstabilität

Bezüglich der Flächeneffizienz und Ertragsstabilität liegen klare Vorteile beim Erucaraps. Laut Züchterhaus Rapool liegt der Ertrag der Erucarapshybride Eraton in der Praxis bei 45 dt/ha, wobei unter günstigen Standort- und Witterungsbedingungen Erträge von über 50 dt/ha erreichbar sind. In Winterrapsregionen ist auch bei ungünstiger Witterung mit stabilen Kornerträgen von über 25 dt/ha zu rechnen.

Das hohe Ertragspotential des Winterrapses ist zum einen auf die lange Standzeit auf dem Feld zurückzuführen, zum anderen wird der Raps seit den 1950er Jahren züchterisch bearbeitet und dank seines gefächerten Einsatzspektrums in Human- und Tierernährung sowie im Energie- und stofflichen Bereich voraussichtlich auch zukünftig viel Züchtungsarbeit erfahren.

Die Sommerungen haben aufgrund ihrer Genetik und kürzeren Standzeit nicht das Potential für vergleichbare Erträge wie Winterraps. Die Durchschnittserträge des mehrjährigen Anbaus in Dornburg betrugen für Iberischem Drachenkopf 17 dt/ha, Krambe 22 dt/ha, Koriander als Herbstaussaat 25,9 dt/ha und als Frühjahrssaat 16,7 dt/ha (Tab. 21).

Der Standort Dornburg gehört nach der bundesweiten Boden-Klimaraum-Einteilung in das Anbaug Gebiet „Löss-Standorte der Ackerebene“. In der Einteilung Thüringens ist Dornburg dem Agrargebiet 1, Erfurter Becken, zuzuordnen. Der Lössboden mit Bodenwertzahlen im Mittel von 65 und bei Jahresniederschlägen von 584 mm, ist Dornburg als guter bis besserer Standort zu bewerten.

In einem 4 jährigen Modellvorhaben für Krambe (1996 bis 1999) betrugen die Erträge im Mittel 15 dt/ha, die Versuchsstandorte erstreckten sich über Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Thüringen (MAKOWSKI, TROEGEL, 2001).

Auch hinsichtlich des Ölertrages und des Ertrages der Fettsäure mit dem höchsten Gehaltsanteil am Ölertrag je Flächeneinheit, liegt der Erucaraps aufgrund hohen Kornertrages und Ölgehaltes weit vorne (Tab. 20). Im Vergleich der erucasäureliefernden Pflanzen übertrifft der Raps bezüglich Öl und Fettsäure je Hektar bei dezentraler Pressung die Krambe um das 2,6-fache und bei zentraler Pressung um das 3,8-fache.

Grundsätzlich sind die Ölausbeuten in zentralen Ölmöhlen höher als in dezentralen. Bei zentraler Pressung wurde mit den gemessenen Ölgehalten der Saat minus 1 %, bei dezentraler Kaltpressung mit den in Dornburg ermittelten Abpressgraden, die denen einer dezentralen Ölmühle entsprechen, kalkuliert.

Die Ölerträge des Drachenkopfs liegen bei dezentraler Pressung über denen der Krambe. Bezüglich der Linolensäureausbeute kann der Drachenkopf nicht mit den hier betrachteten Kulturen verglichen werden, deshalb wird an dieser Stelle der Lein heran gezogen. Die Erträge an Linolensäure je Hektar liegen etwa gleich auf.

Der Koriander erreicht in dezentralen Mühlen etwa die Ölmenge der Krambe. Der Petroselin-säureertrag kann hier nicht mit einer anderen Kultur verglichen werden, weil der Koriander als einzige Kulturart nennenswerte Gehalte dieser Fettsäure aufweist. In dezentraler Pressung können 230 kg Petroselin-säure je Hektar generiert werden.

Tabelle 20: Ölerträge je Flächeneinheit (dezentrale und zentrale Pressung) und Ertrag der Fettsäure mit dem höchsten Gehaltsanteil am Ölertrag je Flächeneinheit (dezentrale und zentrale Pressung), Alternative Ölpflanzen und Raps, Koriander in Herbst- und Frühjahrssaat

	n	TM-Ertrag dt/ha	Ölgehalt %	Ölertrag dezent. Pr. kg/ha	Ölertrag zentr. Pr. kg/ha	höchste FS im Öl %	FS-Ertrag dezent. Pr. kg/ha	FS-Ertrag zentr. Pr. kg/ha
Erucaraps	4	46	44	1.600	1.980	55	860	1.090
Krambe	6	21	37	400	760	55	220	420
Drachenkopf	17	17	34	460	560	60	280	340
Koriander He.	4	26	18	410	440	55	230	240
Koriander Fr.	8	17	18	270	280	55	150	160
Für einen Vergleich der Fettsäureerträge:								
Lein	-	15	40	530	590	55	290	320

Durchschnittserträge und Ölgehalte Dornburger Anbau: Krambe (1998, 2000, 2006, 2007, 2012, 2013), Koriander Herbstsaat (1999, 2000, 2003, 2004), Koriander Frühjahrssaat (1999, 2000, 2003 – 2006, 2012, 2013), Drachenkopf (1995-2009, 2012, 2013), Erucaraps (2006-2008, 2013), Lein (GRAF ET AL., 2005)

Bezüglich der **Ertragsstabilität** sind im mehrjährigen Anbau in Dornburg bei Drachenkopf, Krambe, Koriander, aber auch Erucaraps zum Teil erhebliche Streuungen um den Mittelwert zu verzeichnen (Tab. 21).

Die Ausschläge in niedrige Ertragsbereiche sind bei allen Kulturen auf Jahre ungünstiger (feuchter, kühler) Witterung zurückzuführen, was den Krankheitsbefall beförderte. Von einem Auftreten dieser Bedingungen ist eher unregelmäßig auszugehen, sie müssen aber einkalkuliert werden. Bei den Sommerungen könnte Züchtungsarbeit bezüglich Krankheitsresistenz zukünftig für stabilere Erträge sorgen.

Die Streuungen bei Winterraps fallen aufgrund des hohen Ertragsniveaus nicht so stark ins Gewicht wie bei den Sommerungen.

Tabelle 21: Durchschnittserträge und Ölgehalte im Dornburger Anbau sowie im Krambe Modellvorhaben (mit Standardabweichungen), Alternative Ölpflanzen und Raps

	Drachenkopf	Krambe	Koriander Herbst	Koriander Frühjahr	Krambe Modellvorhaben	Erucaraps
n	17	6	4	8	4	4
TM Ertrag dt/ha	17,1 (5,8)	22,0 (6)	25,9 (7,1)	16,7 (5,5)	15,0 (5)	45,8 (9,6)
Ölgehalt, % TM	34,3 (3,5)	37,2 (2,3)	18,8 (0,7)	17,2 (3,2)	-	43,6 (3,7)

Drachenkopf (1995-2009, 2012, 2013), Krambe (1998, 2000, 2006, 2007, 2012, 2013), Koriander Herbstsaat (1999, 2000, 2003, 2004), Koriander Frühjahrssaussaat (1999, 2000, 2003-2006, 2012, 2013), Krambe Modellvorhaben (1996-1999), Erucaraps (2006-2008, 2013)

Die Krambe ist hier ungeschält betrachtet worden, sowohl bei der Aussaat als auch bei der Pressung in der Ölmühle. In Dornburger Versuchen stieg der Ertrag bei Verwendung geschälten Saatgutes signifikant an. Bei gleicher Aussaatstärke erhöhte sich der Feldaufgang der Saat, was im Versuchsjahr 1998 mit 26,1 dt/ha im Vergleich zur Aussaat ungeschälten Saatgutes ein Mehrertrag von 3,5 dt generierte. Das Schälen des Erntegutes vor der Pressung generiert auch bezüglich der Ölausbeute höhere Mengen. 34 % Ölausbeute der geschälten Saat, im Vergleich zu 20 % bei ungeschälter, entspricht einer Steigerung des Ergebnisses um 70 %. Der Pressversuch wurde in Dornburg mit der Ölmühle der TLL, die der Technik einer dezentralen Pressung entspricht, durchgeführt.

Wie die Kornerträge unterliegen auch die Ölgehalte Streuungen. Im langjährigen Dornburger Anbau wurde im Mittel für den Drachenkopf ein Ölgehalt von 34,3 % erzielt, für die Krambe 37,2 %, für Koriander in Herbstsaat 18,8 %, in Frühlingssaat 17,2 % und für den Erucaraps 43,6 % (Tab. 21). In Jahren ungünstiger Witterung ist neben den Erträgen auch die Kornfüllung beeinflusst, welche sich in den Ölgehalten niederschlägt.

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter Flächeneffizienz und Ertragsstabilität:

- + relativ stabiles Ertragsniveau, intensive züchterische Bearbeitung
Höchste Öl- und Fettsäureerträge je Flächeneinheit
- relativ unstabiles Ertragsniveau, keine/kaum züchterische Bearbeitung
Geringere Öl- und Fettsäureerträge je Flächeneinheit

Pflanzenschutzintensität

„Der Behandlungsindex (BI) dient als quantitatives Maß zur Beschreibung der Intensität des chemischen Pflanzenschutzes. Er stellt die Anzahl von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen auf einer betrieblichen Fläche, in einer Kulturart oder in einem Betrieb dar. Dabei berücksichtigt er reduzierte Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen“ (BMEL 2014 B). Dieser rein quantitative Index trifft keine Aussage über die Toxizität der eingesetzten Wirkstoffe. Die drei Sommerungen schneiden in der Pflanzenschutzintensität nach dem Behandlungsindex besser als der Erucaraps (Winterraps) ab, wobei die Krambe die geringsten Mittelaufwendungen benötigt.

Der BI errechnet sich aus dem Produkt, aus dem Aufwandmengenkoeffizienten (Quotient aus tatsächlicher Aufwandmenge und der im Pflanzenschutzmittelverzeichnis angegebenen maximalen indikationsbezogenen Aufwandmenge) und dem Behandlungsfaktor (Anzahl der durchgeführten Pflanzenschutzmittelanwendungen, bezogen auf die jeweilige Anbaufläche). Die Summe dieser Teilindizes der durchgeführten Einzelanwendungen auf dem Schlag oder der Bewirtschaftungseinheit ergeben dann den jeweiligen Behandlungsindex für diese Fläche und Kultur.

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter Pflanzenschutzintensität:

- ++ BI: 0 – 2 → Krambe 1,4
- + BI: 2 – 4 → Drachenkopf 2,35; Koriander 3,1
- BI: 4 – 6 → Winterraps (Erucaraps) 5,2
- BI: > 6

Erfahrungsgemäß ist das Auftreten von Schaderregern bei relativ neuen bzw. selten angebauten Kulturen anfangs gering, mit steigender Anbauintensität wächst auch der Krankheitsdruck und die Intensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes steigt.

Auskreuzung

Der Parameter Auskreuzung betrachtet die Option, dass eine gegenseitige Befruchtung mit anderen Kulturarten der eigenen Pflanzenfamilie stattfindet und die art- oder sortentypische Zusammensetzung des Fettsäuremusters durch den Austausch des Genmaterials verändert wird.

Bei der Krambe ist keine Auskreuzung mit dem familiär verwandten Raps zu befürchten. Zu Schlägen mit bspw. 00- oder HOLLI-Raps, die auch in der Nahrungsmittelproduktion Einsatz finden, sind beim Krambeanbau deshalb keine Abstandsauflagen einzuhalten.

Der Erucaraps kreuzt sich innerhalb der Art Raps mit anderen Sorten. Ein Mindestabstand von 300 m ist einzuhalten (RAPOL 2014).

Aufgrund mangelnden Anbaus und dem Fehlen anderer Arten von Drachenkopf und Koriander kommt der Möglichkeit einer Auskreuzung keine praktische Bedeutung zu.

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter Auskreuzung:

- + Auskreuzung (Änderung des Fettsäuremusters) zu Arten/Sorten mit relevantem Anbau findet nicht statt
- Auskreuzung (Änderung des Fettsäuremusters) zu Arten/Sorten mit relevantem Anbau findet statt

Insektenweide

Die Hauptblüte der betrachteten Kulturen erstreckt sich über vier Wochen, der kalendarische Beginn variiert je nach Witterungsverlauf des Jahres. Beginnend mit der hellgelben Blüte des Winterrapses (Erucaraps) ab spätestens Mai, folgen die drei Sommerungen, zeitlich verzögert, mit weißer Blütenfarbe ab Juni. Dadurch wird das Nahrungsangebot für die bestäubenden Insekten Biene, Hummel, Fliege, Schmetterling, Käfer u. a. verlängert. Die Nektar- und Pollenqualität sowohl der Winter- als auch der Sommerform des Rapses ist ausgezeichnet, ebenso der Nektarwert des Korianders (PAN 2009). Zu Krambe und Iberischem Drachenkopf wurden bezüglich Nektar- und Pollenwert keine Angaben gefunden. Bei der Krambe wird in verschiedener Literatur von reichlich Honig absondernden Nektarien gesprochen, die stark von Bienen und Hummeln besucht werden (SCHUSTER 1992). Auch dem Iberischen Drachenkopf wird eine Attraktivität auf Insekten zugesprochen, die Hauptbefruchtung erfolgt durch Bienen oder Hummeln (KRIST, 2013).

Da zur Ausschöpfung des vollen Ertragspotenzials die betrachteten Kulturen von der Fremdbestäubung durch Insekten profitieren, ist auf ihre Schonung bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln durch die gute fachliche Praxis und die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes zu achten.

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter Insektenweide:

- ++ hohe Pollen- und/oder Nektarqualität, von bestäubenden Insekten besucht
Sommerungen: Verlängerung der Blüentracht gegenüber Raps
- + hohe Pollen- und/oder Nektarqualität, von bestäubenden Insekten besucht
Raps: Einschränkung aufgrund hoher Pflanzenschutz-Intensität

Trockentoleranz

Der Drachenkopf als transkaukasische Pflanze stellt keine besonderen Ansprüche an die Bodenbedingungen. Er ist jedoch wärmeliebend, gedeiht am besten in sonnigen Lagen und zeichnet sich durch eine hohe Trockentoleranz aus (BIERTÜMPFEL ET AL., 2005). Trotz tro-

cken Wetters ab Blühbeginn (Mitte Juni) bis zur Ernte (Anfang August) sind Erträge bis über 20 dt/ha zu erreichen (VETTER, WURL, 2000). ION ET AL. (2011) sehen im Drachenkopf eine potenzielle Alternative zu den traditionellen, in ariden Gebieten angebauten Kulturen.

Von MAKOWSKI UND TRÖGEL 2001 wird in verschiedenen Veröffentlichungen auf die gute Trockentoleranz der Krambe hingewiesen. Nach Literaturrecherche und selbst durchgeführten Experimenten sehen sie die Krambe auf Standorten unter 500 mm Jahresniederschlag als anbauwürdig, wobei der Boden möglichst ein humoser sandiger Lehm Boden mit guter Wasserführung sein sollte. Auf leichten Standorten mit Bodenwertzahlen um 30 sollte der Wasserbedarf durch Jahresniederschläge ab 600 mm oder durch hoch anstehendes Grundwasser abgedeckt werden. Auf trockenen und grundwasserfernen Sandböden wird keine Anbauberechtigung gesehen (MAKOWSKI, TRÖGEL, 2001).

In dreijährigen Gefäßversuchen kompensierte die Krambe begrenzte Wasserverfügbarkeit vor der Blüte und erreichte die gleichen Erträge an Erucasäure wie bei einer kontinuierlichen Wasserversorgung, jedoch bei signifikant erhöhtem Wasserverbrauch nach der Blüte (JAKOB ET AL., 1999).

Der Koriander ist für warme und trockene Lagen prädestiniert, der Anbau ist aber auch in feuchteren und kühleren Lagen möglich (TLL 2008).

Der Raps verfügt über ein ausgeprägtes Feinwurzelsystem im Oberboden. Seine bis zu 1,80 m tief in den Boden reichende Pfahlwurzel transportiert Wasser und Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten. Schwachstellen dieses „Hochleistungswurzelsystems“ sind ein hoher Energiebedarf der Feinwurzeln sowie die Empfindlichkeit gegenüber Sauerstoffmangel. Auf stark verdichteten Flächen ist die Penetrationskraft der Wurzel begrenzt und führt oft zu Verkrümmungen oder stärkerer Ausbildung von Seitenwurzeln (NEUMANN ET AL., 2014).

Für Trockenstandorte ist der Winterraps weniger gut geeignet. Für ein hohes Ertragsniveau wird eine gute Wasserversorgung benötigt. Bei einem Anbau mit geringeren Niederschlagsmengen sollte vor allem zu kritischen Wachstumsphasen ausreichend Wasser zur Verfügung stehen, was die Zeitpunkte des Schossens und der Blüte umfasst (KWS 2013). Diese kritischen Phasen fallen in den Zeitraum Frühjahr und Frühsommer, die zunehmend von Trockenheit geprägt sind.

Die beschriebenen Eigenschaften führen zu folgenden Ausprägungen im Bewertungsmodell, Parameter Trockentoleranz:

- ++ Ausgesprochene Trockentoleranz
- + Eingeschränkte Trockentoleranz

Fazit

Beim Vergleich der Ökologischen Indikatoren wird deutlich, dass es keine Kultur gibt, die alle Parameter optimal abdeckt. Die alternativen Ölpflanzen weisen jedoch die meisten Vorteile auf.

Die Vorteile der Sommerungen liegen in ihrer geringeren Anbauintensität, was dem Ökosystem Acker weniger Agrochemikalien und fossile Energie zuführt. Sie punkten mit geringen THG-Emissionen je Flächeneinheit und einer niedrigeren Pflanzenschutz-Intensität. Diese beiden Vorteile relativieren sich aber dahingehend, als dass sie aus dem geringen Ertragspotenzial der Kulturen resultieren. Bei Erhöhung des Ertragspotenzials erhöhen sich auch diese beiden Parameter. Im Interesse der Treibhausgasminimierung und der effizientesten Ausnutzung der begrenzt zur Verfügung stehenden Ackerfläche muss das Ziel darin bestehen, mit möglichst geringem Aufwand unter Beachtung aller ökologischen Prämissen einen hohen Output pro Flächeneinheit zu generieren.

Die nicht existierende Gefahr der Auskreuzung bei der Krambe, im Vergleich zum Erucaraps, schützt vor ungewollten Vermischungen und Verunreinigungen des Genoms der Rapssaat.

Positive Klassifizierungen erhielten alle Ölfrüchte in Bezug auf die Insektenweide und die Trockentoleranz, wobei den Sommerungen bei beiden Parametern besonders gute Eigenschaften zugesprochen werden.

Auch in Punkto Agrobiodiversität sowie Fruchtfolgewirkung und Anbaukonzentration erfahren alle vier Früchte positive Bewertungen, mit der Einschränkung, dass im Raps kritische Mengenteile in der Fruchtfolge nicht überschritten werden dürfen.

Der Erucaraps (Winterraps) ist die konkurrenzstärkste Frucht bei der Betrachtung der Erntemengen an Korn und Öl. Auch bei den THG-Emissionen je Einheit Öl schneidet er mit den günstigsten CO₂-Äquivalenten je Tonne Öl ab.

D Diskussion der Flächenkonkurrenz zur Food- und Non-Foodproduktion

Im Mittelpunkt der Diskussion um Nutzungskonkurrenzen steht der Wettbewerb zwischen dem Anbau von Energiepflanzen und dem Anbau von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen.

Es gibt verschiedene Standpunkte und diskutabile Ursachen, denen steigende Lebensmittel- bzw. Flächenpreise und daraus resultierende Hungerszenarien oder Unruhen zugeschrieben werden.

Als Triebfedern werden der Anbau von Energiepflanzen, ein ansteigender Fleischkonsum mit der zur Futtermittelproduktion benötigten Agrarfläche, ein steigendes Bevölkerungswachstum, Spekulationen auf Nahrungsmittel oder zeitweise steigende Erdölpreise mit Auswirkungen auf die Preise der Produktionsmittel beschrieben.

Ob regional eine Ausweitung der Anbaufläche von Pflanzen für die stoffliche Nutzung Vorteile generiert und ökologisch, ökonomisch und ethisch vertretbar ist, muss im Einzelfall geprüft werden.

In Deutschland wachsen nachwachsende Rohstoffe auf einem Fünftel der Ackerfläche, in 2013 auf 2,4 Mio. Hektar. Energiepflanzen nehmen dabei 88 % der Fläche ein, Pflanzen für die stoffliche Nutzung 12 % (FNR, 2014). Der Selbstversorgungsgrad für Lebensmittel liegt in Deutschland über 100 %. Eine weitere Überproduktion ist mit voranschreitender Züchtung zu erwarten.

5.2.3 Reststofföle

Senföl

Anfall, Verfügbarkeit, Preise in Deutschland und Europa

2012 betrug die Jahresproduktion von Senfsaat in Deutschland 10.500 t (FAOSTAT 2014 A). Zusätzlich wurden 37.369 t importiert, dabei sind die Hauptlieferanten die Ukraine, Kanada und die Niederlande (KULINARIA 2014).

Große europäische Produzenten waren 2012 weiterhin die Ukraine mit 30.980 t, die Tschechische Republik mit 15.466 t oder Frankreich mit 13.500 t. Ungarn, Rumänien, Litauen, Slowenien, Bulgarien und Dänemark produzierten im selben Jahr zusammen 11.036 t (FAOSTAT 2014).

Bei einem Ölgehalt von 30 % in der Saat beträgt das Senfölaufkommen (Anbau und Importe) in Deutschland 2012 14.361 t Senföl, Exportzahlen sind für 2012 nicht bekannt.

Nach Angaben von FAOSTAT (2014 B) wurden im Vorjahr in Deutschland 11.300 t Senfsaat angebaut und 50.430 t importiert. Abzüglich des Exportes von 20.478 t (FAOSTAT 2014 B) entspricht das einem Senfölaufkommen in Deutschland von 12.376 t.

Die allgemeine Verfügbarkeit für Senfsaat bzw. -öl ist aufgrund der zahlreichen europäischen und weltweiten Produktionsländer sehr gut.

Der Preis für Senföl beträgt 1 €/kg bei einer Mindestabnahme von 25 t (ÖLMÜHLE KROPPENS-
TEDT 2014).

Nachhaltigkeit und Vermeidung von Klimagasen

Bezüglich der ökologischen Nachhaltigkeit im Anbau gelten für den Senf als Sommerkultur die gleichen, wie im Kapitel Ökologische Bewertung des Anbaus herausgestellten, Vor- bzw. Nachteile der alternativen Ölpflanzen.

Die Anbaufläche ist für den Körnersenf in Deutschland nicht sehr bedeutend. Bei einer Produktion von 10.500 t in 2012 und Erträgen von 20 dt/ha entspräche das einer Anbaufläche von etwa 5.000 ha. Senf wird vorwiegend als Zwischenfrucht angebaut, wobei die Körner nicht zur Abreife kommen.

Das Senfkorn weist während des Wachstums einen hohen N-Entzug von 5,08 kg je Dezi-tonne auf (DÜV 2012). Bei einem Durchschnittsertrag (Dornburg) von 23,7 dt/ha entspricht das 1.490 kg CO₂-Äquivalent je Flächeneinheit. Damit beträgt die Emission der Senfproduktion verglichen mit Drachenkopf, Krambe und Koriander im Mittel das Doppelte, gegenüber Erucaraps werden 20 % weniger emittiert..

Bei Betrachtung der CO₂-Äquivalente je Stoffeinheit schneidet der Senf aufgrund des hohen N-Entzugs am ungünstigsten ab. Sowohl bei dezentraler (2.525 kg CO₂-Äquiv.) als auch bei der zentralen (2.191 kg CO₂-Äquiv.) Pressung werden je Tonne Öl die höchsten Mengen an Treibhausgasen ausgestoßen.

Die CO₂-Äquivalente der alternativen Ölpflanzen und Erucaraps je Hektar und je Tonne Öl sind unter Punkt 5.2.2 Ökologische Bewertung des Anbaus, THG-Emissionen, dargestellt.

Ein Vergleich der erucasäureliefernden Pflanzen zeigt den Erucaraps hinsichtlich des Fettsäureertrages je Hektar ganz klar im Vorteil (Tab. 22). In dezentraler Pressung liefert er die 3,7-fache Menge Erucasäure je Flächeneinheit verglichen mit Krambe und Senf. Würde das Öl in einer zentralen Mühle gepresst, liefert die Krambe höhere Erucasäureerträge als der Senf, Erucaraps liegt weiter vorn.

Tabelle 22: Durchschnittserträge und Ölgehalte im Dornburger Anbau, Öl- und Erucasäureerträge je Flächeneinheit, Raps, Krambe und Senf

	Ertrag dt/ha	Ölgehalt %	Ölertrag dezent. Pr. kg/ha	Ölertrag zent. Pr. kg/ha	höchste FS im Öl %	FS-Ertrag dezent. Pr. kg/ha	FS-Ertrag zent. Pr. kg/ha
Erucaraps	46	44	1.600	1.980	55	860	1.090
Krambe	21	37	400	760	55	220	420
Senf	24	30	590	680	40	240	270

Senf (Gelbsenf) n=11 (1998, 1999, 2001 - 2005, 2008 - 2011)

Gegenüberstellung mit vergleichbaren Ölen aus dem Anbau

Der Marktpreis des Senföls von 1 €/kg (entspricht 1,09 €/l) liegt mit Abstand unter den hier kalkulierten Ölmindestpreisen für Drachenkopf, Krambe und Koriander.
Ökologische Parameter sind im vorigen Abschnitt besprochen worden.

Holunderkern- und Tallöl

Aufgrund mangelnder Verfügbarkeiten von Holunderkern- und Tallöl wurden diese seitens der Projektleitung als nicht relevant eingestuft.

Zusatz-Information:

1. Weitere Rapssorten veränderten Fettsäuremusters

HOLLi-Raps

HOLLi- oder Visitive-Rapssorten weisen bis zu 77 % Ölsäure im Öl auf. Die aktuelle Anbaufläche in Europa beträgt etwa 40.000 ha, in Deutschland 1.500 bis 2.000 ha.

Werden zur deutschen Anbaufläche die eingeführten Importe aus England addiert und auf die Fläche umgerechnet, läge die Anbaufläche für den deutschlandweiten Bedarf bei rund 5.000 ha. In Deutschland sind Winterformen zugelassen, in Kanada und Russland werden auch Sommerformen angebaut (DSV 2013).

Laurinraps

Der von der Firma Calgene (inzwischen von Monsanto übernommen) Mitte der 1990er Jahre gentechnisch gezüchtete Raps enthält über 40 % Laurinsäure. Ein eingeschränkter Probeanbau dieser Sommerrapssorte fand in Kanada statt, konnte ertraglich aber nicht mit konventionellen Sommerrapssorten mithalten.

Aufgrund der preiswerteren Verfügbarkeit von herkömmlichen laurinreichen Ölen wie Palm- und Kokosöl stellte sich der Laurinraps als nicht wettbewerbsfähig dar. Hemmnisse für eine europäische Ausweitung des Anbaus waren der geringere Ertrag der Sommerform gegenüber Winterrapssorten sowie eine mangelnde Akzeptanz gegenüber transgenen Kulturen. Ende der 1990er Jahre wurde das Laurinrapsprojekt eingestellt (MONSANTO, 2013).

2. Verwertung

Aufgrund der Fettsäurezusammensetzung und daraus resultierenden Eigenschaften der verarbeiteten Pflanzenöle wird seitens der Projektpartner im Iberischen Drachenkopf und im Koriander das größte Potenzial für eine praktische Anwendung gesehen.

Stellschrauben für einen günstigen Erzeugermindestpreis und daraus resultierend eine günstige Bereitstellung der pflanzlichen Öle ergeben sich in erster Linie durch Züchtungsmaßnahmen. Hier liegt der Fokus auf dem Etablieren von Krankheitsresistenzen und beim Drachenkopf zudem in einem festen Kornsitze. Diese Züchtungsziele allein dienen bereits der Ertragserhöhung und –stabilisierung. Aus einer Bearbeitung des Ölgehaltes und zusätzlich des Kornertrages würden weitere Ertragsverbesserungen resultieren. Das aktuell erkennbare Ertragspotenzial und die vorhandene Variabilität der alternativen Ölpflanzen lässt positive Züchtungsergebnisse erwarten. Allerdings bedingt der Fremdbefruchtercharakter der einzelnen Arten Mindestlaufzeiten von 10 bis 12 Jahre für erste züchterische Erfolge-

Ein weiterer Beitrag zur Verbesserung der Ertragsparameter liegt in der Optimierung der Anbauverfahren. Insbesondere Untersuchungen zu einem optimalen Pflanzenschutz müssten folgen.

Eine Verbesserung bezüglich der Ölausbeute würde das Pressen in einer zentralen Ölmühle garantieren. Hier sollte dann zudem eine monetäre Bewertung des Rapsextraktionsschrotens in verschiedenen Anwendungsvarianten vorgenommen werden. Hinsichtlich eines attraktiven Ölpreises ist der Einsatz der Nebenprodukte in der Futtermittelindustrie zu favorisieren, weil hier die höchste Wertschöpfung erzielt wird. Folglich müssen die Nebenprodukte von Drachenkopf und Koriander in die Positivliste für Futtermittel aufgenommen werden.

3. Erkenntnisse von Dritten

Erkenntnisse von Dritten wurden während der Projektlaufzeit nicht bekannt.

4. Veröffentlichungen

Vorstellung der Hauptarbeiten des Projektes und der betrachteten Ölpflanzen zum

- Energiepflanzenfeldtag der TLL, 11.07.2013 in Dornburg
- Öffentliches Fachgespräch der TLL „Stoffliche Nutzung Nachwachsender Rohstoffe“, 12.12.2013 in Jena
- Energiepflanzenfeldtag der TLL, 03.07.2014 in Dornburg
- Posterbeitrag zur naro.tech, 10. Internationales Symposium „Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen“, 16./17.09.2014 in Erfurt

Literaturverzeichnis

AMA 2007: Agrar Markt Austria, ÖPUL 2007 – Umweltgerechte Bewirtschaftung von Heil- und Gewürzpflanzen, Alternativen und Saatgutvermehrung
http://www.ama.at/Portal.Node/public?gentics.rm=PCP&gentics.pm=gti_full&p.contentid=10008.47301&MEBHAS.pdf Zugriff 11.09.2014

ANDERSON ET AL., 2001: Anderson, Poland, Bock, North Dakota State University Agriculture, What is the Optimum Level of Crambe Meal in Range Cake?
<http://www.ag.ndsu.edu/archive/carringt/01data/2001%20Annual%20Report/crambe.htm>
Zugriff: 03.09.2014

C.A.R.M.E.N. 2014: Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V., Holzpellet-Preis-Index, Jahresmittelwerte, www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/holzpellets/jahresmittelwerte Zugriff: 18.08.2014

BDP ET AL., 2012: Gemeinsames Positionspapier des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter (BDP), des Deutschen Bauernverbandes (DBV) und der Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (Ufop), Eiweißstrategie <http://media.repro-mayr.de/61/538061.pdf> Zugriff 10.02.2014

BIERTÜMPFEL ET AL., 2005: Biertümpfel, Graf, Reinhold, Schmatz, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Iberischem Drachenkopf <http://www.tll.de/ainfo/pdf/idra0805.pdf> Zugriff: 22.09.2014

BIERTÜMPFEL 2009: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Anbautelegramm Krambe <http://www.tll.de/ainfo/pdf/kram0809.pdf> Zugriff: 28.10.2014

BIERTÜMPFEL ET AL., 2010: A. Biertümpfel, R. Heydrich, T. Graf, A. Vetter, Düngung mit Presskuchen und Strohasche, Auswertung 14jähriger Versuchsergebnisse, Jena 2010, URL: <http://www.tll.de/ainfo/pdf/asch0210.pdf>. Stand: 24.01.14

BLE 2010: Leitfaden Nachhaltige Biomasseherstellung, Hrsg. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Tabelle 2, Seite 74

BMELV 2014 A: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Fachstatistiken, Besondere Erntermittlung, Winterraps <http://www.bmelv-statistik.de/de/fachstatistiken/besondere-erntermittlung/winterraps/> Zugriff: 18.03.2014

BMELV 2014 B: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Behandlungsindex <http://www.nap-pflanzenschutz.de/indikatoren-und-analysen/behandlungsindex-bi/> Zugriff: 27.02.2014

BVL 2014: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Zusatzstoffe zugelassen nach Richtlinie 70/524/EWG und Übergangsregelung Verordnung EG 1831/2003 http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/02_Futtermittel/01_Zusatzstoffe_70_524/futtermittel_zusatzstoffe_aroma.pdf?__blob=publicationFile&v=1 Zugriff: 25.08.2014

DESTATIS 2013: Statistisches Bundesamt, Anbaustatistiken 2013, Winterraps https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2013/07/PD13_252_412.html Zugriff 26.02.2014

DESTATIS 2014: Statistisches Bundesamt, Hektarerträge ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich, Winterraps
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/FeldfruechteGruenland/Tabellen/FeldfruechteZeitreihe.html> Zugriff: 14.10.2014

DLG 2011: Berechnung des Energiegehaltes in Futtermitteln, Leitfaden zur Berechnung des Energiegehaltes bei Einzel- und Mischfuttermitteln für die Schweine- und Rinderfütterung, Stellungnahme des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung, Dezember 2011
http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/Stellungnahme_Energieberechnung_Rind_Schwein.pdf Zugriff 11.02.2014

DSV 2013: Deutsche Saatveredelung AG, persönliches Gespräch Herr Hamann, Juli 2013

DÜV 2012: Düngeverordnung Stand 24.02.2012, Anlage 1, Stickstoffgehalt pflanzlicher Erzeugnisse, Ölfrüchte, Senf http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_v/gesamt.pdf
Zugriff 15.10.2014

EG-ÖKO-VERORDNUNG 2008: Durchführungsverordnung zur EG-Öko-Verordnung Nr. 889/2008, Amtsblatt der Europäischen Union
Anhang I Düngemittel, Bodenverbesserer und Nährstoffe gemäß Artikel 3 Absatz 1 und Artikel 6d Absatz 2 und L 250/41, Anhang V Futtermittel-Ausgangserzeugnisse gemäß Artikel 22 Absätze 1, 2 und 3
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/OekologischerLandbau/889_2008_EG_Durchfuehrungsbestimmungen.pdf?__blob=publicationFile Zugriff: 10.10.2014

EU-VERORDNUNG ÖKOLOGISCHER LANDBAU 2013: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 4. Auflage, Stand Januar 2013, Düsseldorf 2013

EFSA 2007: European Food Safety Authority, Europäische Behörde für Lebensmittelrecht, The EFSA Journal (2007) 590, Glucosinolate als unerwünschte Substanzen in Tierfutter, Wissenschaftliches Gremium für Kontaminanten in der Lebensmittelkette
http://www.efsa.europa.eu/de/scdocs/doc/contam_op_ej590_glucosinolates_summary_de.pdf
f Zugriff: 04.09.2014

ERUKASÄUREV 2006: Verordnung über den Höchstgehalt an Erukasäure in Lebensmittel (Erukasäure - Verordnung), Stand 22.02.2006 http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/erukas_urev/gesamt.pdf Zugriff: 30.09.2014

FAO 2014: FAO – Food and Agricultural Organisation of the UN, Ecocrop
<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=4922> Zugriff: 17.03.2013

FAOSTAT 2014 A: FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Statistical Databases & Data-sets, Production, Countries by commodity, Mustard seed
<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> Zugriff: 15.10.2014

FAOSTAT 2014 B: FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Statistical Databases & Data-sets, Trade, Imports/Exports, Countries by commodity, Mustard seed
<http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx> Zugriff: 15.10.2014

FDA 2014: U.S. Food and Drug Administration, Food Additive Status List
<http://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/foodadditivesingredients/ucm091048.htm> Zugriff: 02.09.2014

- FNR 2014: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
<http://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/article/anbau-nachwachsender-rohstoffe-2013-auf-2,4-millionen-hektar/> Zugriff: 17.10.2014
- GOYAX 2014: Matif Rapspreis, Statistiken <http://www.goyax.de/matif-raps> Zugriff: 16.06.2014
- GRAF ET AL., 2005: Graf, Degner, Zorn, Pittorf, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Öllein
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/oell0805.pdf> Zugriff: 22.09.2014
- GRAF ET AL., 2008: Graf, Götz, Jentsch, Vetter, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Merkblatt Fruchtfolgestellung von Winterraps <http://www.tll.de/ainfo/pdf/ffwr0408.pdf> Zugriff: 11.09.2014
- GRAF ET AL., 2008: Graf, Degner, Götz, Zorn, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Winterraps
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/wrap0608.pdf> Zugriff: 28.10.2014
- HERING 2009: Thomas Hering, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Vorträge 15. Internationale Fachtagung Energetische Nutzung Nachwachsender Rohstoffe, Freiberg 10./11.09.2009: Alternative Brennstoffe in Wärmeerzeugungssanlagen bis 1 MW, Herausgeber TU Bergakademie Freiberg, Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik
- HEYLAND ET AL., 2006: K.-U. Heyland, H. Hanus, E. R. Keller, Handbuch des Pflanzenbaues 4, Ölfürchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen, Eugen Ullmer KG, Stuttgart, 2006
- ION ET AL., 2011: Ion, Basa, Sandoiu, Obrisca, University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, Scientific Papers, Series A, Vol. LIV, 2011, ISSN 1222-5339
http://www.agrobucuresti.ro/fisiere/file/Cercetare/LS_2011/45_%20Results%20regarding%20biological%20characteristics%20of%20the%20species%20Lallemantia%20iberica%20in%20the%20specific%20conditions%20from%20South%20Romania.pdf Zugriff: 22.09.2014
- IÖW 2004: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH, Projekt „Agrobiodiversität entwickeln“ <http://www.agrobiodiversitaet.net/download/Agro-Broschuere.pdf> Zugriff: 12.09.2014
- JAKOB ET AL., 1999: K. Jakob, A. Bramm, N. Ochrimenko, Institut für Pflanzenbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), „Einfluss der Wasser- und Stickstoffversorgung auf Ertrags- und Qualitätsparameter von Krambe“, Zeitschrift Pflanzenbauwissenschaften 1/1999, ISSN 1431-8857, Verlag Eugen Ullmer GmbH & Co., Stuttgart
- KAMINHOLZ 2014: Das Infoportal zum Heizen mit Holz, Preisindex für den Handel mit Brennstoffen auf Holzbasis <http://www.kaminholz-wissen.de/dokumente/brennholz-kaminholz-preise-2013-2014.pdf> Zugriff: 16.10.2014
- KRIST 2013: S. Krist, Lexikon der Fette und Öle, Springer Verlag 2013
http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1005-8_86#page-1 Zugriff 27.02.2014

KULINARIA 2014: Verband der Hersteller Kulinarischer Lebensmittel e.V., Marktentwicklung Senf 2012

http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCgQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.kulinaria.org%2Fdownload%2Fmarktentwicklung-senf-2012.pdf&ei=Y1M-VLm0Bqa_ywOphlGwAg&usq=AFQjCNFSvJmSbV8owTivTIEQ4fxp2Y9erw&bvm=bv.77412846,d.bGQ Zugriff: 15.10.2014

KWS 2013: KWS Anbauplaner Winterraps

http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.kws.de%2Fglobal%2Fshow_document.asp%3Fid%3Daaaaaaaaaana pgr%26download%3D1&ei=sglgVM3KIlYAPdaJgJgO&usq=AFQjCNHkgJwx3QaD73A_tUdZ ql6QnzVQwQ&bvm=bv.75775273,d.ZWU Zugriff: 22.09.2014

LEL 2012: Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume Schwäbisch Gmünd LEL, Kalkulation von Substitutionswerten von Futtermitteln - Stand 09/2012, Dr. Ralf Over https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/MLR.LEL.Lde.W-2/Startseite/Nachhaltige+Unternehmensentwicklung/EDV_Fachanwendungen_Tierische+Erzeugung_extern;sessionid=3BCB3ACDBEF6B5FE1F7A92C13BE6CE11 Zugriff 28.02.2014

LII 2014: Legal Information Institut, 21 CFR 573.310 - Crambe meal, heat toasted <http://www.law.cornell.edu/cfr/text/21/573.310> Zugriff: 02.09.2014

MAKOWSKI UND TROEGEL 2001: N. Makowski, T. Troegel, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Krambe – eine alternative Sommerölfrucht, Landwirtschaftsverlag Münster 2001

MAKOWSKI 2009: Prof. Dr. Norbert Makowski, Zeitschrift Landpost, Ausgabe 11.Juli 2009, 33. Rapstag in Veelböken, S.38-39 http://www.lksh.de/fileadmin/user_upload/Presse/Archiv_2009/PDF_2809_11.07.2009/38-39_Makowski.pdf Zugriff: 11.09.2014

MATTHÄUS 2009: B. Matthäus, „Geschichte der Ölgewinnung“ in Matthäus, Münch: Warenkunde Ölpflanzen/Pflanzenöle, Agrimedia 2009

MATTHÄUS UND MÜNCH 2009: Matthäus, B.; Münch, E. W.: Warenkunde Ölpflanzen/Pflanzenöle, Agrimedia GmbH, 2009

MONSANTO 2013: Monsanto Agrar Deutschland GmbH, persönliches Gespräch Herr Platen, 17.09.2013

ÖHLMÜHLE KROPPESTEDT 2014: Kroppenstedter Ölmühle Walter Döpelheuer GmbH, persönliches Gespräch, 15.10.214

PAN 2009: PAN Germany Pestizid Aktions-Netzwerk e.V., Pflanzen für Bestäuber, Nektar-/Pollenwert Raps und Koriander http://www.pan-germany.org/download/biodiversitaet/pflanzen_fuer_bestaeuber.pdf Zugriff 26.02.2014

PROPLANTA 2013: Anbauflächen für Heil- und Gewürzpflanzen sollen wachsen http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Pflanze/Anbaufaelchen-fuer-Heil-und-Gewuerzpflanzen-sollen-wachsen_article1376987496.html Zugriff: 12.09.2014

RAPOOL 2014: Produktinformation: HOLLI-Raps öffnet neue Märkte! <https://www.dsv-saaten.de/export/sites/dsv-saaten.de/extras/dokumente/fachinfos/raps/holli-vistive-14-RZ.pdf> Zugriff 11.09.2014

REINHOLD 2014: Hausinterna Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena

REINHOLD ET AL., 2012: G. Reinhold, R. Riedel, W. Zorn, V. König: Merkblatt Eigenschaften von Biogasgülle, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2012

<http://www.tll.de/ainfo/pdf/bwx21012.pdf> Zugriff: 05.08.2014

SCHMIDT 2013: T. Schmidt, OVID – Verband der Ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland, Vortrag: Internationaler Handel mit Futtermitteln – Bedeutung für Tierproduktion und Welternährung, im Rahmen des 1. Futtermitteltages der Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft (AbL) und Germanwatch, Hamm, 03.06.2013

http://www.vom-acker-in-denfuttertrog.de/fileadmin/Dokumente/Vom_Acker_in_den_Futtertrog/Veranstaltungen/Vortrag_OVID_Schmidt_AbL_Futtermitteltag_Hamm_03_Juni_2013.pdf Zugriff: 24.09.2014

SCHÖNE 2009: „Verwendung von Extraktionsschroten und Presskuchen“ in Matthäus, Münch 2009: Warenkunde Ölpflanzen/Pflanzenöle, Agrimedia 2009

SCHUSTER 1992: W. Schuster, Ölpflanzen in Europa, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 1992

TECSON 2014: Tecson-Digital, Heizölpreise (10%-iger Abschlag aufgrund größerer Abnahmemengen) <http://www.tecson.de/pheizoel.html> Zugriff: 20.08.2014

TLL 2008: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Anbautelegramm Koriander

<http://www.tll.de/ainfo/pdf/kori0208.pdf> Zugriff: 22.09.2014

UFOP 2014: Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V., Marktinformationen,

<http://www.ufop.de/medien/downloads/agrar-info/marktinformationen/> Zugriff: 19.08.2014

VETTER UND WURL 2000: A. Vetter, G. Wurl, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Erarbeitung von produktionstechnischen Grundlagen für den Anbau von Iberischem Drachenkopf (*Lallemantia iberica* Fisch. et Mey.) sowie Eruierung von Ausgangsmaterial für die weitere Züchtung: Abschlussbericht

WEIRAUCH 2014: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, „Erfüllt der Winterrapsanbau 2013/14 die Kriterien der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung?

http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Acker-und_Pflanzenbau/Pflanzenbau_aktuell/Vortragsmanuskripte/MD-Auswertung/Weirauch_2013_Mhdruschauswertung.pdf Zugriff: 11.09.2014

Anhang

Anhang 1: Richtwerte für Kosten der Produktion von Iberischem Drachenkopf und Erzeugermindestpreis

Position	ME ¹	Ertragsniveau				
	dt/ha	10	15	20	25*	30*
Direktkosten	Saatgut	€/ha	38	38	38	38
	Düngemittel	€/ha	58	86	115	144
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	93	113	131	131
	Aufbereitung, Sonstiges	€/ha	13	17	21	27
	Summe	€/ha	201	255	305	339
Arbeitserledigungs- kosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	74	76	77	78
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	76	77	79	80
	Kraft- u. Schmierstoffe 1 €/l	€/ha	76	77	79	80
	Maschinenvermögen	€/ha	1526	1558	1581	1594
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,38	0,4	0,42	0,43
	AfA Maschinen	€/ha	132	135	138	139
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha ²	3,9	4,1	4,2	4,3
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha ²	2	2,2	2,3	2,3
	Personalkosten 9,49 €/h 50% Nebenkosten	€/ha	85	89	92	95
Leitung, Verwaltung (Personalkosten)	Anteil an Produktion 43%	€/ha	37	38	40	41
Arbeitserledigung inkl. Lohn + Verwaltung	Summe	€/ha	404	416	426	432
Flächenkosten	Pacht 3,2 €/BP ³	BP ³	35	45	55	55
		€/ha	112	144	176	176
Sonstige Kosten	Berufsgenossenschaft	€/ha	10	10	10	10
	sonst. allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	55	55
	Summe	€/ha	65	65	65	65
Summe Kosten		€/ha	782	881	972	1013
Flächenzahlung	10% Modulation	€/ha	311	311	311	311
	Ackerlandprämie	€/ha	345	345	345	345
Gewinnschwellenpreis inkl. Flächenzahlung		€/dt	50,8	40,6	35,1	29,7
Erzeugermindestpreis inkl. Flächenzahlung ⁴		€/dt	72,8	55,3	46,1	38,5

¹ Maßeinheit ² Arbeitskraftstunde/Hektar ³ Bodenpunkte ⁴ inkl. 220 €/ha Gewinn * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 2: Richtwerte für Kosten der Produktion von Krambe und Erzeugermindestpreis

Position	ME ¹	Ertragsniveau				
	dt/ha	10	15	20	25*	30*
Direktkosten	Saatgut	€/ha	38	38	38	38
	Düngemittel	€/ha	83	124	166	207
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	81	81	81	81
	Aufbereitung, Sonstiges	€/ha	13	17	21	27
	Summe	€/ha	215	261	307	353
Arbeits erledigungs-kosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	76	78	79	81
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	79	82	85	88
	Kraft- u. Schmierstoffe 1 €/l	€/ha	79	82	85	88
	Maschinenvermögen	€/ha	1562	1594	1625	1656
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,42	0,45	0,48	0,51
	AfA Maschinen	€/ha	135	138	140	143
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha ²	4,2	4,4	4,7	4,9
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha ²	2,2	2,3	2,5	2,5
	Personalkosten 9,49 €/h 50% Nebenkosten	€/ha	91	96	102	105
Leitung, Verwaltung (Personalkosten)	Anteil an Produktion 43%	€/ha	39	41	44	45
Arbeits erledigung inkl. Lohn + Verwaltung	Summe	€/ha	421	436	450	463
Flächenkosten	Pacht 3,2 €/BP ³	BP ³	35	45	55	55
		€/ha	112	144	176	176
Sonstige Kosten	Berufsgenossenschaft	€/ha	10	10	10	10
	sonst. allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	55	55
	Summe	€/ha	65	65	65	65
Summe Kosten		€/ha	813	906	998	1057
Flächenzahlung	10% Modulation	€/ha	311	311	311	311
	Ackerlandprämie	€/ha	345	345	345	345
Gewinnschwellenpreis inkl. Flächenzahlung		€/dt	54,0	42,3	36,5	31,6
Erzeugermindestpreis inkl. Flächenzahlung ⁴		€/dt	76,0	57,0	47,5	40,4

¹ Maßeinheit ² Arbeitskraftstunde/Hektar ³ Bodenpunkte ⁴ inkl. 220 €/ha Gewinn * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 3: Richtwerte für Kosten der Produktion von Koriander und Erzeugermindestpreis

Position	ME ¹	Ertragsniveau				
	dt/ha	10	15	20	25*	30*
Direktkosten	Saatgut	€/ha	100	100	100	100
	Düngemittel	€/ha	50	75	100	125
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	154	236	236	236
	Aufbereitung, Sonstiges	€/ha	13	17	21	27
	Summe	€/ha	316	428	457	488
Arbeits erledigungs-kosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	75	78	79	79
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	76	79	80	81
	Kraft- u. Schmierstoffe 1 €/l	€/ha	76	79	80	81
	Maschinenvermögen	€/ha	1545	1597	1610	1623
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,39	0,41	0,43	0,44
	AfA Maschinen	€/ha	134	140	141	142
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha ²	4,0	4,3	4,4	4,5
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha ²	2,1	2,2	2,3	2,4
	Personalkosten 9,49 €/h 50% Nebenkosten	€/ha	87	93	95	98
Leitung, Verwaltung (Personalkosten)	Anteil an Produktion 43%	€/ha	37	40	41	42
Arbeits erledigung inkl. Lohn + Verwaltung	Summe	€/ha	410	430	436	442
Flächenkosten	Pacht 3,2 €/BP ³	BP ³	35	45	55	55
		€/ha	112	144	176	176
Sonstige Kosten	Berufsgenossenschaft	€/ha	10	10	10	10
	sonst. allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	55	55
	Summe	€/ha	65	65	65	65
Summe Kosten		€/ha	904	1067	1134	1171
Flächenzahlung	10% Modulation	€/ha	311	311	311	311
	Ackerlandprämie	€/ha	345	345	345	345
Gewinnschwellenpreis inkl. Flächenzahlung		€/dt	85,3	68,0	54,4	35,3
Erzeugermindestpreis inkl. Flächenzahlung ⁴		€/dt	110,9	88,4	70,7	44,1

¹ Maßeinheit ² Arbeitskraftstunde/Hektar ³ Bodenpunkte ⁴ inkl. 220 €/ha Gewinn * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 4: Richtwerte für Kosten der Produktion von Erucaraps und Erzeugermindestpreis

Position		ME ¹	Ertragsniveau				
		dt/ha	10	20	30	40	50
Direktkosten	Saatgut	€/ha	67	81	67	74	81
	Düngemittel	€/ha	79	147	216	284	353
	Pflanzenschutzmittel	€/ha	176	176	176	213	256
	Aufbereitung, Sonstiges	€/ha	15	26	37	49	61
	Summe	€/ha	337	431	496	621	751
Arbeits erledigungs- kosten	Unterhaltung Maschinen	€/ha	67	69	69	73	77
	Kraft- u. Schmierstoffe	l/ha	76	80	80	85	89
	Kraft- u. Schmierstoffe 1 €/l	€/ha	76	80	80	85	89
	Maschinenvermögen	€/ha	1732	1811	1785	1880	1989
	Schlepperleistungsbesatz	kW/ha	0,37	0,39	0,42	0,45	0,49
	AfA Maschinen	€/ha	153	161	158	166	176
	Arbeitszeitbedarf termingebunden	AKh/ha ²	4,9	5,1	5,2	5,6	6,0
	Arbeitszeitbedarf nicht termingebunden	AKh/ha ²	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Personalkosten 9,49 €/h 50% Nebenkosten	€/ha	105	108	109	115	121
Leitung, Verwaltung (Personalkosten)	Anteil an Produktion 43%	€/ha	45	47	47	49	52
Arbeits erledigung inkl. Lohn + Verwaltung	Summe	€/ha	446	465	464	488	516
Flächenkosten	Pacht 3,2 €/BP ³	BP ³	35	35	35	45	55
		€/ha	112	112	112	144	176
Sonstige Kosten	Berufsgenossenschaft	€/ha	10	10	10	10	10
	sonst. allg. Betriebsaufwand	€/ha	55	55	55	55	55
	Summe	€/ha	65	65	65	65	65
Summe Kosten		€/ha	961	1073	1137	1318	1508
Flächenzahlung	10% Modulation	€/ha	311	311	311	311	311
	Ackerlandprämie	€/ha	345	345	345	345	345
Gewinnschwellenpreis inkl. Flächenzahlung		€/dt	69,4	40,5	29,1	26,5	25,1
Erzeugermindestpreis inkl. Flächenzahlung ⁴		€/dt	91,4	51,5	36,5	32,0	29,5

¹ Maßeinheit ² Arbeitskraftstunde/Hektar ³ Bodenpunkte ⁴ inkl. 220 €/ha

Anhang 5: Grundparameter der Produktion von Iberischem Drachenkopf, Krambe und Koriander

Position	ME	Ertragsniveau				
	dt/ha	10	15	20	25*	30*
Ackerzahl	-	35	45	55	55	55
Rohware naturtrocken(< 9 %)	%	25 %	50 %	75 %	75 %	75 %
Trocknungsanteil	%	75 %	50 %	25 %	25 %	25 %
Feuchtware	dt/ha	7,7	7,7	5,1	6,4	6,4
Kornfeuchte d. Trocknungsware	%	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %
Basisfeuchte	%	9 %	9 %	9 %	9 %	9 %
Schwundfaktor	-	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Bruttoertrag	dt/ha	10,2	15,2	20,1	25,1	25,1
Schwarzbesatz < 2 %	%	25 %	50 %	75 %	75 %	75 %
Schwarzbesatz 5 %	%	75 %	50 %	25 %	25 %	25 %
Rohware mit Aufbereitung	%	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
Rohware ohne Aufbereitung	%	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %

*bei Drachenkopf nur auf Versuchsflächen * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 6: Grundparameter der Produktion von Erucaraps

Position	ME	Ertragsniveau				
	dt/ha	10	20	30	40	50
Ackerzahl	-	35	35	35	48	62
Rohware naturtrocken(< 9 %)	%	30 %	50 %	60 %	60 %	60 %
Trocknungsanteil	%	70 %	50 %	40 %	40 %	40 %
Feuchtware	dt/ha	4,1	8,2	12,2	16,3	20,4
Kornfeuchte d. Trocknungsware	%	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %
Basisfeuchte	%	9 %	9 %	9 %	9 %	9 %
Schwundfaktor	-	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Bruttoertrag	dt/ha	10,1	20,1	30,2	40,3	50,4
Rohware mit Aufbereitung	%	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
Rohware ohne Aufbereitung	%	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %

Anhang 7: Spezialkosten Pflanzenschutz für die Produktion von Iberischem Drachenkopf

Kategorie	Mittel	AWM ¹	Preis	Kosten	Ertragsniveau, dt/ha					Ertragsniveau, dt/ha				
					10	15	20	25*	30**	10	15	20	25*	30*
		kg/l/ha	€/kg/l	€/ha	Behandlungsfaktor					anteilige Mittelkosten, €/ha				
Dikotyle Herbizide	VA ² Butisan [#]	2	35,3	71	1	1	1	1	1	70,6	70,6	70,6	70,6	71
	NA ³ Basagran [#]	2	34,7	69	0	0	0,25	0,25	0,25	0	0	17,4	17,4	69
	Summe				1	1	1,25	1,25	1,25	70,6	70,6	88	88	88
Gramnizide	Fusilade Max [#]	1	23,3	23	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2	2	2	2	2
	Summe				0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2	2	2	2	2
Fungizide	Folicur [#]	1,5	27	41	0,5	1	1	1	1	93	113	131	131	131
	Summe				0,5	1	1	1	1	20,3	40,5	40,5	40,5	40,5
PS ⁴ insge- samt					1,6	2,1	2,35	2,35	2,35	93	113	131	131	131

¹ Aufwandmenge ² Voraufbau ³ Nachaufbau ⁴ Pflanzenschutz [#] Pflanzenschutzmittel hat keine Zulassung in Kultur

* Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 8: Spezialkosten Pflanzenschutz für die Produktion von Krambe

Kategorie	Mittel	AWM ¹	Preis	Kosten	Ertragsniveau, dt/ha					Ertragsniveau, dt/ha				
					10	15	20	25*	30*	10	15	20	25*	30*
		kg/l/ha	€/kg/l	€/ha	Behandlungsfaktor					anteilige Mittelkosten, €/ha				
Dikotyle Herbizide	VA ² Butisan	2	35,3	71	1	1	1	1	1	70,6	70,6	70,6	70,6	70,6
	Summe				1	1	1	1	1	71	71	71	71	71
Gramnizide	Fusilade Max	1	23,3	23	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2	2	2	2	2
	Summe				0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2	2	2	2	2
Insektizide	Mospilan SG [#]	0,2	85,4	17	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	93	9	9	9	9
	Summe				0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	20,3	9	9	9	9
PS ³ insge- samt					1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	81	81	81	81	81

¹ Aufwandmenge ² Voraufbau ³ Pflanzenschutz [#] Pflanzenschutzmittel hat keine Zulassung in Kultur * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 9: Spezialkosten Pflanzenschutz für die Produktion von Koriander

Kategorie	Mittel	AWM ¹	Preis	Kosten	Ertragsniveau, dt/ha					Ertragsniveau, dt/ha				
					10	15	20	25*	30*	10	15	20	25*	30*
		kg/l/ha	€/kg/l	€/ha	Behandlungsfaktor					anteilige Mittelkosten, €/ha				
Dikotyle Herbizide	VA ² Bandur	3	22,6	68	1	1	1	1	1	68	68	68	68	68
	Summe				1	1	1	1	1	78	78	78	78	78
Gramnizide	Targa Super	2	17,7	35	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	4	4	4	4	4
	Summe				0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	4	4	4	4	4
Fungizide	Cuprozin Flüssig (2-malige An- wendung)	3	27,4	82	0,5	1	1	1	1	41	82	164	164	164
	Summe				1	2	2	2	2	20	82	164	164	164
PS ³ insge- samt					2,1	3,1	3,1	3,1	3,1	154	236	236	236	236

¹ Aufwandmenge ² Voraufbau ³ Pflanzenschutz * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 10: Spezialkosten Pflanzenschutz für die Produktion von Erucaraps

Kategorie	Mittel	AWM ¹	Preis	Kosten	Ertragsniveau, dt/ha					Ertragsniveau, dt/ha				
					10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
		kg/l/ha	€/kg/l	€/ha	Behandlungsfaktor					anteilige Mittelkosten, €/ha				
Herbizide Dikotyle ohne Kamille	VA ² Cirrus	0,24	240,3	58	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3	3
	VA ² Brasan	2,5	31,6	79	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	4	4
	VA ² Nimbus CS	2,5	31,9	82	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	12	12	12	12	12
Dikotyle mit Kamille	VA ² Colzor Trio	3,5	24,5	86	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	9	9	9	9	9
	VA ² /NA ³ Butisan Gold	2,5	35,2	88	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	13	13	13	13	13
	NA ³ Butisan Top	2	42,5	85	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	34	34	34	34	34
	NA ³ Fuego	1,5	28,3	42	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	2	2	2	2	2
	Summe			65	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	77	77	77	77	77
Gramnizide	Agil-S	0,8	26,3	21										
	Fusilade Max	1	23,5	24										
	Targa Super	1	17,8	18										
	Select 240 SC	0,5	16,8	8										
	Öl	1	16,8	17										
	Focus Ultra	2	19,7	39										
	Summe bzw. Mittelwert			25	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	14	14	14	14	14
Problem- Unkräuter	Effigo	0,35	115,2	40										
	Fox	1	20,6	21										
	Stomp Aqua	2	13,9	28										
	Summe			30	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1	1	1	1	1
Unkrautbe- hand-lung insgesamt	Summe				1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	93	93	93	93	93
Fungizide (Sclerotinia, Phoma)	Mirage 45 EC	1,5	16,9	25										
	Folicur	1	28	28										
	Caramba	1,25	28,4	36										
	Cantus Gold	0,5	110,5	55										
	Harvesan	0,8	44	35										
	Proline	0,7	75,4	53										
	Prosaro	1	54,2	54										
	Summe bzw. Mittelwert			41	1	1	1	1,75	2,5	41	41	41	72	102
Insektizide Rapsglanz- käfer	Trafo WG	0,1	48,7	5										
	Fastac SuperContact	0,1	84,5	8										
	Trebon 30 EC	0,2	55,8	11										

Kategorie	Mittel	AWM ¹	Preis	Kosten	Ertragsniveau, dt/ha					Ertragsniveau, dt/ha				
					10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
		kg/l/ha	€/kg/l	€/ha	Behandlungsfaktor					anteilige Mittelkosten, €/ha				
Stängel- und Blüten-schädlinge	Biscaya	0,3	62	19										
	Summe bzw. Mittelwert			11	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	1	1	1	2	3
	Trafo WG	0,15	48,7	7										
	Fastac SuperContact	0,1	84,5	8										
	Karate Zeon	0,075	118,5	9										
	Decis fl.	0,3	27,5	8										
	Trebon 30 EC	0,2	55,8	11										
	Biscaya	0,3	62	19										
	Plenum 50 WG	0,15	122	18										
	Summe bzw. Mittelwert			12	1,2	1,2	1,2	1,4	1,9	14	14	14	16	22
Insektizide	Summe				1,3	1,3	1,3	1,6	2,2	15	15	15	18	25
Wachstums-regler	Folicur	1	28	28										
	Moddus	0,5	64	32										
	Caramba	1,2	28,4	34										
	Carax	1	31,1	31										
	Tilmor	1,2	31,1	37										
	Toprex	0,5	69,5	35										
	Summe bzw. Mittelwert			33	0,15	0,15	0,15	0,25	0,4	5	5	5	8	13
Schnecken	Mesurol Schneckenkorn	5	6,9	35										
	Schneckenkorn	4	5	20										
	Delicia Schnecken-Linsen	3	7,2	22										
	Pro Limax	4	4,8	19										
	Summe bzw. Mittelwert			24	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	10	10	10	10	10
Feldmäuse	Ratron Giftlinsen	1	11,5	12										
	Ratron Giftweizen	2	4,9	10										
	Summe bzw. Mittelwert			11	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	3	3	3	3	3
Totalherbizide	Glyphosat-Mittel	5	5,4	27										
	Roundup UltraMax	4	9	36										
	Roundup Power Flex	3,75	9,6	36										
	Summe bzw. Mittelwert			33	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	10	10	10	10	10
PS ⁴ insgesamt	Summe				5	5	5	6,2	7,7	176	176	176	227	284

¹ Aufwandmenge ² Voraufbau ³ Nachaufbau ⁴ Pflanzenschutz

Anhang 11: Summe der Direktkosten für die Produktion von Iberischem Drachenkopf

Position	Spezifizierung		ME ¹	Ertragsstufen				
			dt/ha	10	15	20	25*	30*
Saatgut	Saatstärke		kg/ha	15	15	15	15	15
	Zukauf 2,53 €/kg ²		€/ha	38	38	38	38	38
	Summe		€/ha	38	38	38	38	38
Düngung	Entzug Korn, kg/dt	Preis €/kg						
N	3,01	1,0	€/ha	30	45	60	75	90
P	0,70	1,8	€/ha	13	19	25	32	38
K	1,59	0,8	€/ha	13	19	25	32	38
Mg	0,27	0,8	€/ha	2	3	4	5	6
	Summe		€/ha	58	86	115	144	173
Pflanzen-schutz			€/ha	93	113	131	131	131
Aufbereitung u. Sonstiges	Trocknung 10 F% ³ 0,97 €/dt je weiteres % 0,29 €/dt	Feuchtware Kosten	F% dt/ha €/dt	10 7,6 0,97	10 7,6 0,97	10 5,1 0,97	10 6,3 0,97	10 7,6 0,97
	Summe Trocknung		€/ha	7	7	5	6	7
	Aufbereitung Reinigung 3-8% SB ⁴	0,61 €/dt	m% €/ha	25 2	50 5	75 9	75 11	75 14
	Hagelversicherung 13,6°/∞		€/ha	4	6	7	9	11
	Körnerbelüftung m. Diesel- gebläse Fall: Einlagerung		m %	0	0	0	0	0
	0,5 l DK ⁵ /t	1 €/l	€/ha	0	0	0	0	0
Aufbereitung u. Sonstiges	Summe		€/ha	13	17	21	27	32

¹ Maßeinheit ² Mittelwert aus Senf und Lein weil kein Marktpreis für Iberischen Drachenkopf vorhanden ³ Feuchte ⁴ Schwarzbesatz ⁵ Dieseldienststoff * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 12: Summe der Direktkosten für die Produktion von Krambe

Position	Spezifizierung		ME ¹	Ertragsstufen				
			dt/ha	10	15	20	25*	30*
Saatgut	Saatstärke		kg/ha	15	15	15	15	15
	Zukauf 2,53 €/kg ²		€/ha	38	38	38	38	38
	Summe		€/ha	38	38	38	38	38
Düngung	Entzug Korn, kg/dt	Preis €/kg						
N	3,35	1,0	€/ha	34	50	67	84	101
P	0,70	1,8	€/ha	13	19	25	32	38
K	4,00	0,8	€/ha	32	48	64	80	96
Mg	0,60	0,8	€/ha	5	7	10	12	14
	Summe		€/ha	83	124	166	207	249
Pflanzen-schutz			€/ha	81	81	81	81	81
Aufbereitung u. Sonstiges	Trocknung 10 F% ³ 0,94 €/dt je weiteres % 0,31 €/dt	Feuchtware Kosten	F% dt/ha €/dt	10 7,6 0,97	10 7,6 0,97	10 5,1 0,97	10 6,3 0,97	10 7,6 0,97
	Summe Trocknung		€/ha	7	7	5	6	7
	Aufbereitung Reinigung 3-8% SB ⁴	0,33 €/dt	m% €/ha	25 2	50 5	75 9	75 11	75 14
	Hagelversicherung 6,7°/∞		€/ha	4	6	7	9	11
	Körnerbelüftung m. Diesel- gebläse Fall: Einlagerung		m %	0	0	0	0	0
	0,5 l DK ⁵ /t	1 €/l	€/ha	0	0	0	0	0
Aufbereitung u. Sonstiges	Summe		€/ha	13	17	21	27	32

¹ Maßeinheit ² Mittelwert aus Senf und Lein weil kein Marktpreis für Krambe vorhanden ³ Feuchte ⁴ Schwarzbesatz ⁵ Dieseldienststoff * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 13: Summe der Direktkosten für die Produktion von Koriander

Position	Spezifizierung		ME ¹	Ertragsstufen				
			dt/ha	10	15	20	25*	30*
Saatgut	Saatstärke		kg/ha	10	10	10	10	10
	Zukauf 10 €/kg		€/ha	10	10	10	10	10
	Summe		€/ha	100	100	100	100	100
Düngung	Entzug Korn, kg/dt	Preis €/kg						
N	3,35	1,0	€/ha	21	32	42	53	63
P	0,70	1,8	€/ha	11	17	23	28	34
K	4,00	0,8	€/ha	13	19	26	32	39
Mg	0,60	0,8	€/ha	5	7	10	12	14
	Summe		€/ha	50	75	100	125	150
Pflanzen- schutz			€/ha	154	236	236	236	236
Aufbereitung u. Sonstiges	Trocknung 10 F% ² 0,94 €/dt je weiteres % 0,31 €/dt	Feuchtware Kosten	F% dt/ha €/dt	10 7,6 0,97	10 7,6 0,97	10 5,1 0,97	10 6,3 0,97	10 7,6 0,97
	Summe Trocknung		€/ha	7	7	5	6	7
	Aufbereitung Reinigung 3-8% SB ³	0,33 €/dt	m% €/ha	25 2	50 5	75 9	75 11	75 14
	Hagelversicherung 6,7°/∞		€/ha	4	6	7	9	11
	Körnerbelüftung m. Diesel- gebläse Fall: Einlagerung		m %	0	0	0	0	0
	0,5 l DK ⁴ /t	1 €/l	€/ha	0	0	0	0	0
Aufbereitung u. Sonstiges	Summe		€/ha	13	17	21	27	32

¹ Maßeinheit ² Feuchte ³ Schwarzbesatz ⁴ Dieseldieselkraftstoff * Züchtungsfortschritt (Ertragsanstieg /-stabilisierung)

Anhang 14: Summe der Direktkosten für die Produktion von Erucaraps

Position	Spezifizierung			ME ¹	Ertragsstufen				
				dt/ha	10	20	30	40	50
Saatgut		Saatstärke	Saatgutpreis						
	Linien-sorte	3,1 kg/ha	17,4 €/kg	%	55	55	55	30	5
	Hybridsorte	0,32 U ² /ha	257 €/U ²	%	45	45	45	70	95
	Nachbau			%	0	0	0	0	0
	Summe			€/ha	67	67	67	77	86
Düngung	Entzug Korn, kg/dt		Preis €/kg						
N P K Mg S	3,35		1,0	€/ha	45	91	136	182	227
	0,70		1,8	€/ha	14	28	42	56	70
	4,00		0,8	€/ha	7	13	20	27	33
	0,60		0,8	€/ha	2	5	7	10	12
	30 kg/ha		0,35	€/ha	11	11	11	11	11
	Summe			€/ha	79	147	216	284	353
Pflanzen-schutz	Herbizide			€/ha	93	93	93	93	93
	Fungizide			€/ha	41	102	41	72	102
	Insektizide			€/ha	15	25	15	18	25
	Wachstumsregler			€/ha	5	13	5	8	13
	Allg. Schädlinge + Totalherbizide			€/ha	23	23	23	23	23
	Summe			€/ha	176	256	176	213	256
Aufbereitung u. Sonstiges	Trocknung 10 F% ³ 0,97 €/dt		Feuchtware Kosten	F%	10	10	10	10	10
	je weiteres % 0,29 €/dt			dt/ha	7,1	10,2	12,2	16,3	20,4
				€/dt	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Summe Trocknung			€/ha	7	10	12	16	20
	Aufbereitung 0,61 €/dt			m%	50	50	50	50	50
				€/ha	3	6	9	12	15
	Hagelversicherung 13,6 ‰			€/ha	5	10	16	21	26
	Körnerbelüftung m. Dieselgebläse Fall: Einlagerung			m %	0	0	100	100	100
	0,5 l DK ⁴ /t		1 €/l	€/ha	0	0	1,5	2,0	2,5
Aufbereitung u. Sonstiges	Summe			€/ha	15	26	38	51	64

¹ Maßeinheit ² Unit ³ Feuchte ⁴ Schwarzbesatz ⁵ Dieselkraftstoff

Anhang 15: Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarf für die Produktion von Iberischem Drachenkopf, Krambe und Koriander

Arbeitsart	Schlep- per	Bez. Ba- sis ¹	Leis- tung	Schlep- per	Arb.z. bed. ²	Rep.ko sten ³	DK- ⁴ Verbr.	AfA ⁵	Masch. verm. ⁶	Verf. kost. ⁷	Ertragsniveau dt/ha				
											10	15	20	25*	30*
	kW		ha bzw. t/h	Sh ⁸ /ha bzw. t	Akh ⁹ /ha bzw. t	€/ha bzw. t	l/ha bzw. t	€/ha bzw. t	€/ha bzw. t.	€/ha bzw. t		Bearbeitungsfaktor			
Grunddüngung mit Grossflächenstreuer inkl. Beladen 60dt; dt/ha; 24 m	67	ha	10,1	0,10	0,10	0,7	0,8	1,3	14	5,2	1	1	1	1	1
Stoppelsturz mit Schwergrubber 6 m flach	120	ha	4,0	0,25	0,25	7,9	6,5	8,8	119	29	1	1	1	1	1
Grundbodenbearbeitung m.Pflug u.Packer; 2,8 m	138	ha	1,1	0,93	0,93	20,6	25,0	22,4	292	89,4	1	1	1	1	1
Saatbettbereitung mit Gerätekombination; aufgesattelt; 8 m	138	ha	4,7	0,21	0,21	6,2	5,7	16,1	221	33	1	1	1	1	1
Aussaat mit Kreiselegge u. pneumatischer Sämaschi- ne 6 m inkl.Saatguttransport. ; 4 kg/ha	181	ha	2,1	0,49	0,49	14,4	13,6	20,6	225	59,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Aussaat mit Kreiselegge u. pneumatischer Sämaschi- ne 9 m inkl. Saatguttransport 4 kg/ha	106	ha	3,4	0,29	0,29	5,2	5,0	15,4	185	32,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cambridgewalzen ; 10 m	67	ha	4,5	0,22	0,22	2,9	2,6	5,1	69	15,9	1	1	1	1	1
Striegeln ; 18 m	83	ha	11,9	0,08	0,08	3,1	1,8	3,3	40	10,2	1	1	1	1	1
Feldspritze 3000 l; 200 l/ha inkl. Wassertransport; 24 m	74	ha	9,8	0,15	0,15	2,1	1,2	4,5	39	11,3	Drachenkopf				
											1,60	2,10	2,35	2,35	2,35
											Krambe				
											1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
											Koriander				
2,10	3,10	3,10	3,10	3,10											
N-Düngung m. Schleuderstreuer; direktes Verfahren; 3 dt/ha; inkl. Transport u. Umschlag (TU); 24 m	67	ha	8,9	0,11	0,11	0,8	0,8	1,3	14	5,6	1	1	1	1	1
Mähdrusch m. Strohreißer; 7500l; 6m	175	ha	1,6		0,62	17,5	18,9	46,5	465	97,1	1	1	1	1	1
Korntransport m. Allradschlepper u. Doppelzug zum Erfasser; 20 km; 20 t/TE (Transporteinheit)	138	t	7,1	0,14	0,14	1,4	2,3	2,1	26	9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	Krambe (Aufwand wegen geringer Schüttdichte erhöht: ungeschälte Krambe: 250 l/m³ im Vergl. zu Raps 690 l/m³ Schüttdichte)														
	138	t	2,7	0,37	0,37	3,3	6	2,1	62	23,4	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Korntransport m. Allradschlepper u. 1 Anhänger zum Zwischlager; 5 km; 10 t/TE	67	t	8,3	0,12	0,12	1,0	0,9	1,0	13	5,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Ein-u. Auslagerung Teleskoplader; 40 t/h; 80 kW	80	t	40,0	0,050	0,05	0,2	0,5	0,5	6	2,4	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Kornlager 7,2 kt ¹⁰ m.Unterflurbelüftung; 5 Monate		t			0,05	1,4	0,0	5,4	120	8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Drachenkopf															
Summe Feldproduktion o. Ernte, 15 dt/ha	0,37			2,6	2,6	56,5	55,1	85,8	1055	261					
Summe Feldproduktion o. Ernte, 20 dt/ha	0,37			2,6	2,6	57,0	55,4	86,9	1064	264					

Arbeitsart	Schlepper	Bez. Basis ¹	Leistung	Schlepper	Arb.z. bed. ²	Rep.kosten ³	DK- ⁴ Verbr.	AfA ⁵	Masch. verm. ⁶	Verf. kost. ⁷	Ertragsniveau dt/ha				
											10	15	20	25*	30*
	kW		ha bzw. t/h	Sh ⁸ /ha bzw. t	Akh ⁹ /ha bzw. t	€/ha bzw. t	l/ha bzw. t	€/ha bzw. t	€/ha bzw. t	€/ha bzw. t	Bearbeitungsfaktor				
Summe Feldproduktion o. Ernte, 25 dt/ha	0,37			2,6	2,6	57,0	55,4	86,9	1064	264					
Summe TU ⁹ nach Lagerung, 15 dt/ha	0,06			0,5	0,5	3,9	5,5	5,2	66	26					
Summe TU nach Lagerung, 20 dt/ha	0,08			0,6	0,6	5,2	7,3	7,0	88	35					
Summe TU nach Lagerung, 25 dt/ha	0,09			0,8	0,8	6,5	9,2	8,7	110	43					
Krambe															
Summe Feldproduktion o. Ernte, 15 dt/ha	0,36			2,5	2,5	55,4	54,5	83,6	1035	255					
Summe Feldproduktion o. Ernte, 20 dt/ha	0,36			2,5	2,5	55,4	54,5	83,6	1035	255					
Summe Feldproduktion o. Ernte, 25 dt/ha	0,36			2,5	2,5	55,4	54,5	83,6	1035	255					
Summe TU ⁹ nach Lagerung, 15 dt/ha	0,11			0,8	0,8	6,7	11,1	9,8	121	47					
Summe TU nach Lagerung, 20 dt/ha	0,15			0,1	0,1	9,0	14,8	13,1	161	63					
Summe TU nach Lagerung, 25 dt/ha	0,19			1,4	1,4	11,2	18,5	16,3	201	79					
Koriander															
Summe Feldproduktion o. Ernte, 15 dt/ha	0,37			2,6	2,6	56,5	55,1	85,8	1093	261					
Summe Feldproduktion o. Ernte, 20 dt/ha	0,37			2,6	2,6	56,5	55,1	85,8	1093	261					
Summe Feldproduktion o. Ernte, 25 dt/ha	0,37			2,6	2,6	56,5	55,1	85,8	1093	261					
Summe TU ¹¹ nach Lagerung, 15 dt/ha	0,06			0,5	0,5	3,9	5,5	5,2	66	26					
Summe TU nach Lagerung, 20 dt/ha	0,08			0,6	0,6	5,2	7,3	7,0	88	35					
Summe TU nach Lagerung, 25 dt/ha	0,09			0,8	0,8	6,5	9,2	8,7	110	43					

¹ Bezugsbasis ² Arbeitszeitbedingungen ³ Reparaturkosten ⁴ Dieselkraftstoffverbrauch ⁵ Aufwendungen für Abnutzung ⁶ Maschinenvermögen ⁷ Verfahrenskosten

⁸ Schlepperstunde ⁹ Arbeitskraftstunde ¹⁰ Kilotonnen ¹¹ Transport und Umschlag * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 16: Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarf für die Produktion von Erucaraps

Arbeitsart	Schlepper	Bez. Basis ¹	Leistung	Schlepper	Arb.z. bed. ²	Rep.kosten ³	DK- ⁴ Verbr.	AfA ⁵	Masch. verm. ⁶	Verf. kost. ⁷	Ertragsniveau dt/ha				
											10	20	30	40	50
	kW		ha bzw. t/h	Sh ⁸ /ha bzw. t	Akh ⁹ /ha bzw. t	€/ha bzw. t	l/ha bzw. t	€/ha bzw. t	€/ha bzw. t	€/ha bzw. t	Bearbeitungsfaktor				
Grunddüngung mit Grossflächenstreuer inkl. Beladen 60dt; dt/ha; 24 m	67	ha	10,1	0,10	0,10	0,7	0,7	1,4	14,5	5	1	1	1	1	1
Stoppelsturz mit Schwergrubber 6 m flach	120	ha	4,0	0,25	0,25	7,9	6,3	8,8	118,9	29	1	1	1	1	1
Grundbodenbearbeitung m.Pflug u.Packer; 2,8 m	138	ha	1,1	0,93	0,93	20,6	25,0	23,3	302,6	91	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Grundbodenbearbeitung m.Schwergrubber; 4,5 m	138	ha	1,9	0,52	0,52	10,3	14,9	12,7	164,3	51	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Saatbettbereitung mit Gerätekombination; aufgesattelt; 8 m	138	ha	4,7	0,21	0,21	6,2	5,7	16,7	227,9	34	1	1	1	1	1
Aussaat mit Kreiselegge u. pneumatischer Sämaschine 6 m inkl.Saatguttransport ; 4 kg/ha	181	ha	2,3	0,49	0,49	14,4	13,5	21,2	232,4	61	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Aussaat mit Kreiselegge u. pneumatischer Sämaschine 9 m inkl. Saatguttransport 4 kg/ha	106	ha	4,3	0,29	0,29	5,2	5,3	15,6	187,2	33	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cambridgewalzen ; 10 m	67	ha	4,5	0,22	0,22	2,9	2,6	5,2	70,4	16	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Feldspritze 3000 l; 200 l/ha inkl. Wassertransport; 24 m	74	ha	10	0,14	0,14	1,6	1,2	3,8	40,6	10	4,5	4,5	4,5	5,5	6,9
Giftweizenverlegung m.Quad 15 kW u.Legeflinte		ha	0,5	0,2	0,22	0,3	0,6	0,8	4,7	55	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
N-Düngung m. Schleuderstreuer; direktes Verfahren; 3 dt/ha; inkl. Transport u. Umschlag (TU); 24 m	67	ha	11,1	0,09	0,09	0,7	0,7	1,2	13,4	5	2	2	2	2	2
Mähdrescher SF mit Strohhäcksler u.Rapsvorsatz; 6m	175	ha	1,3		0,75	15,8	23,9	65,2	652,5	123	1	1	1	1	1
Korntransport m. Allradschlepper u. Doppelzug zum Erfasser; 20 km; 20 t/TE (Transporteinheit)	138	t	7,4	0,14	0,14	1,3	2,2	2,1	26,3	8,9	1	2	3	4	5
Korntransport m. Allradschlepper u. 1 Anhänger zum Zwischlager; 5 km; 10 t/TE	67	t	8,6	0,12	0,12	1,0	0,9	1,0	12,9	5,7	1	2	3	4	5
Ein-u. Auslagerung Teleskoplader; 40 t/h; 80 kW	80	t	48	0,042	0,04	0,2	0,4	0,4	4,9	2	1	2	3	4	5
Kornlager 7,2 kt ¹⁰ m.Unterflurbelüftung; 5 Monate		t			0,05	1,5	0,0	6	138,9	8,7	1	2	3	4	5
Summe Feldproduktion o. Ernte, 30 dt/ha	0,35			2,7	3,2	49,7	49,8	86	1053	263					
Summe Feldproduktion o. Ernte, 40 dt/ha	0,36			2,8	3,3	51,3	51,1	90	1096	274					
Summe Feldproduktion o. Ernte, 50 dt/ha	0,38			3,0	3,5	53,5	52,8	95,4	1153	288					
Summe TU ¹¹ nach Lagerung, 30 dt/ha	0,11			0,9	0,9	7,4	10,4	10,5	132	50					
Summe TU nach Lagerung, 40 dt/ha	0,14			1,2	1,2	9,9	13,9	14	176	66					
Summe TU nach Lagerung, 50 dt/ha	0,18			1,5	1,5	12,3	17,3	17,5	221	83					

¹ Bezugsbasis ² Arbeitszeitbedingungen ³ Reparaturkosten ⁴ Dieselkraftstoffverbrauch ⁵ Aufwendungen für Abnutzung ⁶ Maschinenvermögen ⁷ Verfahrenskosten ⁸ Schlepperstunde ⁹ Arbeitskraftstunde

¹⁰ Kilotonnen ¹¹ Transport und Umschlag

Anhang 17: Arbeitskosten für die Produktion von Iberischem Drachenkopf und Koriander

Position	Produktionsabschnitt	ME ¹	Ertragsstufe				
Arbeitszeit- bedarf		dt/ha	10	15	20	25*	30*
	Feldproduktion ohne Ernte	AKh ² /ha	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
	Feldernte	AKh/ha	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
	Transport bei Verkauf zur Ernte	AKh/ha	0,14	0,21	0,3	0,4	0,4
	Transport, Umschlag und Lagerung	AKh/ha	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1
	Regiestundenzuschlag	%	20	20	20	20	20
	nicht termingebundene Arbeiten		Drachenkopf				
			2,04	2,16	2,25	2,33	2,4
			Koriander				
		AKh/ha	2,08	2,24	2,32	2,39	2,45
	Summe Verkauf zur Ernte o. nicht termingebundener Arbeit	AKh/ha	4,0	4,3	4,4	4,5	4,5
	Summe nach Lagerung o. nicht termingebundener Arbeit		Drachenkopf				
			4,2	4,5	4,8	5,0	5,2
			Koriander				
		AKh/ha	4,3	4,7	4,9	5,1	5,3
Arbeitskosten	9,49 €/h 50% LNK ³						
	Summe Verkauf zur Ernte		Drachenkopf				
			85	89	92	95	97
			Koriander				
		€/ha	87	93	95	98	100
	Summe Verkauf nach Einlagerung		Drachenkopf				
			89	95	100	104	108
			Koriander				
		€/ha	91	99	103	107	111

¹ Maßeinheit ² Arbeitskraftstunde ³ Lohnnebenkosten * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 18: Arbeitskosten für die Produktion von Krambe

Position	Produktionsabschnitt	ME ¹	Ertragsstufe				
Arbeitszeit- bedarf		dt/ha	10	15	20	25*	30*
	Feldproduktion ohne Ernte	AKh ² /ha	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6
	Feldernte	AKh/ha	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
	Transport bei Verkauf zur Ernte	AKh/ha	0,37	0,56	0,7	0,9	1,1
	Transport, Umschlag und Lagerung	AKh/ha	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
	Regiestundenzuschlag	%	20	20	20	20	20
	nicht termingebundene Arbeiten	AKh/ha	2,18	2,32	2,47	1,5	2,5
	Summe Verkauf zur Ernte o. nicht termingebundene Arbeit	AKh/ha	4,2	4,4	4,7	4,9	5,1
	Summe nach Lagerung o. nicht termingebundene Arbeit	AKh/ha	4,5	4,8	5,2	5,6	5,9
Arbeitskosten	9,49 €/h 50% LNK ³						
	Summe Verkauf zur Ernte	€/ha	91	96	102	105	108
	Summe Verkauf nach Einlagerung	€/ha	95	102	109	115	120

¹ Maßeinheit ² Arbeitskraftstunde ³ Lohnnebenkosten * Züchtungsfortschritt (Ertragsanhebung bzw. -stabilisierung)

Anhang 19: Arbeitskosten für die Produktion von Erucaraps

Position	Produktionsabschnitt	ME ¹	Ertragsstufe				
Arbeitszeit- bedarf		dt/ha	10	20	30	40	50
	Feldproduktion ohne Ernte	AKh ² /ha	3,2	3,2	3,2	3,3	3,5
	Feldernte	AKh/ha	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Transport bei Verkauf zur Ernte	AKh/ha	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7
	Transport, Umschlag und Lagerung	AKh/ha	0,3	0,7	1	1,4	1,7
	Regiestundenzuschlag	%	20	20	20	20	20
	nicht termingebundene Arbeiten	AKh/ha	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Summe Verkauf zur Ernte o. nicht termingebundene Arbeit	AKh/ha	4,9	5,1	5,2	5,6	6
	Summe nach Lagerung o. nicht termingebundene Arbeit	AKh/ha	5,1	5,6	5,9	6,6	7,3
Arbeitskosten	9,49 €/h 50% LNK ³						
	Summe Verkauf zur Ernte	€/ha	105	108	109	115	121
	Summe Verkauf nach Einlagerung	€/ha	108	115	120	129	139

¹ Maßeinheit ² Arbeitskraftstunde ³ Lohnnebenkosten

Anhang 20: Tierspezifische Verdaulichkeiten der Inhaltstoffe,% TM

Verdaulichkeiten (D)	Wiederkäuer (Rind)	Schwein
DXP (Protein)	86,16	74,07
DXL (Fett)	82,97	61,24
DOS (org.S.)	80,03	66,77
DXF (Faser)	48,02	38,78

Anhang 21: Presskuchenmindestpreise €/dt Frischmasse, Vergleichsfutter Sojaschrot-Normtyp und Futtergerste*

	Basis	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Eruca-Raps	00-Raps
Rindermast	XP / ME	24,00	23,13	22,55	36,14	32,48
Milchvieh	XP / NEL	23,09	22,88	22,31	35,91	32,26
Schwein	XP / ME	20,05	19,75	18,41	33,98	29,94
Schwein	Lys / ME	19,85	21,12	17,83	34,99	32,33

*Preise Referenzfuttermittel vom 25.02.2014 (Proteinmarkt, 2014 und Proplanta, 2014)

Anhang 22: Presskuchenmindestpreise €/dt Frischmasse, Vergleichsfutter Rapsextraktionsschrot und Futtergerste*

	Basis	Drachenkopf	Krambe	Koriander	Eruca-Raps	00-Raps
Rindermast	XP / ME	19,99	20,90	20,04	27,13	25,28
Milchvieh	XP / NEL	19,83	20,59	19,78	27,14	25,22
Schwein	XP / ME	14,58	16,08	14,11	25,17	22,48
Schwein	Lys / ME	15,36	17,56	14,46	27,29	25,24

* Preise Referenzfuttermittel vom 25.02.2014 (Ufop, 2014 und Proplanta 2014)