

Regional-ökonomische Effekte der Nutzung von Pflanzenöl-Kraftstoff in Landmaschinen

Studie erstellt im Auftrag der John Deere GmbH & Co. KG
im Rahmen des Forschungsprojektes „PraxTrak“ gefördert durch
das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

überarbeitete Version vom 30. März 2015



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

© B.A.U.M. Consult GmbH

Dr. Michael Stöhr
Gotzingerstr. 48-50
81371 München
Tel. 089/18935-0
m.stoehr@baumgroup.de
www.baumgroup.de



Hinweise

Diese Studie wurde von B.A.U.M. Consult GmbH München/ Berlin im Auftrag der John Deere GmbH & Co. KG im Rahmen des Forschungsprojekts „PraxTrak – Herstellung und Demonstration der Praxistauglichkeit von Traktoren mit Motoren der Emissionsstufe Tier 4/ EU Stufe 4 im Betrieb mit Pflanzenöl“ erstellt. Das Projekt PraxTrak wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) auf Grund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.

Bei der Erstellung der Studie wurde darauf geachtet die jeweils aktuellsten Daten und Informationen zugrunde zu legen. Bei Informationen aus dem Internet wurde in den Quellenangaben durch den Zusatz [abgerufen am ...] vermerkt, zu welchem Datum das letzte Mal überprüft wurde, ob die verwendete Information dort noch vorzufinden ist.

INHALT

Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	4
1 ZUSAMMENFASSUNG	5
2 AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG	7
3 VORGEHENSWEISE	9
4 ERGEBNISSE	11
4.1 Definition einer repräsentativen Modellregion	11
4.2 Regional-ökonomische Effekte der Deckung der Hälfte des Traktorkraftstoffbedarfs der Modellregion durch Rapsölkraftstoff aus der Modellregion	14
4.2.1 Benötigte Landwirtschaftsfläche	14
4.2.2 Verringerung des Geldabflusses für Diesel- und Futtermittelbezug	16
4.2.3 Verringerung des Geldzufluss aus Verkauf von Rapssaat	17
4.2.4 Zusätzlicher Geldabfluss im Zusammenhang mit der Rapssaatpressung	17
4.2.5 Netto-Wertschöpfung	18
4.2.6 Arbeitsplätze	18
4.3 Regional-ökonomische Effekte der Deckung der Hälfte des Traktorkraftstoffbedarfs der Modellregion durch Leindotterölkraftstoff aus der Modellregion	18
4.3.1 Benötigte Landwirtschaftsfläche	18
4.3.2 Verringerung des Geldabflusses für Diesel- und Futtermittelbezug	20
4.3.3 Zusätzlicher Geldabfluss im Zusammenhang mit Leindotteranbau und -pressung	21
4.3.4 Netto-Wertschöpfung	22
4.3.5 Arbeitsplätze	22
4.3.6 Sensitivitätsanalyse	23
5 FAZIT UND WEITERER UNTERSUCHUNGSBEDARF	24



TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Struktur der Landkreise in Deutschland.....	12
Tab. 2:	Relevante Parameter für Deutschland und die Modellregion	13

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AK	Arbeitskraft
AKh	Arbeitskraftstunde
BCMB	B.A.U.M. Consult GmbH München/ Berlin
ETIC	European Technology and Innovation Center
PraxTrak	praxis-tauglicher Traktor
TFZ	Technologie und Förderzentrum
TUKL	Technische Universität Kaiserslautern

1 Zusammenfassung

Es wurde die Frage untersucht, welche regional-ökonomischen Effekte erzielt werden, wenn in einer Region die Hälfte des für den Antrieb der Traktoren in der Region benötigten Dieselkraftstoffs durch Pflanzenölkraftstoff ersetzt und in adäquat angepassten Traktoren eingesetzt wird. Dazu wurde eine Modellregion von der durchschnittlichen Größe der deutschen Landkreise definiert, die Deutschland im Verhältnis 1:308,45 hinsichtlich aller relevanten Parameter abbildet.

Es wurde verifiziert, dass der in dieser Modellregion produzierte Raps ausreicht, um in einer dezentralen Ölgewinnungsanlage die Menge an Rapsöl zu erzeugen, die benötigt wird, um die Hälfte des Traktorkraftstoffs zu ersetzen. Angenommen wurde, dass die dafür erforderliche Menge an Raps nicht mehr an eine zentrale, außerhalb der Region gelegene Ölgewinnungsanlage geliefert und stattdessen dezentral verarbeitet wird. Dadurch sinken die Menge des von außerhalb der Region bezogenen Dieselkraftstoffs und der entsprechende Geldabfluss aus der Region um die Hälfte. Zugleich sinkt der Geldzufluss in die Region im Zusammenhang mit dem Verkauf von Rapssaat an die zentrale Ölgewinnungsanlage.

Es wurde weiter verifiziert, dass in der Modellregion mehr Rapsextraktionsschrot als Futtermittel verbraucht wird als in dem untersuchten Szenario in der dezentralen Ölgewinnungsanlage erzeugt wird. Folglich kann angenommen werden, dass dieser den Import der gleichen Menge an Rapsextraktionsschrot von außerhalb der Region ersetzt. Damit sinken entsprechend die Geldabflüsse aus der Region für den Bezug von Rapsextraktionsschrot. Nach Berücksichtigung des verringerten Geldzuflusses aus dem Verkauf von Rapssaat und der Geldabflüsse im Zusammenhang mit der dezentralen Öl- und Ölkuchengewinnung verbleibt netto eine Steigerung der regionalen Wertschöpfung von 0,9 Millionen Euro, das sind 960 Euro je landwirtschaftlicher Betrieb. Es wird in dem betrachteten Szenario jedoch lediglich bei der Ölgewinnungsanlage eine zusätzliche Teilzeitstelle im Umfang von etwa 1,5 Stunden pro Tag, beziehungsweise 8,25 Stunden pro Woche geschaffen.

Es wurde weiter untersucht, ob eine Umstellung des Getreideanbaus in der Modellregion auf Mischfruchtanbau mit Leindotter erlaubt, die Menge an Leindotteröl zu erzeugen, mit dem die Hälfte des Traktorkraftstoffs der Region ersetzt werden kann. Das ist nicht der Fall. Es wurde sodann untersucht, ob alternativ der Anbau einer Leindotterreinkultur als späte Zweitfrucht nach Getreide dies erlaubt. Dem ist so. Unterstellt wurde nun, dass Leindotteröl mindestens mit einem Anteil von 50% an einer Traktorkraftstoffmischung und Leindotterextraktionsschrot als Futtermittel an Stelle von Rapsextraktionsschrot zugelassen ist. Dann sinken die Geldabflüsse aus der Region für Dieselkraftstoff und Rapsextraktionsschrot wie im Fall der 50% Traktorkraftstoffbereitstellung aus Rapsöl. Veränderungen der Geldzuflüsse gibt es keine. Hinzu kommen jedoch neue Geldabflüsse im Zusammenhang mit der Leindotterproduktion sowie der Öl- und Ölkuchengewinnung. Netto steigt jedoch die regionale Wertschöpfung um 2,8 Millionen Euro, das sind 3.000 Euro je landwirtschaftlicher Betrieb. Dabei wird Beschäftigung im Umfang von etwa 31 Vollzeitstellen geschaffen.

Die Ergebnisse zu Leindotter setzten voraus, dass keine andere Zweitfrucht nach Getreide verdrängt wird. Geschieht dies, sind die regional-ökonomischen Nettoeffekte weniger ausgeprägt. Die Ergebnisse zu Leindotter hängen auch von den sonstigen, vergleichsweise unsicheren Annahmen ab, wenn auch nicht sehr sensibel. Hier ist eine Neubewertung erforderlich, sobald fundierte Daten zu Leindotterreinkulturen



vorliegen, beziehungsweise sobald diese durch eine Weiterentwicklung der Kultivierung von Leindotter signifikant geändert wurden.

Es ist folglich möglich, die Hälfte des Traktorkraftstoffs eines durchschnittlichen deutschen Landkreises oder einer vergleichbaren Region durch Raps- oder Leindotterölkraftstoff zu ersetzen. Im Fall von Raps steigt die Netto-Wertschöpfung in der Region um etwa eine Million Euro, im Fall von Leindotter um fast drei Millionen, und steht landwirtschaftlichen Betrieben für andere Ausgaben zur Verfügung. Zusätzliche Beschäftigung entsteht vor allem bei der Nutzung von Leindotterölkraftstoff aus der Region.

Möglich und besonders interessant ist die Option, dass der gesamte Traktorkraftstoff der Region durch eine 50:50 Mischung aus Raps- und Leindotterölkraftstoff gedeckt wird. In diesem Fall addieren sich die regional-ökonomischen Effekte der beiden Szenarien.

2 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Projekts „PraxTrak – Herstellung und Demonstration der Praxistauglichkeit von Traktoren mit Motoren der Emissionsstufe Tier 4/ EU Stufe 4 im Betrieb mit Pflanzenöl“, welches das John Deere European Technology Innovation Center (JD ETIC), Kaiserslautern, zusammen mit dem Technologie- und Förderzentrum (TFZ), Straubing, und der Technischen Universität Kaiserslautern (TUKL) vom 1. Januar 2012 bis zum 31. Dezember 2014 durchführte, wurde die B.A.U.M. Consult GmbH München/Berlin (BCMB) von JD ETIC mit Aufgaben bei der Erstellung und Pflege der Projektwebsite und bei der Durchführung der Abschlussveranstaltung sowie einer Folgenabschätzung beauftragt.

Im Rahmen der Folgenabschätzung sollten ursprünglich folgende Aufgaben bearbeitet werden:

- Berechnung der Treibhausgasemissionen für verschiedene Pflanzenölkraftstoffe mit Hilfe des vom Autor der vorliegenden Studie, im Rahmen des Vorgängerprojektes 2ndVegOil entwickelten mathematischen Modells (kompatibel mit der Kraftstoffqualitätsrichtlinie 2009/30/EG)¹
- Variantenberechnung zu verschiedenen Optionen der Stickstoffdüngung beim Ölpflanzenanbau
- Abschätzung des Einflusses regionalspezifischer Anbauparameter auf die Treibhausgasbilanz
- Berechnungen zum Einfluss von N₂O aus dem Verbrennungsvorgang auf die Treibhausgasbilanz
- Abschätzung der Folgen von verändertem Kraftstoffbedarf, Bedienung, Instandhaltung und Wartung eines Stufe-4 Pflanzenöl-Traktors im Vergleich zu einem dieselbetriebenen Traktor

Von der Bearbeitung all dieser Punkte wurde im Verlauf des Projektes aus verschiedenen Gründen Abstand genommen:

- Auf Grund der allgemein noch sehr kontrovers diskutierten und damit ungeklärten Frage, ob und wie indirekte Landnutzungsänderungen bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden sollten, und auf Grund der Tatsache, dass verschiedene Ansätze diese zu berücksichtigen zu erheblichen größeren Unterschieden im Ergebnis führen, als verschiedene Pflanzenöle, erschien es nicht sinnvoll die im Projekt 2ndVegOil bereits durchgeführten Berechnungen in diesem Stadium zu verallgemeinern und zu verfeinern.
- Eine Variantenberechnung zu verschiedenen Optionen der Stickstoffdüngung wurde im Rahmen einer Untersuchung des Einflusses regionalspezifischer Anbauparameter auf die Treibhausgasbilanz bereits anderweitig durch das TFZ vorgenommen und die Ergebnisse publiziert.² Die zentralen Ergebnisse dieser Untersuchung sind, dass (1) die Wahl des Stickstoffdüngers einen erheblichen Einfluss auf die Treibhausgasbilanz der Rapsölkraftstoffproduktion hat und (2) diese durch klein-räumige dezentrale Ölproduktion in kleinen Ölgewinnungsanlagen verbessert werden und so der Zielwert der EU-Kraftstoffqualitätsrichtlinie³ von mindestens 60% Treibhausgasemissionsminderung beim Ersatz von Dieselmotoren durch Biokraftstoff von dezentral erzeugtem Rapsöl eingehalten werden kann. Weiter-

¹ M. Stöhr, P. Pickel: Klimadesign von Pflanzenölkraftstoffen, Agrartechnische Berichte aus Sachsen-Anhalt Nr. 5, 2012

² L. Strimitzer, K. Engelmann, K. Thuneke, E. Remmele: Rapeseed oil fuel from decentralized oil mills in Bavaria – an ecological comparison; 11th International Conference on Biofuels – Fuels of the Future 2014

³ Richtlinie 2009/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009



hin hat diese Untersuchung gezeigt, dass der Ersatz von Soja-Extraktionsschrot durch Rapsextraktionsschrot zu bedeutenden Treibhausgasemissionsminderungen führt.

- Ein überschlägige Abschätzung des Einflusses von N₂O aus dem motorischen Verbrennungsvorgang auf die Treibhausgasbilanz auf der Grundlage der im Projekt PraxTrak durchgeführten N₂O-Messungen im Abgas ergab, dass der Einfluss vernachlässigbar, vor allem aber im Wesentlichen kraftstoffunabhängig ist.
- Auf der Grundlage der in PraxTrak und in vorangegangenen Projekten gemachten Erfahrungen kann überschlägig prognostiziert werden, dass Kraftstoffbedarf, Bedienung, Instandhaltung und Wartung eines Stufe-4 Pflanzenöl-Traktors im Vergleich zu einem dieselbetriebenen Traktor nicht hinreichend verschieden sind, als dass nennenswerte Folgen für die Umstellung von Diesel- auf Pflanzenölbetrieb aufgezeigt werden könnten.

Vor dem Hintergrund, dass einige der ursprünglich formulierten Fragestellungen zu den Folgen des Pflanzenöleinsatzes als Kraftstoff in Landmaschinen im Rahmen des PraxTrak-Projektes nicht zufriedenstellend zu bearbeiten sind, andere im Rahmen anderer Forschungsprojekte beantwortet wurden, und wieder andere im Projekt PraxTrak selbst mit geringem Aufwand beantwortet werden konnten, wurde in Abstimmung zwischen allen Projektpartnern eine relevant erscheinende, anderweitig noch nicht bearbeitete und auch nicht einfach zu beantwortende Fragestellung formuliert:

Welche regional-ökonomischen Effekte werden erzielt, wenn in einer Region die Hälfte des für den Antrieb der Traktoren der Region benötigten Dieseldieselskraftstoffs durch Pflanzenölkraftstoff ersetzt und in adäquat angepassten Traktoren eingesetzt wird?

Für die Bearbeitung dieser Fragestellung konzipierte BCMB folgende Arbeitsschritte:

1. Definition einer repräsentativen Modellregion
2. Berechnung der regional-ökonomischen Effekte des Ersatzes der Hälfte des Traktorkraftstoffs für die Modellregion durch Rapsölkraftstoff aus der Modellregion
3. Berechnung der regional-ökonomischen Effekte des Ersatzes der Hälfte des Traktorkraftstoffs der Modellregion durch Leindotterölkraftstoff aus Mischfruchtanbau mit Getreide in der Modellregion beziehungsweise Leindotteranbau in Reinkultur als späte Zweitfrucht nach Getreide
4. Identifikation des weiteren Untersuchungsbedarfs

3 Vorgehensweise

1. Definition einer repräsentativen Modellregion

Die Modellregion soll den ländlichen Raum in Deutschland repräsentativ abbilden. Sie soll dabei zwei Kriterien genügt:

- (1) Sie soll hinreichend groß sein, so dass darin eine regionale Wirtschaft mit weitgehend geschlossenen Kreisläufen in den Bereichen Pflanzenölkraftstoffe und Futtermittel existieren kann.
- (2) Sie soll hinreichend klein sein, so dass Transporte von Ölsaaten, Ölextraktionsschrot und Pflanzenölkraftstoff noch mit Landmaschinen durchgeführt werden können.

Die Definition der Modellregion ist so zu fassen, dass diese beiden Kriterien erfüllt sind.

2. Berechnung der regional-ökonomischen Effekte des Ersatzes der Hälfte des Traktorkraftstoffs für die Modellregion durch Rapsölkraftstoff aus der Modellregion

Es sei angenommen, dass die Hälfte des in der Modellregion in Traktoren verwendeten Dieselkraftstoffs durch Rapsölkraftstoff aus der Modellregion mit dem gleichen Energiegehalt, bemessen nach dem unteren Heizwert, bereitgestellt werde. Zunächst ist zu prüfen, ob der dafür erforderliche Rapsölkraftstoff teilweise oder vollständig innerhalb der Region produziert werden kann und in welchem Umfang dafür Änderungen der Flächennutzungsstruktur erforderlich sind. Sodann sollen für die landwirtschaftlichen Betriebe der Region überschlägig berechnet werden:

- Veränderung der Kosten auf Grund des alternativen Kraftstoffbezugs
- Veränderung der Kosten auf Grund des teilweisen Ersatzes extern zugekaufter Futtermittel durch Rapsölextraktionsschrot aus der Modellregion
- Veränderung der Betriebsmittel- und Arbeitserledigungskosten
- Veränderung der Zahl der Arbeitsplätze beziehungsweise Vollzeitstellenäquivalente

3. Berechnung der regional-ökonomischen Effekte des Ersatzes der Hälfte des Traktorkraftstoffs der Modellregion durch Leindotterölkraftstoff aus der Modellregion

Es sei analog zu Schritt 2 angenommen, dass die Hälfte des Traktorkraftstoffs für die Modellregion durch Leindotterölkraftstoff aus Mischfruchtanbau mit Getreide oder aus Reinkultur als späte Zweitfrucht mit dem gleichen Energiegehalt, bemessen nach dem unteren Heizwert, in der Modellregion bereitgestellt werde. Leindotteröl ist als Reinkraftstoff nicht normkonform nach DIN SPEC 51623 und kann daher nur als Mischungskraftstoff z.B. als Leindotteröl-Rapsöl-Mischung eingesetzt werden. Allerdings wurde bereits die

prinzipielle Eignung von Leindotteröl als Kraftstoff im 2ndVegOil-Projekt nachgewiesen.⁴ Das berechnete Szenario legt nicht genauer fest, in welchen Mischungen Leindotteröl als Kraftstoff in einzelnen Traktoren eingesetzt wird. Es setzt lediglich voraus, dass sein Anteil am Kraftstoffenergiegehalt im Mittel mindestens 50% beträgt. Eine Möglichkeit ist dabei die Kombination mit dem unter Punkt 2 skizzierten Szenario und der Einsatz einer 50:50 Raps-/Leindotterölkraftstoffmischung.

Zunächst ist zu prüfen, ob die Umstellung des Getreideanbaus in der Modellregion auf Mischfruchtanbau beziehungsweise Leindotteranbau in Reinkultur als späte Zweitfrucht erlaubt, die für die genannte Umstellung benötigte Leindotterölkraftstoffmenge zu erzeugen. Wenn weder das eine noch das andere möglich ist, ist der Teil des durch Leindotterölkraftstoff ersetzten Agrardieselmotorkraftstoffs passend herabzusetzen. Sodann soll für die landwirtschaftlichen Betriebe der Modellregion überschlägig berechnet werden:

- Veränderung der Kosten auf Grund des alternativen Kraftstoffbezugs
- Veränderung der Kosten auf Grund des teilweisen Ersatzes extern zugekaufter Futtermittel durch den zugleich mit dem Leindotterkraftstoff in der Modellregion erzeugten Leindotterölextraktionsschrot, sofern dessen Zulassung als Futtermittel erfolgt^{5,6}
- Veränderung der Betriebsmittel- und Arbeitserledigungskosten
- Veränderung der Zahl der Arbeitsplätze beziehungsweise Vollzeitstellenäquivalente

4. Identifikation des weiteren Untersuchungsbedarfs

Im Rahmen dieser Studie können nicht alle Einflussgrößen und Effekte der Deckung der Hälfte (oder eines geringeren Teils) des Traktorkraftstoffbedarfs einer Region mit Pflanzenölkraftstoffen berücksichtigt und am Beispiel einer Modellregion berechnet werden. Bei der Bearbeitung können jedoch solche Einflussgrößen und Effekte sowie sonstige Aspekte identifiziert werden, deren Betrachtung im Rahmen nachfolgender Arbeiten weitere relevante Erkenntnisse erbringen könnte.

⁴ Demonstration of 2nd Generation Vegetable Oil Fuels in Advanced Engines (2ndVegOil), Publishable Final Project Report, Agrartechnische Berichte aus Sachsen-Anhalt, Nr. 6, 2012; <http://www.2ndvegoil.eu/default.asp?Menu=317> [abgerufen am 15. Januar 2015]

⁵ In der 11. Auflage der Positivliste für Einzelfuttermittel der Normenkommission für Einzelfuttermittel im Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft von August 2014 fehlt Leindotter noch; <http://www.dlg.org/positivliste.html> [abgerufen am 8. Januar 2015]

⁶ Laut Wikipedia ist Leindotter aktuell nicht als Futtermittel zugelassen, weil in den vergangenen Jahren regelmäßige Kontaminierungen in importiertem Extraktionsschrot festgestellt wurden. Die Zulassung werde jedoch für die Zukunft erwartet. S. <http://de.wikipedia.org/wiki/Leindotter> [abgerufen am 8. Januar 2015]

4 Ergebnisse

4.1 Definition einer repräsentativen Modellregion

Das Ziel dieses Arbeitsschrittes ist, eine Modellregion zu definieren, die den ländlichen Raum in Deutschland repräsentativ abbildet. Die Definition soll so gefasst werden, dass die Modellregion zwei Kriterien genügt:

- (1) Sie soll hinreichend groß sein, so dass darin eine regionale Wirtschaft mit weitgehend geschlossenen Kreisläufen in den Bereichen Pflanzenölkraftstoffe und Futtermittel existieren kann.
- (2) Sie soll hinreichend klein sein, so dass Transporte von Ölsaaten, Ölextraktionsschrot und Pflanzenölkraftstoff noch mit Landmaschinen durchgeführt werden können.

Das erste Kriterium legt die Mindestgröße der Modellregion fest, das zweite ihre maximale Größe. Letzte kann leicht aus der typischen Entfernung abgeleitet werden, über die dezentrale Ölgewinnungsanlagen Rapsaat beziehen, beziehungsweise Rapsöl vermarkten. Nach einer Untersuchung des TFZ im Frühjahr 2004 und im Frühjahr 2007, in dem Zeitraum, an dessen Ende die Zahl der Ölgewinnungsanlagen in Deutschland ihr Maximum erreichte, bezogen 59% der dezentralen Ölgewinnungsanlagen die Rapsaat aus einem Umkreis von weniger als 25 km und 47% vermarkteten das Rapsöl in diesem Umkreis.⁷ Legt man einen Radius von 25 km als typische Dimension der Modellregion zugrunde, hat diese eine Fläche von maximal 1.963 km².⁸

⁷ E. Remmele, Handbuch Herstellung von Rapsölkraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen, 2009²

⁸ Für die Definition eines Radius ist es nicht erforderlich, dass die betrachtete Region kreisförmig ist. Vielmehr kann ein Radius auch für andere Flächenformen sinnvoll definiert und in die Flächenformel für einen Kreis eingesetzt werden, um die Fläche der Region zu berechnen. Eine hinreichende und mögliche Formen betrachteter Regionen wenig einschränkende Bedingung ist zum Beispiel, dass die Region „wenig eingebuchtet/ eingedellt“ ist: Liegen in der Region R Punkte M vor, für die es zu jedem Punkt P des Randes der Region jeweils eine gerade Verbindungslinie \overline{MP} mit der Länge $r_M = |\overline{MP}|$ gibt, die vollständig in der Region (also nicht durch eine Einbuchtung) verläuft, dann kann ein Radius \bar{r} der Region als Minimum der geometrischen Mittel der Abstände r_M wie folgt definiert werden:

$$\bar{r} = \min_{M \in R} \bar{r}_M = \min_{M \in R} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} r_M^2(\varphi) d\varphi}$$

Dabei ist φ der Winkel zwischen einer frei wählbaren Nulllinie $\overline{MP_0}$ (wobei $M \neq P_0$) und der Verbindungslinie \overline{MP} . Der Mittelpunkt M_0 der Region kann dann als derjenige Punkt definiert werden, für den gilt:

$$\bar{r}_{M_0} = \min_{M \in R} \bar{r}_M$$

Sollte nach dieser Definition der Mittelpunkt nicht eindeutig sein, sprich mehrere Mittelpunkte M_0 vorliegen, ist dies unerheblich, da der Radius \bar{r} auf jeden Fall für jeden Punkt M_0 der gleiche ist. Es kann dann für die Berechnung der Fläche F der Region jeder Punkt M_0 herangezogen werden. Die Fläche F ist durch folgende Formel gegeben:

Die Mindestgröße der Modellregion kann nicht genauso scharf definiert werden wie die maximale, da weniger präzise gefasst werden kann, welche Größe hinreichend dafür ist, dass in einer Region eine regionale Wirtschaft mit weitgehend geschlossenen Kreisläufen existieren kann. Die Schwierigkeit rührt daher, dass hier auf den Begriff „weitgehend geschlossener Kreislauf“ rekurriert wird, der zunächst definiert werden müsste, was sinnvoll vorzunehmen aber ebenfalls nicht leicht möglich ist. Darum wird hier vereinfachend angenommen, dass in einem deutschen Landkreis von durchschnittlicher Größe eine regionale Wirtschaft mit weitgehend geschlossenen Kreisläufen existieren beziehungsweise eine sinnvolle Definition von „hinreichend geschlossene wirtschaftliche Kreisläufe“ passend vorgenommen werden kann.

Zu prüfen ist dann noch, ob eine Modellregion von der Größe eines durchschnittlichen Landkreises einen Radius von nicht mehr als 25 km hat und damit dem zweiten oben genannten Kriterium entspricht.

Tab. 1: Struktur der Landkreise in Deutschland				
	Deutschland	kreisfreie Städte	Landkreise	Modellregion
Fläche [km ²]	357.111	15.797	341.536	1.158
Einwohner	80.767.000	25.719.040	55.048.423	186.605
Einwohner/km ²	226,17	1.628,10	161,18	161,18
Radius [km]	337,15	70,91	329,72	19,20

Quellen: Statistisches Bundesamt⁹, Wikipedia¹⁰

Tabelle 1 zeigt die Struktur der Landkreise in Deutschland.

Deutschland hat 295 Landkreise mit einer Gesamtfläche von 341.536 km² und 55 Millionen Einwohnern. Die durchschnittliche Fläche eines Landkreises beträgt 1.158 km², der Radius eines Kreises gleicher Fläche 19,2 km. Dieser Wert liegt unter dem oben ermittelten Maximalwert für den Radius

Fläche der Modellregion = durchschnittliche Fläche aller Landkreise in Deutschland = 1.158 km²
Radius der Modellregion = 19,2 km

$$F = \int_0^{2\pi} \int_0^{r_{M_0}(\varphi)} r_{M_0}(\varphi) dr d\varphi = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} r_{M_0}^2(\varphi) d\varphi = \pi \bar{r}^2$$

Liegt eine genau kreisförmige Region vor, ist \bar{r} der gewöhnliche Kreisradius und M_0 der Mittelpunkt des Kreises. Liegt eine ellipsenförmige Region mit den Halbachsenlängen a und b vor, ist der Radius deren geometrisches Mittel, also $\bar{r} = \sqrt{ab}$ und M_0 ist der Kreuzungspunkt der Ellipsenachsen. Bei einer beliebigen „wenig eingebuchteten“ Region kann mit obiger Definition ebenfalls sinnvoll von einem Radius gesprochen und dieser berechnet werden: $\bar{r} = \sqrt{F/\pi}$.

⁹ <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/Aktuell/04Kreise.html> [abgerufen am 14. November 2014]

¹⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Landkreise_in_Deutschland_und_Liste_der_kreisfreien_St%C3%A4dte_in_Deutschland [abgerufen am 21. November 2014]

einer sinnvoll definierten Modellregion. Mithin kann die Modellregion über ihre Fläche definiert werden: Es ist eine Region, die so groß ist, wie die deutschen Landkreise im Durchschnitt. Die Einwohnerzahl sei ebenfalls gleich dem Durchschnitt derer aller deutschen Landkreise.

Neben den 295 Landkreisen gibt es 107 kreisfreie Städte mit einer Gesamtfläche von nur 15.797 km² und 25.719.040 Einwohnern. Das heißt, die Fläche der kreisfreien Städte (4,4%) ist gegenüber der der Landkreise (95,6%) vernachlässigbar, obgleich in jenen fast ein Drittel der Bevölkerung lebt. Für die vorliegende Untersuchung ist nun relevant, welche landwirtschaftlichen Flächen zur Verfügung stehen, wie diese bewirtschaftet werden (können) und wie der spezifische Einsatz von Produktionsmitteln (Futtermittel, Traktoren, Kraftstoffe) und die landwirtschaftliche Produktion sind. Diese Parameter sind flächenbezogen, die Einwohnerzahl und -dichte spielen keine Rolle. Da die Fläche der kreisfreien Städte gegenüber der der Landkreise in guter Näherung vernachlässigbar ist, wird angenommen, dass die Modellregion die gleiche landwirtschaftliche Nutzungsstruktur hat, wie Deutschland insgesamt. Zur Bestimmung der relevanten Parameter der Modellregion werden die entsprechenden Werte für Deutschland im Verhältnis der Fläche der Modellregion zur Fläche Deutschlands, also im Verhältnis von 1:308,45 herunterskaliert. Das Ergebnis zeigt Tabelle 2.

Tab. 2: Relevante Parameter für Deutschland und die Modellregion

Parameter	Deutschland	Modellregion
Landwirtschaftsfläche [km ²]	186.465 ^{a)}	604,52
landwirtschaftlich genutzte Fläche [km ²]	167.500 ^{a)}	543,03
nicht landwirtschaftlich genutzte Landwirtschaftsfläche [km ²]	18.965	61,48
Anteil nicht landwirtschaftlich genutzter Landwirtschaftsfläche	10,2%	10,2%
Ackerfläche [km ²]	118.995 ^{a)}	385,78
Anteil Ackerfläche an Landwirtschaftsfläche	63,8%	63,8%
Anbaufläche für Raps [km ²]	14.000 ^{b)}	45,39
Anteil Rapsanbaufläche an Ackerfläche	11,8%	11,8%
Anbaufläche für Raps zur Biodieselproduktion [km ²]	10.000 ^{b)}	32,42
Anteil Rapsanbaufläche zur Biodieselproduktion an Ackerfläche	8,4%	8,4%
Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe	288.200 ^{c)}	934,34
Anzahl der Traktoren	767.300 ^{d)}	2.487,58
Traktoren je 100 ha	4,58	4,58
Traktoren je Betrieb	2,66	2,66
Agrardieselverbrauch [t]	1.600.000 ^{e)}	5.187

Quellen: a) Statistisches Bundesamt¹¹, b) UFOP¹², c) Deutscher Bauernverband¹³, d) Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft¹⁴, e) Mineralölwirtschaftsverband¹⁵

Aktualität der verwendeten Daten: a), c) 2012; b) 2014; d) 2007; e) 2013

¹¹<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/LandwirtschaftlicheBetriebe/Tabellen/LandwirtschaftlicheBetriebeFlaechenHauptnutzungsarten.html> [abgerufen am 14. November 2014]



In landwirtschaftlichen Statistiken werden Flächen üblicherweise in Hektar (ha) oder Hunderten von Hektar (100 ha) angegeben, in allgemeinen Statistiken dagegen in Quadratkilometer (km²). Hier wird zur besseren Vergleichbarkeit einheitlich die Einheit Quadratkilometer verwendet. Dabei gilt 1 km² = 100 ha.

4.2 Regional-ökonomische Effekte der Deckung der Hälfte des Traktorkraftstoffbedarfs der Modellregion durch Rapsölkraftstoff aus der Modellregion

4.2.1 Benötigte Landwirtschaftsfläche

Es sei angenommen, dass die Hälfte des Traktorkraftstoffbedarfs der Modellregion durch Rapsölkraftstoff aus der Modellregion mit dem gleichen Energiegehalt, bemessen nach dem unteren Heizwert, gedeckt werde. Dabei ist es unerheblich, ob exakt die Hälfte der Traktoren auf Rapsölbetrieb umgestellt wird oder eine davon abweichende Zahl. Vielmehr kommt es darauf an, dass die von den umgestellten Traktoren in Form von Rapsölkraftstoff verwendete Energiemenge gleich der Hälfte der gesamten Energiemenge ist, die von allen Traktoren der Modellregion zum Antrieb verwendet wird. Die folgenden Berechnungen sind dadurch für eine ganze Klasse unterschiedlicher Traktorflotten und Umstellungsszenarien gültig, inklusive der wechselnden Verwendung von Diesel- und Rapsölkraftstoff sowie von deren Gemischen in einzelnen Traktoren.

Zunächst ist zu prüfen, ob der erforderliche Rapsölkraftstoff vollständig in der Modellregion selbst erzeugt werden kann, oder ob dabei die Produktion anderer Ackerfrüchte verdrängt wird. Für die zusätzliche Produktion von Raps kommen im Wesentlichen nur aktuell nicht landwirtschaftlich genutzte Landwirtschaftsflächen in Frage. Diese müssen auf Grund der Selbstunverträglichkeit von Raps dann jedoch in den Fruchtwechsel der bereits ackerbaulich genutzten Flächen einbezogen werden, denn Raps kann nur alle vier Jahre auf der gleichen Fläche angebaut werden.¹⁶

Wie Tabelle 2 zeigt beträgt der nicht landwirtschaftlich genutzte Teil der Landwirtschaftsfläche 10,2% der gesamten Landwirtschaftsfläche. Diese Flächen umfassen bebaute landwirtschaftliche Grundstücke, Wege, nicht kultivierbare Flächen (Moore, Heiden) und brachliegende, aber grundsätzlich zum Ackerbau nutzbare Flächen. Da nicht sicher geklärt werden konnte, in welchem Umfang die landwirtschaftlich genutzte Fläche nachhaltig erweitert werden kann, wird hier zunächst geprüft, ob der für das oben skizzierte Szenario erforderliche Rapsölkraftstoff aus dem Raps erzeugt werden kann, der in der Modellregion produziert, aber

¹² Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V., Pressemitteilung vom 16. Oktober 2014; <http://www.ufop.de/presse/aktuelle-pressemittelungen/auch-mit-biokraftstoffen-lager-fuer-getreide-oelsaaten-und-pflanzenoel-quellen-ueber/> [abgerufen am 15. Januar 2015]

¹³ Situationsbericht 2014; <http://www.bauernverband.de/situationsbericht-2014> [abgerufen am 14. November 2014]

¹⁴ <http://www.bmelv-statistik.de/index.php?id=139> -> Traktoren [abgerufen am 14. November 2014]

¹⁵ MWV Mineralölzahlen als Excel-Datei mit Daten zu Kapazitäten, zur Mineralölein- und -ausfuhr, zum Mineralölverbrauch, zu Preisen und zum Weltölmarkt (2013); <http://www.mwv.de/index.php/daten/statistikeninfoportal> [abgerufen am 15. Januar 2015]

¹⁶ <http://www.agrarantrieb.de/fakten.html#FAQ> [abgerufen am 25. November 2014]

an große zentrale Ölgewinnungsanlagen außerhalb der Region geliefert und zur Biodieselproduktion genutzt wird. Zu diesem Zweck werden immerhin 8,4% der Ackerfläche kultiviert.

Rapsölkraftstoff hat einen unteren Heizwert von 10,44 kWh/kg¹⁷, Dieselloskraftstoff von 12,00 kWh/kg¹⁸. Unter Verwendung der in Tabelle 2 angegebenen Masse des Agrardieselsverbrauchs der Modellregion wird die Masse des benötigten Rapsölkraftstoffs wie folgt berechnet:

$$m_{\text{Rapsöl,Traktorkraftstoff}} = \frac{1}{2} m_{\text{Diesel,Modellregion}} \frac{H_{i,\text{Diesel}}}{H_{i,\text{Rapsöl}}} = \frac{1}{2} 5.187 \frac{12,00}{10,44} t = 2.993 t$$

Legt man den bei dezentraler Rapsölerzeugung mit Kaltpressung typischen Ertrag von 1,18 Tonnen Rapsöl je Hektar, das heißt 118 Tonnen je Quadratkilometer für die Modellregion zugrunde¹⁹, beträgt die für die Erzeugung des Rapsölkraftstoffs benötigte Fläche:

$$F_{\text{Rapsanbau,Traktorkraftstoff}} = \frac{m_{\text{Rapsöl,Traktorkraftstoff}}}{1,18 \frac{t}{ha}} = \frac{2.993}{118} km^2 = 25,28 km^2$$

Dies entspricht 6,6% der Ackerfläche der Modellregion oder 78% der Ackerfläche, auf der Raps zur zentralen Biodieselerzeugung angebaut wird. Folglich ist eine Änderung der landwirtschaftlichen Flächennutzungsstruktur nicht erforderlich. Sprich, es muss kein Raps zusätzlich angebaut werden, um die Hälfte des Traktorkraftstoffs durch Rapsölkraftstoff aus der Modellregion zu ersetzen. Vielmehr muss lediglich der Verkauf von Rapssaat aus der Region an zentrale Ölpresen außerhalb der Region um drei Viertel verringert und die Rapssaat stattdessen in der Region zur dezentralen Kraftstoffherzeugung genutzt werden. Unterstellt wird dabei, dass es keine große zentrale Ölgewinnungsanlage innerhalb der Modellregion gibt. Dann verringern sich drei die Grenzen der Modellregion überschreitende Geldflüsse:

Es wird in der Modellregion genug Raps zur zentralen Biodieselerzeugung angebaut, der alternativ zur dezentralen Rapsölkrafterzeugung und dessen Verwendung als Traktorkraftstoff genutzt werden kann.

1. Geldabfluss für Traktorkraftstoff
2. Geldabfluss für Futtermittel
3. Geldzufluss aus dem Verkauf von Rapssaat an zentrale Ölgewinnungsanlagen zur Biodieselproduktion.

¹⁷ Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014;

<http://mediathek.fnr.de/basisdaten-bioenergie.html> [abgerufen am 19. Januar 2015]; 37,6 MJ/kg = 10,44 kWh/kg

¹⁸ Dto.; 43,1 MJ/kg = 11,97 kWh/kg

¹⁹ Dto., berechnet aus einem Rapssaatertrag von 3,50 t/ha und einer Ölausbeute bei dezentraler Pressung von 336 kg pro Tonne Saat: 3,50 t/ha · 336 kg/t = 1,18 t/ha

4.2.2 Verringerung des Geldabflusses für Diesel- und Futtermittelbezug

Der durch den Rapsöleinsatz vermiedene Dieselbezug beläuft sich auf die Hälfte des in Tabelle 2 aufgeführten Dieselbezugs der Modellregion, das heißt 2.594 Tonnen pro Jahr. Legt man einen Agrardieselbezugspreis von 90 ct/l²⁰ zugrunde und eine Dieseldieseldichte von 0,8325 kg/l²¹ beträgt die Verringerung des Geldabflusses aus der Region aufgrund verringerten Dieselbezugs:

$$G_{\text{Diesel,ersetzt}} = \frac{2.594 \text{ t} \cdot 0,9 \frac{\text{€}}{\text{l}}}{0,8325 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} = 2,80 \text{ Mio €}$$

Das sind 3.000 € für jeden der 934 Betriebe der Modellregion.

Neben dem Rapsöl werden 2,31 Tonnen Rapsölextraktionsschrot je Hektar erzeugt.²² Dieser fällt innerhalb der Region an, wenn die Rapssaat in dezentralen regionalen Ölgewinnungsanlagen statt in zentralen Ölgewinnungsanlagen außerhalb der Region gepresst wird. Auf der oben berechneten Fläche kann damit die folgende Menge Rapsölextraktionsschrot erzeugt werden:

$$m_{\text{Rapsextraktionsschrot}} = F_{\text{Rapsanbau,Traktorkraftstoff}} \cdot 2,31 \frac{\text{t}}{\text{ha}} = 25,28 \text{ km}^2 \cdot 2,31 \frac{\text{t}}{\text{ha}} = 5.840 \text{ t}$$

Dies sei mit der Menge an Rapsextraktionsschrot verglichen, der in der Modellregion als Futtermittel verwendet wird. Im Jahr 2011/12 wurden deutschlandweit 2,993 Millionen Tonnen Raps- und Rübsensamenskuchen verbraucht²³, das meiste davon Rapsextraktionsschrot aus zentralen Ölgewinnungsanlagen. Heruntergebrochen auf die Modellregion sind dies 9.700 Tonnen Rapsextraktionsschrot. Folglich ist es plausibel anzunehmen, dass die 5.840 Tonnen Rapsextraktionsschrot, die in der Modellregion anfallen, wenn dort das für den Ersatz der Hälfte des Traktorkraftstoffs erforderliche Rapsöl in dezentralen Ölgewinnungsanlagen erzeugt wird, auch direkt in der Modellregion als Futtermittel verwendet werden können und den Bezug von Rapsextraktionsschrot aus zentralen großen Ölgewinnungsanlagen ersetzen.

²⁰ http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Energie/Biokraftstoffe-in-Landwirtschaft-sind-konkurrenzfaehig_article1412929714.html [abgerufen am 1. Dezember 2014]

²¹ Mittlerer Wert von 0,820 und 0,845 kg/l, siehe: <http://de.wikipedia.org/wiki/Dieseldieseldichte> [abgerufen am 1. Dezember 2014]

²² Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014; <http://mediathek.fnr.de/basisdaten-bioenergie.html> [abgerufen am 19. Januar 2015]; berechnet aus einem Rapssaatertrag von 3,50 t/ha und einer Rapsextraktionsschrotausbeute bei dezentraler Pressung von 660 kg pro Tonne Saat: 3,50 t/ha · 660 kg/t = 2,31 t/ha

²³ Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Tabelle 127 Versorgung mit Ölkuchen; <http://www.bmelv-statistik.de/de/statistisches-jahrbuch/kap-c-landwirtschaft/>, Kap. C Landwirtschaft, IX Aufkommen und Verbrauch von Futtermitteln, Datei 3090900 [abgerufen am 19. Januar 2015]

Nimmt man wie oben ausgeführt an, dass in der Modellregion keine große zentrale Ölgewinnungsanlage vorhanden ist und legt man einen Rapsextraktionsschrotpreis von 227 €/t zugrunde²⁴, beträgt die Verringerung des Geldabflusses für Rapsextraktionsschrot von außerhalb der Region:

$$G_{\text{Futtermittel,ersetzt}} = 227 \frac{\text{€}}{\text{t}} \cdot 5.840 \text{ t} = 1,33 \text{ Mio €}$$

Das sind 1.420 € je Betrieb der Modellregion.

4.2.3 Verringerung des Geldzufluss aus Verkauf von Rapssaat

Den verringerten Geldabflüssen für Diesel und Rapsextraktionsschrot steht ein geringerer Geldzufluss aus dem Verkauf von Rapssaat gegenüber. Die Menge der in der Modellregion erzeugten, aber nicht mehr an zentrale Ölgewinnungsanlagen verkauften Rapssaat ist gleich der Menge der zur Erzeugung von Traktorkraftstoff benötigten Rapssaat. Sie beträgt bei einem Rapsertag von 3,50 t/ha²⁵ auf der oben berechneten, zum Rapsanbau zur Traktorkraftstoffherzeugung benötigte Fläche:

$$m_{\text{Rapssaat,Traktorkraftstoff}} = 25,28 \text{ km}^2 \cdot 3,50 \frac{\text{t}}{\text{ha}} = 8.848 \text{ t}$$

Bei einem Verkaufspreis von 360 €/t für Rapssaat²⁶ verringern sich der entsprechende Geldzufluss in der Modellregion um:

$$G_{\text{Rapssaat,regionaler Eigenverbrauch}} = 360 \frac{\text{€}}{\text{t}} \cdot 8.848 \text{ t} = 3,19 \text{ Mio €}$$

4.2.4 Zusätzlicher Geldabfluss im Zusammenhang mit der Rapssaatpressung

Da in dem untersuchten Szenario keine Flächennutzungsänderungen erfolgen, ändern sich auch die Ausgaben für Betriebsmittel und Arbeitserledigung in der Landwirtschaft nicht. Es fallen lediglich zusätzliche Kosten für Betriebsmittel in den dezentralen Ölgewinnungsanlagen an, welche zu Geldabflüssen aus der Region führen.

Die erforderlichen 8.840 Tonnen Rapssaat pro Jahr können in einer einzigen dezentralen Ölgewinnungsanlage mit einer Pressleistung von 1,5 Tonnen Rapssaat je Stunde und 5.900 Stunden Betriebszeit je Jahr gepresst werden. Die Kosten der Rapssaatpressung können dann dem Handbuch zur Herstellung von

²⁴ UFOP Marktinformation Ölsaaten und Biokraftstoffe, Januar 2015, <http://www.ufop.de/medien/downloads/agrar-info/marktinformationen/> [abgerufen am 15. Januar 2015]

²⁵ Siehe Fußnote 17

²⁶ <http://www.agrarheute.com/warenterminboersen-weizen-verliert-raps-gewinnt> [abgerufen am 19. Januar 2015]

Rapsöl-Kraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen von E. Remmele et al. entnommen werden.²⁷ Es wird nun unterstellt, dass die Arbeit in der Ölgewinnungsanlage von einer Person aus der Region durchgeführt wird und alle Betriebsmittel von außerhalb der Region zugekauft werden müssen.

Der jährlich von der Ölgewinnungsanlage aus der Region abfließende Geldfluss ist gleich den Jahreskosten der Anlage ohne Lohn- und Rapsaatkosten. Er beträgt:

$$G_{Rapspressung} = 47.500 \text{ €}$$

Das sind 51 € je Betrieb in der Modellregion.

Wird auch die Energie für den Betrieb der Ölgewinnungsanlage in der Region erzeugt, fließen nur etwa zwei Drittel dieses Betrags, also etwa 32.000 € aus der Region ab.

Die Nettowertschöpfung in die Modellregion erhöht sich um 900.000 € pro Jahr, das sind 960 € je Betrieb. Es wird eine Teilzeitstelle mit etwa 7 Stunden je Woche geschaffen.

4.2.5 Netto-Wertschöpfung

Die Netto-Änderung der Geldflüsse und der Wertschöpfung in der Region beläuft sich dann auf:

$$G_{netto} = G_{Diesel,ersetzt} + G_{Futtermittel,ersetzt} - G_{Rapsaat} - G_{Rapspressung} = 0,90 \text{ Mio €}$$

Das sind 960 € je Betrieb in der Modellregion.

4.2.6 Arbeitsplätze

In der Region fällt lediglich bei der Ölgewinnungsanlage eine zusätzliche Teilzeitstelle im Umfang von etwa 1,5 Stunden pro Tag beziehungsweise 8,25 Stunden pro Woche an.²⁸

4.3 Regional-ökonomische Effekte der Deckung der Hälfte des Traktorkraftstoffbedarfs der Modellregion durch Leindotteröl-Kraftstoff aus der Modellregion

4.3.1 Benötigte Landwirtschaftsfläche

Es sei analog zu den Überlegungen für Rapsöl angenommen, dass die Hälfte des Traktorkraftstoffbedarfs der Modellregion durch Leindotteröl-Kraftstoff aus der Modellregion mit dem gleichen Energiegehalt, bemessen nach dem unteren Heizwert, gedeckt werde. Da Leindotteröl als Reinkraftstoff nicht normkonform

²⁷ Siehe Fußnote 7, Kap. 11 Betriebswirtschaftliche Aspekte der dezentralen Ölgewinnung, Tabelle 14; das Beispiel in der letzten Spalte der Tabelle unterscheidet sich von dem hier betrachteten nur in der Anzahl der Betriebsstunden (Kampagnendauer). Diese ist in der Tabelle mit 6.000 h/a etwas höher als hier. Es wird hier unterstellt, dass die dadurch etwas höheren Kosten denen für 5.900 h/a bei Berücksichtigung der Inflation seit 2007 etwa entsprechen.

²⁸ Siehe Fußnote 27

nach DIN SPEC 51623 ist, kann er nur als Mischkraftstoff z.B. als Leindotteröl-Rapsöl-Mischung eingesetzt werden. Es wird hier lediglich vorausgesetzt, dass sein Anteil am Kraftstoffenergiegehalt im Mittel mindestens 50% beträgt. Auf Grund der im 2ndVegOil-Projekt nachgewiesenen prinzipiellen Eignung von Leindotteröl als Traktorkraftstoff, ist dies eine hinreichend plausible Annahme.

Womit genau Leindotteröl gemischt wird, wird hier zunächst nicht näher betrachtet. Es könnte zum Beispiel eine 50:50 Mischung mit Rapsöl zum Einsatz kommen, womit Diesel als Traktorkraftstoff in der Region komplett verdrängt würde.

Für den Anbau von Leindotter werden zwei Möglichkeiten betrachtet: (1) Anbau in Mischkultur mit Getreide und (2) Anbau in Reinkultur als späte Zweitfrucht nach Getreide. Für beide Optionen ist zu prüfen, ob der dafür erforderliche Leindotteröl-Kraftstoff vollständig in der Modellregion selbst erzeugt werden kann, ohne dabei die Produktion anderer Ackerfrüchte zu verdrängen.

Bei der Option (1) wird angenommen, dass der auf Grund des Mischfruchtanbaus etwas geringere Ertrag von Getreide nicht durch zusätzlichen Getreideanbau auf bislang nicht bewirtschafteten Flächen ausgeglichen wird, und entsprechend die Erlöse aus der Getreideproduktion etwas sinken. Bei der Option (2) werden keine zusätzlichen Anbauflächen benötigt, sofern die Getreideanbaufläche ausreicht, um auf ihr Leindotteröl aus Zweitfruchtanbau in hinreichendem Umfang zu erzeugen. Eine Verringerung der Getreideerzeugung findet dabei nicht statt.

Leindotteröl-Kraftstoff hat einen durchschnittlichen unteren Heizwert von 10,6 kWh/kg²⁹. Unter Verwendung der in Tabelle 2 angegebenen Masse des Agrardieselsverbrauchs der Modellregion und des unteren Heizwerts von Dieselmotorkraftstoff von 12,0 kWh/kg (s.o.) wird die Masse des benötigten Rapsöl-Kraftstoffs wie folgt berechnet:

$$m_{\text{Leindotteröl,Traktorkraftstoff}} = \frac{1}{2} m_{\text{Diesel,Modellregion}} \frac{H_{i,\text{Diesel}}}{H_{i,\text{Leindotteröl}}} = \frac{1}{2} 5.187 \frac{12,0}{10,6} t = 2.933 t$$

Legt man eine Ölausbeute von 30% zugrunde (Wert für Kaltpressung in dezentralen Ölgewinnungsanlagen)³⁰, beträgt die benötigte Leindottersaat zur Erzeugung des Kraftstoffs:

$$m_{\text{Leindottersaat,Traktorkraftstoff}} = \frac{1}{0,3} \cdot m_{\text{Leindotteröl,Traktorkraftstoff}} = \frac{2.933 t}{0,3} = 9.777 t$$

²⁹ Abschlussbericht zum Projekt „Nutzung von Leindotteröl in Mischungen mit anderen Pflanzenölen als Sonderkraftstoff“, FKZ 22009507, Tabelle 1;

http://www.fnr.de/index.php?id=911&tabelle=fnr_projekte%2520%2520&alles=1&status=Inhalt&fkz=22009507&suche=Stichwort%2520eingeben!&suchefkz=22009507&sucheadresse=Namen%2520eingeben!&von=01.04.1992&bis=19.01.2010&zeitraum=formular&minz=0&maxz=1&anzahl=10&zurueck=1 [abgerufen am 8. Januar 2015]

³⁰ Siehe 29, S. 10

Wird diese Leindottersaat in Mischfruchtanbau mit Getreide produziert und ein Leindotterertrag von 30 t/km^2 (3 dt/ha)³¹ angesetzt, beträgt die benötigte Fläche:

$$F_{\text{Mischfruchtanbau}} = \frac{m_{\text{Leindottersaat, Traktorkraftstoff}}}{30 \frac{\text{t}}{\text{km}^2}} = \frac{9.777 \text{ t}}{30 \frac{\text{t}}{\text{km}^2}} = 326 \text{ km}^2$$

Dies ist mit der Getreideanbaufläche der Modellregion zu vergleichen. Die gesamte Getreideanbaufläche Deutschlands betrug 65.377 km^2 im Jahr 2013³². Skaliert man diese mit dem Faktor 308,45 auf die Modellregion herunter, beträgt deren Getreideanbaufläche 212 km^2 . Dies ist aber nur 65% der Fläche, die benötigt wird, um im Mischfruchtanbau mit Getreide die Leindotterölmenge zu erzeugen, mit der die Hälfte des Dieselkraftstoffbedarfs der Traktoren der Modellregion ersetzt werden könnte.

Wird die Leindottersaat nicht in Mischfruchtanbau mit Getreide, sondern in Reinkultur als späte Zweitfrucht nach Getreide produziert, kann ein Ertrag von 150 t/km^2 (15 dt/ha) angesetzt werden.³³ Die erforderliche Fläche beträgt dann:

$$F_{\text{späte Zweitfrucht}} = \frac{m_{\text{Leindottersaat, Traktorkraftstoff}}}{150 \frac{\text{t}}{\text{km}^2}} = \frac{9.777 \text{ t}}{150 \frac{\text{t}}{\text{km}^2}} = 65 \text{ km}^2$$

Dies sind nur 31% der Getreideanbaufläche.

Es wird darum im Folgenden nur die Option von Leindotteranbau als späte Zweitfrucht nach Getreide betrachtet, um die Hälfte des Traktorkraftstoffs der Modellregion durch Leindotterölkraftstoff zu ersetzen.

4.3.2 Verringerung des Geldabflusses für Diesel- und Futtermittelbezug

Die Verringerung des Geldabflusses infolge des durch den Leindotteröleinsatz vermiedenen Dieselbezugs ist genauso hoch wie im Fall des Einsatzes von Rapsöl, da exakt die gleiche Menge Diesel durch Pflanzenölkraftstoff ersetzt wird. Er beläuft sich wie unter 4.2.2 gezeigt auf 2,8 Millionen €, das sind 3.000 € für jeden der 934 Betriebe der Modellregion.

Neben Leindotteröl werden aus den 9.777 Tonnen Leindottersaat noch 70%, das sind 6.844 Tonnen Leindotterextraktionsschrot erzeugt. Wird angenommen, dass dieser als Futtermittel in Zukunft zugelassen sein wird, und die gleiche Masse importierten Rapsextraktionsschrots ersetzt, betragen bei einem Rapsextraktionsschrotpreis von 227 € je Tonne³⁴ die vermiedenen Futtermittelkosten:

³¹ Email von Hr. Franz Heimler, TFZ, vom 9. Dezember 2014

³² Stichwort "Getreideanbau" in Suche auf <http://www.bmelv-statistik.de/index.php?id=139>, Tabelle MBT-0106030-0000 [abgerufen am 20. Januar 2015]

³³ Dies entspricht dem Erfahrungswert des Instituts für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Universität Gießen für Leindotteranbau als Hauptfrucht, mitgeteilt per Email am 26.1.2015.

³⁴ Siehe 24

$$G_{\text{Futtermittel,ersetzt}} = 227 \frac{\text{€}}{t} \cdot 6.844 = 1,55 \text{ Mio €}$$

Das sind 1.670 € je Betrieb der Modellregion.

4.3.3 Zusätzlicher Geldabfluss im Zusammenhang mit Leindotteranbau und -pressung

Dem verminderten Geldabfluss infolge verringerten Diesel- und Futtermittelbezugs stehen höhere Kosten innerhalb der Modellregion für die Produktion der Leindottersaat und die Ölpressung gegenüber. Die Direkt- und Arbeitserledigungskosten für Leindottersaat werden mit 365 € je Hektar angesetzt.³⁵ Die Direkt- und Arbeitserledigungskosten des zusätzlichen Anbaus von Leindotter betragen dann:

$$K_{\text{Direkt- und Arbeitserledigung}} = F_{\text{späte Zweitfrucht}} \cdot 365 \frac{\text{€}}{\text{ha}} = 6500 \text{ ha} \cdot 365 \frac{\text{€}}{\text{ha}} = 2,4 \text{ Mio €}$$

Es sei angenommen, dass alle diese Kosten, ausgenommen die Lohnkosten, zu Geldabflüssen aus der Region in Höhe der Kosten führen.

Mittels des KTBL-Leistungs-Kosten-Rechners wurde der spezifische Arbeitsaufwand mittels einer Ersatzrechnung an Hand des Beispiels Öllein (ökologischer Anbau, nichtwendend, ohne Düngung) auf 8 Arbeitskraftstunden (AKh) je Hektar geschätzt.³⁶ Die spezifischen Lohnkosten seien wie im Fall von Öllein mit 17,5 €/AKh angesetzt. Daraus ergeben sich Lohnkosten von 140 €/ha. Der zusätzliche Geldabfluss im Zusammenhang mit dem Leindotteranbau beträgt dann:

$$G_{\text{Leindotter}} = K_{\text{Direkt- und Arbeitserledigung}} - F_{\text{späte Zweitfrucht}} \cdot 140 \frac{\text{€}}{\text{ha}} = 1,47 \text{ Mio €}$$

Hinzu kommt ein Geldabfluss im Zusammenhang mit den Kosten für die Ölpressung. Die erforderlichen 9.777 Tonnen Leindottersaat pro Jahr können in einer einzigen dezentralen Ölgewinnungsanlage mit einer Pressleistung von 1,5 Tonnen Rapssaar je Stunde und 6.500 Stunden Betriebszeit je Jahr gepresst werden. Das sind etwa 10% mehr als im Fall der dezentralen Pressung von Rapssaar wie in 4.2.4 beschrieben. Es wird hier grob überschlagen, dass die Kosten der Leindottersaarpressung auf Grund der längeren Kampagnendauer inflationsbereinigt 10% höher liegen als der unter 4.2.4 berechnete Wert.³⁷ Es wird dabei unter-

³⁵ Dies entspricht dem Erfahrungswert des Instituts für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Universität Gießen für Leindotteranbau als Hauptfrucht, mitgeteilt per Email am 26.1.2015.

³⁶ <http://daten.ktbl.de/dslkrpflanze/postHv.html#Ergebnis> [online berechnet am 31. Januar 2015]

³⁷ Siehe Fußnote 7, Kap. 11 Betriebswirtschaftliche Aspekte der dezentralen Ölgewinnung, Tabelle 14; das Beispiel in der letzten Spalte der Tabelle unterscheidet sich von dem hier betrachteten nur in der Anzahl der Betriebsstunden

stellt, dass die Arbeit in der Ölgewinnungsanlage von einer Person aus der Region durchgeführt wird und alle Betriebsmittel von außerhalb der Region zugekauft werden müssen.

Die jährlich auf Grund der Ölgewinnungsanlage aus der Region abfließenden Zahlungsströme sind dann gleich den Jahreskosten der Anlage ohne Lohnkosten. Sie betragen:

$$K_{\text{Leindotterpressung o.Lohn}} = 52.300 \text{ €}$$

Der gesamte zusätzliche Geldabfluss im Zusammenhang mit der Leindotterproduktion und -pressung beträgt dann:

$$G_{\text{zusätzlich}} = G_{\text{Leindotter}} + K_{\text{Leindotterpressung o.Lohn}} = 1,52 \text{ Mio €}$$

Das sind 1.600 € je Betrieb in der Modellregion.

4.3.4 Netto-Wertschöpfung

Die Netto-Änderung der Zahlungsflüsse und der Wertschöpfung in der Region beläuft sich dann auf:

$$G_{\text{netto}} = G_{\text{Diesel,ersetzt}} + G_{\text{Futtermittel,ersetzt}} - G_{\text{zusätzlich}} = 2,8 \text{ Mio €}$$

Das sind 3.000 € je Betrieb in der Modellregion.

4.3.5 Arbeitsplätze

Mittels des KTBL-Leistungs-Kosten-Rechners wurde der spezifische Arbeitsaufwand mittels einer Ersatzrechnung an Hand des Beispiels Öllein (ökologischer Anbau, nichtwendend, ohne Düngung) auf 8 Arbeitskraftstunden je Hektar geschätzt.³⁸ Legt man 1.680 Arbeitsstunden einer äquivalenten Vollzeitstelle zugrunde, entspricht dies:

Die Nettowertschöpfung in der Modellregion erhöht sich um 2,8 Mio € pro Jahr, das sind 3.000 € je Betrieb. Es wird Beschäftigung im Umfang von 31 Vollzeitstellen geschaffen.

$$\text{Vollzeitstellen}_{\text{äquivalent}} = F_{\text{späte Zweitfrucht}} \cdot \frac{8 \frac{\text{AKh}}{\text{ha}}}{1.680 \text{ h}} = 6500 \text{ ha} \cdot \frac{8 \text{ AK}}{1680 \text{ ha}} = 31 \text{ AK}$$

(Kampagnendauer). Diese ist hier mit 6.500 h/a etwas höher. Es wird hier grob geschätzt, dass der Kostenunterschied bei Berücksichtigung der Inflation seit 2007 etwa 10% beträgt.

³⁸ Siehe Fußnote 36



Zusätzlich fällt bei der Ölgewinnungsanlage wie im Fall der Rapsölgewinnung eine zusätzliche Teilzeitstelle im Umfang von etwa 1,5 Stunden pro Tag beziehungsweise 8,25 Stunden pro Woche an.³⁹ In Summe wird Beschäftigung im Umfang von etwa 31 Vollzeitstellen geschaffen.

4.3.6 Sensitivitätsanalyse

Da die Eingangsdaten der hier durchgeführten Berechnungen für Leindotter noch nicht hinreichend gut durch Statistiken untermauert sind, wurden untersucht, wie sich die Nettowertschöpfung in der Modellregion verändert, wenn andere Werte für den Leindotterreinkulturertrag und für die Direkt- und Arbeiterledigungskosten von Leindotterreinkultur angenommen werden.

- Die Nettowertschöpfung in der Modellregion sinkt auf null, wenn statt einem Leindotterreinkulturertrag von 150 t/km² (15 dt/ha) nur 51 t/km² (5,1 dt/ha) angenommen werden.
- Die Nettowertschöpfung in der Modellregion sinkt ebenfalls auf null, wenn statt Direkt- und Arbeiterledigungskosten von 365 €/ha Kosten von 801 €/ha angenommen werden.

Die hier berechnete Nettowertschöpfung hängt folglich von den Annahmen zu Leindotterreinkulturen ab, wenn auch nicht sehr sensibel.

³⁹ Siehe Fußnote 27



5 Fazit und weiterer Untersuchungsbedarf

Es ist möglich, die Hälfte des Traktorkraftstoffs eines durchschnittlichen deutschen Landkreises oder einer vergleichbaren Region durch Raps- oder Leindotterölkraftstoff zu ersetzen, vorausgesetzt im letzten Fall, dass dieser mindestens mit einem Anteil von 50% an einer Kraftstoffmischung zugelassen ist. Im Fall von Raps steigt die Netto-Wertschöpfung in der Region um etwa eine Million Euro, im Fall von Leindotter um fast drei Millionen. Im Fall von Leindotter wird Beschäftigung im Umfang von etwa 30 Vollzeitstellen zusätzlich geschaffen.

Die Ergebnisse zu Leindotter setzen voraus, dass keine andere Zweitfrucht nach Getreide verdrängt wird. Geschieht dies, sind die regional-ökonomischen Nettoeffekte weniger ausgeprägt. Die Ergebnisse für Leindotter hängen auch von den sonstigen, vergleichsweise unsicheren Annahmen ab, wenn auch nicht sehr sensibel. Hier ist eine Neubewertung erforderlich, sobald fundierte Daten zu Leindotterreinkulturen vorliegen, beziehungsweise sobald diese durch eine Weiterentwicklung der Kultivierung von Leindotter signifikant geändert wurden.

Beide untersuchten Szenarien sind kombinierbar. Dann wird 100% des Traktorkraftstoffs in der Region durch eine 50:50 Raps-/Leindotterölkraftstoffmischung ersetzt und die regional-ökonomischen Effekte addieren sich.