

Diplomarbeit

Potenziale und Kosten für biogene Treibstoffe der 1. Generation

Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft
der
Technischen Universität Wien

unter Anleitung von
Prof. Reinhard Haas
und Dr. Lukas Kranzl

durch
Ansbert Sturm

Wien, im Mai 2008

Abstract

In order to reduce dependency on fossil fuel energy sources, and to reduce emissions of greenhouse gases, the EU passed directives for biofuels in which aims of blend were established. Because of this, the production of biofuels is relevant and is promoted by the EU.

The potential of the first generation of biofuels, in particular biodiesel and bioethanol, constitute the main topic of this paper. Five selected studies on areas and energy potentials were analyzed, with special attention given to their basic assumptions, methods of operations and results. To systematically compare the studies a chart was developed in order to filter similarities and relationships.

Plants which are eligible for the production of biofuel in the EU are introduced and analyzed according to their soil and climate requirements, cultivation data and their nutrient supply. In addition this paper also discusses crop rotation and its possible ramification on the energy yield of plants. As this paper focuses on the agricultural aspect of the topic, the costs of resources with regard to the contribution margin were analyzed.

This paper shows that potentials of area do exist. The yield depends on the location, and it can be increased by appropriate crop rotation. Due to the assignment of released areas off the surplus, very often it is not the most productive areas that are utilized for the production of biofuels.

Kurzfassung

Um die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu verringern und die Emission von Treibhausgasen zu reduzieren, verabschiedete die EU die Biokraftstoffrichtlinie, in der Beimischungsziele für Biokraftstoffe festgelegt werden. Damit gewinnt die Produktion von Biokraftstoffen an Bedeutung und wird von der EU gefördert.

Die Potenziale für Biokraftstoffe der 1. Generation, insbesondere Biodiesel und Bioethanol, stellen den zentralen Teil der vorliegenden Arbeit dar. Dazu wurden fünf ausgewählte Studien über Flächen und Produktionspotenziale untersucht, wobei besonderes Augenmerk auf deren Grundannahmen, Arbeitsweisen und Ergebnissen gelegt wurde. Um die Studien systematisch miteinander vergleichen zu können, wird zuerst ein Raster entwickelt, um Gemeinsamkeiten und Berührungspunkte herauszufiltern, und diese dann tabellarisch darzustellen.

Energiepflanzen, die für Biokraftstoffproduktion in der EU geeignet sind, werden vorgestellt und hinsichtlich ihrer Ansprüche an Boden und Klima, Kulturdaten und Nährstoffversorgung untersucht. Darüber hinaus geht die Arbeit auf die Fruchtfolgenthematik und die möglichen Auswirkungen auf die Erträge der Energiepflanzen ein. Diese Arbeit fokussiert auf den landwirtschaftlichen Bereich der Thematik, es wurden die Rohstoffkosten unter dem Aspekt der Deckungsbeitragsberechnung untersucht.

Diese Arbeit zeigt, dass durchaus Flächenpotenziale bestehen, die Erträge aber stark standortabhängig sind und durch angepasste Fruchtfolgen gesteigert werden können. Weiters werden durch die Flächenfreisetzung aus den Überschüssen oft nicht die ertragstärksten Flächen zur Bioenergieproduktion verwendet.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Menschen bedanken, die mich bei dieser Abschlussarbeit meines individuellen Diplomstudiums „Erneuerbare Energie“ unterstützt haben. Dank gilt meinen beiden Betreuern Dr. Lukas Kranzl und Prof. Reinhard Haas für ihre fachliche Hilfestellung, vor allem auch bei der Eingrenzung der umfangreichen Thematik.

Ganz besonders möchte ich meiner Frau Andrea Sturm-Lauter für ihre Unterstützung und Geduld während der Erstellung dieser Arbeit danken. Herzlichen Dank möchte ich auch meinen Schwiegereltern Rosemarie und Hannes Lauter für ihre gute Versorgung im Waldviertel aussprechen, ohne diese ein konzentriertes Schreiben dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei Angelika und Wolfgang Aringer für das ausführliche Korrekturlesen dieser Arbeit und bei Dipl.Ing. Karl Wurm für die zur Verfügung gestellten Unterlagen.

Last not least bin ich Gott dankbar, dass ich die Möglichkeit hatte, ein so interessantes selbst zusammengestelltes Studium an der BOKU und an der TU zu absolvieren.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Methodik	1
1.3	Aufbau der Arbeit	2
1.4	Rechtliche Voraussetzungen	3
2	Energiepflanzen	5
2.1	Raps (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>napus</i>)	5
2.1.1	Biologische Grundlagen	5
2.1.2	Ansprüche an Boden und Klima	6
2.1.3	Kulturdaten	7
2.1.4	Nährstoffversorgung	7
2.2	Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L.)	8
2.2.1	Biologische Grundlagen	8
2.2.2	Ansprüche an Boden und Klima	8
2.2.3	Kulturdaten	9
2.2.4	Nährstoffversorgung	9
2.3	Zuckerrüben (<i>Beta vulgaris</i>)	10
2.3.1	Biologische Grundlagen	10
2.3.2	Ansprüche an Boden und Klima	10
2.3.3	Kulturdaten	11
2.3.4	Nährstoffversorgung	11
2.4	Weizen (<i>Triticum aestivum</i>)	12
2.4.1	Biologische Grundlagen	12
2.4.2	Ansprüche an Boden und Klima	12
2.4.3	Kulturdaten	13
2.4.4	Nährstoffversorgung	13
2.5	Roggen (<i>Secale cereale</i>)	14
2.5.1	Biologische Grundlagen	14
2.5.2	Ansprüche an Boden und Klima	15
2.5.3	Kulturdaten	15
2.5.4	Nährstoffversorgung	15
2.6	Triticale (<i>Triticosecale</i>)	16

2.6.1	Biologische Grundlagen	16
2.6.2	Ansprüche an Boden und Klima	16
2.6.3	Kulturdaten	17
2.6.4	Nährstoffversorgung	17
2.7	Gerste (<i>Hordeum vulgare</i>)	18
2.7.1	Biologische Grundlagen	18
2.7.2	Ansprüche an Boden und Klima	18
2.7.3	Kulturdaten	19
2.7.4	Nährstoffversorgung	19
2.8	Hafer (<i>Avena sativa</i>)	20
2.8.1	Biologische Grundlagen	20
2.8.2	Ansprüche an Boden und Klima	20
2.8.3	Kulturdaten	21
2.8.4	Nährstoffversorgung	21
2.9	Mais (<i>Zea mays</i>)	22
2.9.1	Biologische Grundlagen	22
2.9.2	Ansprüche an Boden und Klima	22
2.9.3	Kulturdaten	23
2.9.4	Nährstoffversorgung	23
3	Fruchtfolgen	24
3.1	Allgemeines	24
3.1.1	Produktionssysteme	24
3.1.2	Funktionen	26
3.1.3	Einfache Grundregeln	27
3.1.4	Einteilung der Fruchtfolgen	28
3.2	Wirkungsmechanismen	29
3.3	Stellung der Kulturarten	30
3.3.1	Raps	30
3.3.2	Sonnenblume	31
3.3.3	Zuckerrüben	32
3.3.4	Mais	32
3.3.5	Getreide	33
3.4	Düngung	35
3.4.1	Energiebedarf für Dünger	35
3.4.2	Nährstoffbilanzen	35
3.4.3	Nitratauswaschung	36
3.5	Fruchtfolgegestaltung	39
4	Herstellungsverfahren	42
4.1	Biodieselherstellung	42
4.2	Ethanolherstellung	43

4.2.1	Rohstoffaufbereitung stärkehaltiger Pflanzen	43
4.2.2	Rohstoffaufbereitung zuckerhaltiger Pflanzen	44
4.2.3	Alkoholische Gärung	44
4.2.4	Kaskaden-Verfahren	45
5	Potenzialstudien	46
5.1	EEA 2006	46
5.1.1	Allgemeines	46
5.1.2	Umweltrelevante Erwägungen	47
5.1.3	Annahmen und Modell	48
5.1.4	Flächenpotenziale für Bioenergie	50
5.1.5	Umweltverträglicher Energiepflanzenmix	51
5.1.6	Bioenergiepotenzial aus der Landwirtschaft	52
5.2	EEA 2007	53
5.2.1	Allgemeines zur Studie	53
5.2.2	Umweltrelevante Erwägungen	54
5.2.3	Annahmen und Modelle	55
5.2.4	Flächenpotenziale für Bioenergie	57
5.2.5	Umweltverträglicher Energiepflanzenmix	60
5.2.6	Bioenergiepotenzial aus der Landwirtschaft	61
5.3	Thrän 2005	63
5.3.1	Allgemeines zur Studie	63
5.3.2	Rahmenbedingungen	63
5.3.3	Annahmen und Modell	64
5.3.4	Flächenpotenziale für Bioenergie	66
5.3.5	Bioenergiepotenziale aus der Landwirtschaft	68
5.4	Zeddies 2006	69
5.4.1	Allgemeines zur Studie	69
5.4.2	Annahmen und Vorgehensweise	69
5.4.3	Flächenpotenziale für Biokraftstoffe	70
5.4.4	Produktionspotenzial für Energiepflanzen	71
5.5	Brainbows 2007	72
5.5.1	Allgemeines zur Studie	72
5.5.2	Annahmen und Methodik	73
5.5.3	Flächenpotenziale für Biokraftstoffe	76
6	Untersuchung der Kosten	77
6.1	Gliederung der Kosten	77
6.1.1	Rohstoffkosten	78
6.1.2	Düngerkosten	78
6.2	Deckungsbeiträge für Winterraps	79
6.2.1	Variable Kosten	80

6.2.2	Deckungsbeiträge und Produktpreis	81
6.3	Stickstoff-Dünger Optimum	82
6.4	Wirtschaftlichkeit von Fruchtfolgen	83
6.5	Vergleich mit anderen Studien	84
6.5.1	AK-Studie	84
6.5.2	Petersenstudie	84
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	87
7.1	Ergebnisse der Potenzialstudien	87
7.1.1	Gegenüberstellung der Studien	88
7.1.2	Flächenpotenziale	89
7.1.3	Energiepotenziale	90
7.1.4	Produktionspotenzial	90
7.1.5	Biokraftstoffpotenziale	92
7.2	Diskussion der Ergebnisse	93
7.2.1	Diskussion über Potenzialstudien	93
7.2.2	Flächenvergleich nach Ländern	94
7.2.3	Flächeneffizienz von Biokraftstoffen	95
7.2.4	Düngung und Ertrag bei Raps	96
7.3	Schlussfolgerungen	97
7.3.1	Schlussfolgerungen aus der Arbeit	97
7.3.2	Potenziale für Biokraftstoffe und Beimischungsziel	98
7.3.3	Allgemeine Schlussfolgerungen	98
8	Anhang	99
	Literaturverzeichnis	122

Abbildungsverzeichnis

2.1	Rapsblüte	5
2.2	Sonnenblumen	8
2.3	Zuckerrüben	10
2.4	Weizen	12
2.5	Roggen	14
2.6	Triticale	16
2.7	Gerste	18
2.8	Hafer	20
2.9	Mais	22
3.1	Aufgabenverteilung im konventionellen Produktionssystem	25
3.2	Aufgabenverteilung im integrierten Produktionssystem	25
3.3	Aufgabenverteilung im ökologischen Produktionssystem	25
3.4	Aussaat- und Ernteperioden	27
3.5	Empfehlungen zur Gestaltung von Getreidefruchtfolgen	34
3.6	Herstellung von Mineralischen Düngemitteln	35
3.7	Stickstoff Umsetzung im Boden	37
3.8	Schematische Darstellung des Nitratauswaschungsvorganges	38
3.9	Fruchtfolgegestaltung	41
4.1	Chemische Aufschlüsselung von Biodiesel	42
4.2	Verfahren zur Biodieselherstellung	43
4.3	Aufschluss von stärkehaltigen Rohstoffen	43
4.4	Aufschluss von zuckerhaltigen Rohstoffen	44
4.5	Alkoholische Gärung	44
4.6	Kaskaden-Verfahren zur Bioethanolherstellung	45
5.1	Einflüsse unterschiedlicher Faktoren auf verfügbares Land	49
5.2	Verfügbares Land zur Bioenergieproduktion	50
5.3	Überblick über die Arbeitsschritte	52
5.4	Umweltverträgliches landwirtschaftliches Bioenergiepotenzial	52
5.5	Verfügbares Grünland und Land für Energiepflanzenproduktion 2010	57
5.6	Verfügbares Grünland und Land für Energiepflanzenproduktion 2020	58
5.7	Verfügbares Grünland und Land für Energiepflanzenproduktion 2030	58

5.8	Verfügbares Land nach HEKTOR Modell Abschätzung	59
5.9	Bioenergiepotenzial für ausgewählte EU Mitgliedsstaaten	62
5.10	Berechnungsmatrix zur Ermittlung der Fläche zum Energiepflanzenanbau	64
5.11	Technisches Potenzial für Bioenergieträger in ha Fläche (2000/2010/2020)	66
5.12	Energieträgerpotenzial aus Energiepflanzen für die EU-28 im E+ und CP Szenario in PJ/a	68
6.1	Ertragabhängige variable Kosten für Winterraps DB2008	80
6.2	Ertragabhängige variable Kosten für Winterraps DB2007	80
6.3	Ertragabhängige variable Kosten für Winterraps Mai 2008	81
6.4	Deckungsbeiträge für Winterraps (DB2007)	81
6.5	Deckungsbeiträge für Winterraps (DB0508)	82
6.6	ökonomisches Optimum der N-Düngung von W-Raps	82
7.1	Agrarstrukturen der EU-27 - Landwirtschaftlich genutzte Fläche . . .	94
7.2	Agrarstrukturen der EU-27 - Ackerland	94
7.3	Kornertrag von Raps in Abhängigkeit von der N-Düngung	96

Tabellenverzeichnis

2.1	Maximal mögliche Stickstoffdüngung bei Raps	7
2.2	Nährstoffbedarf bei einer Ertragserwartung von 50 t pro ha	11
2.3	Stickstoffbedarf von Wintergetreide nach der Ertragserwartung	13
2.4	Düngeempfehlung für Phosphor, Kalium und Magnesium	13
2.5	Stickstoffdüngung von Sommergerste und Hafer	19
2.6	Stickstoffdüngung bei Mais	23
3.1	Erträge ausgewählter Ackerkulturen in unterschiedlichen Produkti- onssystemen	26
3.2	Geeignete Vorfrüchte für Winterraps	30
3.3	Fruchtfolgebeispiele für die Eingliederung des Rapses	31
3.4	Faustzahlen für durchschnittliche N-Nachlieferung	37
3.5	pflanzenbauliche Obergrenzen	40
3.6	Anbaupausen	40
5.1	verfügbares Ackerland zur Energiepflanzenproduktion (1000 ha)	51
5.2	Verfügbares Land für Energiepflanzen in der EU-25	57
5.3	Priorisierung von Einjährigen Pflanzen in der atlantischen und lusi- tanischen Zone	60
5.4	Technisches Potenzial EU-25 gesamt	66
5.5	Theoretische Produktionspotenziale in der EU-25 gesamt	70
5.6	Theoretische Produktionspotenziale nach Energiepflanzen in der EU-25	70
5.7	Theoretisches Potenzial in der EU-25 für Rohstoffe zur Biokraftstoff- produktion	71
6.1	Kosten von mineralischen Düngemitteln	78
6.2	Deckungsbeitrag von Winterraps	79
6.3	Nährstoffmengen für Winterraps	79
6.4	Deckungsbeitrag-Fruchtfolge konventionell sehr guter Standort	83
6.5	Deckungsbeitrag-Fruchtfolge konventionell mittlerer Standort	83
6.6	Deckungsbeitrag AK-Studie	84
6.7	Überblick über die Regionen	85
6.8	Erträge abhängig von Regionen	85
6.9	Deckungsbeiträge Region I im Jahr 2004, Petersenstudie	86

6.10	Deckungsbeiträge Region VI im Jahr 2004, Petersenstudie	86
7.1	Annahmen die das Flächenpotenzial beeinflussen	87
7.2	Vergleich der Potenzialstudien	89
7.3	Flächenpotenziale für Biokraftstoffe - Studienvergleich [1000 ha] . . .	89
7.4	Energiepotenziale für Biokraftstoffe - Studienvergleich [MtOE]	90
7.5	Energiepflanzenpotenziale (nach Thrän im CP Szenario) [PJ/a] . . .	90
7.6	Energiepflanzenpotenziale (nach Thrän im E+ Szenario) [PJ/a] . . .	91
7.7	Theoretisches Potenzial für Biodiesel (nach Zeddies)	92
7.8	Theoretisches Potenzial für Bioethanol (nach Zeddis)	92
7.9	Ertragspotenziale von Biokraftstoffen	95
7.10	Flächeneffizienz von Biokraftstoffen	95

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen zur Biotreibstoffherzeugung gewinnt im Bereich der Mobilität zunehmend an Bedeutung. Durch die im Jahre 2003 von der EU verabschiedeten Biotreibstoffrichtlinie mit Beimischungszielen für die Jahre 2005 und 2010 wird die Produktion von Biotreibstoffen auf EU Ebene forciert. Die Hauptziele der EU sind es, die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu verringern und eine Verbesserung der Treibhausgasbilanz zu erreichen.

Im Zentrum dieser Arbeit steht die Frage nach Potenzialen für Biotreibstoffe der 1. Generation in der EU auf Basis von Biodiesel und Bioethanol.

1.2 Methodik

Ausgangspunkt für diese Arbeit war eine umfangreiche Literatur- und Internetrecherche zur Biotreibstoffthematik. Gesucht wurde nach anerkannten wissenschaftlichen Studien über Flächen- und Produktionspotenziale für Biokraftstoffe der 1. Generation. Zu diesem Thema wird viel publiziert, damit war es wichtig den Umfang klar abzugrenzen.

Fünf ausgewählte Studien wurden hinsichtlich ihrer Grundannahmen, ihre Methodik und ihrer Ergebnisse untersucht. Daraus wurden Kriterien abgeleitet, um die Studien systematisch miteinander zu vergleichen. Das Ergebnis wurde in Form einer Tabelle dargestellt und die Unterschiede der Studien diskutiert.

Weiters wurden jene Energiepflanzen betrachtet, die in der EU vorwiegend angebaut werden und zur Produktion von Biokraftstoffen geeignet sind. In den untersuchten Potenzialstudien werden Fruchtfolgen nicht berücksichtigt. Da ein Zusammenhang zwischen Fruchtfolgen und Ertragssteigerungen besteht, geht die Arbeit auch auf diese Thematik ein und untersucht mögliche Einflüsse bestimmter Fruchtfolgen auf die Rohstoffproduktion. Die grundlegende Gestaltung von Fruchtfolgen wurde aus unterschiedlicher Literatur und Praxisempfehlungen zusammengetragen.

Bei dieser Arbeit steht der landwirtschaftliche Aspekt im Mittelpunkt, weshalb sich die Untersuchung der Kosten auf die der Rohstoffe beschränkt. Die Untersuchung weiterer Kosten ist Gegenstand anderer Arbeiten, auch der Energy Economics Group an der TU-Wien.

1.3 Aufbau der Arbeit

Am Beginn steht ein Überblick über die Energiepflanzen, die in der EU landwirtschaftlich genutzt werden. Diese finden Verwendung als Öl-, Stärke- und Zuckerlieferanten zur Erzeugung von Biodiesel und Bioethanol. Dabei werden jeweils nach einer kurzen Beschreibung der Kulturdaten der Pflanze die Ansprüche an Boden und Klima, sowie die Nährstoffversorgung aufgelistet.

In einem Kapitel wird dargestellt, was Fruchtfolgen sind, welche Stellung die Energiepflanzen einnehmen können und welche Wirkungen Fruchtfolgen haben. Dieser Abschnitt versucht zu erklären, warum Fruchtfolgen wichtig sind und wieder mehr Beachtung in der konventionellen Landwirtschaft finden sollten. Fruchtfolgen sind in der biologischen Landwirtschaft heute bereits unverzichtbar. Es wird auch auf die Problematik der Nitratauswaschung eingegangen.

Zur Abrundung werden Herstellungsverfahren für Biodiesel und Ethanol kurz dargestellt.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt im Vergleich der Potenzialstudien für die Bioenergieproduktion. Es werden Biotreibstoffe der 1. Generation und damit der landwirtschaftliche Bereich dieser Studien betrachtet. Dabei werden die in den einzelnen Studien getroffenen Annahmen, umweltrelevante Erwägungen, der untersuchte Energiepflanzenmix und die Ergebnisse in Form von Flächen- und Energiepotenzialen dargestellt.

Ein weiteres Kapitel untersucht die Rohstoffkosten am Beispiel für Winterraps und gibt auch einen kurzen Vergleich mit anderen Studien. Wichtig dabei sind die variablen Kosten und der Deckungsbeitrag der einzelnen Frucht und auch der gesamten Fruchtfolge. Die Auswirkungen der Rohölpreisentwicklung auf die Kosten für mineralische Dünger wird mit den im Standarddeckungsbeitragskatalog angenommenen Kosten verglichen.

1.4 Rechtliche Voraussetzungen

In der EU-Richtlinie 2003/30/EG hat die Europäische Kommission beschlossen, den Anteil an Biokraftstoffen schrittweise zu erhöhen. Dabei wurden Zielvorgaben für die Jahre 2005 und 2010 als Richtwerte für die Beimengung aller Otto- und Dieselmotorkraftstoffe von 2% und 5,75% festgelegt.¹

Die Mitgliedsländer sind aufgefordert, diese Richtlinie in nationales Recht umzusetzen und das Beimischungsziel bekannt zu geben.² Damit sollte sichergestellt werden, dass eine Mindestmenge an Biokraftstoffen in Verkehr gebracht wird. (lt. Art.3, Abs.1a)

Diese Ziele sind aber rechtlich nicht verbindlich d.h. es besteht keinerlei rechtliche Verpflichtung dieses Beimischungsziel in der ersten Phase zu erreichen. Im Bericht für das Jahr 2006 gaben die Mitgliedstaaten ihre nationalen Richtwerte für die zweite Phase an.³ Weitere Berichte der Staaten erfolgen dann jährlich jeweils bis zum 1.Juli. Die Europäische Kommission hat über die Fortschritte bei der Verwendung von Biokraftstoffen Ende 2006 Bericht erstattet, weitere Berichte erfolgen alle zwei Jahre.

„Die Kommission gelangt somit zu der Schlussfolgerung, dass das in der Biokraftstoffrichtlinie für das Jahr 2010 ins Auge gefasste Ziel voraussichtlich nicht erreicht werden wird.“⁴

Im Jahr 2005 haben nur zwei Länder ihre Zielvorgaben erreicht Deutschland und Schweden. Die Biokraftstoffrichtlinie beinhaltet eine „Überprüfungsklausel“ durch welche Anpassungen der Richtwerte bei Nichterreichung möglich sind (lt. Art.4, Abs.2).

„Auf der Grundlage dieses Berichts unterbreitet die Kommission dem Europäischen Parlament und dem Rat gegebenenfalls Vorschläge zur Anpassung der in Artikel 3 Absatz 1 enthaltenen Zielvorgaben. Sollte dieser Bericht zu der Schlussfolgerung gelangen, dass die Richtwerte aus Gründen, die keine Rechtfertigung darstellen und/oder nicht mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen in Zusammenhang stehen, voraussichtlich nicht erreicht werden, gehen diese Vorschläge in geeigneter Form auf einzelstaatliche Ziele, einschließlich möglicher verbindlicher Ziele, ein.“

Dass die Bezugswerte 2010 voraussichtlich nicht erreicht werden, stellt weder eine Rechtfertigung dar noch kann dies mit wissenschaftlichen Erkenntnissen begründet werden.⁵

¹ RL2003, Art.3, Abs.1, EU-Richtlinie 2003/30/EG

² KOM2006, Fortschrittsbericht Biokraftstoffe, Tabelle 8.1 im Anhang

³ KOM2006, Fortschrittsbericht Biokraftstoffe, Tabelle 8.2 im Anhang

⁴ KOM2006, Fortschrittsbericht Biokraftstoffe, Seite 7

⁵ KOM2006, Fortschrittsbericht Biokraftstoffe, Seite 14

Ein Ziel der EU ist, die Abhängigkeit vom Erdöl im Sektor Verkehr zu verringern. Gleichzeitig sollen damit auch die Treibhausgasemissionen reduziert werden. Dazu ist ein klares Signal zur Forcierung von Biotreibstoffen erforderlich. Es sollte dabei eine umweltverträgliche Produktion gefördert werden, unabhängig von der Art des Biotreibstoffes bzw. Art der Energiepflanzen. Dabei sind *„Biokraftstoffe mit einer guten Wirkungsbilanz in Bezug auf Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit“*¹ zu fördern.

¹ KOM2006, Fortschrittsbericht Biokraftstoffe, Seite 16

Kapitel 2

Energiepflanzen

Der folgende Abschnitt befasst sich mit den in der EU angebauten und zur Biotreibstoffproduktion geeigneten Energiepflanzen. Die einzelnen Pflanzen werden kurz vorgestellt und ihre Ansprüche an Boden und Klima beschrieben. Daten über Aussaat- und Erntetermin, Erträge und die Nährstoffversorgung ergänzen die Aufstellung.

2.1 Raps (*Brassica napus* L. var. *napus*.)



Abbildung 2.1: Rapsblüte
Quelle: www.piqs.de

2.1.1 Biologische Grundlagen

Raps gehört zur Familie der Kreuzblütler (Gattung *Brassica*) und ist ursprünglich aus einer natürlichen Kreuzung von Rübsen und einem Wildkohl entstanden¹. Beim Raps wird zwischen der Winter- und der Sommerform unterschieden. Die Samen

¹ Cramer1990, Seite 18ff

sind kugelig und in reifem Zustand braunschwarz gefärbt. Nach der Keimung entwickelt sich eine Rosette mit dunkelgrünen Blättern. Zur Überwinterung ist eine Rosette mit 8 bis 12 Blätter ideal, wobei der Wurzelhalsdurchmesser mindestens 8 mm und die Pfahlwurzel 15-20 cm erreichen sollte¹. Für die Winterform ist in diesem Entwicklungsstadium die optimale Winterhärte erreicht.

Im folgenden Frühjahr bildet die Pflanze eine hohe Anzahl von Blütenanlagen aus, woraus sich aber nur 5 bis 20% befruchtungsfähige Blüten entwickeln. Die Blühdauer beträgt 3 bis 5 Wochen, wobei die Selbstbefruchtung überwiegt, aber auch Fremdbefruchtung über Insekten möglich ist. Von den befruchteten Blüten bilden 40 bis 60% eine Schote mit einer Länge von 5 bis 10 cm aus. In der Schote sind bis zu 20 kugelige Samen enthalten, die zu zwei Drittel aus Öl und Eiweiß bestehen. Der Ölgehalt des Samens erreicht 39 bis 45% bei einem geringen Feuchtigkeitsgehalt von 6 bis 8%.

2.1.2 Ansprüche an Boden und Klima

In ihrer Bedeutung treten die Bodenansprüche des Rapses hinter die Klimaanforderungen zurück².

Raps bevorzugt tiefgründige, humus- und nährstoffreiche, optimal mit Kalk versorgte Böden, wie sandige bis humose Lehme. Für hohe und sichere Erträge ist die Tiefgründigkeit des Standortes wichtig, um eine tiefe Wurzelbildung zu ermöglichen.

Ungeeignet sind extrem leichte und flachgründige Böden, vor allem in Bezug auf die Wasserversorgung. Schwere Tonböden sind nicht so gut geeignet. Probleme mit der Überwinterung kann es bei Böden mit Staunässe geben.

Raps ist eine Langtagspflanze und gut angepasst an die Tageslänge in Mittel- und Nordeuropa. Im Herbst verbleibt die Pflanze in einem Rosettenstadium mit 8 bis 10 Blättern und ist dabei kälteresistent bis -20°C. Ein deutliches Vernalisationsbedürfnis ist bei Winterraps gegeben. Dabei genügt eine dreiwöchige Temperatur um den Gefrierpunkt. Das ist unbedingt erforderlich, um im Frühjahr Streckungs- und Längenwachstum der Rapspflanze auszulösen.

Je nach Standort sind Jahresniederschläge von 600 bis 800 mm erforderlich, um gute Erträge zu erzielen. Für Raps ist auch eine gute Keimfeuchte wichtig und in der Schoß- und Blühphase benötigt die Pflanze eine ausreichende Wasserversorgung.

¹ FiBL2008, Merkblatt Bioraps

² Cramer1990, Seite 42

2.1.3 Kulturdaten

Aussaattermin: 2.Augusthälfte (Sommerapps: März) Vorwinterentwicklung 40 bis 50 kräftige Einzelpflanzen pro m² wobei das Rosettenstadium nicht überschritten werden sollte. Nach dem Winter, zu Vegetationsbeginn, ist eine Bestandsdichte von 30 bis 40 Pflanzen pro m² ideal.

Erntetermin: ab Juli (Sommerapps: August)

Ertragsleistung: 20 bis 45 dt/ha (Sommerapps: 10-25 dt/ha)

Durchschnitt: 25,4¹ dt/ha Österreich: 25,7 Frankreich: 31,4 Deutschland 31,7 dt/ha²

2.1.4 Nährstoffversorgung

Die Versorgung der Pflanze mit ausreichend Stickstoff zum passenden Zeitpunkt ist besonders für die Erzielung hoher und stabiler Erträge wichtig. Dabei sind die durch Vorfrüchte im Boden vorhandenen N-Rückstände zu berücksichtigen.

Winterraps benötigt im Herbst eine Gabe N-Düngung um die Entwicklung der Pflanze zu beeinflussen. Dabei ist die gewählte Menge entscheidend damit die Pflanze vor dem Winter eine Rosette ausbildet und kräftiges Wachstum der Pfahlwurzel erfolgt. Je nach lokalen Bodenverhältnissen und Stickstoffverfügbarkeit im Boden können bis zu 70 kg N/ha erforderlich sein.

Eine weitere N-Düngergabe sollte bereits zu Vegetationsbeginn im Frühjahr erfolgen. Diese ist zur Erzielung hoher Erträgen wichtig, da der hohe Nährstoffbedarf hauptsächlich durch diese erste Düngergabe abgedeckt wird. Je nach erzielbarem Ertrag am Standort sind N-Gaben von 50 bis 150 kg/ha angebracht. Eine gezielte Aufteilung dieser Gaben ist vorteilhaft. Die maximale ertragsabhängige N-Düngung, siehe Tabelle 2.1³ darf dabei aber nicht überschritten werden.

Tabelle 2.1: Maximal mögliche Stickstoffdüngung bei Raps

Ertragserwartung (t/ha)	Rechtliche Obergrenzen (kg N/ha)	Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker und Grünland (kg N/ha)
2 bis 3	155	140
3 bis 4	180	160
> 4	195	175

¹ Durchschnitt Österreich 1994 bis 2003: Statistik der Landwirtschaft 2005, Statistik Austria

² Durchschnittswerte 1991 bis 2005 AWI Daten

³ Maximum der N-Düngung Tabelle 1: Maximal mögliche Stickstoffdüngung bei Raps, www.bauernzeitung.at

2.2 Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.)



Abbildung 2.2: Sonnenblumen

Quelle: www.pixelio.de

2.2.1 Biologische Grundlagen

Die Sonnenblume gehört zur Familie der Korbblütler und erreicht je nach Sorte und Witterung eine Wuchshöhe von 1 bis 2,5 m. Die Wurzeln bilden ein dichtverzweigtes Faserwurzelsystem mit einer tiefen Pfahlwurzel. Die Sonnenblume ist grundsätzlich ein Fremdbefruchter, aber neue Hybridsorten sind zu einem hohen Anteil Selbstbefruchter¹. Die Blühdauer des Sonnenblumenfeldes beträgt 10 bis 20 Tage. Die Körbe sind positiv phototrop und wenden sich der Sonne entgegen. Der Ölgehalt der Samen beträgt bis zu 50%, wobei neuere Hybridsorten auch 55% erreichen können². Für den Ölgehalt spielen die standortabhängigen Temperatureinflüsse eine wesentliche Rolle.

2.2.2 Ansprüche an Boden und Klima

Sonnenblumen stellen geringe Anforderungen an den Boden. Sie bevorzugen mittelschwere sandige, gut durchlüftete Böden³. Nicht geeignet sind schwere, kalte und zu Staunässe neigende Böden⁴.

Die Öl-Sonnenblume bevorzugt warme und trockene Gebiete und stellt hohe Ansprüche an die Temperatursumme, die sollte über 1450°C liegen. (Die Ansammlung der thermischen Energie über einen bestimmten Zeitraum wird als Temperatursummen oder Wachstumsgradtage bezeichnet.)

¹ Sblum2006, Beratungsblatt Sonnenblume

² Schuster1993, Seite 108

³ FiBL2000, Merkblatt Sonnenblumen

⁴ Sblum2006, Beratungsblatt Sonnenblume

Die Vegetationsdauer beträgt 130 bis 150 Tage. In sehr feuchten Gebieten steigt die Gefahr von Pilzkrankheiten und auch Nebellagen sind besonders ungünstig. Bis zum 4-Blattpaar-Stadium werden Temperaturen bis minus 5°C von der Pflanze ertragen. Die Wasserversorgung der Pflanze kann auch während längerer Trockenperioden durch das tiefe Pfahlwurzelsystem aufrechterhalten werden.

2.2.3 Kulturdaten

Aussaattermin: Anfang April bei Bodentemperaturen von 7 bis 8°C Die Aussaat erfolgt in Reihen mit Abständen von 45 bis 75 cm (zwischen Pflanzen 27 cm), wobei die optimale Saattiefe 3 bis 5 cm beträgt. Auf leichten Böden beträgt die Saatstärke 45.000 bis 55.000 Pflanzen pro ha und auf besser mit Wasser versorgten Böden bis zu 65.000 Pflanzen pro ha.

Erntetermin: Anfang September bis Anfang Oktober, wenn die Feuchtigkeit der Kerne unter 15% gesunken ist.

Ertragsleistung: 20 bis 35 dt/ha Durchschnitt 25,1 dt/ha¹

2.2.4 Nährstoffversorgung

Sonnenblumen verfügen durch die Pfahlwurzel über ein gutes Nährstoffaneignungsvermögen und haben im Allgemeinen einen geringen Nährstoffbedarf, abgesehen vom erhöhten Kaliumbedarf. Je nach Bodenverfügbarkeit kann bei konventioneller Düngung mit folgendem Düngerbedarf gerechnet werden: Stickstoff 60 kg/ha, Phosphor 60 kg/ha, Kalium 400 kg/ha, Magnesium 55 kg/ha. Verfügt der Boden über ausreichende N-Nachlieferung, was auch durch eine Vorfrucht möglich ist, so kann sich die Stickstoffdüngung ganz erübrigen. Zu hohe Stickstoffgaben verzögern die Abreife und wirken sich negativ auf den Krankheitsanfälligkeit der Pflanze aus.

¹ Durchschnitt Österreich 1994 bis 2003: Statistik der Landwirtschaft 2005, Statistik Austria

2.3 Zuckerrüben (*Beta vulgaris*)



Abbildung 2.3: Zuckerrüben

Quelle: Leitfaden Erfolgreicher Zuckerrübenanbau, www.bayercropscience.de

2.3.1 Biologische Grundlagen

Die Zuckerrübe gehört botanisch zur Familie der Gänsefußgewächse. Die Rübe wächst überwiegend unterirdisch wie in Abbildung 2.3 ersichtlich ist. Die Blattfläche sollte das Vierfache der Bodenfläche betragen (Blattflächenindex 4) um die eingestrahlte Sonnenenergie optimal in pflanzliche Energie und Zuckerertrag umzusetzen.

Die Vegetationsdauer beträgt 180 bis 220 Tage. Der Zuckergehalt der Rüben liegt zwischen 16¹ und 20%

2.3.2 Ansprüche an Boden und Klima

Die Zuckerrübe² stellt hohen Anforderungen an Boden und Klima. Höchste Erträge werden auf tiefgründigen nährstoffreichen Böden mit guter Wasserversorgung erzielt. Nicht geeignet sind leichte, flachgründige Böden (mit geringer Wasserspeicherfähigkeit). Die Rübe reagiert empfindlich auf Staunässe.

Klimatisch benötigen Zuckerrüben eine lange Sonnenscheindauer während der Hauptwachstumszeit. Durch einen sonnigen Herbst mit kühlen Nächten wird der Zucker- und Trockensubstanzgehalt der Rüben gesteigert. Trockenheit in tiefgründigen Böden wird gut ertragen und ein Klima mit wenig Niederschlägen ist für die Kultivierung von Rüben vorteilhaft.

¹ Agrana, www.agrana.at

² FiBL2004, Merkblatt Zuckerrüben

2.3.3 Kulturdaten

Aussaattermin: 5. bis 15. April bei einer Bodentemperatur 5 bis 8°C Die optimale Pflanzenzahl liegt bei 90.000 Pflanzen pro ha

Erntetermin: Oktober bis Mitte November

Ertragsleistung: 50 bis 65 t Rüben pro ha

2.3.4 Nährstoffversorgung

Eine ausreichende Versorgung mit Stickstoff ist zu Beginn der Vegetationsperiode wichtig. Am Ende der Vegetation wird die Zuckerausbeute durch eine zu hohe Versorgung gehemmt¹. Der Nährstoffbedarf ist auf den zu erwartenden Ertrag abzustimmen²

Tabelle 2.2: Nährstoffbedarf bei einer Ertragserwartung von 50 t pro ha

	Stickstoff	Phosphor	Kali	Magnesium	Bor
kg/ha	75	75	250	45	2
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B

Wichtig ist eine gute Kalkversorgung der Böden, damit die Bodenstabilität gefördert und der Befall mit Wurzelbrand reduziert wird.

¹ Ryser2005, DÜNGUNG VON ZUCKERRÜBEN

² FiBL2004, Merkblatt Zuckerrüben, Tabelle Nährstoffbedarf

2.4 Weizen (*Triticum aestivum*)



Abbildung 2.4: Weizen

Quelle: www.piqs.de

2.4.1 Biologische Grundlagen

Die einjährigen Weizenpflanzen erreichen eine Höhe von 0,5 bis einen Meter und haben einen rundlichen Halm. Die Ähren sind beim Saat- oder Weichweizen (*Triticum aestivum*) meist unbegrannt¹.

Eine Form des Weizens aus der tetraploiden Emmerreihe, Hartweizen (*Triticum durum*), hat wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Hartweizen hat seine Bezeichnung wegen des harten, meist glasigen Endosperms erhalten und wird zur Herstellung von Grieß und Teigwaren verwendet². Bei der selbstbefruchtenden Pflanze wird zwischen Winter- und Sommerform unterschieden. Weizen hat unter den Getreidearten die größte Bedeutung und wird als Nahrungs- und Futtermittel weltweit angebaut. Winterweizen kann bis in eine Höhe von 800 m und Sommerweizen bis 1400 m über dem Meer angebaut werden.

2.4.2 Ansprüche an Boden und Klima

Weizen stellt an Boden, Klima und Wasserversorgung höhere Ansprüche als andere Getreidearten. Die Pflanze bevorzugt nährstoffreiche, tiefgründige, eher schwere Böden mit großer Wasserspeicherkapazität. Lehm- oder Schwarzerdeböden erfüllen diese Voraussetzungen. Im Gegensatz dazu sind flachgründige Böden oder Torfböden nicht geeignet.

¹ IMA2007, Sachinformationen Getreide

² Seibel2005, Seite 44

2.4.3 Kulturdaten

Details bezüglich Keimtemperatur, Frosthärte und Wachstumsbeginn siehe Tabelle 8.3 im Anhang, Angaben zu ausgewählten Wachstumsfaktoren. Statische Größen der Ertragsstruktur sind in Tabelle 8.4 im Anhang zusammengefasst.

Aussaattermin: Anfang Oktober bis Mitte November

(Sommerweizen: Februar bis Ende März)

Erntetermin: August (Ende August)

Ertragsleistung: 50 bis 80 dt/ha (Sommerweizen ca. 50 dt/ha)

2.4.4 Nährstoffversorgung

Zur Erreichung eines hohen Ertragsniveaus ist beim Weizen umfangreiche N-Düngung erforderlich. Die erforderliche Menge ist abhängig von Nährstoffverfügbarkeit am Standort und sollte dem Vegetationsverlauf angepasst werden. Eine Aufteilung in mindestens zwei Düngergaben ist empfehlenswert, wobei eine Herbstgabe meist nicht erforderlich ist. Als Orientierungswert kann je nach Ertragsniveau, Vorfrucht und Witterung von 80 bis 120 kg/ha angegeben werden. Eine ausführlichere Angabe¹ über Erforderliche N-Düngung ist für verschiedene Wintergetreidesorten in Tabelle 2.3 und für Phosphor, Kalium und Magnesium in Abhängigkeit vom Ertragsniveau (Bodengehaltsklasse C) in kg Nährstoff/ha in Tabelle 2.4 dargestellt.

Tabelle 2.3: Stickstoffbedarf von Wintergetreide nach der Ertragserwartung

Getreideart	Gesamtbedarf			Startgabe			Schossergabe			Spätgabe		
	Ertragserwartung in dt/ha											
	50	70	90	50	70	90	50	70	90	50	70	90
Wintergerste	110	160	200	50	60	76	30	50	60	30	50	70
Winterweizen	140	190	250	70	80	90	30	50	70	40	60	90
	Ertragserwartung in dt/ha											
	40	60	80	40	60	80	40	60	80	40	60	80
	40	60	80	40	60	80	40	60	80	40	60	80
Winterroggen	100	120	160	60	60	80	40	30	40	0	30	40
Triticale	100	140	190	60	70	80	40	30	50	0	40	60

Tabelle 2.4: Düngeempfehlung für Phosphor, Kalium und Magnesium

Getreideart	Entzug* (kg/dt)	Ertragserwartung (dt/ha)		
		40	60	80
Winterweizen				
P ₂ O ₅	1,1	45 - 55	65 - 75	85 - 95
K ₂ O	2,0	80 - 95	120 - 140	160 - 180
MgO	0,4	15 - 20	25 - 30	35 - 40
Wintergerste, Sommergerste und Triticale				
P ₂ O ₅	1,1	45 - 55	65 - 75	85 - 95
K ₂ O	2,3	95 - 110	140 - 160	180 - 200
MgO	0,4	15 - 20	25 - 30	25 - 40
Winterroggen, Hafer				
P ₂ O ₅	1,1	45 - 55	65 - 75	85 - 95
K ₂ O	2,6	105 - 125	155 - 175	210 - 230
MgO	0,4	15 - 20	25 - 30	35 - 40

* einschließlich Entzug für Koppelprodukt

¹ Anbautelegramm Getreide, www.agrarnet-mv.de

2.5 Roggen (*Secale cereale*)



Abbildung 2.5: Roggen

Quelle: www.agravisag.de

2.5.1 Biologische Grundlagen

Die Roggenpflanze ist ein einjähriges begranntes Ährengras, das 1,5 bis 2 Meter hoch wird¹. Die Pflanze ist ein ausgesprochener Fremdbefruchter. Das Roggenkorn ist lang und schmal und mit bläulich-grüner bis gelblicher Färbung. Hybridsorten liefern höhere Erträge und sind krankheitsresistenter, die Anfälligkeit des Roggens gegen den Mutterkornpilz bleibt aber bestehen². Roggen kann bis in eine Höhe von 2000 m über dem Meer angebaut werden und hat durch seine Wuchshöhe eine gute Konkurrenzkraft gegenüber Begleitkräutern. Roggen wird als Alternative zum Weizen gesehen und „*bei entsprechender Anbautechnik überall dort, wo Weizen nicht mehr geht*“ kultiviert³.

¹ Sachinformationen Getreide, information. medien.agrar e.V., www.ima-agrar.de

² Seibel2005, Seite 47

³ Roggen - ein „Multitalent“ mit großen Zukunftsperspektiven, 20.07.2007, www.bauernzeitung.at

2.5.2 Ansprüche an Boden und Klima

Roggen ist das anspruchsloseste Getreide in Bezug auf Standort und Fruchtfolge. Die Pflanze stellt geringe Ansprüche an Boden, Klima und Nährstoffversorgung, ist jedoch empfindlich gegen lang liegende Schneedecken und Nässe. Deshalb sind schwere und staunasse Böden ungeeignet zur Kultivierung.

2.5.3 Kulturdaten

Roggen hat die beste Winterhärte aller Getreidearten. Details bezüglich Keimtemperatur, Frosthärte und Wachstumsbeginn siehe Tabelle 8.3 im Anhang, Angaben zu ausgewählten Wachstumsfaktoren. Statische Größen der Ertragsstruktur sind in Tabelle 8.4 im Anhang zusammengefasst.

Aussaattermin: Ende September

Erntetermin: Anfang bis Mitte August

Ertragsleistung: 30 bis 60 dt/ha Durchschnittsertrag 49,1 dt/ha¹

2.5.4 Nährstoffversorgung

Die N-Düngung ist auch von den Ertragsvoraussetzungen des Standortes abhängig, ist aber bezogen auf den Gesamtertrag geringer als beim Weizen. Kalium und Magnesium sind wichtige Nährstoffe, die abhängig von den Bodenverhältnissen zugeführt werden müssen.

Eine ausführlichere Angabe über erforderliche N-Düngung ist für verschiedene Wintergetreidesorten in Tabelle 2.3 und für Phosphor, Kalium und Magnesium in Tabelle 2.4 auf Seite 13 dargestellt.

¹ in den Jahren 1988 bis 2005 aus 25 Jahre Triticale der Kruse Saatzucht, www.agravisag.de/kruse-saatzucht/aktuelles/25_Jahre_Triticale.pdf

2.6 Triticale (Triticosecale)



Abbildung 2.6: Triticale

Quelle: www.agravisag.de (oben Sorte Madilo, unten Magnat)

2.6.1 Biologische Grundlagen

Botanisch ist Triticale das Kreuzungsprodukt aus den Gattungen Triticum (Weizen) und Secale (Roggen), eine von Menschen geschaffene Kulturpflanze¹.

Dabei sollten die günstigen Eigenschaften des Weizens (Ertrag, Qualität) mit denjenigen des Roggens (Anspruchslosigkeit) kombiniert werden ².

Triticale wird als Selbstbefruchter eingestuft, zeigt aber sortenabhängig hohe Fremdbefruchtungsraten. Die unterschiedlichen Triticalesorten unterscheiden sich vor dem Schossen erheblich in der Halmlänge sowie im Wuchstyp. Es wird zwischen Sekundär-Triticale, einer Kreuzung von Triticale mit Weizen oder Roggen und Rekombinations-Triticale, einer Kreuzung von Triticalestämmen mit gleichen Chromosomenstämmen unterschieden. Auch bei dieser Getreideart gibt es eine Winter- und eine Sommerform. Bisher hat Triticale, aufgrund von Schwächen in der Kleberstruktur und -funktionalität für die Backwarenherstellung, keine wesentliche Bedeutung für die menschliche Ernährung erlangt.

„Ganz aktuell zeichnet sich eine vielversprechende Verwendungsmöglichkeit in der Bioethanolproduktion ab, sofern sich experimentell ermittelte höhere Alkoholausbeuten als aus Weizen und Roggen unter Praxisbedingungen bestätigen“³.

2.6.2 Ansprüche an Boden und Klima

Triticale kann auf fast allen Böden angebaut werden. Die höchsten Erträge werden auf mittleren und besseren Böden unter ausreichender Wasserversorgung erreicht.

¹ Seibel2005, Seite 48

² FiBL2002a, Merkblatt Getreide

³ Seibel2005, Seite 49

2.6.3 Kulturdaten

Details bezüglich Keimtemperatur, Frosthärte und Wachstumsbeginn siehe Tabelle 8.3 im Anhang, Angaben zu ausgewählten Wachstumsfaktoren. Statische Größen der Ertragsstruktur sind in Tabelle 8.4 im Anhang zusammengefasst.

Aussaattermin: Ende September bis Mitte Oktober

Erntetermin: August

Ertragsleistung: 50 bis 65 dt/ha Durchschnittsertrag 56 dt/ha¹

2.6.4 Nährstoffversorgung

Die N-Düngung ist auch von den Ertragsvoraussetzungen des Standortes abhängig, ist aber bezogen auf den Gesamtertrag geringer als beim Weizen doch höher als beim Roggen. Wesentlich für die absolute Höhe des Düngungsniveaus sind die Wasserführung, die Vorfruchtverhältnisse sowie die Ertragserwartung des Standortes. Aufteilung der Gesamt N - Menge²:

40 - 50 % als Startgabe

30 - 25 % als Schossgabe

30 - 25 % als Spätgabe

Eine ausführlichere Angabe über erforderliche N-Düngung ist für verschiedene Wintergetreidesorten in Tabelle 2.3 und für Phosphor, Kalium und Magnesium in Tabelle 2.4 auf Seite 13 dargestellt.

¹ in den Jahren 1988 bis 2005 aus Kruse2007, 25 Jahre Triticale

² Kruse2007, 25 Jahre Triticale

2.7 Gerste (*Hordeum vulgare*)



Abbildung 2.7: Gerste

Quelle: www.pixelio.de

2.7.1 Biologische Grundlagen

Die Gerstenpflanze ist mit maximal 1,2 Meter Wuchshöhe die niedrigste Getreideart und gehört zur Gruppe der Süßgräsern. Die Ähren der Pflanze sind mit langen Grannen besetzt (siehe Abbildung 2.7). Alle Gerstenarten sind Selbstbefruchter. Der Anbau ist bis in höhere Lagen von 1200 m über dem Meer möglich. Charakteristisch für Gerste ist auch ein früher Erntetermin im Vergleich zu anderen Getreidearten.

Durch die geringe Höhe der Pflanze verfügt sie über geringe unkrautunterdrückende Wirkung. Hauptsächlich findet Gerste Verwendung als Futtergetreide und Braugerste.

2.7.2 Ansprüche an Boden und Klima

Diese Pflanze bevorzugt mittelschwere bis schwere und tiefgründige Böden. Ungünstig sind saure, schlecht trainierte Böden und feuchte, schwere Böden¹.

Die Klimatischen Anforderungen sind gering hinsichtlich Temperatur und Wasserversorgung und somit auch in trockeneren Gebieten kultivierbar.

¹ FiBL2002a, Merkblatt Getreide

2.7.3 Kulturdaten

Details bezüglich Keimtemperatur, Frosthärte und Wachstumsbeginn siehe Tabelle 8.3 im Anhang, Angaben zu ausgewählten Wachstumsfaktoren. Statische Größen der Ertragsstruktur sind in Tabelle 8.4 im Anhang zusammengefasst.

Aussaattermin: September (Sommergerste: März bis April)

Erntetermin: bis Ende Juli (Sommergerste: Juli bis August)

Ertragsleistung: 45 bis 65 dt/ha (Sommergerste ca. 45 dt/ha)

2.7.4 Nährstoffversorgung

Die N-Düngung ist auch bei der Gerste vom Standort und Ertrag abhängig und liegt geringfügig über den Werten von Roggen. Bei Braugerste darf die N-Düngung nicht zu spät erfolgen um die gewünschten niedrigen Proteinwerte einzuhalten (keine Spätdüngung).

Eine ausführlichere Angabe über erforderliche N-Düngung ist für verschiedene Wintergetreidesorten in Tabelle 2.3 und für Phosphor, Kalium und Magnesium in Tabelle 2.4 auf Seite 13 dargestellt.

Die Tabelle 2.5¹ stellt einen Vergleich der Stickstoffobergrenzen für Gerste zwischen ÖPUL 2007 und Cross Compliance dar.

Tabelle 2.5: Stickstoffdüngung von Sommergerste und Hafer

Maximale Stickstoff-Bedarfswerte Acker										
Maximale N-Düngung gemäß ÖPUL 2007 Bio und UBAG										
Kultur	niedrige Ertragslage		mittlere Ertragslage		Ertragslage hoch1		Ertragslage hoch2		Ertragslage hoch3	
	[t/ha]	[kg/ha]	[t/ha]	[kg/ha]	[t/ha]	[kg/ha]	[t/ha]	[kg/ha]	[t/ha]	[kg/ha]
Sommerfuttergerste	< 3,5	70	3,5 - 5,5	100	5,5 - 7,0	110	> 7,0	120	-	-
Sommerbraugerste	< 3,5	50	3,5 - 5,0	70	5,0 - 6,5	80	> 6,5	80	-	-
Hafer	< 3,5	70	3,5 - 5,0	90	5,0 - 6,5	100	> 6,5	110	-	-
N-Obergrenzen gemäß Cross Compliance										
Sommergerste	< 3,5	80	3,5 - 5,5	110	5,5 - 7,0	130	7,0 - 8,5	140	> 8,5	150
Hafer	< 3,5	75	3,5 - 5,0	100	5,0 - 6,5	115	6,5 - 8,0	125	> 8,0	135

¹ Stickstoffdüngung von Sommergerste und Hafer, lk-burgenland, www.agrar-net.at

2.8 Hafer (*Avena sativa*)



Abbildung 2.8: Hafer
Quelle: www.ima-agrar.de

2.8.1 Biologische Grundlagen

Hafer ist ein einjähriges Rispengras und bildet 15 bis 30 Zentimeter lange, allseitig wendige, verzweigte, schwach abwärts hängende Rispen (siehe Abbildung 2.8). Wie die meisten Getreidepflanzen gehört Hafer auch zur Gruppe der Selbstbefruchter.

Unter den Getreidearten gilt Hafer als „Gesundungsfrucht“, da sich viele Getreideschädlinge in ihm nicht vermehren¹.

Dieses Süßgras wird vorwiegend als Sommerhafer (im Frühjahr gesät) weltweit angebaut. Ernährungsphysiologisch wertvoll ist Hafer wegen seiner hohen B-Glucangehalte, aber der weitaus größere Teil wird als Futtergetreide verwendet.

2.8.2 Ansprüche an Boden und Klima

Hafer bevorzugt schwach saure, mittelschwere und gut durchfeuchtete Böden. Hinsichtlich der Bodenansprüche zählt diese Pflanze zu den bescheidenen. Hafer benötigt feuchtkühles Klima und eine gute Wasserversorgung.

¹ Sachinformationen Getreide, information. medien.agrar e.V., www.ima-agrar.de

2.8.3 Kulturdaten

Aussaattermin: Februar bis April

Erntetermin: Mitte bis Ende Juli

Ertragsleistung: bis 50 dt/ha

2.8.4 Nährstoffversorgung

Bei Hafer ist eine Zweiteilung der Stickstoffgabe sinnvoll. Bei der Bemessung der Menge ist eine N-Nachlieferung durch Vorfrüchte zu berücksichtigen. Der Stickstoffbedarf liegt bei etwa 60 bis 120 kg/ha. Wichtig für Hafer ist eine ausreichende Versorgung mit Kalium und auch den Mikronährstoffen Mangan und Kupfer¹.

Die Tabelle 2.5 stellt einen Vergleich der Stickstoffobergrenzen für Hafer zwischen ÖPUL 2007 und Cross Compliance dar.

¹ Anbautelegramm Hafer, www.agrarnet-mv.de

2.9 Mais (*Zea mays*)



Abbildung 2.9: Mais

Quelle: www.pixelio.de

2.9.1 Biologische Grundlagen

Die Maispflanze gehört zur Gruppe der C4 Pflanzen und ist bei ausreichender Wasserversorgung zu hoher Biomasseproduktion befähigt. In diesen Pflanzen erfolgt die Fixierung des Kohlendioxides viel intensiver (räumlich getrennt) durch eine Zwischenspeicherung im Malat. Diese Photosynthetischen Hochleistungspflanzen sind somit in der Lage, bei geringerem Wasserverbrauch mehr Biomasse zu produzieren.

Die männlichen Blüten mit den Staubgefäßen befinden sich separat an der Spitze der Pflanze, so dass man von einer einhäusigen, getrenntgeschlechtlichen Blütenform spricht¹. Mais ist das weltweit am häufigsten angebaute Getreide und wird überwiegend als Futtermais angebaut. Die Verarbeitung von Maisspindeln und Körnern wird als Corn-Cob-Mix (CCM) bezeichnet.

2.9.2 Ansprüche an Boden und Klima

Die Maispflanze stellt geringe Anforderungen an Boden und Klima, bevorzugt aber tiefgründige gut strukturierte nährstoffreiche, regelmäßig mit Wasser versorgte Böden. Da die Pflanze an tropische Verhältnisse angepasst ist, ist sie sehr wärmebedürftig. Einige Woche vor und nach der Blüte ist die Wasserversorgung für die Pflanze besonders wichtig. Wassermangel zu dieser Zeit hat Ertragsminderung zur Folge ².

¹ Seibel2005, Seite 53

² FiBL2002, Merkblatt Mais

2.9.3 Kulturdaten

Aussaattermin: April bis Mai, 8 bis 10 Pflanzen pro m²

Erntetermin: September bis Oktober (Silomais früh, CCM und Körnermais später, Gemüsemais ab Juli)

Ertragsleistung:

Silomais 400 bis 500 dt Frischmasse/ha

CCM 100 bis 130 dt/ha

Körnermais 70 bis 100 dt/ha

2.9.4 Nährstoffversorgung

Die Maispflanze hat einen sehr hohen Stickstoffbedarf. Stickstoffgaben von mehr als 100 kg je Hektar und Jahr sind aufzuteilen. Diese Aufteilung der N-Gaben ist besonders wichtig, um Stickstoffverluste zu vermeiden. Der Gesamtstickstoffbedarf ist abhängig von der Ertragslage der Kultur und beträgt in etwa 100 bis 200 kg/ha. Tabelle 2.6¹ stellt einen Vergleich der Stickstoffobergrenzen für Körnermais und Silomais zwischen ÖPUL und Cross Compliance dar.

Auch die Versorgung mit Phosphor und Kalium als weitere Grundnährstoffe ist für die Pflanze wichtig. Die Phosphor-Düngeempfehlung liegt bei mittlerer Ertragslage bei Körnermais bei 85 kg P₂O₅/ha.

Die Tabelle 2.5 stellt einen Vergleich der Stickstoffobergrenzen für Gerste zwischen ÖPUL 2007 und Cross Compliance dar.

Tabelle 2.6: Stickstoffdüngung bei Mais

Maximale Stickstoff-Bedarfswerte Acker										
ÖPUL 2007 Bio und UBAG										
	niedrige Ertragslage		mittlere Ertragslage		Ertragslage hoch1		Ertragslage hoch2		Ertragslage hoch3	
Kultur	[t/ha]	[kg/ha]	[t/ha]	[kg/ha]	[t/ha]	[kg/ha]	[t/ha]	[kg/ha]	[t/ha]	[kg/ha]
Körnermais	< 6,0	110	6,0 - 10,0	140	10 - 11,5	160	> 11,5	180	-	-
Silomais (FM)	< 40	120	40 - 50	160	50,0 - 57,5	180	> 57,5	200	-	-
Cross Compliance										
Körnermais	< 6,0	115	6,0 - 10,0	155	10 - 11,5	180	11,5 - 13,0	195	> 13,0	210
Silomais (FM)	< 40	130	40 - 50	175	50,0 - 57,5	210	57,5 - 65,0	225	> 65,0	240

¹ Stickstoffdüngung bei Mais, lk-burgenland, www.agrar-net.at

Kapitel 3

Fruchtfolgen

Eingangs wird erklärt, was Fruchtfolgen sind, welche Produktionssysteme es gibt, und wie Fruchtfolgen eingeteilt werden können. Weitere Teile befassen sich mit der direkten Vorfruchtwirkung, der Stellung der Kulturarten in der Fruchtfolge und der Düngung, wobei auch die Problematik der Nitratauswaschung behandelt wird. Empfehlungen zur Gestaltung von Fruchtfolgen bilden den Abschluss.

3.1 Allgemeines

Eine Fruchtfolge ist die geplante zeitliche Aufeinanderfolge verschiedener Fruchtarten auf einem Feld über einen Zeitraum von mehreren Jahren. Mit der Gestaltung der Fruchtfolgen eng verbunden ist das Flächenmanagement.

Dreifelderwirtschaft oder Formen der unregelmäßigen Feldgraswirtschaft wurden bereits in der Zeit vor Christi Geburt praktiziert. Die Dreifelderwirtschaft mit Brache gefolgt von mehrmaligem Getreideanbau war bis ins 18. Jahrhundert die vorherrschende Art der Bewirtschaftung. Die Brache hatte die Funktion der Nährstofflieferung, dabei wurde auch die Entwicklung von Schaderregern und Wildkräutern unterdrückt. Seit den 60er Jahren kam es durch umfangreicheren Einsatz von mineralischen Düngern zu einer intensiveren landwirtschaftlichen Bewirtschaftung unter Vereinfachung der Fruchtfolgen.

3.1.1 Produktionssysteme

Das gewählte Produktionssystem¹ beeinflusst die Ausrichtung der Fruchtfolge wesentlich. Damit ergeben sich auch Auswirkungen auf den Betriebsmitteleinsatz. Man unterscheidet drei Systeme:

1. **konventionell (K)** Dieses System wird meist durch zwei oder drei Kulturarten bestimmt, welche ökonomisch am einträglichsten sind. Einseitige Fruchtfolgen erfordern Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und umfangreiche Düngung.

¹ Freyer2003, Seite 16

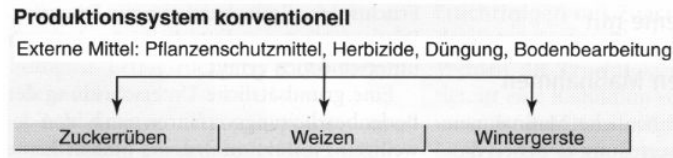


Abbildung 3.1: Aufgabenverteilung im konventionellen Produktionssystem

2. **integriert (IP)** Durch die Berücksichtigung der Fruchtfolgeregeln wird versucht, mit geringem Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln auszukommen. Dabei werden durchaus auch lukrative Marktfrüchte angebaut, aber man versucht, die Auswirkungen auf den Nährstoffhaushalt des Bodens durch intensiven Anbau von Zwischenfrüchten auszugleichen. Weiters vermindern Zwischenfrüchte die Nitratauswaschung ins Grundwasser¹.

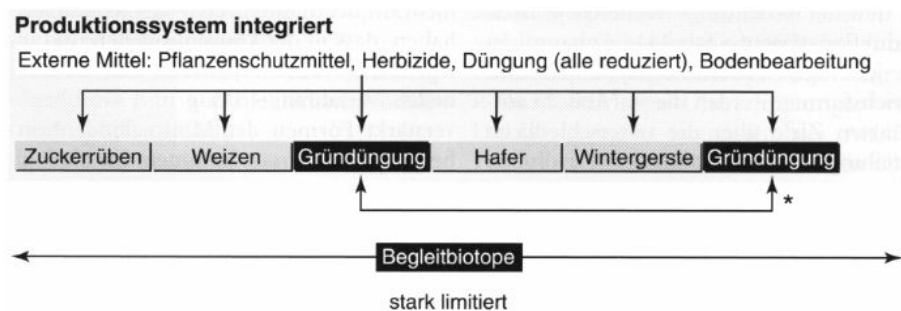


Abbildung 3.2: Aufgabenverteilung im integrierten Produktionssystem

3. **ökologisch (Bio)** Dieses System ist charakterisiert durch eine Auswahl von vielfältigen Fruchtfolgen mit einem großen Anteil an Leguminosen zur Luftstickstoffbindung. Dabei wird auf mineralische Stickstoffdüngung gänzlich verzichtet. Sehr wichtig ist dabei die Planung der Fruchtfolge, da Fehler meist erst ab der Ernte der Kultur korrigiert werden können.

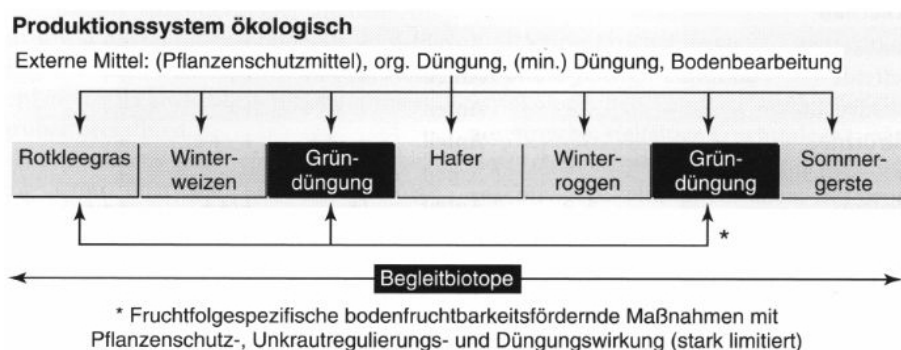


Abbildung 3.3: Aufgabenverteilung im ökologischen Produktionssystem

Die einzelnen Produktionssysteme unterscheiden sich auch hinsichtlich der durch die zur Verfügung stehenden Maßnahmen und Produktionsmittel erzielbaren Erträ-

¹ Liebhard2005

ge. In Tabelle 3.1¹ sind die Erträge in den drei Produktionssystemen für ausgewählte Ackerkulturen gegenübergestellt auf mittleren bis guten Standorten.

Tabelle 3.1: Erträge ausgewählter Ackerkulturen in unterschiedlichen Produktionssystemen

Kulturen	Produktionssystem		
	K	IP	Bio
	(dt FS/ha)		
Winterweizen	75	67	55
Sommerweizen	55	50	40
Wintergerste	65	59	47
Braugerste	55	50	40
Dinkel	50	45	37
Winterroggen	60	55	45
Hafer	55	50	40
Triticale	60	55	45
Ackerbohnen	40	38	32
Eiweißerbsen	45	43	36
Soja	27	26	22
Raps	40	35	27
Körnermais	75	68	56
Silomais	480	430	360
Zuckerrüben	500	450	380
Futtermüben	1200	1000	800
Kartoffeln	380	350	260
Saatkartoffeln	270	250	180
Kleegras (dt TS)	120	120	120

3.1.2 Funktionen

Die einzelnen Funktionen der Fruchtfolge haben, abhängig vom Produktionssystem, einen unterschiedlichen Stellenwert:

- an den Standort angepasste Pflanzen unter Nutzung positiver Vorfruchtwirkungen zur Erzielung möglichst hoher Erträge
- Nutzung des Standortpotenzials ohne langfristige Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit
- Pflanzenvielfalt und Nützlingsförderung (auch Ausscheidung von Flächen)

¹ Freyer2003, Seite 17

- Auswahl von Pflanzen mit geringer Anfälligkeit bezüglich Schaderregern
- Förderung der Nutzungsvielfalt für Erholungszwecke
- Anpassung an die Produkt-Absatzsituation und Erzielung hoher Deckungsbeiträge

3.1.3 Einfache Grundregeln

Einige Grundregeln für die Auswahl von Fruchtfolgen:

- Beachtung der zeitlichen Abfolge der verschiedenen Kulturen (Abbildung 3.4¹)
- Abwechslung von Blatt- und Halmfrüchten
- Wechsel zwischen Stickstoff mehrenden und Stickstoff zehrenden Pflanzen
- Vermeidung von Selbstfolgen (siehe Fruchtfolgengestaltung Abschnitt 3.5)

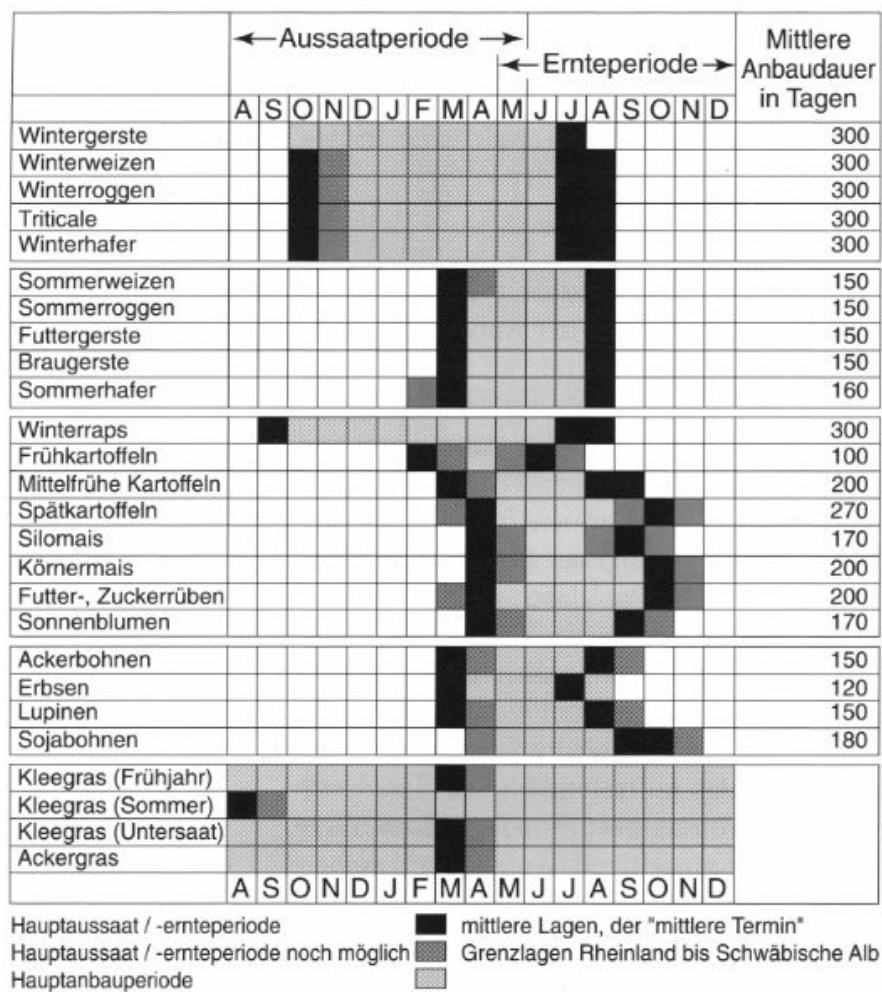


Abbildung 3.4: Aussaat- und Ernteperioden

¹ Freyer2003, Seite 30

3.1.4 Einteilung der Fruchtfolgen

Nach der Art und Anzahl der Fruchtfolgewechsel können unterschieden werden:

- **Daueranbau oder Selbstfolge**
Für den jährlich wiederholten Anbau der gleichen Kultur sind nur selbstverträgliche Fruchtarten geeignet, um stabile Erträge zu erzielen.
- **Einfacher Fruchtwechsel**
Ein Wechsel zwischen Blatt- (z.B. Zuckerrüben, Raps, Mais) und Halmfrucht (Getreide) beugt dem Auftreten von Krankheitserregern, Schädlingen und Unkräutern vor.
- **Doppelfruchtwechsel**
Durch den zweimaligen Anbau von Blatt- und Halmfrüchten in Folge entstehen Vorteile für beide. Das reduziert z.B. die Krankheitsanfälligkeit von Getreidekulturen.
- **Überfruchtwechsel**
Dabei werden zwei Blattfrüchte gefolgt von einer Halmfrucht angebaut. (z.B. Zuckerrüben - Kartoffeln - Hafer)
- **Mehrgliedrige Fruchtfolgen**
Abhängig von der Anzahl der Halmfrüchte nach der Blattfrucht werden diese als zwei-, drei-, vier oder fünfgliedrige Fruchtfolgen bezeichnet.
Blattfrucht (Zuckerrüben/Raps) - Wintergetreide - Sommergetreide
Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste - Hafer
Winterraps - Winterweizen - Hafer - Winterweizen - Wintergerste

Durch Fruchtfolgen mit hohem Anteil an Getreide (siehe Abbildung 3.5 Getreidefruchtfolgen) können Schaderreger über den Boden oder durch Ernterückstände übertragen werden. Um einer Übertragung von Getreidefußkrankheiten entgegenzuwirken, ist der Wechsel zwischen Winterung und Sommerung wichtig. Eine positive Wirkung kann auch durch die passenden Zwischenfrüchte und die richtige Bodenbearbeitung erzielt werden.

3.2 Wirkungsmechanismen

Eine allgemeine Aussage über die direkte Vorfruchtwirkung findet sich bei Christen: „Bestätigt werden kann die Aussage von FISCHBECK et al. (1969), nach der der direkten Vorfruchtwirkung eine größere Bedeutung zukommt als dem Einfluss der gesamten Rotation.¹“

Die vorfruchtbedingten Ertragsdifferenzen reichen von ca. 5 bis zu 20%.

Die Wirkung der Vorfrucht auf den Ertrag der Folgefrucht ist hoch bei:

- enger Fruchtfolge d.h. je weniger Kulturarten angebaut werden
- geringen Einflussmöglichkeiten durch mineralische Stickstoffdüngung, Pflanzenschutzmittel und Herbizide
- ungünstigen Witterungsverhältnissen

Ob eine Vorfrucht günstig bewertet werden kann, wird durch die Ansprüche der Nachfrucht wesentlich bestimmt. Ein Ausgleich zwischen den aufeinanderfolgenden Kulturen kann erfolgen über den Wechsel von:

- Flachwurzlern und Tiefwurzlern
- Pflanzen mit hohen und geringen Ernterückständen
- Stickstoffmehrern und Stickstoffzehrern
- Pflanzen mit langsamer Jugendentwicklung und Unkraut unterdrückenden Kulturen
- Boden stabilisierenden und feinsamigen Fruchtarten
- Schaderreger reduzierenden und anfälligeren Arten

Unter dem direkten Vorfruchtwert werden alle Wirkungen einer Vorfrucht auf die unmittelbar darauf folgende Nachfrucht verstanden.²

Zu diesen Wirkungen zählen:

- pflanzeneigene (Wurzelausscheidungen, Nährstoffaufnahme, Durchwurzelungstiefe, Wasser- und Lichtentzug, Dauer und Zeitpunkt der Bodenbedeckung)
- pflanzenartspezifische Anbaumaßnahmen (Düngungsniveau, Pflanzenschutzmittel, Bodenbearbeitung)
- stoffliche Reste (Ernte und Wurzelrückstände der Vorfrucht mit unterschiedlicher Zusammensetzung)

¹ Christen2001, Seite 37

² Freyer2003, Seite 28

Als indirekten Vorfruchtwert wird die Summenwirkung aller Kulturen auf die aktuelle Kultur bezeichnet, die auch durch Ertragsänderungen quantifiziert werden. Dabei werden die Einflüsse der verschiedenen Feldfrüchte durch den Boden gespeichert. Das kann erfolgen durch Krankheitserreger, Unkrautsamen, Änderungen des pH-Wertes oder auch Veränderungen im Humus- und Nährstoffhaushalt. Vorfrüchte können sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Folgekultur haben. Die durch die Kultur eingebrachten Pflanzenreste oder Schaderreger werden unterschiedlich lange gespeichert und wirken zeitlich versetzt auf die folgenden Pflanzen.¹

Diese vorfruchtbedingten Effekte werden, abhängig auch durch die Möglichkeiten im jeweiligen Produktionssystem, durch das Stickstoffdüngungsniveau, die Sortenwahl und Pflanzenschutzmassnahmen *reduziert, jedoch nicht völlig aufgehoben*.²

3.3 Stellung der Kulturarten

3.3.1 Raps

Der Raps stellt an die Vorfrucht vor allem den Anspruch einer rechtzeitigen Räumung des Feldes und eines garen³ Bodenzustandes. Ein Überblick über Pflanzen, die als Vorfrüchte unterschiedlich gut geeignet sind, ist in Tabelle 3.2⁴ dargestellt. Beispiele für eine mögliche Eingliederung von Raps in die Fruchtfolge gibt Tabelle 3.3⁵.

Tabelle 3.2: Geeignete Vorfrüchte für Winterraps

Vorfrucht	Eignung	Zeit für Räumung
Frühkartoffeln	Sehr gut	Ausreichend
Kleegras	Sehr gut	Optimal
Erbsen	Gut	Kurz
Wintergerste	Gut	Optimal
Winterweizen Winterroggen Sommergerste	gut bis mittel	Kurz bis sehr kurz
Grünbrache Selbstbegrünung	Sehr gut bis mittel	Optimal

¹ Freyer2003, Seite 42

² Christen2001, Seite 37

³ Der Begriff Bodengare beschreibt eine bestimmte Charakteristik des Bodens, wobei die krümelige Struktur für eine gute Durchlüftung des Bodens sorgt. In diesen feinen Bodenporen können Organismen leben, die wiederum durch ihre Kohlendioxidproduktion die Entstehung der Poren fördern.

⁴ HEYLAND et al. 1996 zitiert in Freyer2003, Seite 67, verändert

⁵ Cramer1990, Seite 55

Tabelle 3.3: Fruchtfolgebeispiele für die Eingliederung des Rapses

Vierfeldrige Rotation		
Winterraps Winterweizen Wintergerste Wickgras	Winterraps Winterweizen Hafer Wintergerste	Frühkartoffeln Winterraps Winterweizen Wintergerste
Fünffeldrige Rotation		
Kartoffeln Hafer Wintergerste Winterraps Winterweizen	Kartoffeln Winterweizen Feldgras Winterraps Wintergerste	Silomais Winterroggen Wintergerste Winterraps Winterweizen
Fünffeldrige Rotation		
Kleegras Winterweizen Wintergerste Winterraps Winterweizen Hafer	Kartoffeln Winterweizen Winterraps Wintergerste Hafer Kleegras	Kartoffeln Sommergerste Erbsen Winterraps Winterweizen Wintergerste

Die Vorfruchtwirkung des Rapses selbst zeichnet sich durch eine gründliche Durchwurzelung sowie eine starke Beschattung und somit einen positiven Einfluss auf die Bodengare aus. Christen berichtet in der Studie von einer *Ertragsreduktion des Winterraps von bis zu 20% nach einer ungünstigen Vorfrucht wie Weizen oder Raps in Selbstfolge*.¹

3.3.2 Sonnenblume

Geeignete Vorfrüchte für den Anbau von Sonnenblumen sind: alle Getreidearten, auch Mais oder Hackfrüchte²

Eher ungünstige Vor- und Nachfrüchte sind: Raps, Erbsen, Soja und Ackerbohne. Dabei kommt es durch Herbizidrückstände aus dem Maisanbau und verdichtete Böden zu Beeinträchtigungen im Wachstum der Pflanze.

Klee ist wegen des hohen Stickstoffangebotes als Vorfrucht für die Sonnenblume ungeeignet.³ Eine Anbaupause von 5 Jahren ist wegen Sklerotinia-Gefahr (Stengelfäule) einzuhalten.⁴

¹ Christen2001, Seite 34

² Freyer2003, Seite 69

³ BIO AUSTRIA - Beratungsblatt

⁴ FiBL2000, Merkblatt Sonnenblumen

3.3.3 Zuckerrüben

Für Zuckerrüben sind als Vorfrüchte geeignet: alle Getreidearten¹

Nur bedingt geeignet sind: Bohnen, Soja, Ackerbohne, Erbsen
weitere Kleearten, Kartoffeln, Sonnenblume, Mais

Nicht geeignet sind: Raps, Rüben, Kohl, Spinat, Zwiebeln

Als notwendige Anbaupause ist ein Zeitraum von 4 Jahren zu Rüben und zu Sonnenblumen, weitere 3 Jahre zu Zwiebeln empfehlenswert.

Zur Kultivierung wichtig ist ein unkrautfreier Acker, der durch Anbaumaßnahmen oder durch Vorfrüchte entsprechend vorbereitet wird. Je nach Stellung in der Fruchtfolge können Probleme mit Ausfallsamen aus anderen Kulturen wie Raps oder Sonnenblume auftreten. Für gute Rübenenerträge ist auch die Bodengare und Durchwurzelbarkeit des Bodens wichtig. Ein hoher Anteil an Zuckerrüben in der Fruchtfolge verursacht Ertragsminderung.

Trotz ihrer Eignung als Vorfrüchte werden Kartoffeln und Winterroggen in der Praxis seltener als Weizen oder Gerste mit Zwischenfrüchten eingesetzt.

Beispielhaft eine mögliche Fruchtfolge für Zuckerrüben:

Feldfutter - Winter- oder Sommerweizen oder Kartoffel - Zwischenfrucht - Zuckerrüben

3.3.4 Mais

Durch seine hohe Selbstverträglichkeit ist ein zeitlich begrenzter mehrjähriger Maisanbau (in integriertem bzw. konventionellem Anbau) möglich, wobei mit sinkenden Erträgen zu rechnen ist.²

Weil häufig bereits ab dem 2. Jahr ein massives Unkrautproblem auftritt, wird Mais (vor allem im biologischen Landbau) nur alle 6 bis 8 Jahre angebaut³ Allgemein kann Mais bezüglich Fruchtfolgestellung als anspruchslos bezeichnet werden, aber sein hoher Stickstoffbedarf ist zu berücksichtigen.

Eine Untersaat (Luzerne, Weißklee) ist vorteilhaft um Erosion zu verhindern und bei Mais wegen der langsamen Jugendentwicklung, den weiten Reihenabstand und der Wuchshöhe durchführbar.

Als Vorfrucht kann Mais vor Winterweizen, Winterroggen oder Sommergetreidearten angebaut werden. Dabei kann Körnermais aber einen höheren Flächenanteil in der Fruchtfolge einnehmen als Silomais (etwas geringere Belastung der Böden bei der Ernte und größerer am Feld verbleibender Anteil an Ernterückständen).

¹ FiBL2004, Merkblatt Zuckerrüben

² Freyer2003, Seite 61

³ Merkblatt Mais, FiBL2002

3.3.5 Getreide

*Die Ansprüche der verschiedenen Getreidearten an die Vorfrucht nehmen in folgender Reihenfolge ab: Winterweizen > Braugerste > Wintergerste > Sommerfuttergerste > Hafer > Winterroggen.*¹

Nach Freyer sind durch unterschiedliche Kombination der Getreidepflanzen in der Fruchtfolge, aufgrund unterschiedlicher Vorfrucht-Nachfrucht-Beziehungen, Ertragsunterschiede von mindestens 5% bis 10% möglich. Zur Erzielung höchster Erträge ist der Wechsel von Blatt- und Halmfrucht wichtig.

Winterraps ist eine gute Vorfrucht für alle Getreidearten, da durch den hohen Anteil an Feinwurzelmasse eine gute krümelige Bodenstruktur (Bodengare) hinterlassen wird. Als Vorfrucht für Winterweizen eignen sich Körnerleguminosen (Ackerbohnen, Erbsen) gut. Weiters können als Vorkulturen Klee gras, Kartoffeln, Rüben oder Feldgemüse und auch Hafer oder Mais angebaut werden.²

Der Getreideanteil sollte 50% der Fruchtfolgefläche wegen Unkrautproblemen und vermehrtem Krankheitsdruck nicht überschreiten. Einen Überblick über die mögliche Gestaltung von Getreidefruchtfolgen und deren Eignung oder Stellung in der Fruchtfolge ist in Abbildung 3.5³ dargestellt. Der Anbau von Zwischenfrüchten ist auf niederschlagsreichen Standorten empfehlenswert, wobei mindestens 35 Vegetationstage zur Kultivierung erforderlich sind.

Für Wintergerste sind früh räumende Vorfrüchte, die das Feld in einem guten Strukturzustand hinterlassen und auch ein geringer Ungräserbesatz wichtig.

*In der Fruchtfolge konkurriert die Wintergerste nach Raps und Erbsen allerdings mit dem Weizen. Bei zunehmender Bodenqualität nimmt der Einfluss der Vorfrucht auf den Ertrag ab. Vorfruchtbedingte Ertragsunterschiede erreichen aber immer noch 10-15%. In der Praxis gilt der Winterweizen als typische Getreidevorfrucht der Wintergerste.*⁴

Triticale kann in der Fruchtfolge sowohl die Stellung von Wintergerste als auch von Winterroggen einnehmen. Sie ist eine Alternative zur Wintergerste wegen des späteren Einsaattermins und der geringeren Krankheitsanfälligkeit (vor allem im ökologischen Landbau).

¹ Freyer2003, Seite 66

² FiBL2002, Merkblatt Getreide

³ Heyland 1992 zitiert in Freyer2003, Seite 98

⁴ Freyer2003, Seite 4

Vorfrucht →								
		Wintergerste	Winterroggen	Winterweizen	Sommergerste	Sommerroggen	Hafer	Sommerweizen
Nachfrucht ↓	Wintergerste	D	D	D	V	V	X	X
	Winterroggen	D	D	D	V	V	X	X
	Winterweizen							
	Sommergerste	O	O	V	O	O		V
	Sommerroggen	O	O	V	O	O		V
	Hafer	O	O	V				
	Sommerweizen							

	uneingeschränkt zu empfehlen
X	nur in günstigen Klimatalagen möglich
O	mit vorheriger Stoppelfrucht
V	vor Saat- oder Winterfurche Stoppelbearbeitung
D	abzulehnen wegen Durchwuchs
	abzulehnen bei Gefahr mit Getreidezystenälchen
	gefährlich wegen erhöhter Infektionsgefahr mit Fußkrankheiten
	abzulehnen wegen Hafernematoden

Abbildung 3.5: Empfehlungen zur Gestaltung von Getreidefruchtfolgen

Hafer wird in Getreidefruchtfolgen meist ans Ende der Fruchtfolge gestellt. Er wird als "Gesundungsfrucht" bezeichnet, da einige Getreidekrankheiten (Halmbruch, Schwarzbeinigkeit) nicht übertragen werden. Die besten Vorfrüchte für Hafer sind Blattfrüchte und Wintergetreidearten (Winterweizen und Winterroggen mit Zwischenfrucht und Silomais). Die Stellung nach Wintergerste, Sommergerste und Hafer selbst ist ungünstig. *Hafer steht in weizenarmen Fruchtfolgen als „abtragende“ Frucht, in weizenreichen als Gesundungsfrucht, entsprechend einer Blattfrucht.*¹

¹ Freyer2003, Seite 52f

3.4 Düngung

3.4.1 Energiebedarf für Dünger

Zur Nahrungsmittelproduktion werden in Westeuropa etwa 15% des gesamten Energieverbrauchs benötigt, wobei 5% auf die Produktion der landwirtschaftlichen Rohstoffe entfallen. Die Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln ist sehr energieintensiv. Ein Beispiel aus der Winterweizenproduktion zeigt, dass mehr als die Hälfte der Energieaufwendung zur Herstellung des Stickstoffdüngers benötigt wird. Beim Einsatz von 170 kg N-Dünger errechnet sich ein Anteil von 52% am Energieeinsatz (für Produktion, Transport und Ausbringung). Vergleichsweise gering ist der Energiebedarf für die P- und K-Dünger mit 8%.

Zur Herstellung von 1 t Stickstoffdünger aus Kalkammonsalpeter werden etwa 40 GJ, zur Ausbringung (und Transport) werden vergleichsweise geringe 1 bis 3 GJ benötigt. Als Grundbaustein für fast alle stickstoffhaltigen Mineraldünger wird Ammoniak (NH_3) benötigt, wie prinzipiell in Abbildung 3.6¹ dargestellt ist. Durch einen stark endothermen Syntheseprozess wird Ammoniak aus Luftstickstoff und Erdgas (dient zu 82% als Prozessgas) hergestellt. Dabei sind zur Herstellung von 1 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ in etwa 1 l Öl-Äquivalente erforderlich.

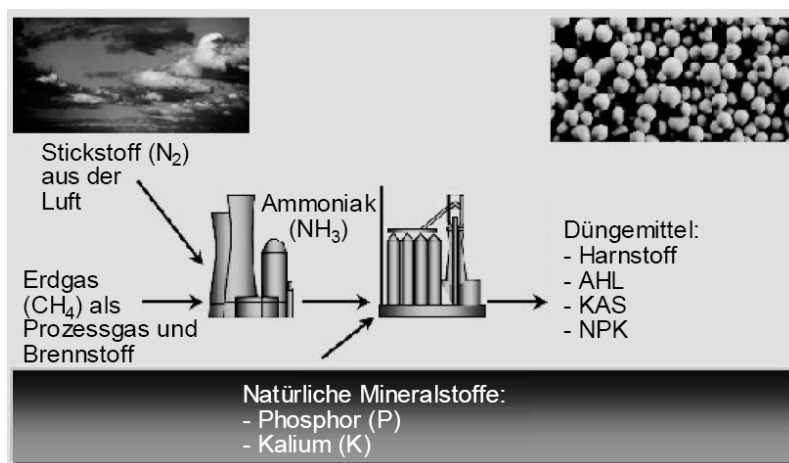


Abbildung 3.6: Herstellung von Mineralischen Düngemitteln

Die Energieeffizienz wurde durch ein optimiertes Haber&Bosch Verfahren (Steam reforming) weiter verbessert auf 34 GJ pro t $\text{NH}_3\text{-N}$.

3.4.2 Nährstoffbilanzen

Zur Erfassung der Nährstoffsituation im landwirtschaftlichen Betrieb sind Nährstoffbilanzen der gesamten Fruchtfolge zu berücksichtigen. Dabei werden die Mengen von Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium ermittelt, die Teil des Nährstoffkreislaufs sind. Eine Bilanzierung erfolgt über Entnahme und Rücklieferung der einzelnen

¹ BAD2007, Küsters Jürgen, Seite 74

Fruchtfolgeglieder und berücksichtigt - je nach Kultur - Wurzel, Blatt, Körper, Korn und Stroh. Auch etwaige Stickstoffverluste in der Hofdüngerkette und Mineraldüngergaben sind zu bilanzieren.

3.4.3 Nitratauswaschung

Oft kommt es durch falsche Anbaustrategien in Kombination mit ungünstigen Witterungsbedingungen zu Nitratverfrachtungen ins Grundwasser.

Die Gefahr einer Verlagerung von wasserlöslichem Stickstoff (Nitrat) in tiefere Bodenschichten wird reduziert durch:

- eine geschlossene Pflanzendecke
- termingerechte Bodenbearbeitung
- Zwischenfrüchte und Untersaaten
- tiefe und dichte Durchwurzelung
- richtig dosierte Stickstoffgaben (räumlich und zeitlich)
- angepasste Fruchtfolgengestaltung
- pflanzenbauliche Maßnahmen (kulturspezifisch)

Der größte Anteil (90 %) des Stickstoffs im Boden ist organisch gebunden und nicht direkt für die Pflanze verfügbar. Für diesen besteht kaum die Möglichkeit einer Auswaschung, da dieser in den schwer abbaubaren Dauerhumus eingebaut ist. Im Gegensatz dazu kann der aus leicht abbaubaren organischen Stickstoffverbindungen (Ausscheidungen von Mikroorganismen und Ernterückstände) bestehende Nährhumus rasch mineralisieren.

*Der lösliche N-Anteil besteht überwiegend aus Nitrat (>90%) sowie Nitrit und Ammonium. Nitrat (NO_3^-) ist im Boden leicht mobil und kann sowohl gut von den Pflanzen aufgenommen, als auch leicht ausgewaschen werden.*¹

In Abbildung 3.7² sind diese Vorgänge dargestellt. Da Ammonium an Tonminerale und an den Humus gebunden ist kann es nicht so leicht ausgewaschen werden.

Für die Umsetzungsvorgänge (Mineralisation und Nitrifikation) im Boden sind hohe pH-Werte und Temperaturen um 25 bis 30°C erforderlich. Aber selbst bei geringen Temperaturen über Null können bereits Mineralisierungsprozesse ablaufen.

Abhängig vom Humusgehalt im Boden und den Bedingungen zur Mineralisation können 30 bis 200 kg Stickstoff pro ha jährlich mobilisiert werden. Davon kann je nach Kulturart und Vegetationszeit für die Versorgung der Pflanze unterschiedlich

¹ Freyer2003, Seite 166

² Furrer u. Stauffer 1986 zitiert in Freyer2003, Seite 167

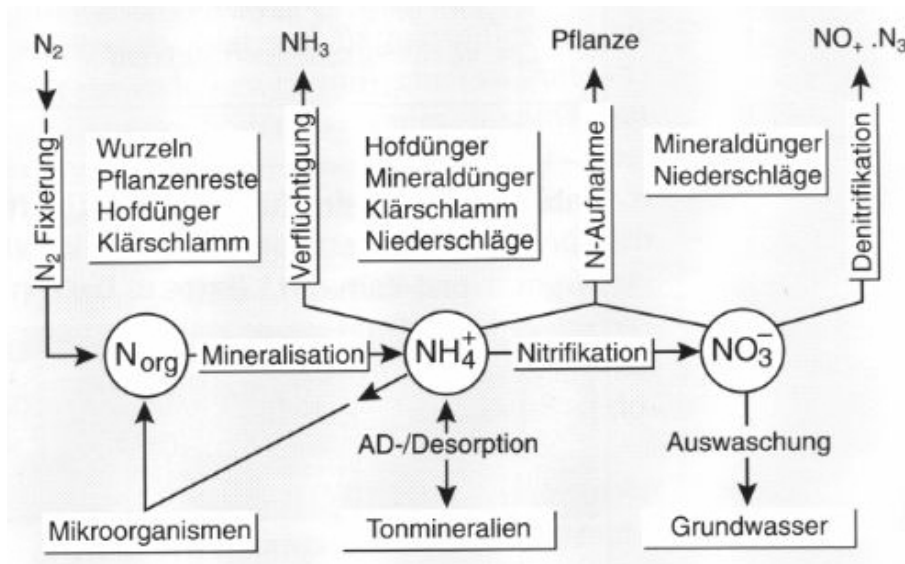


Abbildung 3.7: Stickstoff Umsetzung im Boden

viel Stickstoff genutzt werden und ist in der Bemessung der Düngergabe zu berücksichtigen. (In Tabelle 3.4¹ dargestellt für mittlere Mineralböden mit Ackerzahl 40-60)

Tabelle 3.4: Faustzahlen für durchschnittliche N-Nachlieferung

Kulturart	kg N/(ha a)
Weizen, Triticale	0
Wintergerste	20
übriges Getreide	10
Raps	30
Sonnenblume	50
Mais, Kartoffeln	40
Zuckerrüben	80

Wie in Abbildung 3.8² dargestellt ist, zwischen reversibler und irreversibler Nitratauswaschung zu unterscheiden. Bei der reversiblen Nitratauswaschung kommt es zu einer Verfrachtung von Nitrat in tiefere Bodenschichten und zu einer Rückverfrachtung in für die Wurzeln erreichbare Bodenschichten. Im Gegensatz dazu ist im irreversiblen Fall ein Eintrag ins Grundwasser erfolgt.

¹ Frede u. Dabbert 1998 zitiert in Freyer2003, auszugsweise Seite 168

² Rohmann u. Sontheimer 1985 zitiert in Freyer2003, Seite 167

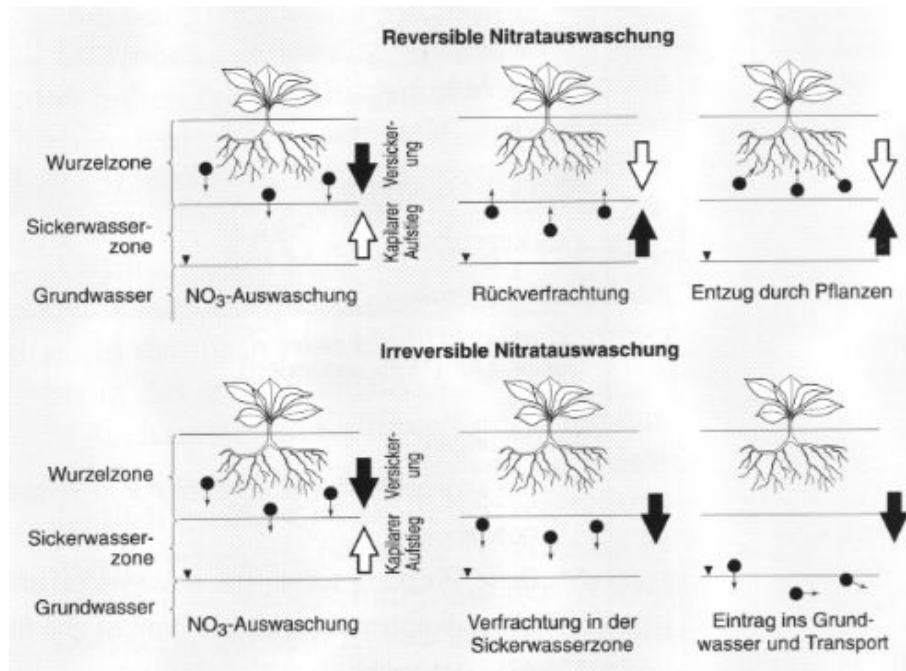


Abbildung 3.8: Schematische Darstellung des Nitratauswaschungsvorganges

Entwicklungen, die Nitratauswaschung begünstigen:

- gesteigerter Bodenstickstoffgehalt
- begrenzte kapillare Speicherfähigkeit des Bodens
- geringer Humushaushalt
- Bodenstrukturschäden
- verstärkte Gülleausbringung beim Maisanbau im Herbst
- hohe Weizenqualitäten und hohe N-Düngung
- Wegfall Stickstoff speichernder Winterzwischenfrüchten
- Wegfall Humus aufbauender Kulturen (Luzerne, Klee gras)
- großflächiger Grünlandumbruch
- lückige Bestände und lange Brachzeiten
- falsche Stickstoffbilanzen (Bodenvorrat, organische Dünger)
- nicht termingerechte Ausbringung und überhöhte Güllegaben

3.5 Fruchtfolgegestaltung

Bei der Gestaltung von Fruchtfolgen sind folgende Aspekte zu beachten¹:

- pflanzenbauliche Obergrenzen (in Prozent der Ackerfläche siehe Tabelle 3.5)
- Einhaltung von Anbaupausen (in Jahren siehe Tabelle 3.6)
- Vermeidung von Selbstfolgen (z.B. bei Raps, Weizen, Roggen, Hafer)
- Nutzung positiver Fruchtfolgenglieder
Raps - Weizen ; Lupinen - Roggen ; Grünbrache - Raps ;
Zuckerrüben - Braugerste
- Beachtung von Unverträglichkeiten
Ackerbohnen - Rotklee, das Nacheinander großkörniger Leguminosen
Hafer - Sommergerste und umgekehrt
Sonnenblumen - Raps und umgekehrt
- Vermeidung zu enger Nachbarschaften
Sommer- und Wintergerste ; Raps und Vorjahresraps ;
Roggen und Vorjahresroggen ; Kohl und Raps
- Einrichtung mehrerer Rotationen
Trennung von Raps und Rüben, Sommer- und Winterraps,
Raps und Sonnenblumen, Leguminosen und Lein
- Erosions- und Bodenschutz
Bodenbedeckung während der ganzen Vegetationszeit durch Zwischenfruchtanbau, Grünbrache aber keine Schwarzbrache
- Steigerung der Bodenfruchtbarkeit
durch Gründungspflanzen aus dem Zwischenfruchtanbau und Nutzung der Ernterückstände (Stroh, Rübenblatt)
- Erstellung von Nährstoffbilanzen

¹ Fruchtfolgen: Grundsätze und Empfehlungen, www.raiffeisen.com

Tabelle 3.5: pflanzenbauliche Obergrenzen

Pflanze	% der AF
Getreide	66
Raps	25
Leguminosen	20
Zuckerrüben	25
Kartoffeln	25
Silomais	33

Tabelle 3.6: Anbaupausen

Pflanze	Anbaupause
Sonnenblume	5 Jahre
Raps	3 Jahre
Ackerbohnen	3 Jahre
Lupinen	3 Jahre
Zuckerrüben	4 Jahre
Kartoffeln	4 Jahre
Erbsen	5 Jahre
Lein	6 Jahre

Ein Überblick über günstige, mögliche und ungünstige Vor-/ Nachfruchtbeziehungen ist in Abbildung 3.9¹ tabellarisch dargestellt.

¹ Fruchtfolge.pdf , www.landwirtschaftskammer.at

		Nachfrucht																	
Vorfrucht		Roggen	Weizen	Wintergerste	Sommergerste	Triticale	Hafer	Mais	Kartoffel	Rübe	Raps	Erbse	Ackerbohne	Soja	Sonnenblumen	Klee	Kümmel Wi.	Mohn Wi*So	Leinsamen
	Roggen	S	M _D	M _D	M	M _D	U	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Weizen	M	U _H	M _D	M _H	M _D	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Wintergerste	M _D	U _H	U _H	U _H	M	M	M	M	M	G	M	M	M	M	M	M	M	M
	Sommergerste	M	U _H	U _H	U _H	M	U _C	M	M	M	M	M	M	M	M	M	G	M	G
	Triticale	M _D	M _D	M _D	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Hafer	U	G	M	M	M	U	U	M _U	M	M	M	M	M	M	M	G	M	M
	Mais	M _U	M	M _U	M	M _U	M	M	M	M _U	U	M	M	M	M	M	U	M	M
	Kartoffel	G	G	M _U	M _G	G	M	M	U	U	M _U	M	M	M	M	M	M _U	M	G
	Rübe	M _U	M _G	M _U	M	M _U	M	M	U	U	U ₂	M	M	M	M	M	U ₄	U ₄	M
	Raps	G	G	G	M	G	M	M _U	M	U	U ₄	M	M	M	U ₄	U	D	D	D
	Erbse	G	G	G	M _A	G	M _A	M _A	M _A	M _A	(G)	U ₄	U ₄	U ₄	M _A	U _{3,4}	M	M	U
	Ackerbohne	G	G	G	M _A	G	M _A	M _A	M _A	M _A	(G)	U ₄	U ₄	U ₄	M _A	U _{3,4}	M	G	U
	Soja	M _U	G	M	M _A	M _G	M _A	M _A	M _A	M _A	U _D	U ₄	U ₄	M>2/C	M ₄	U _{3,4}	M	G	M
	Sonnenblume	M _U	G	M _U	M	M	M	M	M	M	U	M	M	(U)	U ₄	U _{3,4}	M	G	M
	Klee	M _G	G	G	G	G	M	G	G	U	U	U	U	U	U	U	M	G	U
	Öko	G	G	G	M	G	G	M	M	U	U	U	U	U	U	U	M	M	M
	Mohn	G	G	G	M	G	G	M	G	M	U _D	M	M	M	M	G	G	U ₄	G
	Wi.-Kümmel	G	G	G	G	G	G	G	G	G	U _D	M	M	M	M	M	U ₄	M	M
	Lein	G	G	G	G	G	G	G	G	G	U _D	M	M	M	M	M	M	M	U ₄

- G** günstig
S selbstverträglich
M möglich
D Durchwuchsgefahr bei Vermehrungen
U ungünstig/nicht möglich/Zeitproblem
H Halmbruchgefahr
C Gefahr von Krankheiten erhöht - Stengelälchen
2/3/4 ... notwendiger Anbauabstand in Jahren
A Gefahr der Auswaschung von N

Abbildung 3.9: Fruchtfolgegestaltung

Kapitel 4

Herstellungsverfahren

Gegenstand dieses Kapitels sind die Herstellung von Biodiesel und Ethanol. Dabei wird bei der Ethanolherstellung auf die unterschiedliche Rohstoffaufbereitung von Stärke- und Zuckerpflanzen eingegangen.

4.1 Biodieselherstellung

Mit Hilfe von physikalisch-chemischen Verfahren (Pressung und Extraktion) werden pflanzliche Öle gewonnen¹. Diese naturbelassenen Pflanzenöle sind nur eingeschränkt und vor allem nicht in allen Dieselmotoren nutzbar (Motorenanpassung erforderlich). Die physikalischen Eigenschaften des Pflanzenöls lassen sich durch eine Umgestaltung des molekularen Aufbaus der Fettmoleküle verändern (Abbildung 4.1²). Dies geschieht bei der Biodieselherstellung durch Umesterung des Pflanzenöls. Dabei wird ein im Pflanzenöl (Triglyzerid) gebundener Alkohol (dreiwertiger Alkohol Glycerin) durch einen anderen (einwertiger Alkohol Methanol) ersetzt und es entsteht Biodiesel (Fettsäuremethylester = FAME). Dies geschieht in der Gegenwart eines Katalysators (etwa 0,5% Natronlauge) unter Erwärmung.

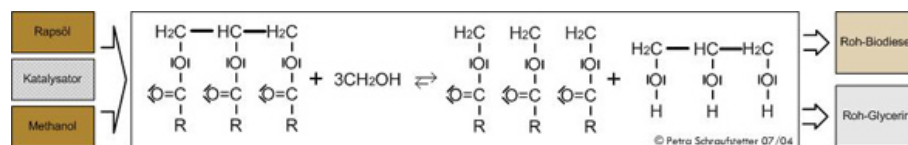


Abbildung 4.1: Chemische Aufschlüsselung von Biodiesel

Ein vereinfachtes Verfahrensschema ist in Abbildung 4.2³ dargestellt. Nach diesem Prozess wird der hergestellte Methylester vom Glycerin abgeschieden. Für Biodiesel aus Raps ist auch die Bezeichnung RME (Raps-Methylester) gebräuchlich.

¹ Biokraftstoffe2005, Seite 65f

² Quelle: www.biometan-ag.de

³ Quelle: www.oelmuehle.de

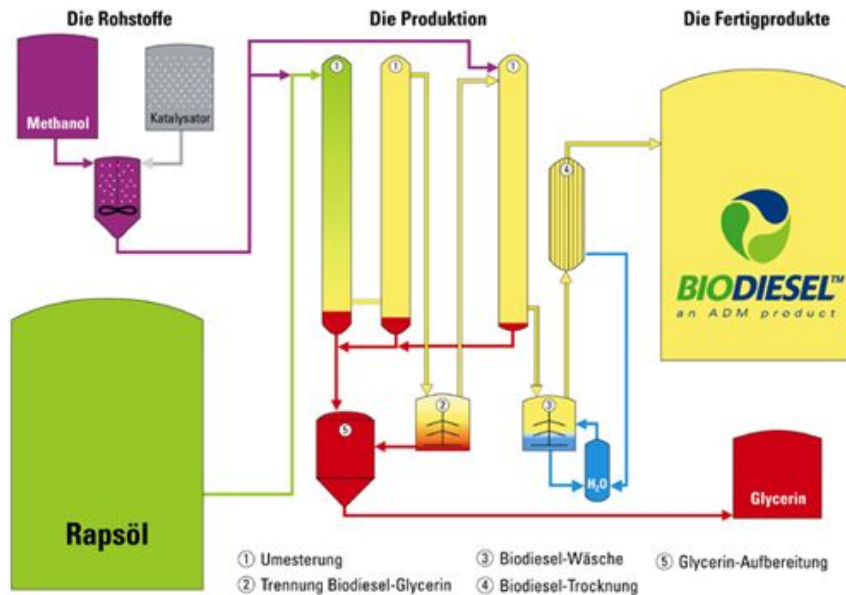


Abbildung 4.2: Verfahren zur Biodieselherstellung

4.2 Ethanolherstellung

Im ersten Verfahrensschritt bei der Herstellung von Ethanol werden die Rohstoffe aufgeschlossen. Dies geschieht auf unterschiedliche Art, je nachdem ob stärke- oder zuckerhaltige Rohstoffe verarbeitet werden.

4.2.1 Rohstoffaufbereitung stärkehaltiger Pflanzen

Die im Getreidekorn enthaltene Stärke wird in niedermolekularen Zucker umgewandelt (Abbildung 4.3¹). Bei dieser Reaktion (Hydrolyse) wird die vermahlene Stärke mit Wasser vermischt und auf Reaktionstemperatur gebracht. *Unter Enzymzugabe wird das Stärkemolekül verflüssigt und anschließend durch eine weitere Enzymzugabe in Glucose umgewandelt².* Dabei muss die Stärke in Lösung gebracht werden, wozu es erforderlich ist, die Maische zu erhitzen.

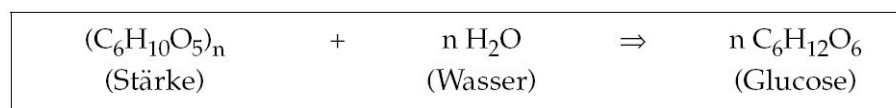


Abbildung 4.3: Aufschluss von stärkehaltigen Rohstoffen

¹ Bioethanol2003, Seite 68

² Bioethanol2003, Seite 67f

4.2.2 Rohstoffaufbereitung zuckerhaltiger Pflanzen

In Europa ist die Zuckerrübe die am häufigsten verarbeitete zuckerhaltige Pflanze. Der Zucker liegt in der Rübenmelasse als Disaccharid vor, das mit Hilfe von Hefe in Monosaccharide gespalten und vergoren wird (Abbildung 4.4¹). Dieser Rohstoff liegt in nahezu vollständig löslicher und flüssiger Form vor, was einen weitaus geringeren verfahrenstechnischen Aufwand bedingt.

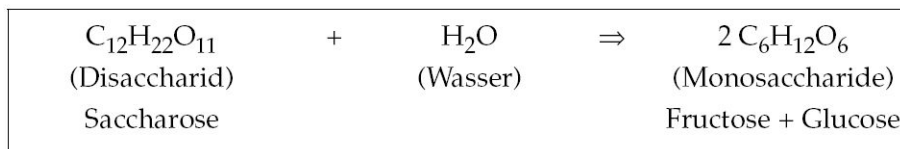


Abbildung 4.4: Aufschluss von zuckerhaltigen Rohstoffen

4.2.3 Alkoholische Gärung

Die aufgeschlossenen Monosaccharide (in der Maische) werden unter Zugabe von Hefe vergoren. Dabei entstehen Ethanol und Kohlendioxid (Abbildung 4.5²). Unter bestimmten Bedingungen wird ein Enzym (Zymase) produziert, das für die Umsetzung von Glucose in Ethanol verantwortlich ist. Somit steigt der Ethanolgehalt in der Maische.

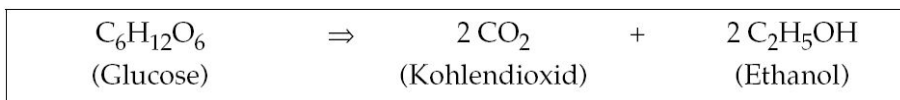


Abbildung 4.5: Alkoholische Gärung

Aus der vergorenen Maische wird Ethanol gewonnen. Dazu wird die Maische bis zum Sieden erhitzt und Ethanol wird dampfförmig abgeschieden. Durch Abkühlung entsteht eine wässrige Ethanollösung, die noch Nebenbestandteile der Gärung enthält. Diese werden durch Rektifikation³ (als sogenannte Seitenabzüge) entfernt. Somit kann 96%-iges Ethanol hergestellt werden, da Ethanol mit Wasser (bei 97,2%) ein Azeotrop⁴ bildet. Um wasserfreies Ethanol zu erhalten, muss in einem getrennten physikalischen Verfahren das noch enthaltene Wasser entzogen werden.

¹ Bioethanol2003, Seite 70

² Bioethanol2003, Seite 66

³ Die Rektifikation, auch Gegenstromdestillation genannt, ist ein Verfahren zum Auftrennen eines Vielstoffgemisches. (de.wikipedia.org)

⁴ Ein Azeotrop, ist ein Stoffgemisch, das man nicht durch gewöhnliche Destillation trennen kann, weil die Zusammensetzung der Flüssigkeit und der Gasphase gleich sind. Im Phasendiagramm berühren sich die Siede- und die Kondensationskurve. Beim Sieden verhalten sich azeotrope Gemische wie Reinstoffe. (de.wikipedia.org)

4.2.4 Kaskaden-Verfahren

Bei diesem Verfahren sind die Fermenter hintereinander geschaltet und werden von der Maische im Gefälle durchlaufen. Die optimalen Prozessbedingungen können in den einzelnen Fermentern eingestellt werden (belüftet oder anaerob).

Dieses Verfahren zeichnet sich durch hohe Ethanolausbeute und hohe Ethanolgehalte in der Maische aus. In Abbildung 4.6¹ ist das Verfahrensschema der Bioethanolherstellung aus Getreide nach dem Kaskaden-Verfahren dargestellt.

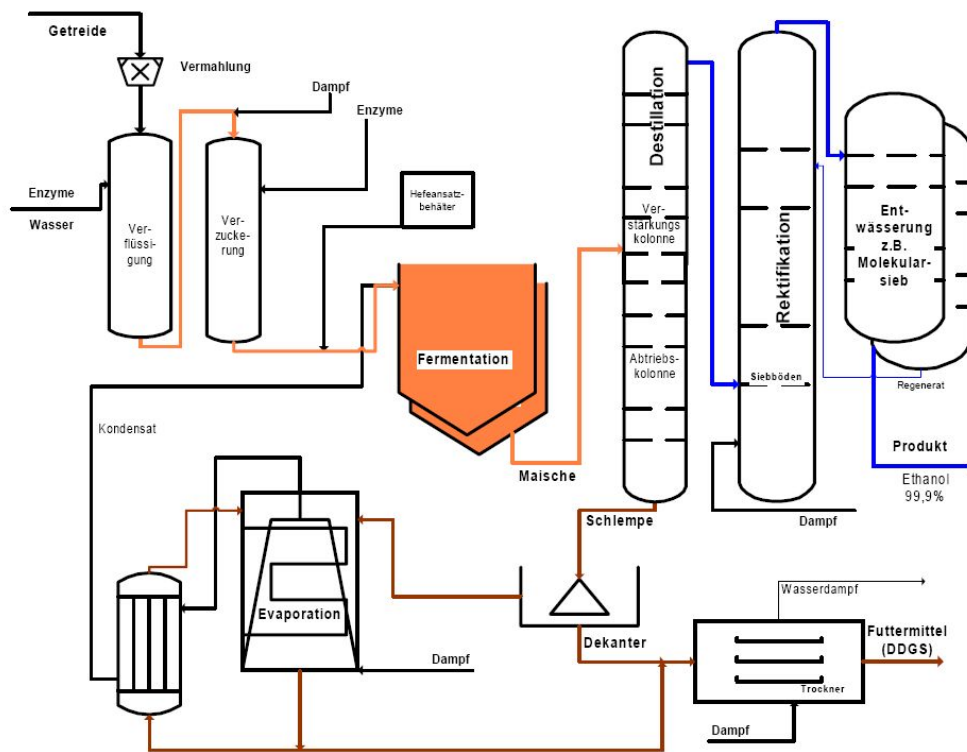


Abbildung 4.6: Kaskaden-Verfahren zur Bioethanolherstellung

¹ Bioethanol2003, Seite 84

Kapitel 5

Potenzialstudien

Das zentrale Kapitel dieser Arbeit befasst sich mit fünf ausgewählten Potenzialstudien. Diese werden hinsichtlich ihrer Annahmen, den Umweltrelevanten Erwägungen und dem zugrundeliegenden Modellen untersucht. Die Aussagen der Studien über Flächen- und Bioenergiepotenziale aus dem landwirtschaftlichen Bereich werden zusammengefasst und für die Gegenüberstellung im letzten Kapitel aufbereitet.

5.1 EEA 2006

5.1.1 Allgemeines

How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report No 7/2006 (European Environment Agency)

Ziel der Studie ist es, zu beurteilen, wie viel Biomasse technisch zur Energieproduktion ohne zusätzliche Umweltbeeinträchtigungen verfügbar ist.

Untersucht wird dabei die verfügbare Fläche der einzelnen Mitgliedsstaaten in der EU-25. Dabei werden Abschätzungen für die Jahre 2010/2020/2030 durchgeführt. Im speziellen werden Frankreich und Deutschland aufgrund ihres umfangreichen Flächenpotenzials genauer betrachtet.

Um die unterschiedlichen Szenarien zu bewerten, werden generelle Annahmen für die drei untersuchten Bereiche Landwirtschaft, Forstwirtschaft und biologische Abfälle getroffen:

- Die Entwicklung der Bevölkerung wird im Zeitraum 2000 bis 2030 als beinahe stabil angenommen, aber die Anzahl der Haushalte wird wesentlich zunehmen.
- Das Wachstum des Bruttoinlandsproduktes wird im Mittel mit 2,4% jährlich angenommen.
- Das Ziel der zukünftigen Klimapolitik ist eine weitere Reduktion des CO₂ Ausstoßes. In der EU soll eine Reduktion von 40% unter dem Wert von 1990 im Jahre 2030 erreicht werden.

- Die Preisentwicklung für fossile Energieträger wurde relativ moderat mit 62 EUR per Barrel im Jahr 2030 angenommen.

Annäherung in vier Schritten

Das Potenzial für landwirtschaftliche Biomasse ist im wesentlichen bestimmt durch die zur Verfügung stehende Anbaufläche und den Ertrag der angebauten Energiepflanzen. Das umweltverträgliche Biomassepotenzial wird in vier Schritten ermittelt:

1. Aufstellung der relevanten Umweltkriterien
2. Modellbasierte Bewertung der zukünftigen Verfügbarkeit von Land für Bioenergieproduktion in den einzelnen EU Mitgliedsstaaten für 2010, 2020 und 2030 unter Berücksichtigung der relevanten Umweltkriterien
3. Ermittlung eines umweltverträglichen Energiepflanzenmixes in den unterschiedlichen ökologischen Zonen in der EU 25
4. Berechnung des Bioenergiepotenzials in jedem EU Staat, basierend auf der zukünftigen Landverfügbarkeit, den Ernteerträgen und dem Energieinhalt unterschiedlicher Pflanzen.

5.1.2 Umweltrelevante Erwägungen

Die derzeitigen landwirtschaftlichen Nutzungsformen haben positive und negative Umweltauswirkungen. Somit ist es wichtig, dass durch die Steigerung der Bioenergieproduktion positive Auswirkungen unterstützt werden, um gleichzeitig nicht verschlimmernd hinsichtlich der biologischen Vielfalt an Ackerland, Wasser und Bodenressourcen zu wirken. Zusätzliche Belastungen können entstehen durch:

- Intensivere Flächennutzung durch verstärkte Nachfrage am landwirtschaftlichen Sektor
- Initiativen, um extensiv genutztes Grasland, das von der Futterproduktion freigegeben wurde, in Land zur Energiepflanzennutzung umzuwandeln
- Einen nicht angepassten Energiepflanzenmix, der den regionalen spezifischen Umweltbelastungen durch unterschiedliche Pflanzen nicht Rechnung trägt

Einflüsse der Landwirtschaft, die in dieser Studie als Umweltkriterien formuliert werden:

- Bodenerosion
- Bodenverdichtung
- Nitratauswaschung

- Wasserverbrauch
- Artenvielfalt am Ackerland

Kriterien, um zusätzliche Umweltbelastungen zu vermeiden

1. Mindestens 30% der landwirtschaftlichen Fläche ist in den meisten Mitgliedsstaaten bis 2030 für EOF (environmentally-oriented-farming) gewidmet. Das beinhaltet Flächen für den biologischen Landbau und HNV Flächen (high nature value). Es dient als vorsorglicher Schutz gegen den Verlust von extensiv genutztem Grünland und liefert einen wichtigen Beitrag zur Artenvielfalt.
2. 3% der derzeit intensiv genutzten landwirtschaftlichen Fläche ist für Naturschutzflächen („set-aside“) als ökologischer Ausgleich in intensiv bewirtschafteten Gebieten vorgesehen. Diese Naturschutzflächen sind wichtige Bestandteile intensiv genutzter Flächen.
3. Die Bewirtschaftung extensiv genutzter landwirtschaftliche Flächen wird fortgeführt. Dauergrünlandflächen wären potenziell verfügbar für die Bioenergieproduktion. Diese Flächen sind besser nicht umzuackern, sondern gemäß ihrer ursprünglichen Nutzung als Grünland zu erhalten. Dieses Kriterium unterstützt das Ziel eines Anteils von 30% an EOF.
4. Verwendung von Energiepflanzen mit geringer Umweltbelastung hinsichtlich
 - Bodenerosion und angepasster Bodenbewirtschaftung
 - Wasserverbrauch und Belastungen des Oberflächen- und Grundwassers durch Auswaschung von Pestiziden und Dünger
 - Biologische Vielfalt durch sorgfältig ausgewählten Energiepflanzenmix

5.1.3 Annahmen und Modell

In dieser Studie wird der Wettbewerb zwischen Bioenergie und Nahrungsmittelproduktion nur auf Flächen, auf denen Exportüberschüsse erwirtschaftet werden, untersucht. Dieser Effekt wurde bei den zur Zeit der Studie herrschenden Marktpreisen als gering eingestuft, wird aber bei steigenden Energiepreisen wichtiger werden. Unter dieser Annahme ist das Flächenpotenzial für Energiepflanzen größtenteils bestimmt durch die zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Fläche UAA (utilised agricultural area). Die unterschiedlichen Einflüsse auf das für Bioenergie zur Verfügung stehende Ackerland sind in Abbildung 5.1¹dargestellt.

Das freigesetzte Land und die ökologischen Ausgleichsflächen wurden unter der Annahme modelliert, dass die Reform der gemeinsamen Agrarpolitik zu einer völligen Liberalisierung der Tierproduktion führen wird. Den Trend der letzten Reform und Verhandlungen weiterführend, beinhaltet das Modell die Abschaffung des

¹ EEA2006, Abbildung 3.1, Seite 19

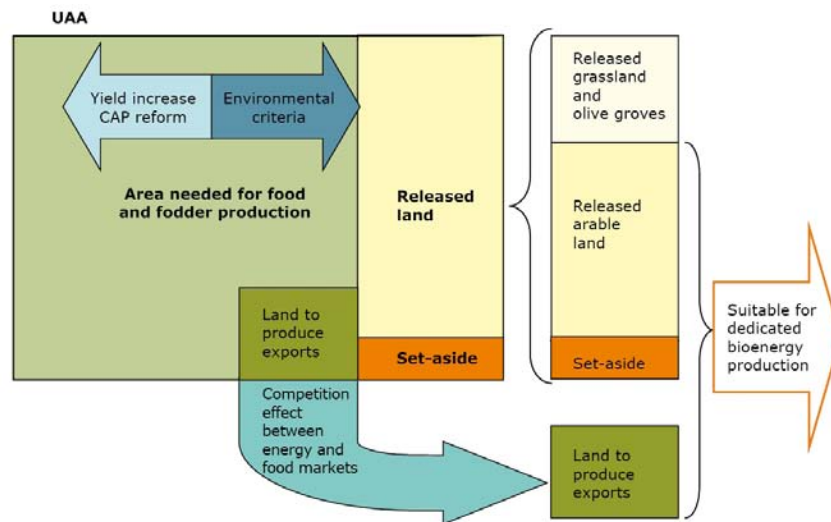


Abbildung 5.1: Einflüsse unterschiedlicher Faktoren auf verfügbares Land

Milchquotensystems. Weiters wird durch die Liberalisierung, wenn die Erzeugerpreise über den Weltmarktpreisen liegen, die Produktion zurückgehen und Land verfügbar werden. Diese Flächen könnten zur Bioenergieproduktion genutzt werden. Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Umweltkriterien ergeben sich folgende Wirkungen:

Durch das Ziel von mindestens 30% EOF Flächen (Kriterium 1) wird das produktive Wachstum beschränkt und mehr Land ist erforderlich für die gleiche Nahrungs- und Futterproduktion. Das führt zu einer geringeren verfügbaren Fläche für Bioenergie. Diese Fläche wird durch die geforderten 3% an ökologischen Ausgleichsflächen (Kriterium 2) weiters reduziert. Diese Flächen können unter Berücksichtigung fortgeführter Bewirtschaftung von Grünland (Kriterium 3) nicht durch diese erweitert werden. Die freigesetzten Flächen werden durch die Annahme einer Flächenumwidmung für nicht landwirtschaftliche Nutzung (z.B. städtebaulich und Infrastruktur) zwischen 0,5 und 2% reduziert, abhängig vom Mitgliedsstaat.

Zur Modellierung der freigesetzten Flächen und ökologische Ausgleichsflächen wird das CAPSIM-Modell mit Startwerten des „Animlib“ Szenarios verwendet. Dieses Modell ist ein partielles Gleichgewichtsmodell (partial equilibrium model) und wird verwendet, um landwirtschaftliche Entwicklungen der einzelnen EU-Mitgliedsstaaten darzustellen (z.B. Pflanzenproduktion und Viehbestand). Dabei werden Vorgaben der gemeinsamen Agrarpolitik berücksichtigt. Die Ergebnisse werden auf Länderebene dargestellt.

In einem bottom-up Modell mit HEKTOR, wird anschließend für Deutschland und Frankreich die Wettbewerbssituation bezüglich Bioenergie und Nahrungsmitteln untersucht. Dieses Modell bestimmt die für Nahrungsmittel und Viehfutter nötigen Flächen unter Einbeziehung der definierten Umweltkriterien. Dabei ist die Selbstversorgung im Nahrungsmittelbereich der EU-25 sicher zu stellen, während direkt und indirekt subventionierte Exporte heruntergefahren werden. Das potentiell für

die Bioenergieproduktion zur Verfügung stehende Land wird ermittelt, indem die zukünftig für die Nahrungserzeugung erforderlichen Flächen abgezogen werden. Dieses Ergebnis wird durch die Flächenerfordernisse zur Erfüllung der Umweltkriterien und Flächenbedarf im nicht landwirtschaftlichen Bereich weiter reduziert. Dabei wird vorausgesetzt, dass Ackerflächen, die derzeit für die Bioenergieproduktion verwendet werden, auch in Zukunft dafür zur Verfügung stehen.

5.1.4 Flächenpotenziale für Bioenergie

Die Flächenpotenziale für den landwirtschaftlichen Bereich der Bioenergieproduktion sind in der Abbildung 5.2¹ und auf Länderebene in der Tabelle 5.1² dargestellt.

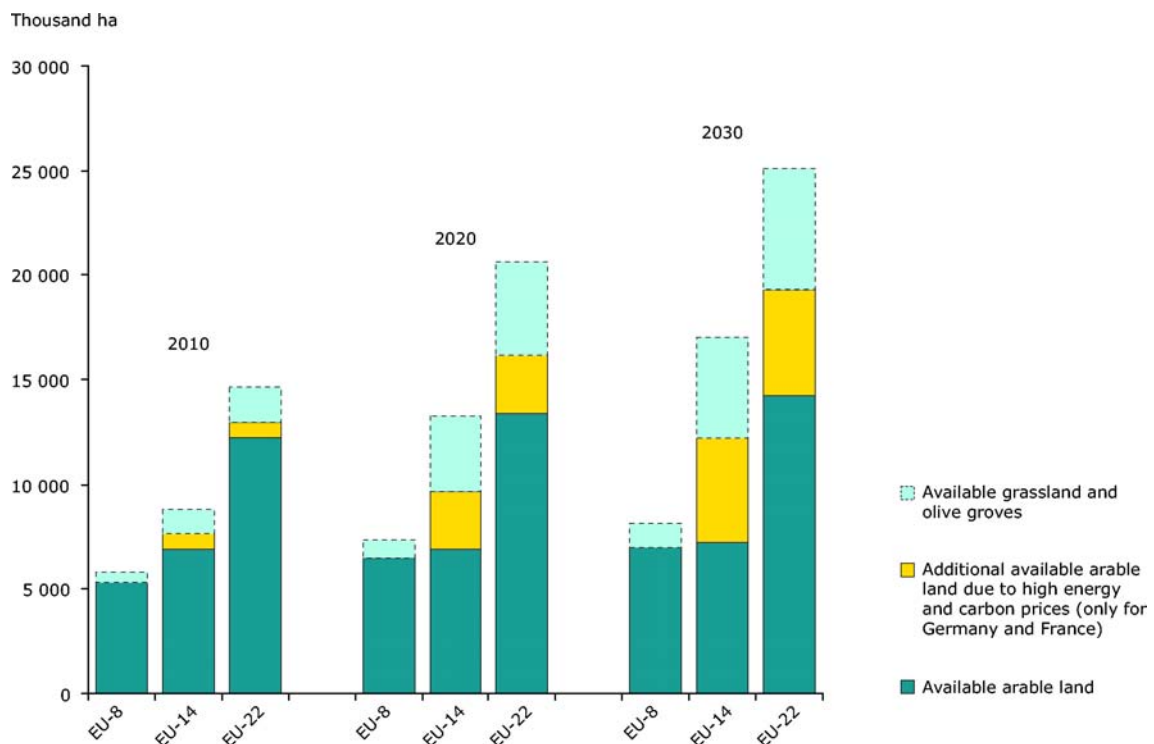


Abbildung 5.2: Verfügbares Land zur Bioenergieproduktion

In Tabelle 5.1 ist das verfügbare Ackerland (available arable land) der einzelnen EU-Mitgliedsstaaten ausgewiesen. Die Länder mit dem größten Flächenpotenzial sind Polen, Spanien, Italien, Großbritannien, Litauen, Ungarn. In Deutschland und Frankreich wird eine substantielle Freistellung von Flächen aufgrund des Wettbewerbseffekts bezüglich Bioenergieproduktion und Nahrungsmittel- Futterproduktion für Exporte erwartet. Länder ohne verfügbares Ackerland sind generell Länder mit derzeit intensiven oder sehr konkurrenzfähigen landwirtschaftlichen Systemen. Das beinhaltet einen Anteil an Land, der benötigt wird, um einen höheren Anteil von EOF und Naturschutzflächen zu erreichen. Auch Länder mit einem hohen Anteil an Grünland haben einen geringeren Anteil an verfügbarem Ackerland, weil Grünland erhalten werden sollte.

¹ EEA2006, Abbildung 3.2, Seite 21

² EEA2006, Tabelle 3.2, Seite 22

Tabelle 5.1: verfügbares Ackerland zur Energiepflanzenproduktion (1000 ha)

	Austria	Belgium	Czech Republic	Denmark	Estonia	Finland	France	Germany	Greece	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Netherlands	Poland	Portugal	Slovakia	Slovenia	Spain	Sweden	United Kingdom	EU-14	New Member States (EU-8)	EU-22
2010	204	0	303	74	88	486	536	1 000	356	413	0	1 074	83	525	0	3 823	250	81	3	2 706	135	824	5 320	7 646	12 965
2020	266	0	314	0	154	299	1 000	2 000	298	512	0	1 786	144	882	0	4 321	169	140	16	2 582	168	1 118	6 484	9 686	16 170
2030	298	0	301	0	159	174	2 000	3 000	266	547	0	2 165	183	1 055	0	4 525	125	213	36	2 459	178	1 584	7 019	12 249	19 267

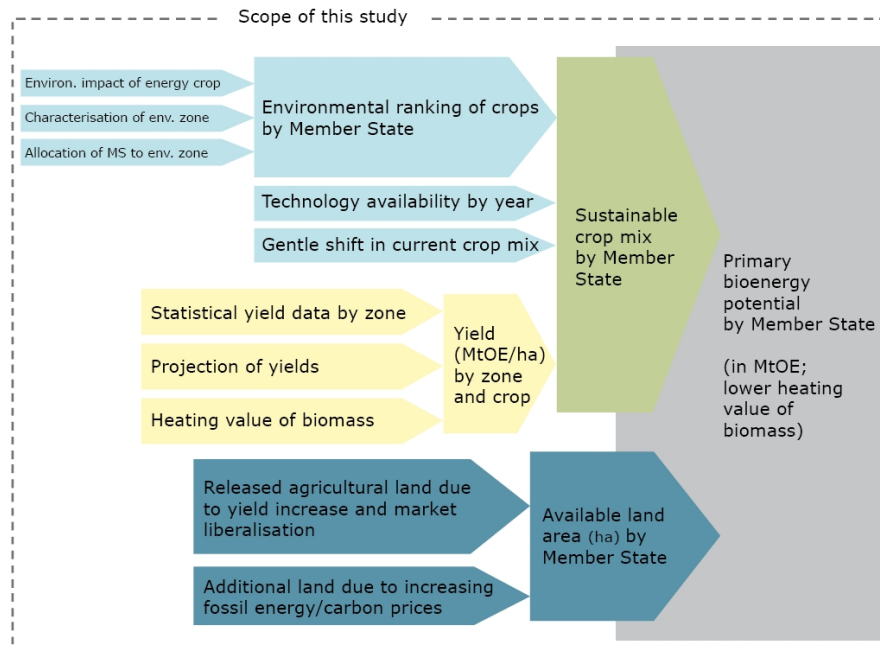
5.1.5 Umweltverträglicher Energiepflanzenmix

An Energiepflanzen werden andere Anforderungen gestellt als an konventionelle Feldfrüchte. Bei diesen ist der Energieinhalt entscheidender als bei der Nahrungsmittelproduktion. Die Palette der Pflanzen, die für die Bioenergieproduktion geeignet sind, beinhaltet sowohl konventionelle einjährige Pflanzen für Nahrungs- und Futtermittel als auch mehrjährige Pflanzen, wie zum Beispiel Gräser und Kurzumtriebspflanzen. Weiters können auch zwei Pflanzenarten auf dem selben Feld in einer Saison kultiviert werden („double cropping“).

In dieser Studie wurde ein umweltverträglicher Energiepflanzenmix ermittelt. Dabei wurden die Umweltauswirkungen der verschiedenen Energiepflanzen im Rahmen eines „environmental zone“-Konzepts standortabhängig (klimatische Eignung, aktuelle Landnutzung, aktuelle Bewirtschaftung, aktuelle Umweltauswirkungen) bewertet.

Zusammen mit den standortabhängigen Erträgen wurde eine Aufstellung des Energiepflanzenmixes für jeden Mitgliedstaat durchgeführt. Dabei wurden die einzelnen Pflanzen bezüglich Bodenerosion, Bodenverdichtung, Nitratauswaschung ins Grund- und Oberflächenwasser, Pestizideinsatz, Wasserverbrauch und Artenvielfalt beurteilt. Mehrjährige Energiepflanzen haben generell geringere Umweltbelastungen als einjährige Pflanzen. Der regionale umweltverträgliche Energiepflanzenmix ändert sich auch zeitlich. Bis 2010 wird das größte Bioenergiepotenzial im Bereich Landwirtschaft von Öl- und Stärkepflanzen bereitgestellt werden. In Zukunft wird ein Übergang von diesen Biotreibstoffen der ersten Generation (Biodiesel aus Raps, Ethanol aus Weizen und Zuckerrüben) zu Biotreibstoffen der zweiten Generation (synthetische Biotreibstoffe BtL und Bioethanol aus Nutzung von zellulosehaltigen Ganzpflanzen) erwartet. Abbildung 5.3¹ gibt einen Überblick über die in dieser Studie berücksichtigten Faktoren im Rahmen der Energiepflanzenauswahl und bei der Ermittlung des Bioenergiepotenzials.

¹ EEA2006, Abbildung 3.3, Seite 25



MS bedeutet Mitgliedsstaat

Abbildung 5.3: Überblick über die Arbeitsschritte

5.1.6 Bioenergiepotenzial aus der Landwirtschaft

Aus dem umweltverträglichen Energiepflanzenmix mit den standortabhängigen Erträgen und dem verfügbaren Ackerland wurde auf Mitgliedstaatsebene das Bioenergiepotential ermittelt. In Abbildung 5.4¹ ist dieses Potenzial in unterschiedlichen Bereichen dargestellt. (47 MtOE 2010 , 95 MtOE 2020, 144 MtOE 2030 für EU-22)

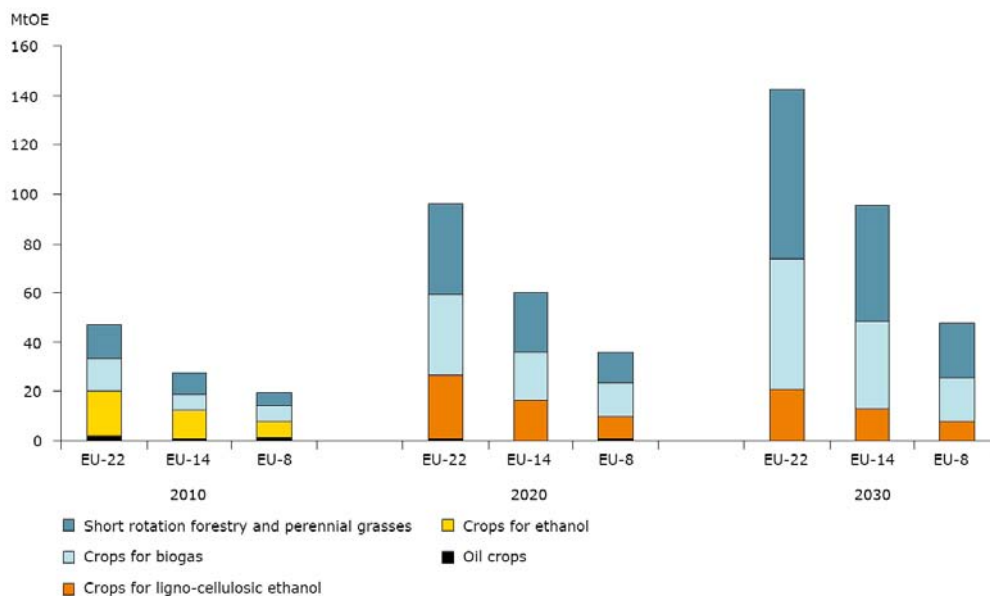


Abbildung 5.4: Umweltverträgliches landwirtschaftliches Bioenergiepotenzial

¹ EEA2006, Abbildung 3.4, Seite 26

5.2 EEA 2007

5.2.1 Allgemeines zur Studie

Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture EEA Technical report No 12/2007 (European Environment Agency)

Ziel dieser Studie ist es, zu bewerten, wie viel Biomasse im landwirtschaftlichen Bereich unter Beachtung der Umweltrisiken zur Energieproduktion verfügbar ist. Dafür werden die in der EEA Studie 2006 durchgeführten Abschätzungen detaillierter dargestellt. Weiterführend werden in dieser Studie die Flächenpotenziale für Ackerland und Grünland zur Bioenergieproduktion je Mitgliedstaat (EU-25, EU-15, EU-8) untersucht. Im Rahmen dieser Studie wird auch darauf hingewiesen, dass eine geringere Nutzung dieser Potenziale nicht notwendigerweise umweltverträglicher ist. Wichtig dabei sind die richtigen Initiativen und Sicherheitsvorkehrungen, um die negativen Auswirkungen auf Boden- und Wasserressourcen, Artenvielfalt sowie Treibhausgasemissionen zu minimieren.

In der EU-27 werden annähernd 50% der Fläche landwirtschaftlich genutzt. Die Produktion erneuerbarer Energieträger aus Energiepflanzen wird eine zunehmend wichtige Einkommensquelle für die Landwirte in Europa. Die Abschätzung des umweltverträglichen Biomassepotenzials aus der Landwirtschaft wird im Rahmen eines agrarökonomischen Modells unter Berücksichtigung der Umweltauswirkungen der unterschiedlichen Landnutzungs- und Bewirtschaftungsformen durchgeführt. Dabei werden folgende allgemeine Agrar-, Umwelt- und politische Annahmen getroffen:

- Umweltorientierte landwirtschaftliche Systeme und Arbeitsweisen in allen EU Staaten
- Steigende Energiepreise, d.h. Preislevel höher als in den 90er Jahren, führen zur Entwicklung realisierbarer und konkurrenzfähigen Energieumwandlungstechnologien.
- Volle Liberalisierung des landwirtschaftlichen Bereichs (Vieh und Milch)

Das umweltverträgliche landwirtschaftliche Bioenergiepotenzial wird wie folgt ermittelt:

- Aufstellung der relevanten Umweltkriterien (Boden, Wasser, Artenvielfalt)
- Modellierung dieser Umweltkriterien auf Basis des CAPSIM Modells
- erweiterte Szenarien mit Hilfe des HEKTOR Modells (Deutschland, Frankreich)
- ökologische Beurteilung der Energiepflanzen nach Umweltzonen

- Ermittlung des Bioenergiepotenzials je Zone (Pflanzenmix + Flächenpotenzial)
- Bioenergiepotenzial nach Mitgliedsstaaten ermitteln
- Sensitivitätsanalyse bezüglich der getroffenen Annahmen

5.2.2 Umweltrelevante Erwägungen

Die ökologischen Rahmenbedingungen der Modellierung in dieser Studie sind durch folgende vier Kriterien festgelegt:

1. Bis 2030 sollte der Anteil von EOF (environmentally orientated farming) 30% der nutzbaren landwirtschaftlichen Fläche UAA (utilised agricultural area) erreichen. In diesen EOF Flächen sind HNV (high nature value) und biologische bewirtschaftete Flächen enthalten.
2. Mindestens 3% der derzeit intensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen sollten bis 2030 als (ecological stepping stones) genutzt werden. Diese „ökologische Inseln“ dienen Arten, die vorwiegend in geschützten Bereichen und HNV Land vorkommen, als Standort.
3. Extensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen sollten unverändert (bez. ihrer Oberfläche) weiterbewirtschaftet werden. Auch für den Fall, dass z.B. Grünlandflächen freigesetzt werden und potenziell für die Biomasseproduktion genutzt werden können, sollten diese nicht umgeackert werden. Der auf diesen Flächen anfallende Grünschnitt kann zur Bioenergieproduktion verwendet werden.
4. Die Auswahl von Energiepflanzen für die zukünftige Biomasseproduktion sollte sorgfältig erfolgen. Dabei sind die Umweltauswirkungen bezüglich Boden, Wasser und Artenvielfalt zu beachten. Energiepflanzen haben unterschiedliche Wirkungen auf die Umwelt, abhängig von den lokalen Standortbedingungen, ihrem Platz in der Fruchtfolge und der erforderlichen Bodenbewirtschaftung.

Durch die derzeitigen politischen Rahmenbedingungen und den technologischen Entwicklungsstand wird erwartet, dass bis 2010 hauptsächlich Bioethanol und Biodiesel bereitgestellt wird. Dazu werden Stärke- (verschiedene Getreidearten), Zucker (Zuckerrüben) und Öl-Pflanzen (Raps, Sonnenblume) verwendet. Die Umweltauswirkungen durch diese landwirtschaftlichen Produktionssysteme sind sehr ähnlich denen der Nahrungsmittel- und Futterproduktion am Ackerland. Nach 2010 wird generell erwartet, dass Umwandlungsverfahren entwickelt sind und grostechnisch angewendet werden, um Lignozellulosepflanzen nutzen zu können. Das ermöglicht eine effizientere Biotreibstoffherzeugung.

5.2.3 Annahmen und Modelle

Die Umweltrelevanten Erwägungen werden in Korrekturfaktoren für das Basismodell (CAPSIM Animlib scenario) übersetzt. Dieses Szenario berücksichtigt die Änderungen des landwirtschaftlichen Marktes, die durch die gemeinsame Agrarpolitik hervorgerufen werden. Dabei wird eine vollkommene Liberalisierung des tierischen Bereichs, die Abschaffung des Milchquotensystems und Preise auf Weltmarktniveau angenommen. Das CAPSIM Modell unterscheidet nicht ausdrücklich zwischen konventionellen, HNV und biologischen Flächen. Für jede Pflanze ist nur ein Ertrag verfügbar. Zwei Anpassungen des Modells werden vorgenommen:

1. Extrapolation des CAPSIM Animlib Szenarios von 2025 auf 2030
2. Anpassung bezüglich umweltrelevanten Erwägungen mit Korrekturfaktoren
 - (a) Festlegung der Ertragsdifferenz zwischen konventioneller und EOF Landnutzung
 - (b) Bewertung der Anteile der Landnutzungstypen (biologisch und HNV)
 - (c) Ermittlung von Korrekturfaktoren für die Erträge jeder Pflanzenart und jedes Landes

EOF (environmentally orientated farming) beinhaltet sowohl biologische Landwirtschaft (organic farming) als auch HNV (high nature value) Landwirtschaftsflächen. Durch diesen HNV-Indikator wird die Beziehung zwischen extensiver und traditioneller Landwirtschaft und der Artenvielfalt (Tiere und Pflanzen) erfasst. Zur Abschätzung dieser EOF-Anteile wurden zwei grundsätzliche Annahmen zur Erreichung des 30% Zieles getroffen: Wenn das Ziel erreicht wird, dann bleibt der Anteil von HNV und biologischer Landwirtschaft bis 2030 stabil. Bei Nichterreichung wird der Anteil an biologischer Landwirtschaft als steigend und der HNV-Anteil als konstant angenommen. Geringere Erträge sind charakteristisch für viele HNV-Systeme, sie zeichnen sich aber durch ihren Artenreichtum aus. Bei der Abschätzung der Ertragsdifferenz wurde angenommen, dass Erträge für EOF-Land in Zukunft konstant bleiben. Für den biologischen Anteil wird aber eine Ertragssteigerung ähnlich der konventionellen Nutzung angenommen.

Das zukünftig verfügbare Ackerland zur Bioenergieerzeugung in einem umweltverträglichen Szenario wird durch die Verwendung des korrigierten CAPSIM Animlib Szenario Ergebnisses bestimmt. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen:

1. Ackerland, das von der landwirtschaftlichen Produktion freigesetzt wird (2010, 2020 und 2030), wird im korrigierten Modell zur Bioenergieproduktion verwendet.
2. Geplante Naturschutzflächen (2010, 2020 und 2030) werden zur Bioenergieproduktion verwendet.

3. Das freigesetzte Land unter 1) verringert sich um 0,5-2% (je nach Mitgliedsstaat) für nicht landwirtschaftliche Zwecke.
4. Eine weitere Reduktion erfolgt durch die 3% der intensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen zur Realisierung der „stepping stones“ Flächen.
5. Zukünftig freigesetztes Land wird zur Biomasseproduktion verwendet.
6. Land, das bereits (im Jahr 2000) für Biomasseproduktion verwendet wird, wird auch in Zukunft für die Biomasseproduktion verwendet und ist folglich Teil des Biomassepotenzials.

Das HEKTOR-Modell (HEKtar-KalkulaTOR) verfolgt einen bottom-up Ansatz (von unten nach oben) um das benötigte Land für den Nahrungsmittel- und Futterbedarf in allen Mitgliedsstaaten zu ermitteln. In dieser Annäherung wurde angenommen, dass die Selbstversorgungsrate sichergestellt sein sollte, Überschussexporte jedoch zurückgefahren werden und die gesamte, nicht für Nahrungsmittel benötigte Agrarfläche für Biomasse genutzt wird. Weiters werden höhere Energiepreise angenommen, was zu einer verstärkten Nachfrage nach Biomasseprodukten führen wird. Es ist sehr wahrscheinlich, dass höhere Biomassepreise am Energiemarkt den Rohstoffpreis am Nahrungs- und Futtermarkt beeinflussen werden, zumal es in diesem Marktbereich direkten Wettbewerb um dieselbe Biomasse gibt. In dieser Modellierung wird dieser Umstand nicht berücksichtigt. Zwei Länder mit Agrarüberschüssen, Deutschland und Frankreich, werden genauer mit dem HEKTOR-Modell analysiert. Für die Modellberechnungen werden als Basis Eurostat Daten der UAA Fläche aus dem Jahr 2000 verwendet.

Es ist bekannt, dass in den neuen EU-Mitgliedsstaaten, nach dem dortigen Wechsel zur Marktwirtschaft, nicht unwesentliche landwirtschaftliche Flächen als Brachflächen oder Grünland ungenutzt verblieben sind. Die statistisch verwendeten UAA Flächen sind sehr wahrscheinlich geringer angenommen, als sie in diesen Ländern verfügbar wären. Somit ist der Startpunkt der Modellrechnung, basierend auf den UAA 2000 Daten, unterschätzt.

5.2.4 Flächenpotenziale für Bioenergie

In Tabelle 5.2¹ ist die gesamte, für die Biomasseproduktion verfügbare, landwirtschaftliche Fläche in der EU-25 dargestellt. Die Abbildungen 5.5², 5.6³ und 5.7⁴ illustrieren das Flächenpotenzial der einzelnen Mitgliedsstaaten in den Jahren 2010, 2020 und 2030. Dabei wird zwischen dem Anteil des verfügbaren Ackerlandes für Energiepflanzen und dem Anteil zur Graslandnutzung (cuttings from grassland) unterschieden.

Tabelle 5.2: Verfügbares Land für Energiepflanzen in der EU-25
(keine Daten von Malta und Zypern)

	Land available (*1 000 ha)	EU-15	EU-8	EU-15 + EU-8
2010	Available arable land	6 935.8	5 319.9	12 255.7
	Only available as cuttings (former grassland + olive groves)	1 154.0	525.6	1 679.7
	Total	8 089.9	5 845.6	13 935.4
2020	Available arable land	6 948.5	6 484.1	13 432.6
	Only available as cuttings (former grassland + olive groves)	3 611.5	908.4	4 519.9
	Total	10 560.0	7 392.4	17 952.5
2030	Available arable land	7 375.5	6 931.7	14 307.2
	Only available as cuttings (former grassland + olive groves)	4 759.8	1 097.3	5 857.1
	Total	12 135.2	8 029.1	20 164.3

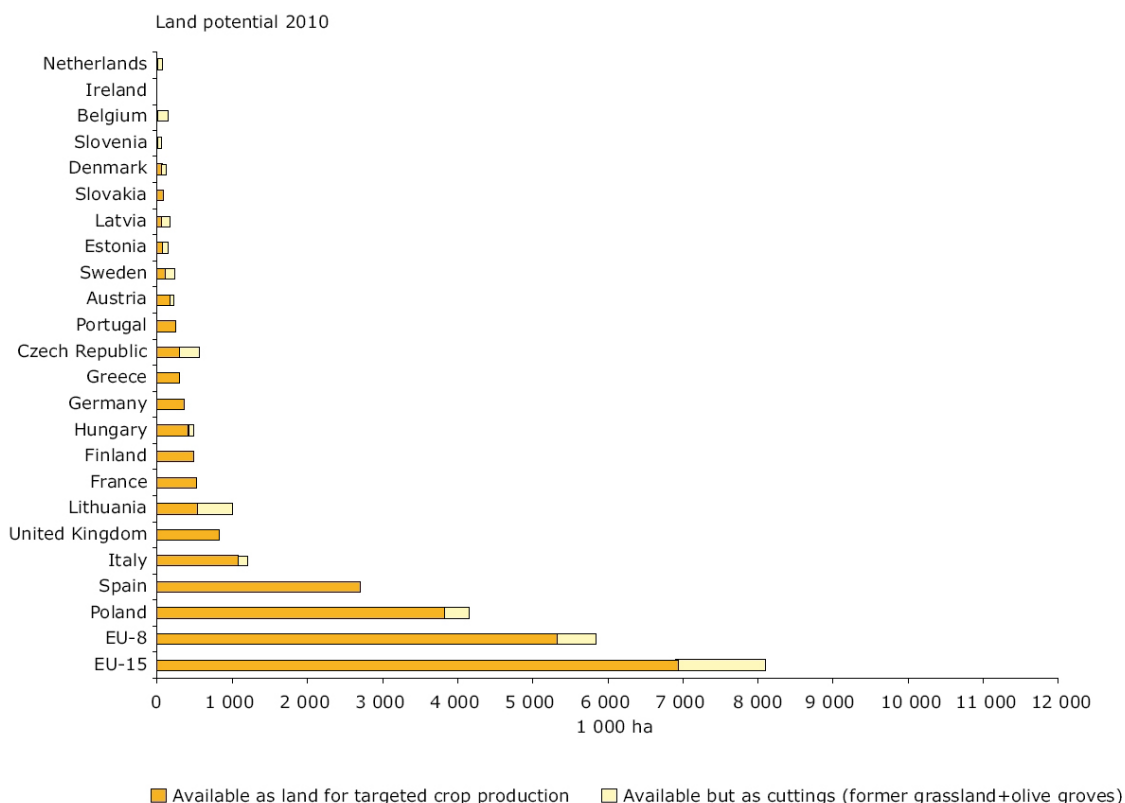


Abbildung 5.5: Verfügbares Grünland und Land für Energiepflanzenproduktion 2010

¹ EEA2007, Tabelle 3.10, Seite 30

² EEA2007, Abbildung 3.3, Seite 31

³ EEA2007, Abbildung 3.4, Seite 32

⁴ EEA2007, Abbildung 3.5, Seite 33

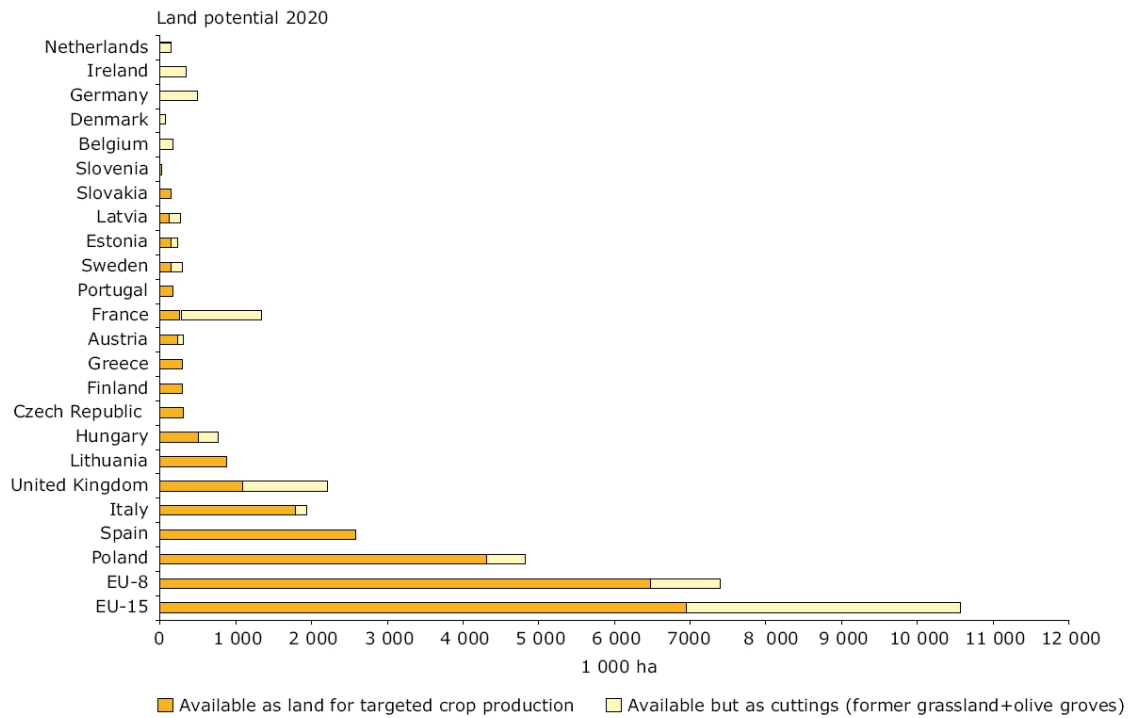


Abbildung 5.6: Verfügbares Grünland und Land für Energiepflanzenproduktion 2020

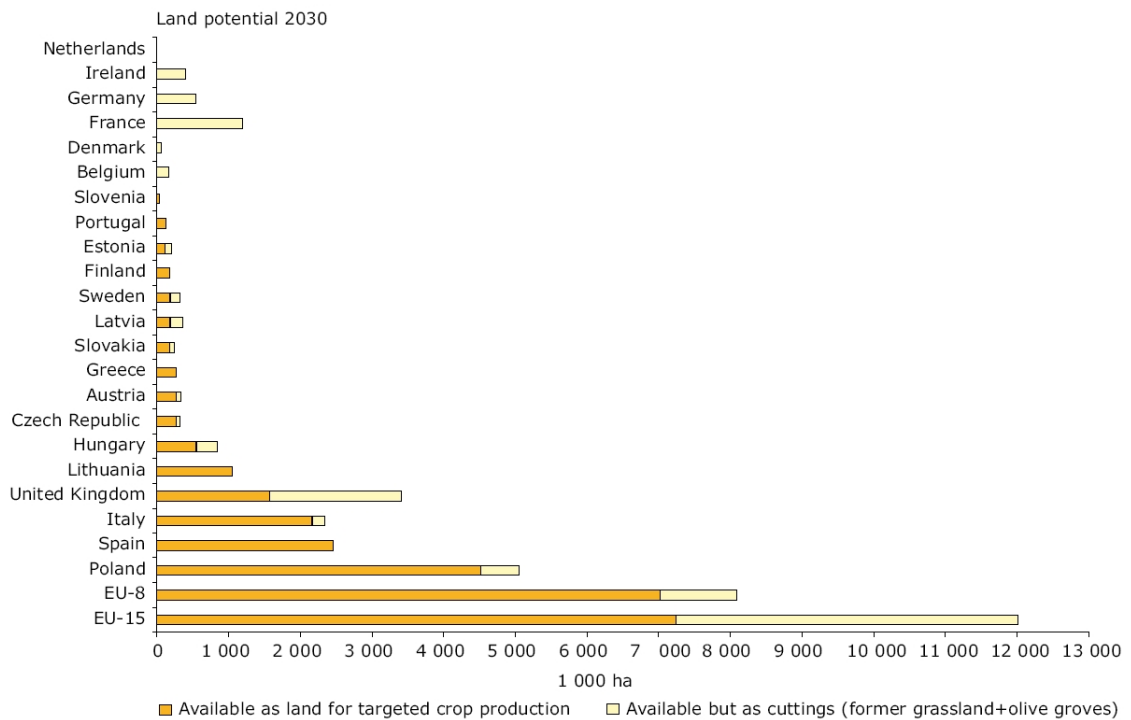


Abbildung 5.7: Verfügbares Grünland und Land für Energiepflanzenproduktion 2030

Wie erwartet, führen die Berechnungen mit dem Hektor Modell zu einem höheren Flächenpotenzial (verglichen mit CAPSIM) für Deutschland und Frankreich. Für beide Länder zusammen ergibt sich damit eine zusätzliche Fläche von 1,5 Millionen Hektar im Jahr 2010, 3 Millionen Hektar im Jahr 2020 und 5 Millionen Hektar im Jahr 2030. Die Abbildung 5.8¹ zeigt auch den erwarteten technologischen Wechsel nach 2010 von Öl- und Stärkepflanzen zu Lignozellulosepflanzen und mehrjährigen Energiepflanzen.

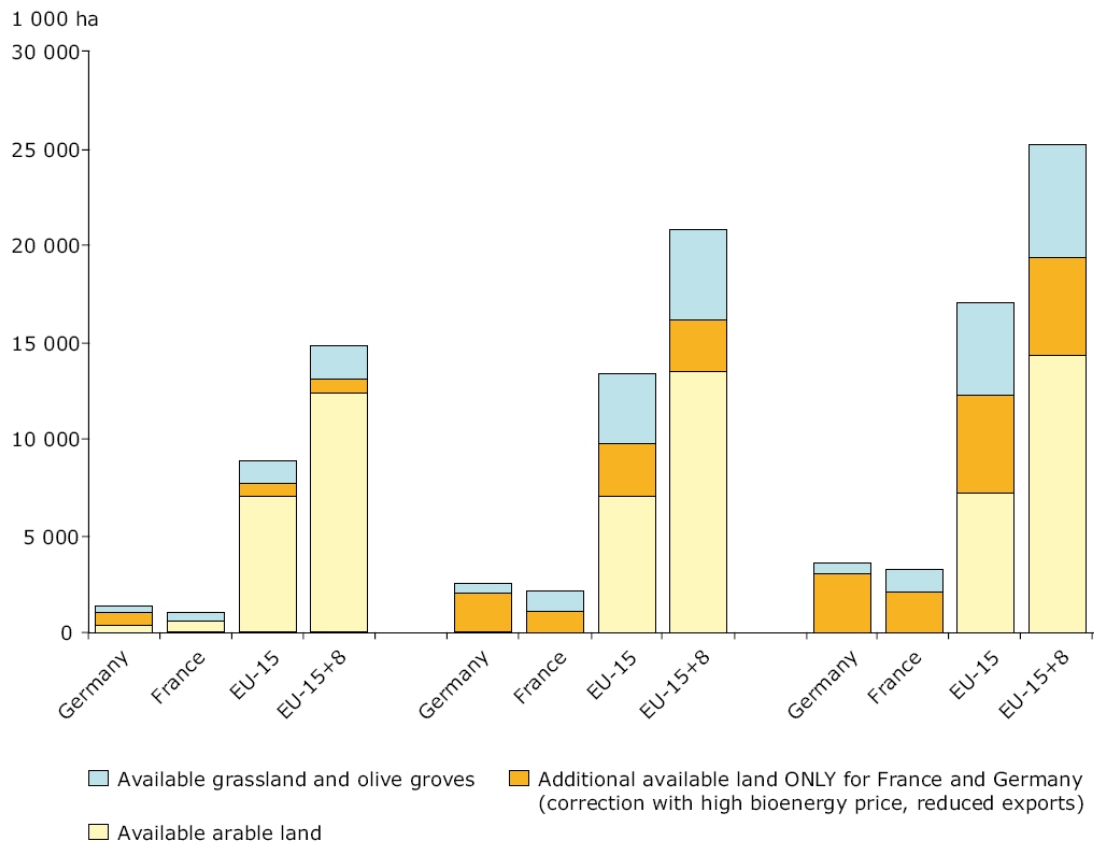


Abbildung 5.8: Verfügbares Land nach HEKTOR Modell Abschätzung

¹ EEA2007, Abbildung 3.7, Seite 37

5.2.5 Umweltverträglicher Energiepflanzenmix

Zur Ermittlung eines umweltverträglichen Energiepflanzenmix werden charakteristische Zonen beschrieben und die ökologischen Prioritäten der Pflanzen untersucht. Durch Beurteilung der bekannten ökologischen Risiken in der Landwirtschaft wird eine Matrix erstellt. Die Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung ist dabei nicht unwesentlich, aber noch nicht hinreichend erforscht. Folgende Umweltrisiken wurden dabei untersucht:

- Bodenerosion
- Bodenverdichtung
- Nitratauswaschung ins Grund- und Oberflächenwasser
- Pestizidbelastungen von Boden und Wasser
- Wasserverbrauch
- Brandgefahr
- Artenvielfalt (Flora und Fauna)

Daraus resultiert eine ökologische Risikomatrix (Tabelle 5.3¹) in der jede Pflanzenart bezüglich Umweltrisiken nach drei Kategorien (A geringes bis C hohes Risiko) bewertet wurde.

Tabelle 5.3: Priorisierung von Einjährigen Pflanzen in der atlantischen und lusitanischen Zone

Atlantic central/ Lusitanian	Arable crops												
	Hemp	Double cropping	Mustard seed	Clover/ Alfalfa	Linseed	Sun- flower	Sorghum (only in Lusitanian)	Other cereals (Barley, rye, oats, triticale)	Rape	Wheat	Potatoes	Sugar beet	Maize
Erosion	A	A	A/B	A	B	B/C	B	B	A	B	C	C	C
Soil compaction	A	A	A	A/B	A	A	A	A	A	B	C	C	C
Nutrient leaching to ground and surface water	A	A	A/B	B	B	A	B	B	C	B	B/C	C	C
Pesticide pollution of soils and water	A	B	A	A	B	B	B	B	C	B	C	C	B
Water abstraction	B	B	B	A	A	B	B	A	B	B	B	B	C
Increased fire risk	-	-	-	A/B	-	-	-	-	-	-	-	-	..
Link to farmland biodiversity	B	B	A	A	B	A	B	B	B/C	B/C	C	B	C
Diversity of crop types	A	A	A	A	A	A	A/C*	B	B	C	B	B	C

* = very common in Romania and Bulgaria.

Energiepflanzen können grob in drei Gruppen eingeteilt werden:

- Zucker-/Stärkepflanzen (z.B. Zuckerrüben, Kartoffel)
- Öl-/Stärkepflanzen (z.B. Sonnenblume, Raps, Getreide)
- Lignozellulosepflanzen (z.B. Weide, Birke) und mehrjährige Energiegräser

¹ EEA2007, Tabelle 4.9, Seite 54

Alle Energiepflanzen in der Zucker-, Stärke- und Ölkategorie sind abwechselnd kultivierbare Pflanzen die im Allgemeinen ähnlich wie Nahrungs- und Futterpflanzen wachsen. Aus Sicht der Energieperspektive sind sie zur Bioenergie- und Biogasproduktion gut geeignet (Biotreibstoffe der ersten Generation). Bei der Nutzung dieser Pflanzen ergeben sich ähnliche Umweltauswirkungen wie bei der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Die Anforderungen an den Boden sind jedoch geringer und die Menge an Pflanzenschutzmitteln könnte reduziert werden. Neue Bewirtschaftungsformen z.B. „double cropping“ (dabei werden zwei Pflanzenarten am selben Feld in einer Saison kultiviert) sind durchaus vielversprechend.

Ein weiterer Faktor ist auch die Energieeffizienz, gemessen in Energieertrag der Pflanze pro Hektar. Zur Ermittlung des umweltverträglichen Energiepflanzenmix der einzelnen Mitgliedstaaten werden die erstellte Risikomatrix und die Erträge je Zone und Pflanze miteinander verknüpft (siehe Abbildung 5.3 „Übersicht über die Arbeitsschritte“ auf Seite 52).

5.2.6 Bioenergiepotenzial aus der Landwirtschaft

Das gesamte Bioenergiepotenzial wurde dann aus dem umweltverträglichen Energiepflanzenmix und dem zuvor ermittelten Flächenpotenzial (verfügbares Ackerland) ermittelt, siehe Abbildung 5.4 „Umweltverträgliches landwirtschaftliches Bioenergiepotenzial“ auf Seite 52.

Für Deutschland, Frankreich, Italien, England, Ungarn, Litauen und Polen wird das Bioenergiepotenzial in der Abbildung 5.9¹ einzeln dargestellt.

Dabei wird unterschieden zwischen:

- Ölpflanzen
- Pflanzen zur Herstellung von Ethanol
- Pflanzen zur Herstellung von Biogas
- Lignozellulosepflanzen zur Herstellung von Ethanol
- Kurzumtriebspflanzen und mehrjährige Gräser

¹ EEA2007, Abbildung 6.2, Seite 68

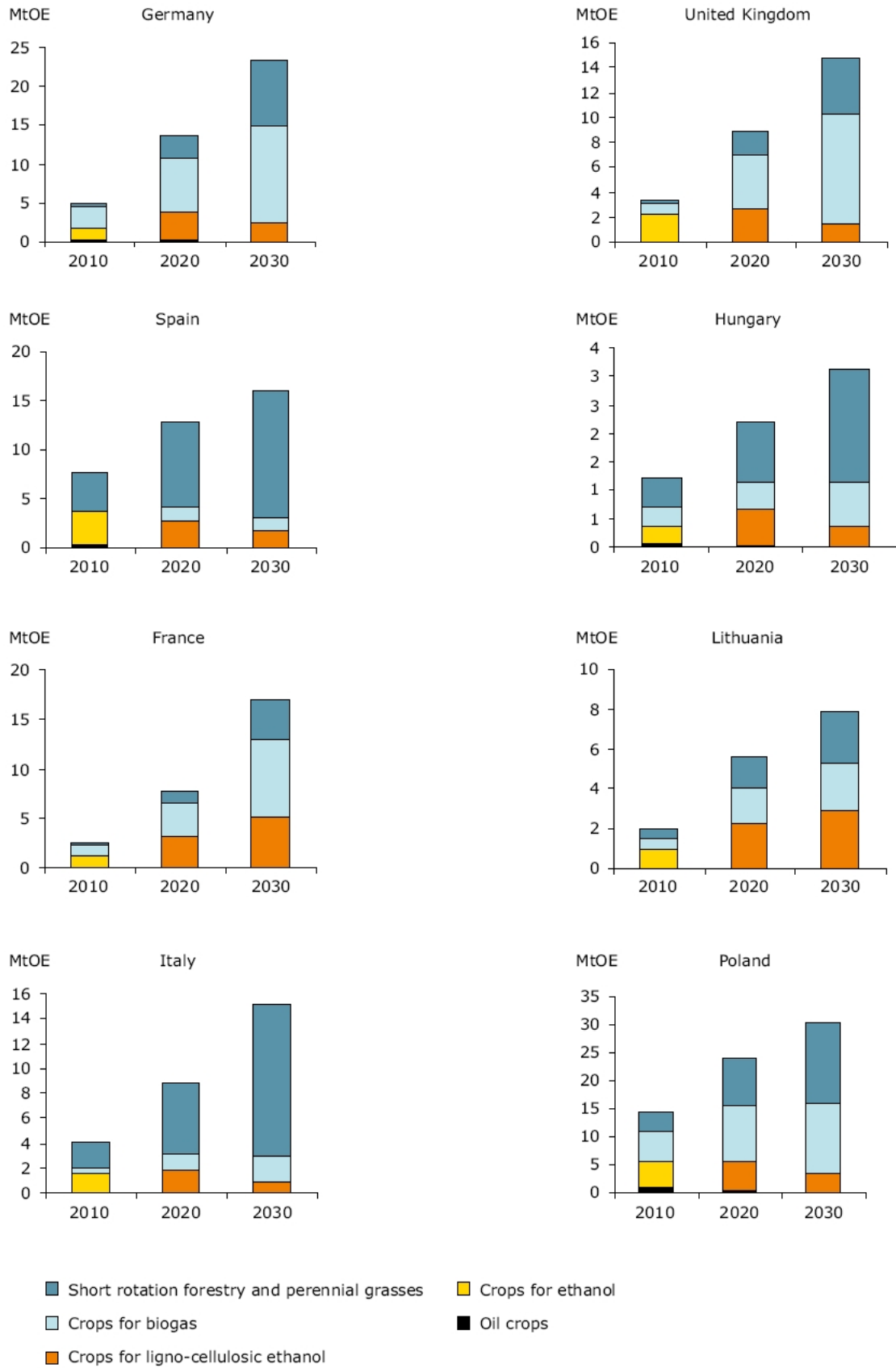


Abbildung 5.9: Bioenergiepotenzial für ausgewählte EU Mitgliedsstaaten

5.3 Thrän 2005

5.3.1 Allgemeines zur Studie

Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext Institut für Energetik und Umwelt (Dr. Daniela Thrän, Nov. 2005)

Ziel dieser Studie ist, mögliche Strategien einer verstärkten Biomassenutzung im Kontext der deutschen, der europäischen und der weltweiten Gegebenheiten, Entwicklungsszenarien und künftige Märkte für Bioenergieträger zu analysieren und zu bewerten.¹

Untersucht werden dabei die Mitgliedsstaaten der EU-28 für den Zeitraum 2000 bis 2020. Das zukünftige Biomasseangebot wird anhand von zwei Eckpunktszenarien analysiert.

- Im „Current Policy Szenario“ (CP) werden zukünftige Entwicklungen basierend auf den aktuellen politischen Entwicklungen der erneuerbaren Energien und den derzeitigen politischen Leitlinien betrachtet.
- Das „Environment+ Szenario“ (E+) ist charakterisiert durch eine verstärkte Umweltorientierung der Landschaftsnutzung und Förderung der Erneuerbaren Energien zur Erreichung der Klimaschutzziele.

In dieser Studie wird das technische Potenzial, ausgehend vom Basisjahr 2000, für die Jahre 2010 und 2020 im landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Bereich untersucht.

5.3.2 Rahmenbedingungen

Die europäischen Rahmenbedingungen für die Biomassenutzung werden wie folgt unterteilt:

energiepolitische Rahmenbedingungen

- europäische Direktiven zur regenerativen Stromerzeugung
- Biokraftstoffdirektive
- Wärmedirektive
- Emissionshandel (Clean-Development-Mechanism)
- Massnahmen zur Erreichung der Ziele des Kyoto-Protokolls

¹ Thrän2005, Seite I

forstpolitische Rahmenbedingungen

- nachhaltige Waldbewirtschaftung
- technische Fortschritte, Rationalisierung
- Abkommen über nachhaltige Waldbewirtschaftung

agrarpolitische Rahmenbedingungen

- Auswirkungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP)
- Ertragssteigerungen bei der agrarischen Rohstoffproduktion
- technische Fortschritte bei der Futtermittelverwertung
- WTO-Verpflichtungen, Rückführung von Exportsubventionen
(im Rahmen der GAP: Getreide, Ölfrüchte und tierische Produkte)
- Entkopplung der produktbezogenen Ausgleichszahlungen
- EU-Osterweiterung, Produktionssteigerungen bei Getreide und Ölfrüchten

5.3.3 Annahmen und Modell

Die Ausgangsdatenbasis wird aus Länderdaten von Eurostat und FAO durch 3- bzw. 5-Jahresdurchschnittswerte um das Basisjahr 2000 bereitgestellt. Die für die Berechnung maßgebenden Faktoren sind in Abbildung 5.10¹ dargestellt.

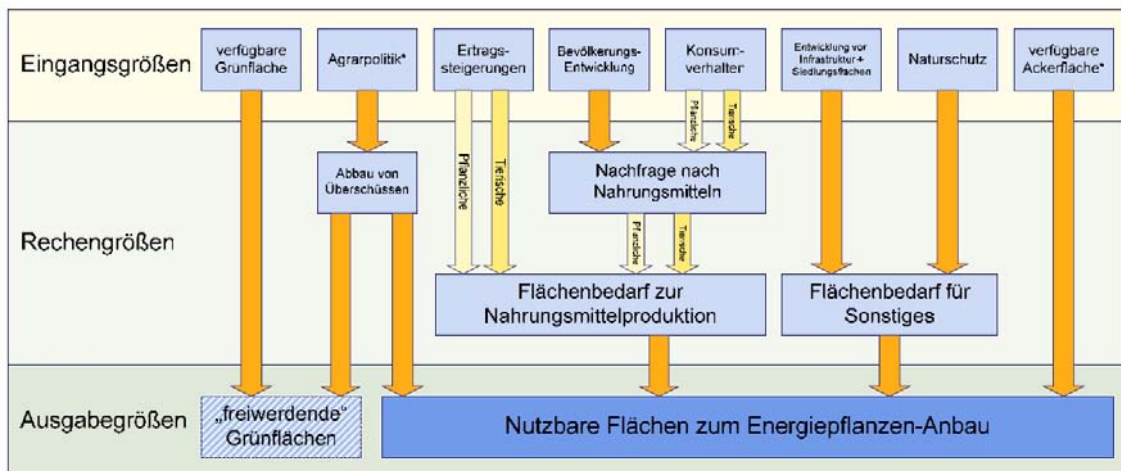


Abbildung 5.10: Berechnungsmatrix zur Ermittlung der Fläche zum Energiepflanzenanbau

¹ Thrän2005, Abbildung 13, Seite 71

Verfügbare Grünflächen

Ermittelt werden Brachflächen aus EUROSTAT Daten, die als Grün- und Schwarzbrache ausgewiesen werden. Diese enthalten obligatorisch stillgelegte Flächen und freiwillig stillgelegte Flächen und wurden im betrachteten Zeitraum nicht zur Produktion von nachwachsenden Rohstoffen genutzt bzw. wurden Direktzahlungen der EU gewährt (für freiwillig stillgelegte Flächen).

Abbau von Überschüssen

Potenzielle Flächen für Bioenergieträger entstehen durch die Freisetzung von Überschüssen der Marktordnungsprodukte (Getreide, Zucker, Ölfrüchte, Eiweißpflanzen, Milch, Rindfleisch). Diese Agrarüberschüsse werden überwiegend mit Subventionen auf den Weltmarkt exportiert. Dabei wird nach Saldierung der Export/Importüberschüsse der Marktordnungsprodukte eine Umrechnung vorgenommen. Zucker wird auf Rüben mit dem Faktor 7 umgerechnet. Butter und Käse jeweils mit dem Faktor 20 bzw. 10 auf Vollmilchäquivalente umgerechnet. Auch für die tierischen Produkte Rind-, Schweine- und Geflügelfleisch werden analog Äquivalente errechnet. Exportüberschüsse bei Schweine- und Geflügelfleisch werden nicht als potenzielle Fläche für Bioenergieträger angerechnet. Aus Überschüssen der Milch- und Rindfleischproduktion werden mit dem GVE-Schlüssel Raufutterflächen in Flächenfreisetzungen für die Bioenergieträger umgerechnet.

Die zukünftigen Entwicklungen werden für die Jahre 2010 und 2020 unter Berücksichtigung folgender Veränderungen abgeschätzt:

- Der Nahrungsmittelverbrauch wird aus der Bevölkerungsentwicklung und dem Pro-Kopf-Verbrauch ermittelt.
- Die Umwidmung von landwirtschaftlich genutzten Flächen für Siedlungs- und Verkehrsflächen reduziert das verfügbare Flächenpotenzial.
- Die Leistungssteigerung in der Tierproduktion bewirkt einen reduzierten Futterbedarf woraus ein geringerer Flächenbedarf und sich somit Freisetzungspotenziale ergeben.

Aufteilung der Flächenpotenziale für Ackerland und Grünland

In Zukunft darf Grünland, das nicht mehr zur Nahrungsmittelproduktion benötigt wird, nur in Ausnahmefällen in Ackerland umgewandelt werden. Es werden auch andere Bioenergieträger auf Grünland erzeugt, daher ist die Aufteilung dieser Flächenpotenziale interessant. Durch den Abbau der Überschussproduktion bei Milch und Rindfleisch entsteht eine potenzielle Freisetzungsfläche für Bioenergieträger.

5.3.4 Flächenpotenziale für Bioenergie

Als Ergebnis umfangreicher Berechnungen in dieser Studie wird das technische Potenzial für Bioenergieträger auf Basis des Jahres 2000 auf die Jahre 2010 und 2020 projiziert. Das gesamte Potenzial der EU-25 wird zusammenfassend in Tabelle 5.4 dargestellt.

Tabelle 5.4: Technisches Potenzial EU-25 gesamt

Jahr	Flächenpotenzial [1000 ha]	davon Grünland [1000 ha]
2000	14.445	747
2010	30.009	5.009
2020	59.249	13.159

Details bezüglich einzelner Länder (Bevölkerung, Pro-Kopf Verbrauch, Flächenpotenzial) siehe Tabelle 8.1 „Technisches Potenzial für Bioenergieträger nach Ländern“ im Anhang Potenzialstudien.

Einen Überblick über das Potenzial der einzelnen Länder gibt Abbildung 5.11¹. Eine detaillierte Aufstellung der Flächenfreisetzung für Bioenergieträger mit Grünlandanteil liefert Tabelle 8.2 im Anhang Potenzialstudien.

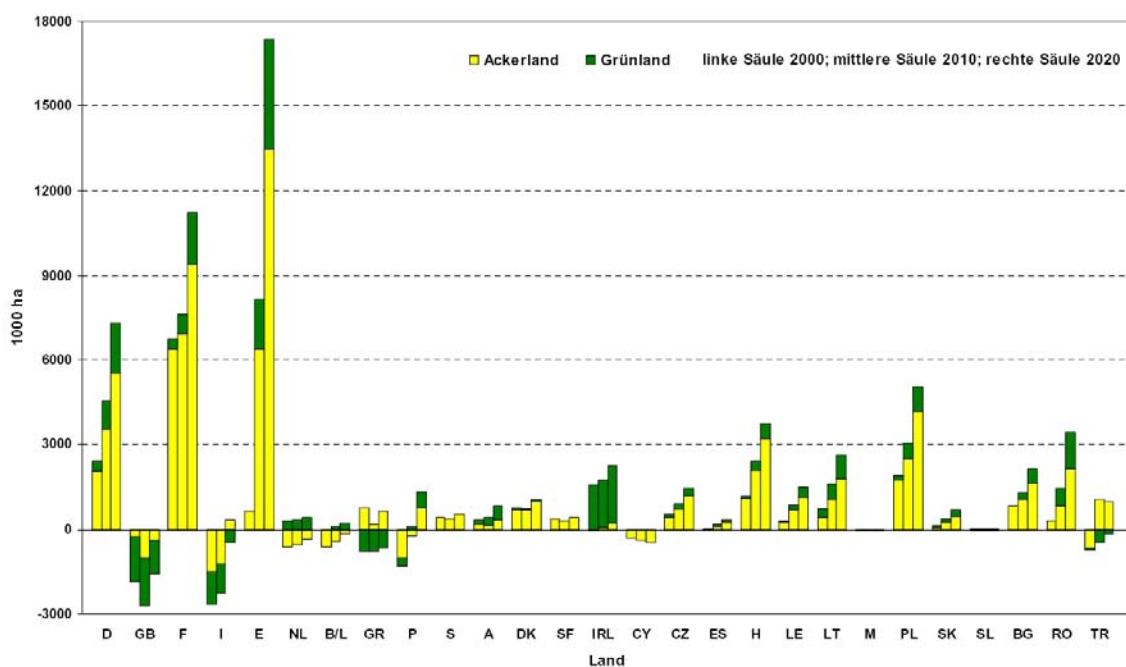


Abbildung 5.11: Technisches Potenzial für Bioenergieträger in ha Fläche (2000/2010/2020)

¹ Thrän2005, Abbildung 14, Seite 93

Den beiden Szenarien wurden folgende Rahmenannahmen bei der Berechnung der Flächenfreisetzungen zugrunde gelegt:

CP Szenario

- Brachflächen stehen zu 100% für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung
- Abbau der Überschussproduktion für Marktordnungsprodukte und Freisetzung der Flächen zum Energiepflanzenanbau
- Produktdefizite bei Raps und Sonnenblumen reduzieren das techn. Potenzial
- Deckung des Nahrungsmittelbedarfs gemäß Entwicklung von Bevölkerung und Pro-Kopf-Verbrauch
- Umwidmung von Flächen für Siedlung, Verkehr und Naturschutz
- Ertragssteigerungen im Bereich pflanzlicher- und tierischer Produktion

E+ Szenario

- Keine Selbstversorgung bei Raps und Sonnenblume
- Keine Selbstversorgung bei Milch und Rindfleisch
- Verbrauchsentwicklung auf Selbstversorgungsgrad bezogen
- Nutzung der Brachflächen nur zu 70% zum Anbau von Energiepflanzen
- Ertragssteigerungen für Grünlandflächen um 50% reduziert im Vergleich zum CP Szenario
- Ackerflächen werden zu 2,5% (2010) bzw. 5% (2020) zu Naturschutzzwecken umgewidmet (unter der Annahme, dass die Erträge der Flächen mit null anzusetzen sind)

Die in der Studie getroffenen Annahmen haben erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurden weitere Varianten mit Potenzial steigender und schwächender Wirkung untersucht. Details dazu siehe Tabelle 8.3 „Flächenfreisetzung für Bioenergieträger unter verschiedenen Szenarien“ im Anhang Potenzialstudien.

Im Rahmen dieser Studie werden auch veränderte politische Rahmenbedingungen untersucht, im speziellen wurden drei Maßnahmen analysiert:

- Verzicht auf obligatorische Flächenstilllegung
- Gezielte Förderung des Ethanolrübenanbaus und
- Gezielte Förderung aller Energiepflanzen

Es wird dabei die Anwendung auf die gesamte EU unterstellt

5.3.5 Bioenergiepotenziale aus der Landwirtschaft

Für die verschiedenen Szenarien wird der Anbau der folgenden Energiepflanzen betrachtet:

- Ölpflanzen (Raps, Sonnenblume)
- Getreide (Weizen, Roggen, Gerste, Körnermais, Triticale)
- Zuckerrüben
- Silomais und Luzerne

Einen Überblick über den betrachteten Energiepflanzenmix und die daraus möglichen Bioenergiepotenziale in den beiden Eckpunktszenarien ist in Abbildung 5.12¹ dargestellt.

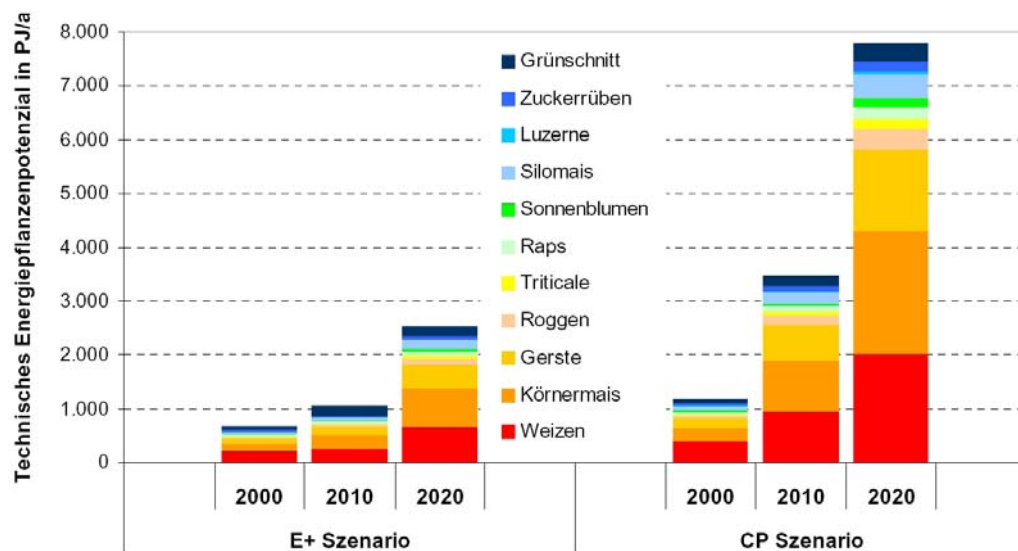


Abbildung 5.12: Energieträgerpotenzial aus Energiepflanzen für die EU-28 im E+ und CP Szenario in PJ/a

¹ Thrän2005, Abbildung III, Seite XI

5.4 Zeddies 2006

5.4.1 Allgemeines zur Studie

Rohstoffverfügbarkeit für die Produktion von Biokraftstoffen in Deutschland und in der EU-25 (Prof. Dr. Jürgen Zeddies, Okt.2006)

Die Zielsetzung der Studie besteht darin, die Auswirkungen einer zunehmenden Nachfrage agrarischer Rohstoffe für Bioenergie in den verschiedenen Verwendungsketten abzuschätzen, Auswirkungen und Grenzen der Nutzung von Biomasse zu ermitteln und Möglichkeiten und Grenzen der Politik aufzuzeigen.¹

In Deutschland wurde die EU Biokraftstoff Richtlinie durch ein Energiesteuergesetz in nationales Recht umgesetzt. Dabei wurden für die Beimischung ab 01.01.2007 für Biodiesel 4,4% und für Bioethanol 1,2% (ab 2008 2,0%, ab 2009 2,8% und ab 2010 3,6%) festgelegt. Die gesamte Biokraftstoffquote wird auf 6,25% im Jahr 2009 ansteigen und sollte im Jahr 2010 6,75% erreichen bezogen auf den Energieinhalt.

Diese Studie befasst sich schwerpunktmäßig mit der Situation in Deutschland und der EU-25. Dabei werden theoretisch Produktionspotenziale für Bioenergieträger abgeschätzt. Die Ergebnisse der Energiepflanzenpotenziale werden in die Bereiche „Feuchte“ und „Trockene“ Biomasse unterteilt und für die einzelnen EU-Mitgliedsstaaten in den Jahren 2000, 2010 und 2020 dargestellt.

5.4.2 Annahmen und Vorgehensweise

In dieser Studie werden, ausgehend von der Situation und den Entwicklungen am Kraftstoffmarkt hinsichtlich Angebot und Nachfrage, die erforderlichen Mengen zur Erfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Biokraftstoffquoten für Biodiesel und Ethanol ermittelt. Dabei wird BtL nicht berücksichtigt. Die Märkte für Rohstoffe von Bioenergieträgern werden vor allem hinsichtlich der Verfügbarkeit von Getreide unter Berücksichtigung eines Zuckerrübenanteils zur Bioethanolherstellung untersucht. Dabei werden folgende Parameter einbezogen:

- Flächenverfügbarkeit
- Nahrungsmittelverbrauch
- Erträge
- Import/Export von Rohstoffen (Nahrung und Bioenergieträger)

¹ Zeddies2006, Seite 3

Als mögliche Potenziale für Bioenergieträger werden in dieser Studie betrachtet:

- brach liegende Flächen im Rahmen der obligatorischen Stilllegung
- strukturelle (subventionierte) Exportüberschüsse, insbesondere Getreide und Zucker

Da die Verwendungsstruktur aber nicht bekannt oder nur spekulativ bestimmbar ist, wird im folgenden unterstellt, dass die potenziellen nutzbaren Flächen exakt in dem Anbaumix genutzt werden, der gegenwärtig als Fruchtfolge praktiziert wird.¹

Für die Analyse der Überschüsse von Agrarprodukten in der EU wurden Daten aus FAO-Statistiken verwendet und aufgrund der jährlichen Schwankungen Durchschnittswerte der Jahre 2000 bis 2003 gebildet (Export/Import Statistik im Anhang der Studie).

5.4.3 Flächenpotenziale für Biokraftstoffe

In dieser Studie wird eine Unterscheidung der (theoretisch verfügbaren) Potenziale zwischen „Feuchter“ und „Trockener“ Biomasse getroffen. Die Ergebnisse sind zusammengefasst für die EU-25 gesamt in Tabelle 5.5² und für die einzelnen Energiepflanzen in Tabelle 5.6³ dargestellt.

Tabelle 5.5: Theoretische Produktionspotenziale in der EU-25 gesamt

	Feuchte Biomasse [1000 ha]	Trockene Biomasse [1000 ha]	Gesamt [1000 ha]
Basis 2000-2004	917	6090	7007
2010	2161	17265	19786
2020	5271	35999	42170

Tabelle 5.6: Theoretische Produktionspotenziale nach Energiepflanzen in der EU-25

	2000 [1000 ha]	2010 [1000 ha]	2020 [1000 ha]
Feuchte Biomasse	917	2161	5271
Silomais	538	1224	2875
Luzerne	139	457	1312
Zuckerrüben	240	480	1084
Trockene Biomasse	6090	17265	35999
Sonnenblume	259	759	1097
Raps	540	1120	2715
Weizen	2534	5928	12996
Triticale	240	587	1251
Roggen	396	1175	2753
Gerste	1422	5672	9473
Körnermais	699	2384	5714
Summe Biomasse	7007	19768	42170

¹ Zeddies2006, Seite 10

² Zeddies2006, aus Tabelle 5, Seite 12

³ Zeddies2006, aus Tabelle 5, Seite 12

Das Flächenpotenzial für Energiepflanzen der einzelnen Mitgliedsstaaten für die Jahre 2000, 2010 und 2020 ist in drei Tabellen im Anhang Potenzialstudien beigefügt (siehe Tabelle 8.4 bis 8.6 „Potentielle Ackerflächen nach Energiepflanzen“). Dabei zeigt sich ein überproportionales Wachstum in Frankreich, Polen, Tschechien, Ungarn und Spanien. Die Länder Rumänien und Bulgarien sind potenzielle Überschussländer für Agrarprodukte.

5.4.4 Produktionspotenzial für Energiepflanzen

Aus den abgeschätzten Flächenpotenzialen wird unter der Annahme einer Ertragssteigerung von 1,5% pro Jahr ein theoretisches Biomassepotenzial für Raps, Sonnenblume, Getreide und Zuckerrüben in der EU-25 errechnet (Tabelle 5.7¹).

Tabelle 5.7: Theoretisches Potenzial in der EU-25 für Rohstoffe zur Biokraftstoffproduktion

	2000 [Mio. t]	2010 [Mio. t]	2020 [Mio. t]
Raps	1,50	3,60	10,14
Sonnenblumen	0,45	1,53	2,55
Getreide	25,45	87,86	208,54
Zuckerrüben	9,25	21,45	56,26

Aus Tabelle 5.6 und Tabelle 5.7 kann der in der Studie angenommen Ertrag der einzelnen Energiepflanzen zurückgerechnet werden. Für Raps wurde mit einem Ertrag von: 2,78 / 3,21 / 3,73 t/ha in den Jahren 2000/2010/2020 gerechnet.

¹ Zeddies2006, aus Tabelle 6, Seite 13

5.5 Brainbows 2007

5.5.1 Allgemeines zur Studie

Biomasse-Ressourcenpotenzial in Österreich (brainbows 2007) (im Auftrag der Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Endbericht 7.5.2007)

Ziel der Studie ist es, das Ressourcenpotenzial der in Österreich verfügbaren Biomasse (Land- und Forstwirtschaft) zu analysieren und mit dem prognostizierten Biomasse-Rohstoffbedarf aus der Vorstudie zum Österreichischen Biomasseaktionsplan zu vergleichen.¹

Die derzeitigen Produktionskapazitäten für Biotreibstoffe betragen 470.000 t für Biodiesel und 200.000 m³ für Bioethanol. Biodiesel wird in Österreich hauptsächlich aus Rapsöl (und 60.000t aus Altspeiseölen) hergestellt. In Pischelsdorf kann aus Mais oder Getreide Bioethanol erzeugt werden.

Von den derzeitig genutzten landwirtschaftlichen Flächen ausgehend (siehe Tabelle 9.7 „Bodennutzung nach Bundesländern“ im Anhang) wird eine Potenzialabschätzung der verfügbaren Biomasse-Ressourcen vorgenommen. Bei dieser Nutzungsanalyse werden unterschiedliche Annahmen getroffen, um frei werdende Flächenpotenziale zu eruieren. In drei möglichen Entwicklungsszenarien werden diese Annahmen analysiert und die möglichen Flächenpotenziale für Bioenergie dargestellt.

Diese Szenarien stellen mögliche Entwicklungspfade dar und sollten nicht als „entweder/oder“ Entwicklungen gesehen werden.²

- **Referenzszenario**

Bezeichnet als „Business as usual“. Die Entwicklungen werden fortgeschrieben, der Biolandbau steigt leicht an. Marktentwicklung: Preissteigerung von 15-20%

- **Umweltszenario**

Bioflächen stark zunehmend als Konkurrenz zur Flächennutzung für nachwachsende Rohstoffe.

Marktentwicklung: geringere Preissteigerung als im Referenzszenario

- **Biomasseszenario**

Der Biolandbau hat eine sehr geringe bzw. vernachlässigbare Entwicklung und die Biomasseproduktion hat hohe Priorität, alle Biomassepotenziale werden ausgeschöpft.

Marktentwicklung: stärkerere Preissteigerung als im Referenzszenario

¹ brainbows2007, Seite 14

² brainbows2007, Seite 20

Für die drei Szenarien wurden folgende Grundannahmen getroffen:

- keine Änderung der Bevölkerungsdichte
- derzeitiger Flächenversiegelungstrend wird fortgesetzt
- Zunahme an Waldflächen nicht berücksichtigt
- Naturschutzflächen bleiben konstant bis 2020
- keine Limitierung der Nachfrageseite
- keine wesentlichen Änderungen bis 2020
- keine Veränderung in den Szenarien durch GVO
- Konkurrenz Lebensmittelproduktion gleichbleibend
- Konkurrenz Papier- und Plattenproduktion: kein wesentliches Wachstum

Abhängig von den Szenarien werden unterschiedlich Annahmen getroffen für:

- Nutzung von Stillegeflächen
- Export-Überschuss & Verdrängung von Kulturen
- Nutzung von Grünlandflächen
- Verdrängung anderer Kulturen
- Sinkender Futtermittelbedarf
- Züchterischer Fortschritt
- Verwendung ungenutzter Potenziale (Stroh, Nebenprodukte aus der LW)
- Verstärkte Produktionsorientierung
- Nutzung von Zwischenfrüchten

5.5.2 Annahmen und Methodik

In dieser Studie wird vom Flächenpotenzial, das in Österreich vorhanden ist ausgehend, eine Potenzialabschätzung durchgeführt. Dabei werden für das Biomassepotenzial unterschiedliche Annahmen in den einzelnen Szenarien getroffen. Bei der Analyse werden die verfügbaren Potenziale in Flächenäquivalente umgerechnet. Als Umrechnungsfaktor wird ein durchschnittlicher Weizenерtrag (5,5-6 t/ha) in der Fruchtfolge herangezogen.

Grundannahmen der einzelnen Szenarien

Verwendung von Überschussmengen, welche derzeit exportiert werden

Referenzszenario	Umweltszenario	Biomasseszenario
Der Export von Qualitätsgetreide wird wie bisher fortgesetzt, andere Exporte werden zur Bioenergieproduktion umgelenkt.	Exportmengen bleiben nahezu gleich, es kommt zu einer wesentlich geringeren Umlenkung in Richtung Biomasse zur Energieproduktion.	Es kommt zu einer starken Umlenkung der Exportmengen in Richtung Biomasse zur Energieproduktion.

Der Selbstversorgungsgrad in der österreichischen Versorgungsbilanz beträgt bei Weizen, Gerste und in den meisten Jahren bei Mais über 100%. Bei sämtlichen pflanzlichen Erzeugnissen und allen Getreidearten liegt dieser bei knapp unter 100%.

Stärkere Produktionsorientierung in der pflanzlichen Produktion

Referenzszenario	Umweltszenario	Biomasseszenario
Auf Basis der Marktentwicklung kommt es zu einer stärkeren Ertragsorientierung.	Auf Basis der Marktentwicklung kommt es zu einer geringeren Ertragsorientierung.	Auf Basis der Marktentwicklung kommt es zu einer starken Ertragsorientierung.

Durch Produktionssteigerungen können Flächenpotenziale für die Bioenergieproduktion freigesetzt werden. Eine Umstellung auf ertragsbetonte Sorten liefert in Feucht- und Übergangslagen Mehrerträge von mindestens 500 kg pro Hektar. Eine wichtige Voraussetzung sind entsprechende pflanzenbauliche Maßnahmen, wie eine gezielte ertragsorientierte Düngestrategie und Pflanzenschutzmaßnahmen. Dabei wird aber betont, *dass diese Maßnahmen mit dem Ziel einer nachhaltigen und umweltorientierten Bewirtschaftung vereinbar sind, da der Betriebsmitteleinsatz nicht zunimmt* (brainbows2007, Seite 32).

Nutzung von Grünlandflächen

Referenzszenario	Umweltszenario	Biomasseszenario
Der Aufwuchs auf Grünlandflächen wird nur moderat zur Energieerzeugung genutzt.	Es kommt zu keiner zusätzlichen Nutzung des Grünlandaufwuchses zur Energieproduktion, es wird keine Lockerungen der Bestimmungen betr. Energiepflanzen, die auf dzt. als Grünland genutzten Flächen produziert werden, geben.	Es kommt zu einer starken Nutzung des Grünlandaufwuchses und zu einer Lockerung der Bestimmungen betr. Energiepflanzen, die auf dzt. als Grünland genutzten Flächen produziert werden.

Nutzung von Zwischenfrüchten

Referenzszenario	Umweltszenario	Biomasseszenario
Moderate Nutzung der Zwischenfrüchte zur Biomassenutzung.	Aufwuchs der Zwischenfrüchte wird am Feld eingearbeitet.	Aufwuchs der Zwischenfrüchte wird Biomassenutzung stärker zugeführt.

Durch die Nutzung von Zwischenfrüchten und die Umstellung der Fruchtfolge kann zusätzliches Flächenpotenzial für die Bioenergieproduktion bereitgestellt werden.

Sinkender Futtermittelbedarf

Referenzszenario	Umweltszenario	Biomassesszenario
Es kommt zu einem leichten Rückgang der Tierhaltung, es kommt weiters zu einem Ersatz von Futtermitteln durch Reststoffe aus der Biotreibstoffproduktion.	Wie im Referenzszenario kommt es zu einem leichten Rückgang der Tierhaltung, es kommt auch zu einem Ersatz von Futtermitteln durch Reststoffe aus der Biotreibstoffproduktion.	Wie im Referenzszenario kommt es zu einem leichten Rückgang der Tierhaltung, es kommt auch zu einem Ersatz von Futtermitteln durch Reststoffe aus der Biotreibstoffproduktion.

Durch die Nebenprodukte aus der Biotreibstoffherstellung können Futtermittel substituiert werden. Bei der Ethanolproduktion fällt als Nebenprodukt DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles) an, wobei ein Kilogramm DDGS 0,2 kg bzw. ein Kilogramm Rapsschrot 0,1-0,2 kg Futtergetreide ersetzt.

Züchterischer Fortschritt

Referenzszenario	Umweltszenario	Biomassesszenario
Es wird der bisherige Trend hinsichtlich Ertragssteigerung und Krankheitsresistenz fortgeschrieben.	Es wird der bisherige Trend hinsichtlich Ertragssteigerung und Krankheitsresistenz fortgeschrieben.	Es kommt durch den züchterischen Fortschritt zu einer Optimierung des Gesamtenergieertrages.

Der Ertragszuwachs infolge des züchterischen Fortschritts beträgt derzeit bei Getreide ca. 1% und bei Körnermais ca. 1,5% pro Jahr.

Verwendung ungenutzter Potenziale

Referenzszenario	Umweltszenario	Biomassesszenario
Es wird eine langsame Entwicklung unterstellt.	In der Landwirtschaft kommt es nur zu einer geringen Nutzung derzeitiger ungenutzter Potenziale.	Es kommt zu einer starken Nutzung derzeit ungenutzter Potenziale, auch unter Ausnutzung vorhandener technischer Möglichkeiten.

Durch die Strohnutzung könnte indirekt ein großes Flächenpotenzial für die Biomasseproduktion entstehen. Stroh wird als Nebenprodukt bei der Getreideproduktion auf den Feldern eingearbeitet oder als Einstreu in der Tierhaltung verwendet.

Ausweitung der Produktion nachwachsender Rohstoffe auf Stilllegungsflächen

Referenzszenario	Umweltszenario	Biomassesszenario
Stilllegungsflächen bleiben bis 2010 erhalten.	Eine relevante Menge an Stilllegungsflächen wird für den Biolandbau genutzt.	Stilllegungsflächen werden zur Produktion von Bioenergie genutzt.

Stilllegungsflächen sind Flächen, die nicht zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion verwendet werden. Es wird zwischen Grünbracheflächen und Stilllegungsflächen, die für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, unterschieden. Für die Analyse des Rohstoffpotenzials ist auch die Flächenstruktur relevant.

In dieser Studie wird mit einem theoretischen Modell der Flächenverlauf ausgewählter Energiepflanzen bis 2020 prognostiziert. Dabei werden Konkurrenzpaare definiert und die Substitutionseffekte unter den Konkurrenzpflanzen untersucht. Von Interesse sind vor allem Grenzkosten und Grenzdeckungsbeiträge einzelner Pflanzen.

5.5.3 Flächenpotenziale für Biokraftstoffe

Die wichtigste Aussage aus den Modellanalysen ist, dass auch bei starker Nachfrage (z.B. mehr Biomasseanlagen) nicht sofort mit einem verstärkten Anbau von Energiepflanzen zu rechnen ist¹. Somit wird das errechnete Flächenpotenzial im betrachteten Zeitraum nicht ausgeschöpft werden.

Die für die Biomasseproduktion in den einzelnen Szenarien möglichen landwirtschaftlichen Flächenpotenziale sind in Tabelle 5.8 zusammengefasst.

Tabelle 5.8: Flächenpotenzial aus der Landwirtschaft in Österreich

Jahr	Referenzszenario	Umweltszenario	Biomasseszenario
2010	133.650 - 198.000 ha	79.200 - 139.590 ha	212.850 - 279.180 ha
2020	bis zu 323.400 ha	bis zu 200.900 ha	bis zu 455.700 ha

Eine genauere Aufschlüsselung der Flächenpotenziale, abhängig von den getroffenen Annahmen in den jeweiligen Szenarien, wird in Tabelle 8.8 „Übersicht mögliche freie Flächenpotenziale aus der Landwirtschaft“ im Anhang Potenzialstudien dargestellt.

¹ brainbows2007, Seite 59

Kapitel 6

Untersuchung der Kosten

In diesem Kapitel wird ein kurzer Überblick über die Kosten für Biotreibstoffe gegeben. Dabei werden die Anteile der variablen Kosten abhängig von den Düngemittelpreisen und dem Ertrag dargestellt. Anschließend wird beispielhaft der Deckungsbeitrag von Winterraps untersucht.

6.1 Gliederung der Kosten

Die zur Herstellung von Biotreibstoffen anfallenden Kosten können grob in drei Blöcke unterteilt werden:

- Rohstoffkosten
- Konversionskosten
- Verteilungskosten

Im Rahmen meiner Diplomarbeit möchte ich mich im Wesentlichen auf die Untersuchung der Kosten, die durch die Bereitstellung der landwirtschaftlichen Produkte entstehen, beschränken.

6.1.1 Rohstoffkosten

Zur Erzeugung von agrarischen Produkten entstehen für den Landwirten unterschiedliche Kosten. Diese können im Rahmen der Berechnung des Deckungsbeitrages wie folgt aufgeschlüsselt werden:

- Saatgut
- Dünger
- Pflanzenschutz
- Maschinenkosten
- Lohnndrusch
- Trocknung

6.1.2 Düngerkosten

Durch den Anstieg des Preises für Erdgas sind Stickstoffdünger im letzten Jahr wesentlich teurer geworden. Diesen Anstieg der Kosten für Kalkammonsalpeter (NAC) und Diammoniumphosphat (DAP) stellt Tabelle 6.1¹ dar. Es werden die Preise (€/kg) für die mineralischen Dünger (NAC/DAP/Kali) einander gegenübergestellt. Die Werte unter DB 2008 sind dem Deckungsbeitragskatalog 2008 entnommen. Der Wert DB 2007 stellt Durchschnittswerte für das Jahr 2007 dar und DB 0508 ist vom Verfasser unter Verwendung von Daten aus dem NPK-Kalkulator errechnet. Für die Berechnungen wurden die in der Tabelle angegebenen Werte für kg/dt Düngemittel verwendet um von €/t (Wirkstoff) auf €/kg (Düngemittel) umzurechnen (NAC, DB 2007: $250/1000 * 100/27$). Die in dieser Tabelle errechneten Düngemittelkosten (€/kg) werden für die folgenden Untersuchungen verwendet.

Tabelle 6.1: Kosten von mineralischen Düngemitteln

	NAC	DAP	Kali
DB 2008	0,90 €/kg	0,49 €/kg	0,43 €/kg
DB 2007	250 €/t	370 €/t	260 €/t
Durchschnitt 2007	0,926 €/kg	0,804 €/kg	0,433 €/kg
DB 0508	410 €/t	744 €/t	528 €/t
Mai 2008	1,52 €/kg	1,62 €/kg	0,88 €/kg
kg/dt Düngemittel	27	46	60

Aktuelle Düngemittelpreise wurden dem NPK-Kalkulator am 19.05.2008 entnommen, siehe Abbildung 8.9 im Anhang.

¹ DB2008 Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008 ; DB2007 Durchschnitt 2007 nach Auskunft im Lebensministerium ; DB0508 nach den Düngerpreisen im Mai 2008 auf der Homepage von Agro Linz selbst berechnet

6.2 Deckungsbeiträge für Winterraps

Der Deckungsbeitrag wird aus den monetären Kultureerträgen abzüglich der variablen Kosten zur Produktion der Energiepflanzen ermittelt.

Die ertragsabhängigen Deckungsbeiträge für Winterraps und die dazugehörigen Gaben von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium und Bor sind in den folgenden Tabellen¹ 6.2 und 6.3 aufgelistet. Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngempfehlungen. Der Zusammenhang zwischen Ertrag und Düngerbedarf wurde linear angenommen (im Abschnitt 7.2.4 Düngung und Ertrag bei Raps, wird dieser Aspekt weiter diskutiert). Zur Ermittlung des standortabhängigen Gesamtdüngeraufwandes ist die Nährstoffversorgung des Bodens, die Rücklieferung durch Ernterückstände und die Nährstoffverluste zu berücksichtigen. In dieser Berechnung wurden Produktpreise für Raps mit 28 €/dt angenommen und weitere Deckungsbeiträge für 22, 25, 31, 34 €/dt errechnet. Unter „Leistung“ geht das Produkt aus Preis und Ertrag in die Deckungsbeitragstabelle ein.

Tabelle 6.2: Deckungsbeitrag von Winterraps

Winterraps - Feuchtgebiet													
Angaben in Euro je ha Preis: 28,00 €/dt; Saatgut: 3,5 kg Originalsaatgut (14,00 €/kg)													
Ertrag dt/ha	20,0	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	45,0	47,5	50,0	
Leistung	560	700	770	840	910	980	1.050	1.120	1.190	1.260	1.330	1.400	
Saatgut	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	
Handelsdünger 1)	161	187	201	214	227	240	254	267	280	293	307	320	
Pflanzenschutz 2)	39	41	99	106	108	143	172	180	187	195	203	211	
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Variable Maschinenkosten*	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	
Lohndrusch	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	
Trocknung 3)	23	29	31	34	37	40	43	46	48	51	54	57	
Variable Kosten	568	601	676	699	717	768	813	837	861	885	909	933	
Deckungsbeitrag	-8	99	94	141	193	212	237	283	329	375	421	467	
DB bei eigenem Mähdrescher	53	160	155	202	254	273	298	344	390	436	482	528	
DB bei € 22,00	-128	-51	-71	-39	-2	2	12	43	74	105	136	167	
DB bei € 25,00	-68	24	11	51	96	107	125	163	202	240	279	317	
DB bei € 31,00	52	174	176	231	291	317	350	403	457	510	564	617	
DB bei € 34,00	112	249	259	321	388	422	462	523	584	645	706	767	

Tabelle 6.3: Nährstoffmengen für Winterraps

N	0,90 €/kg	85	106	117	127	138	148	159	170	180	191	201	212
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	36	45	50	54	58	63	68	72	76	81	86	90
K ₂ O	0,43 €/kg	28	35	38	42	45	49	52	56	59	63	66	70
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Bor	53,45 €/kg	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22

Die Deckungsbeiträge für niedrige Erträge sind sehr gering, wenn nicht sogar negativ. Diese steigen langsam mit den Erträgen. Weitere Beispiele für Deckungsbeiträge anderer Energiepflanzen sind im Anhang in den Tabellen 8.13 bis 8.22 aus dem Deckungsbeitragskatalog 2008 zusammengestellt.

¹ DB2008, Tabelle Winterraps - Feuchtgebiet, Seite 106

6.2.1 Variable Kosten

Weiters werden die Anteile der variablen Kosten in Abhängigkeit von den erwirtschafteten Erträgen untersucht. Basierend auf den Düngemittelpreisen in Tabelle 6.1 werden drei Annahmen für Handelsdünger betrachtet (DB2008, DB2007 Durchschnitt, DB0508).

Die Kosten für Düngemittel haben ertragsabhängig auf Basis von DB2008 etwa ein Viertel der variablen Kosten betragen. Diese Anteile sind in Abbildung 6.1 mit den relativ geringen Preisen für Handelsdünger, im zugrunde gelegten Bezugszeitraum für die Landwirtschaft, dargestellt.

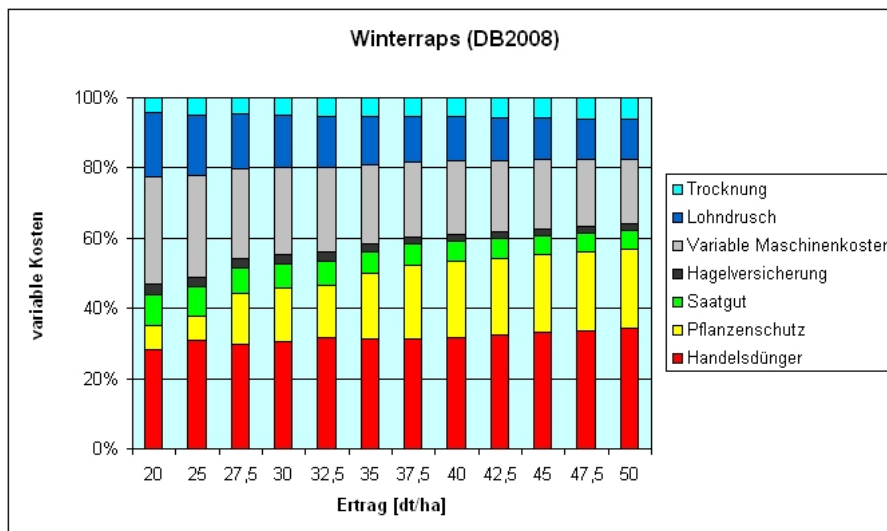


Abbildung 6.1: Ertragabhängige variable Kosten für Winterraps DB2008

Die durchschnittlichen Düngerkosten für 2007 sind nur etwas höher als die Annahmen im DB2008 und in Abbildung 6.2 abhängig vom Ertrag dargestellt. (Düngerkosten DB2007 Durchschnitt in Tabelle 6.1)

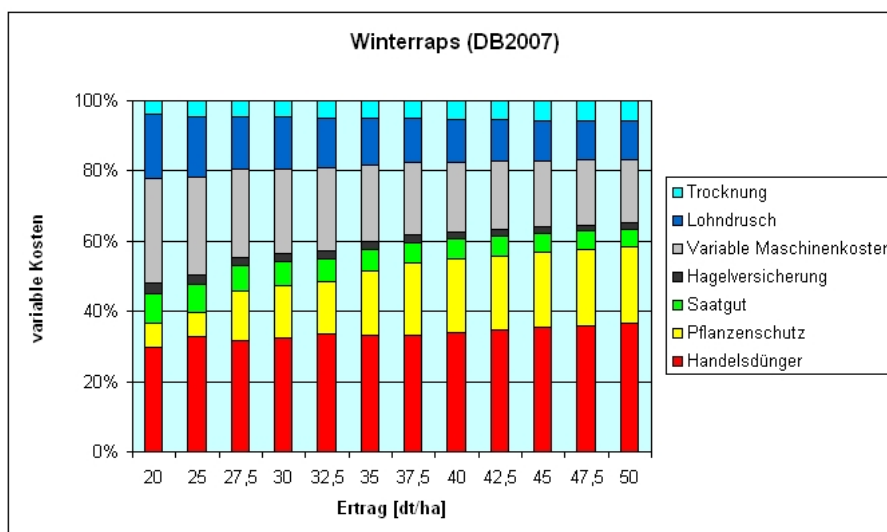


Abbildung 6.2: Ertragabhängige variable Kosten für Winterraps DB2007

Die Auswirkungen der stark steigenden Düngerpreise (Tabelle 6.1 DB0508) auf die variablen Kosten für Winterraps sind in Abbildung 6.3 dargestellt. Somit steigt der Anteil für Handelsdünger bezogen auf die gesamten variablen Kosten auf über 40% an.

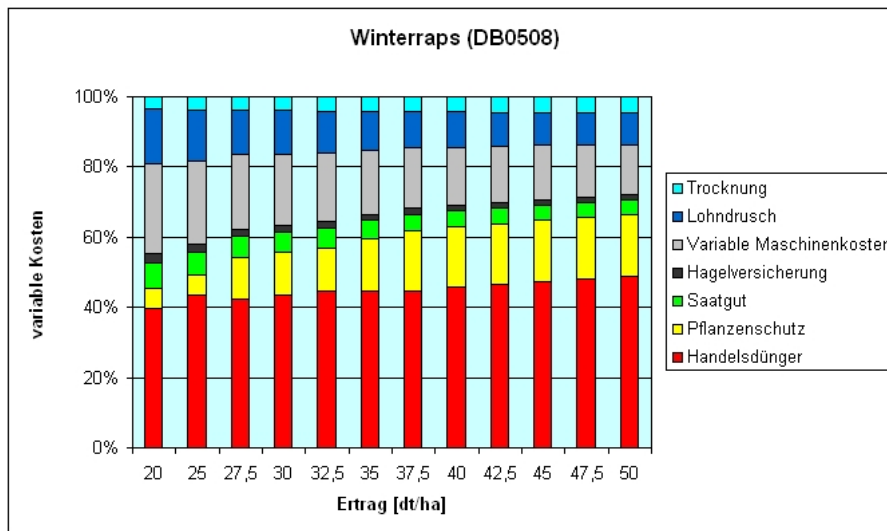


Abbildung 6.3: Ertragabhängige variable Kosten für Winterraps Mai 2008

6.2.2 Deckungsbeiträge und Produktpreis

Die Auswirkung der unterschiedlichen Produktpreise (von 22 bis 40 €/dt) auf den Deckungsbeitrag für Winterraps ist in Abbildung 6.4 unter zugrundeliegenden relativ niedrigen Düngemittelpreisen (DB2007 Durchschnitt) und mit hohen Düngemittelpreisen (Mai 2008, DB0508) in Abbildung 6.5 dargestellt.

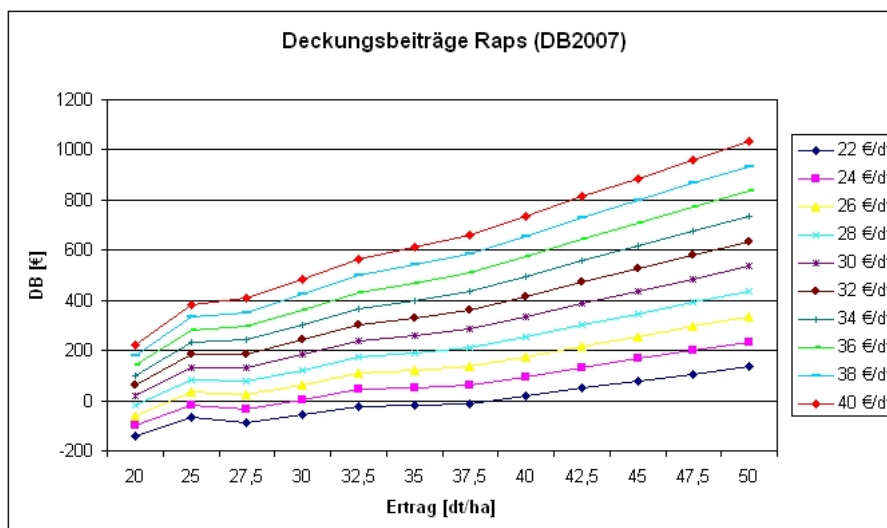


Abbildung 6.4: Deckungsbeiträge für Winterraps (DB2007)

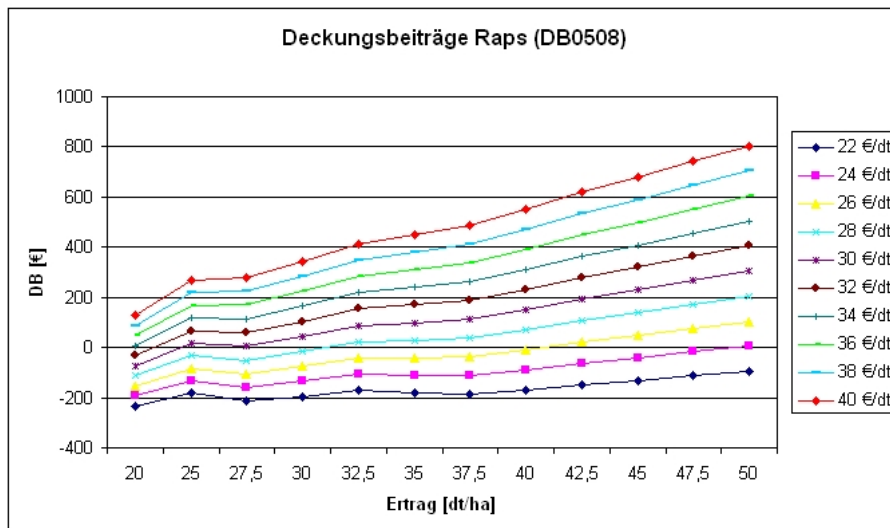


Abbildung 6.5: Deckungsbeiträge für Winterraps (DB0508)

6.3 Stickstoff-Dünger Optimum

Die Stickstoffpreise haben aber auch Einfluss auf die ökonomisch optimale einzusetzende Menge an mineralischen Düngemitteln, wie es in Abbildung 6.6¹ für Winteraps dargestellt ist. Somit sinken bei steigenden Düngemittelpreisen die optimalen Düngergaben. Wenn der Standort auch höhere Düngergaben in Ertrag umsetzen kann, könnten daraus tendenziell sinkende Erträge folgen. Wie weit sich diese reduzierte N-Düngung tatsächlich auf den Ertrag auswirkt, ist im Detail von lokalen Bedingungen abhängig und zu diskutieren.

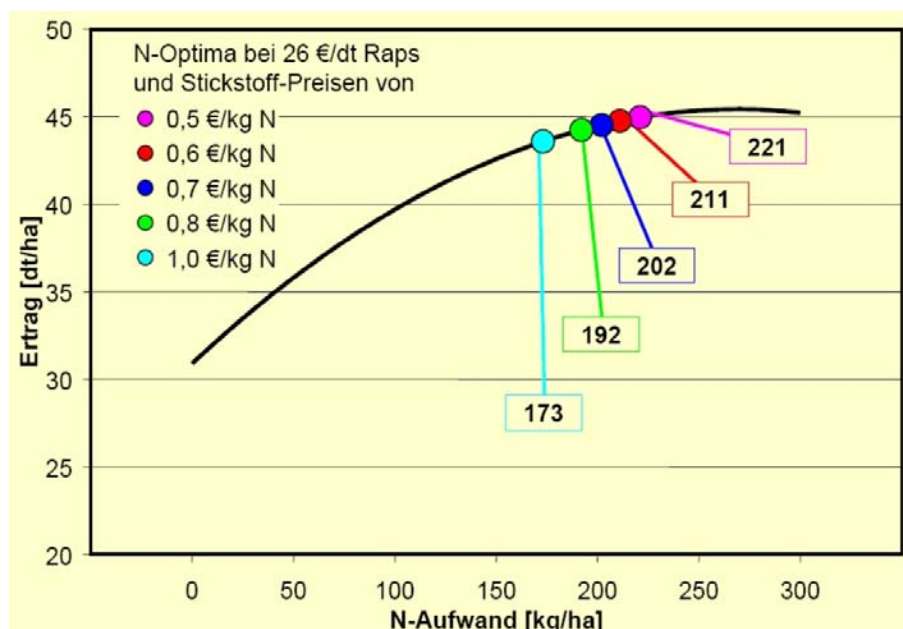


Abbildung 6.6: ökonomisches Optimum der N-Düngung von W-Raps

¹ Ackerbau2007, Ackerbauseminar-Pflanzenernährungsoptimieren, LLFG Sachsen-Anhalt Zentrum für Acker- und Pflanzenbau, Dr. Ulrich von Wulffen zitiert nach Albert, 2007

6.4 Wirtschaftlichkeit von Fruchtfolgen

Um die Wirtschaftlichkeit von Fruchtfolgen zu bewerten, ist die gesamte Fruchtfolge in die Betrachtung mit einzubeziehen. Eine konventionelle Fruchtfolge auf sehr gutem Standort ist in Tabelle 6.4¹ dargestellt.

Tabelle 6.4: Deckungsbeitrag-Fruchtfolge konventionell sehr guter Standort

Nr.	Kultur	Ertrag dt/ha	Preis Euro/ dt	Ertrag in Euro/ ha	Direktzah- lungen Euro/ ha	variable Kosten Euro/ ha	AK-Be- darf Akh/ ha	DB Euro/ ha
97	Grünbrache (Stilllegung)	0	0,00	0	381	142	4,6	240
79	Winterweizen (A-Sorten)	85	13,27	1128	465	670	6,8	903
61	Wintergerste (ZF: Gelbsenf)	75	11,74	881	536	653	7,4	744
49	Sonnenblumen	35	19,20	672	605	670	7,9	588
40	Sommerweizen (ZF: Gelbsenf)	65	12,51	813	362	661	7,4	494
	Summe			3494	2350	2795	34,2	2969
5	Durchschnitt			699	470	559	6,8	594

Ein weiteres Beispiel für eine Fruchtfolge auf mittleren Standorten gibt Tabelle 6.5² Ohne die Direktzahlungen (Förderungen) ist der Deckungsbeitrag dieser gesamten Fruchtfolge negativ.

Tabelle 6.5: Deckungsbeitrag-Fruchtfolge konventionell mittlerer Standort

Nr.	Kultur	Ertrag dt/ha	Preis Euro/ dt	Ertrag in Euro/ ha	Direktzah- lungen Euro/ ha	variable Kosten Euro/ ha	AK-Be- darf Akh/ ha	DB Euro/ ha
68	Winterraps	35	16,69	584	473	625	7,3	418
83	Winterweizen (A-Sorten, ZF: Gelbsenf)	70	13,27	929	536	668	7,4	783
2	Ackerbohnen	40	8,37	335	516	470	5,5	366
56	Triticale (ZF)	70	9,70	679	424	540	8,7	549
	Summe			2527	1948	2304	28,9	2115
4	Durchschnitt			632	487	576	7,2	529

¹ Freyer2003, Seite 208

² Freyer2003, Seite 209

6.5 Vergleich mit anderen Studien

6.5.1 AK-Studie

In der AK-Studie¹ erfolgt die Berechnung der variablen Kosten und des Deckungsbeitrags mit Daten aus dem Standard-Deckungsbeitrag Ost 2002/2003 und einem angenommenen Durchschnittsertrag von 2,5 t/ha.

Tabelle 6.6: Deckungsbeitrag AK-Studie

Winterraps (Industrieraps)	2002 [€/ha]	2006-2010 [€/ha]
Brutto-Erzeugerpreis	217,52	239,27
Leistung	543,80	598,18
Saatgut	53	58,30
Handelsdünger	179	179
Pflanzenschutz	39	39
Hagelversicherung	17	17
Variable Maschinenkosten	136	136
Lohndrusch	105	105
Trocknung	26	26
Variable Kosten	555	560,30
Deckungsbeitrag	-11,20	37,88

Dabei ergibt sich für den geringeren Produktpreis bei einem niedrig angesetzten Ertrag von 2,5 t/ha ein negativer Deckungsbeitrag. Der für diese Berechnung zugrunde liegende Ertrag ist die Untergrenze für wirtschaftliche Energieproduktion (eigene Anmerkung).

Durch den höher angenommen durchschnittlichen Produktpreis in den Jahren 2006-2010 wird der Deckungsbeitrag positiv.

6.5.2 Petersenstudie

An dieser Studie vorbildlich ist die Unterteilung in unterschiedliche Kulturräume oder Regionen. In der Tabelle 6.7² sind die Gebiete in 6 Regionen aufgeteilt und nach ihrer Ertragserwartung bewertet. Tabelle 6.8 gibt einen Überblick über die Erträge in den einzelnen Regionen. In der Region I und II sind hohe Erträge für Raps, Weizen und Gerste zu erwarten. Erbsen und Mais erzielen in Region III und VI sogar die höchsten Erträge.

Die Deckungsbeiträge für Raps in der ertragreichsten Region sind in der Tabelle 6.9³ und in der Region mit den geringsten Erträgen in der Tabelle 6.10 dargestellt.

¹ AK2005, Ökonomische Auswirkungen der neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen bezüglich biogener Treibstoffe in Österreich, Christoph Tribl, 2005 Winterraps (Seite 16)

² Petersen2004, Agrarpolitische Neuorientierung der Europäischen Union, Konsequenzen für die Wettbewerbsstellung des Anbaus von Öl- und Eiweißpflanzen (Seite 4)

³ Petersen2004, Anhang

Dabei erzielen Raps und Weizen in der Region I mit den angenommenen Produktpreisen die höchsten Deckungsbeiträge. Ganz anders sieht es in der Region VI aus, wo Mais die höchsten Deckungsbeiträge erzielen kann.

Tabelle 6.7: Überblick über die Regionen

Region	Standortmerkmale
I	Ausgezeichnete Erträge für Getreide und Raps Gute bis sehr gute Erträge für Erbsen und Mais Standorte: Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern Küste
II	Ausgezeichnete Erträge für Getreide Sehr gute Erträge für Raps Gute bis sehr gute Erträge für Erbsen und Mais Standorte: Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern Küste
III	Gute bis sehr gute Erträge für Getreide und Raps Ausgezeichnete Erträge für Erbsen und Mais Standorte: Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Bayern
IV	Gute Erträge für Getreide Sehr gute Erträge für Raps Ausgezeichnete Erträge für Erbsen und Mais Standorte: Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen
V	Mittlere Erträge für Getreide und Raps Gute Erträge für Erbsen und Mais Standorte: Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Bayern
VI	Mäßige Erträge für Getreide und Raps Mäßige bis mittlere Erträge für Erbsen und Mais Standorte: Mecklenburg-Vorpommern (Süd), Brandenburg (Region 1), Niedersachsen (Region 4)

Tabelle 6.8: Erträge abhängig von Regionen

Region	Raps	Weizen	Gerste	Erbsen	Mais
I	47	95	86	50	80
II	40	95	86	50	80
III	40	80	72	55	95
IV	40	75	68	55	95
V	32	60	54	45	75

Tabelle 6.9: Deckungsbeiträge Region I im Jahr 2004, Petersenstudie

Position		Raps	Weizen	Gerste	Erbsen	Mais
Ertrag	dt/ha	47	95	86	50	80
Preis	€/dt	24	11,5	10,5	13	11,5
Leistung	€/ha	1128	1093	903	650	920
Saatgut	€/ha	60	45	40	90	100
Düngemittel	€/ha	170	172	157	69	147
Pflanzenschutzmittel	€/ha	155	130	120	90	80
Maschinen	€/ha	140	140	140	140	200
Sa. Prozesskosten	€/ha	525	487	457	389	527
Prämie	€/ha	350	350	350	403	350
Deckungsbeitrag	€/ha	953	956	796	664	743
Grundkosten		60	60	60	60	60
Abschreibung		200	200	200	200	200
Dienste		180	180	180	180	180
Sa. Bereitschaftskosten	€/ha	440	440	440	440	440
Sa. Kosten	€/ha	965	927	897	829	967
Reinertrag	€/ha	513	516	356	224	303
Betriebswert	€/ha	109			109	
Deckungsbeitrag	€/ha	953			664	
Korr. DB	€/ha	1062	956	796	773	743

Tabelle 6.10: Deckungsbeiträge Region VI im Jahr 2004, Petersenstudie

Position		Raps	Roggen	Gerste	Erbsen	Mais
Ertrag	dt/ha	27	55	51	30	70
Preis	€/dt	24	10,5	10,5	13	11,5
Leistung	€/ha	648	578	536	390	805
Saatgut	€/ha	50	35	35	75	90
Stickstoff	kg/ha	135	137,5	127,5	0	175
Preis	€/kg	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Phosphor	kg/ha	54	55	51	54	70
Preis	€/kg	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Kali	kg/ha	54	55	51	54	70
Preis	€/kg	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sonstige	€/ha	15	15	15	15	15
Düngemittel	€/ha	104	106	99	47	131
Pflanzenschutz	€/ha	130	80	100	80	75
Maschinen	€/ha	120	120	120	120	120
Sa. Prozesskosten	€/ha	404	341	354	322	416
Prämie	€/ha	350	350	350	403	350
Deckungsbeitrag	€/ha	594	587	531	471	740
Sa. Bereitschaftskosten	€/ha	440	440	440	440	440
Sa. Kosten	€/ha	844	781	794	762	856
Reinertrag	€/ha	154	147	91	31	300
Betriebswert	€/ha	58			58	
Deckungsbeitrag	€/ha	594	471			
Korr. DB	€/ha	652	587	531	528	740

Kapitel 7

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse der Potenzialstudien als Flächen-, Energie-, Produktions- und Biokraftstoffpotenziale zusammen. Anschließend werden die Ergebnisse der Diplomarbeit diskutiert, und dabei auf Flächeneffizienz von Biokraftstoffen und Erträge, abhängig von der Düngung hingewiesen. Die Schlussfolgerungen aus der Arbeit stehen am Ende des Kapitels.

7.1 Ergebnisse der Potenzialstudien

Die Aussagen dieser betrachteten Potenzialstudien sind nur bedingt direkt miteinander vergleichbar, da die einzelnen Studien von ganz unterschiedlichen Annahmen ausgehen. Bei der Interpretation der Ergebnisse darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die Ergebnisse der Potenzialabschätzungen stark von den getroffenen Annahmen beeinflusst werden. In Tabelle 7.1 ist zusammengefasst wie sich die einzelnen Faktoren auf das Flächenpotenzial auswirken.

Tabelle 7.1: Annahmen die das Flächenpotenzial beeinflussen

Einfluss auf das Flächenpotenzial	vermehrend	reduzierend
Nutzung von Export-Überschüssen	+	
Ertragssteigerungen (pflanzlich)	+	
Sinkender Futtermittelbedarf	+	
Nutzung von Grünlandflächen	+	
Nutzung von Stilllegeflächen	+	
Nutzung von Zwischenfrüchten	+	
Ausgewählte Fruchtfolgen	+	
Steigerung der Naturschutzflächen		-
Flächen für Siedlung und Verkehr		-
Förderung von Stilllegeflächen		-

7.1.1 Gegenüberstellung der Studien

Auf folgende Punkte möchte ich im Rahmen des Studienvergleichs hinweisen:

- In allen Studien wird der Rohölpreis und dessen Preisentwicklung bei weitem unterschätzt und mit 40 bis 60 \$/Barrel angenommen.
- Die Berücksichtigung von Energiepflanzen in angepassten Fruchtfolgen wird nur in der EEA2007 Studie ansatzweise auf Länderebene untersucht.
- In keiner einzigen Studie werden die regionalen Verhältnisse berücksichtigt und es werden nur Durchschnittsdaten auf Basis der einzelnen Mitgliedstaaten verwendet.
- In den EEA-Studien ist der Ertrag der einzelnen Pflanzen im Modell jeweils nur ein Wert vorgesehen. Somit ist es bei der Berücksichtigung der unterschiedlichen Flächennutzungen erforderlich, die Erträge mit Korrekturfaktoren anzupassen.
- Die Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungsmittel- und Biotreibstoffproduktion wird nur teilweise berücksichtigt. Durch den Ansatz „Flächenfreisetzung durch Reduktion von Überschüssen“ wird die entstehende Konkurrenz nur ungenügend einbezogen.
- In den Studien (EEA) werden meist nur Ergebnisse publiziert. Dadurch und durch die Komplexität der Modelle sind die Berechnungen im Detail nicht nachvollziehbar.
- Die Umwelteinflüsse aufgrund der Klimaänderung (globale Erwärmung) sind in keiner der Studien berücksichtigt.

Ein Vergleich der Studien nach ausgewählten Kriterien ist in Tabelle 7.2 dargestellt. In den beiden EEA-Studien werden Naturschutzflächen mit einem Mindestanteil von 30% als EOF-Flächen (environmentally-oriented-farming) angestrebt, siehe Kapitel 5.1.2 oder 5.2.2 „Umweltrelevante Erwägungen“. Weiters sind in diesen Studien in intensiv bewirtschafteten Gebieten 3% der Flächen als Naturschutzflächen vorgesehen. Ausgewählten Konkurrenzkulturarten wurden in der Studie von Brainbows für die Energiepflanzen Sonnenblume, Raps und Energiekorn definiert und Erzeugerpreise und Grenzdeckungsbeiträge untersucht.

Tabelle 7.2: Vergleich der Potenzialstudien

	EEA 2006	EEA 2007	Thrän	Zeddies	Brainbows
Modell	CAPSIM HEKTOR	CAPSIM HEKTOR	Potenzial- abschätzung	einf. Potenzial- abschätzung	Potenzial- abschätzung
Zeitraum	2010/2020/ 2030	2010/2020/ 2030	2000 2010/2020	2000 2010/2020	2010/2020
Länder	EU-25	EU-25	EU-15 EU-25/28	EU-25	Österreich
Bereich	LW/FW/ Bio-Abfall	LW	FW/LW/ Reststoffe	LW	LW/FW
Ertragssteigerung pro Jahr	ja	ja	1-3% länderspezifisch	1,5 %	1-1,5%
Nahrungsmittel- konkurrenz	teilweise, für Export-	aber nur Überschüsse	Abbau von Überschüssen	Abbau von Überschüssen	Nutzung von Exportüber- schüssen
Energiepflanzen	Ansätze	Zonen - Risikomatrix länderabhängig	Anbaumix aus Getreide- u. Ölpflanzen	„trockene“ u. „feuchte“ Biomasse	ausgewählte Konkurrenz- kulturarten
ökologische Auswirkungen	ja	ja, sehr umfangreich	Stoffstrom Analyse	nein	nein
Naturschutzflächen	30 % EOF, 3% intensiv	30 % EOF, 3% intensiv	5-10%	nein	nein

7.1.2 Flächenpotenziale

Die ausgewiesenen Flächenpotenziale für Biokraftstoffe der einzelnen Studien sind in Tabelle 7.3 zusammengestellt.

Tabelle 7.3: Flächenpotenziale für Biokraftstoffe - Studienvergleich [1000 ha]

[1000 ha]	EEA 2006	EEA 2007	Thrän		Zeddies
Länder	EU-22	EU-23	EU-25 CP	EU-25 E+	EU-25
2000			7 007	3 782	7 007
2010	12 965	13 935	19 788	5 198	19 786
2020	16 170	17 952	41 269	12 948	42 170
2030	19 267	20 164			

Nach der Studie von Thrän werden auf Länderebene große Flächenpotenziale (siehe Tabelle 8.2 im Anhang) in Spanien, Frankreich, Deutschland, Polen, Ungarn, Litauen, Rumänien, Bulgarien und Tschechien für Bioenergieträger nutzbar sein.

In Abbildung 5.5 bis 5.7 sind die Flächenpotenziale der EEA2007 Studie nach Ländern, für die Jahre 2010, 2020 und 2030 aufgelistet.

7.1.3 Energiepotenziale

Eine Aufstellung der Energiepotenziale für Biokraftstoffe, wie sie in drei Studien abgeschätzt wurden, ist in Tabelle 7.4 dargestellt (verwendete Umrechnung: 1 MtOE = 41,868 PJ). Zum Vergleich wurden für die Studie von Thrän die Energiepflanzenpotenziale von PJ in MtOE umgerechnet (2000: 1180/690 ; 2010: 3465/1075 ; 2020: 7792/2614). In der Studie von Thrän¹ wird zwischen „Current Policy“ und „Environmental +“ Szenario unterschieden.

Tabelle 7.4: Energiepotenziale für Biokraftstoffe - Studienvergleich [MtOE]

[MtOE]	EEA 2006	EEA 2007	Thrän	
Länder / Szenario	EU-22	EU-23	EU-25 CP	EU-25 E+
2000			28	16
2010	47	47	83	26
2020	95	96	186	62
2030	144	142		

In der EEA Studie wurden die höchsten Energiepotenziale [MtOE] für die Länder Polen, Spanien, Italien, England, Deutschland, Frankreich und Litauen errechnet (siehe Abbildung 5.9).

7.1.4 Produktionspotenzial

Die Energiepflanzenpotenziale sind im Anhang der Studie von Thrän sehr ausführlich dargestellt und werden in Tabelle 7.5² für das „CP“ Szenario zusammengefasst. In beiden Tabellen sind die Energiepflanzenpotenziale für EU-25/EU-28 angegeben.

Tabelle 7.5: Energiepflanzenpotenziale (nach Thrän im CP Szenario) [PJ/a]

Thrän (EU-25/28)	2000 [PJ/a]	2010 [PJ/a]	2020 [PJ/a]
Sonnenblume	34 / 39	30 / 37	126 / 165
Raps	50 / 50	111 / 111	224 / 224
Weizen	391 / 406	893 / 952	1881 / 2024
Triticale	31 / 31	83 / 83	193 / 194
Roggen	36 / 36	154 / 154	363 / 365
Gerste	185 / 189	654 / 673	1473 / 1517
Körnermais	216 / 231	891 / 948	2113 / 2293

¹ Thrän2005, Seite 140

² Thrän 2005, Anhang, Seite 537ff

Die Energiepflanzenpotenziale aus dem Anhang der Studie von Thrän für das „E+“ Szenario sind in Tabelle 7.6¹ aufgelistet.

Tabelle 7.6: Energiepflanzenpotenziale (nach Thrän im E+ Szenario) [PJ/a]

Thrän (EU-25/28)	2000 [PJ/a]	2010 [PJ/a]	2020 [PJ/a]
Sonnenblume	19 / 22	8 / 10	43 / 54
Raps	29 / 29	34 / 34	83 / 83
Weizen	223 / 230	263 / 274	671 / 704
Triticale	17 / 17	24 / 24	66 / 66
Roggen	18 / 18	42 / 43	120 / 120
Gerste	99 / 101	163 / 166	442 / 451
Körnermais	123 / 129	243 / 254	669 / 717

In der Studie von Prof. Zeddies wird das Produktionspotenzial für Rohstoffe zur Biokraftstoffproduktion [in Mio. t], wie bereits in Tabelle 5.7 dargestellt, höher eingeschätzt. Umgerechnet in PJ wurden für Raps 63/150/425 und für Getreide 1065/3678/8731 in den Jahren 2000/2010/2020 abgeschätzt. Ein Vergleich der Studien von Zeddies und Thrän (CP/E+) für das Jahr 2010 ergibt für Raps 150 beziehungsweise 111/34 PJ, sowie für Getreide 3678 beziehungsweise 2675/735 PJ (berechnet aus den Tabellen 7.5 und 7.6).

¹ Thrän 2005, Anhang, Seite 540ff

7.1.5 Biokraftstoffpotenziale

In der Studie von Prof. Zeddies werden die Biokraftstoffpotenziale für Biodiesel und Bioethanol in der EU-25 abgeschätzt. Dabei wird ein Dieselkraftstoffverbrauch von 160 Mio. t angenommen. Die theoretischen Potenziale für Raps und Sonnenblume sind in Tabelle 7.7¹ dargestellt. Auffallend ist dabei ein geringes Potenzial der EU-25 für Biodiesel. Das wird darauf zurückgeführt, dass neben Deutschland nur Frankreich, Polen, Tschechien und Ungarn größere Ackerflächen für Raps freisetzen. Weiters wurden in dieser Studie *unterstellt, dass auf den freigesetzten Flächen nur der Getreide Anbaumix aus Fruchtfolgegründen produziert werden kann*².

Tabelle 7.7: Theoretisches Potenzial für Biodiesel (nach Zeddies)

Dieselmkraftstoff EU-25	Einheit	2005	2010	2020
Verbrauch Diesel ¹	Mio t	158,60	165,00	178,20
Biodieselpotenzials aus	Mio t	2,00		
Rapssaar ²	Mio t		3,44	6,06
Sonnenblumensaat ³	Mio t		0,73	1,22
Summe	Mio t	2,00	4,17	7,28
Energieäquivalent ⁴	Mio t	1,72	3,59	6,26
möglicher Anteil	%	1,10	2,18	3,52

1) Annahme: Zunahme Dieselverbrauch 2005-2010 +4%, 2010-2020 +8%

2) Rapssaar 40% Ölausbeute

3) Sonnenblumensaat 48% Ölausbeute

4) Heizwert Diesel 43 MJ/kg; Heizwert Biodiesel 37 MJ/kg

Der Verbrauch von Ottokraftstoffen ist in den letzten Jahren rückläufig (in der EU) und wird in der Studie von Prof. Zeddies als weiter deutlich sinkend eingestuft. In Tabelle 7.8³ sind die theoretischen Potenziale für Bioethanol aus Getreide und Zuckerrübe in der EU-25 dargestellt. Aufgrund dieser Annahmen wäre ein Anteil von 15% Biokraftstoff am Ottokraftstoffverbrauch durchaus möglich.

Tabelle 7.8: Theoretisches Potenzial für Bioethanol (nach Zeddis)

Ottokraftstoff EU-25	Einheit	2005	2010	2020
Verbrauch Benzin ¹	Mio t	124,80	113,60	98,00
Bioethanolpotenzial aus	Mio t	1,03		
Getreide ²	Mio t		23,24	55,17
Zuckerrübe	Mio t		1,70	4,47
Summe	Mio t	1,03	25,97	60,67
Energieäquivalent ³	Mio t	0,70	17,53	40,95
möglicher Anteil	%	0,56	15,43	41,80

1) Annahme: Rückgang Ottokraftstoffverbrauch 2005-2010 -9%, 2010-2020 -16%

2) Annahme: 3,78t Getreide ergeben 1t Ethanol

3) Heizwert Normalbenzin 40 MJ/kg; Heizwert Bioethanol 27 MJ/kg

¹ Zeddies2006, Teile der Tabelle: „Theoretisches Potenzial für Biokraftstoffe“, Seite 15

² Zeddies2006, Seite 16

³ Zeddies2006, Teile der Tabelle: „Theoretisches Potenzial für Biokraftstoffe“, Seite 15

7.2 Diskussion der Ergebnisse

7.2.1 Diskussion über Potenzialstudien

Einige der im Abschnitt „Gegenüberstellung der Studien“ angeführten Aspekte werden im folgenden eingehender betrachtet und diskutiert:

- Die hohe Rohölpreisentwicklung (Abbildung 8.2: Rohölpreisentwicklung, im Anhang) wirkt sich auch massiv auf die Preise für Düngemittel aus. Das steigert, wie im Abschnitt über Kosten in Abbildung 6.3 dargestellt ist, auch die variablen Kosten und somit die Rohstoffherstellungskosten. Die Rohölpreisentwicklung wurde in den untersuchten Studien unterschätzt.
- Einen einfachen Ansatz zur Berücksichtigung regionaler Verhältnisse liefert Petersen in seiner Studie mit der Unterteilung in Kulturräume. (siehe Vergleich im Abschnitt 6.5) Für die unterschiedlichen Energiepflanzen werden dabei Erträge und Deckungsbeiträge in kleinräumigen lokalen Bereichen (Regionen) untersucht. Diese regionalen Verhältnisse wurden in keiner Studie berücksichtigt.
- Die Flächenerträge für Energiepflanzen sind stark vom Standort abhängig. Der grundsätzliche Ansatz „Flächenfreisetzung durch Reduktion von Überschüssen“ wird in allen Studien zur Ermittlung von zusätzlichem Flächenpotenzial für Energiepflanzen verwendet. Es ist aber zu hinterfragen, welche Standorte dann wirklich für Biotreibstoffe genutzt werden könnten. Diese werden voraussichtlich nicht die ertragstärksten Standorte sein. Durch den Ansatz von landesweiten Durchschnittserträgen könnte es auf einigen Flächen auch zu einer Überschätzung der Ertragssituation und damit der Höhe der zu erwartenden Erträge kommen.
- Durch die standortabhängige Gestaltung von Fruchtfolgen kommt es zu einer Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und meist auch zu einer Steigerung des Ertrages (siehe Kapitel über Fruchtfolgen). Dabei könnten die Ertragssteigerungen, abhängig vom Standort, 5 bis 20% betragen.

7.2.2 Flächenvergleich nach Ländern

Ein Vergleich der in den Potenzialstudien ermittelten Flächenpotenziale mit den im Grünen Bericht 2007 (siehe Abbildung 7.1 und 7.2¹ publizierten Agrarstrukturen in der EU-27 zeigt gute Übereinstimmungen mit vorhandenen Flächen.

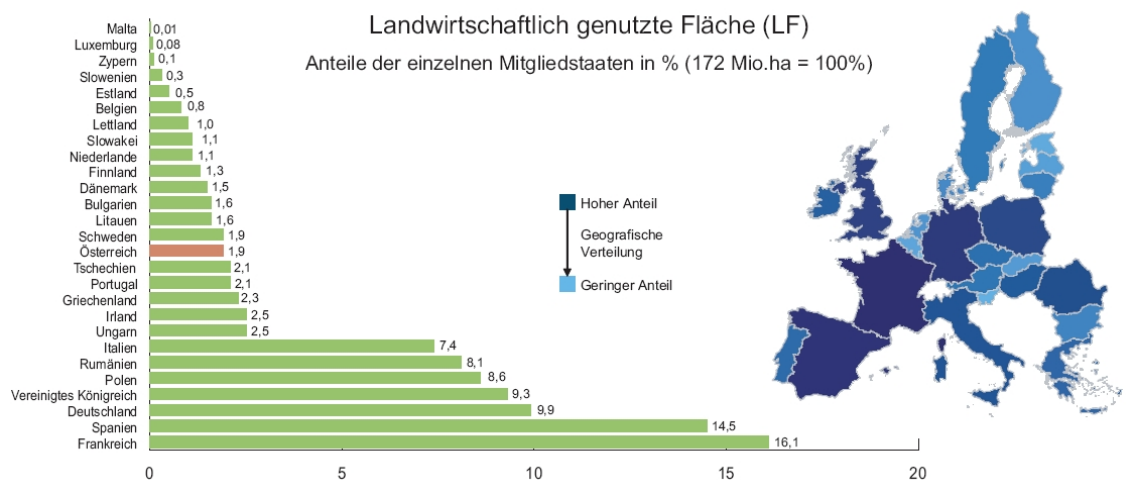


Abbildung 7.1: Agrarstrukturen der EU-27 - Landwirtschaftlich genutzte Fläche

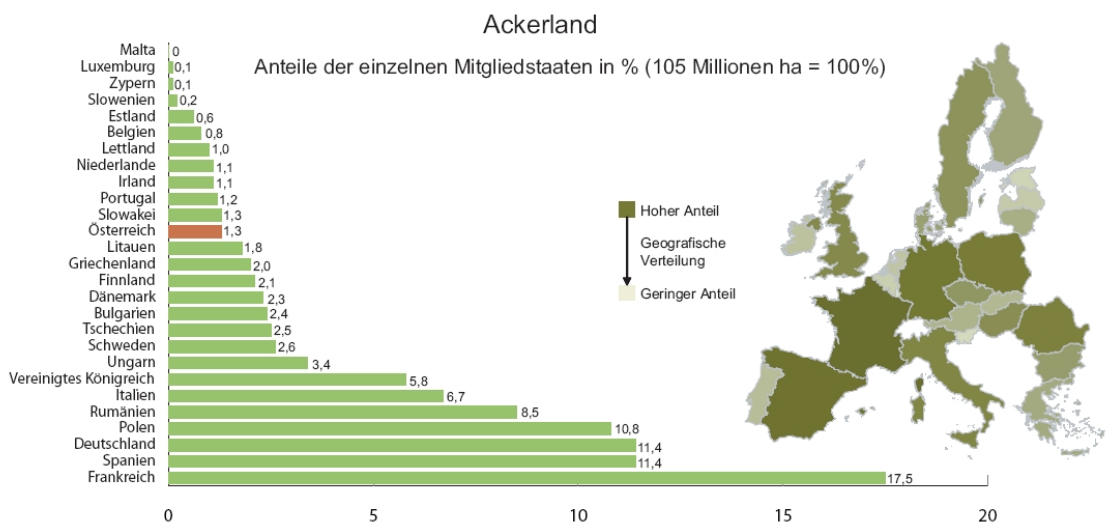


Abbildung 7.2: Agrarstrukturen der EU-27 - Ackerland

Die Länder mit dem größten Anteil an Ackerland in der EU-27 sind Frankreich, Spanien, Deutschland, Polen, Rumänien, Italien und England. In der oberen Abbildung ist die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche, in der unteren Abbildung zum Vergleich die Ackerfläche abgebildet. In diesem Vergleich ist gut erkennbar, in welchen Ländern der Anteil von Grünland höher ist als der Anteil von Ackerland, wie das unter anderem bei Österreich und Irland der Fall ist.

¹ GB2007, Seite 63

7.2.3 Flächeneffizienz von Biokraftstoffen

Die derzeitig hauptsächlich genutzten Technologien und Verfahren zur Herstellung von Biotreibstoffen verwenden Öl-, Zucker- und Stärkepflanzen als Rohstoff zur Erzeugung von Biodiesel bzw. Ethanol. Ein Vergleich hinsichtlich der technisch möglichen Ertragspotenziale von Biokraftstoffen ist in Tabelle 7.9¹ dargestellt.

Tabelle 7.9: Ertragspotenziale von Biokraftstoffen

	Ertrag [l/ha*a]	Kraftstoffäquivalent [l/ha*a]	GJ [ha*a]
Rapsöl	1.480	1.420	51
Biodiesel	1.550	1.410	51
Bioethanol			
aus Getreide	2.560	1.660	54
aus Zuckerrüben	6.240	4.050	132
aus Zuckerrohr	6.460	4.200	137
aus Lignozellulose (z.B. Holz)	990	640	21
BtL	4.030	3.910	135
Bio-Methan*	3.560**	4.980**	178

**auf Basis von Mais, **[kg/(ha*a)]*

Beim Vergleich der unterschiedlichen Substrate (und Technologien) ist ein wesentlicher Faktor der Flächenertrag, der wiederum stark vom Standort abhängig ist. In der Tabelle 7.10 Flächeneffizienz von Biokraftstoffen² wird mit niedrigeren Erträgen gerechnet, woraus sich z.B. für Biodiesel ein um ca. 200 l/ha geringerer Kraftstofftertrag ergibt als in der Veröffentlichung von FNR.

Tabelle 7.10: Flächeneffizienz von Biokraftstoffen

Biokraftstoff	Substrat	Ertrag [kg/ha]	Kraftstofftertrag [l/ha]
Biodiesel	Raps	2.848	1.200
Pflanzenöl	Raps	2.848	1.200
Bio-Ethanol	Weizen	4.730	2.110
Bio-Ethanol	Körnermais	6.080	3.630
Bio-Ethanol	Zuckerrüben	13.340	6.220
Fischer Tropsch-Diesel	Wald	4.020	820
Fischer Tropsch-Diesel	Pappel	12.000	2.450
Bio-Methan (CNG)	Maissilage	14.850	4.920

Mit diesem Vergleich wird auf Basis von Durchschnittserträgen der Unterschied zwischen dem Standort Deutschland und Österreich (Tabelle 7.10) dargestellt.

¹ FNR2007, Ertragspotenziale von Biokraftstoffen, Seite 40

² VNB2006, Vorstudie für einen nationalen Biomasseaktionsplan für Österreich, Seite 37

7.2.4 Düngung und Ertrag bei Raps

Die Erträge von Raps sind von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Für die Berechnung der erforderlichen Düngung wurde in DB2008 ein vereinfacht linearisierter Zusammenhang zwischen Düngebedarf und Ertrag angenommen. Wie die Untersuchungen an der Universität Rostock zeigen (siehe Abbildung 7.3¹), ist diese Annahme über weite Bereiche der Kurve möglich, jedoch sind die Ertrags- und Düngerwerte auch vom Standort, d.h. vom Ertragsniveau (Steigung der Kurve), abhängig.

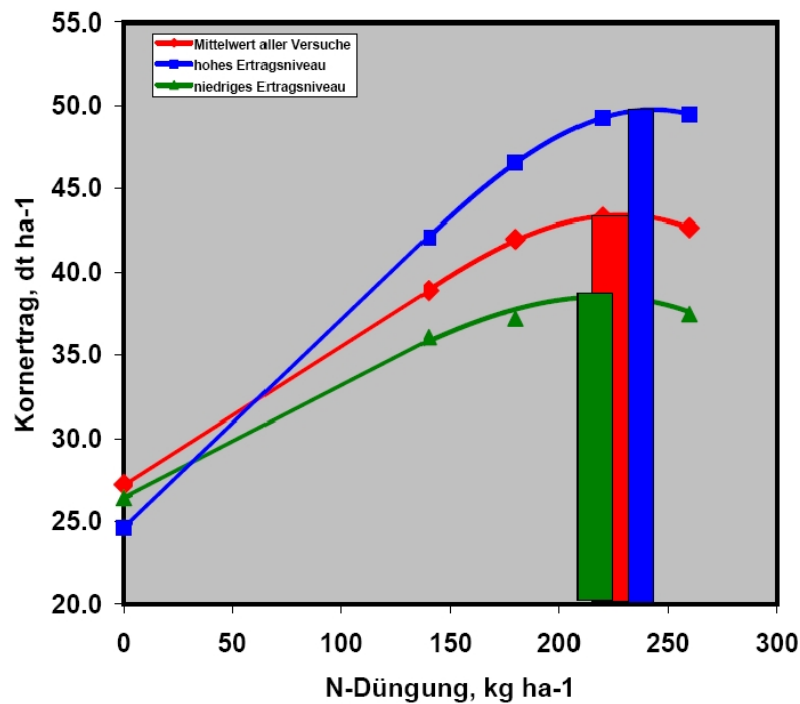


Abbildung 7.3: Kornertrag von Raps in Abhängigkeit von der N-Düngung

Dieser Zusammenhang ist deshalb wichtig, weil in den betrachteten Potenzialstudien die Erträge nicht standortabhängig untersucht und keine regionalen Unterteilungen durchgeführt wurden. Die Ertragserwartung des Standortes hat aber wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Düngergabe und vor allem auf die von der Pflanze in Ertrag umsetzbare Düngermenge. Wird die Düngergabe für den Standort zu hoch gewählt, so kann dies zu einer Verlagerung von Stickstoff in tiefere Bodenschichten und möglicherweise zur Auswaschung und in Folge zu Nitratbelastung des Grundwassers führen.

¹ Kuchenbuch2005, Kornertrag von Raps in Abhängigkeit von der N-Düngung, 33 Versuche, 1998-2005

7.3 Schlussfolgerungen

7.3.1 Schlussfolgerungen aus der Arbeit

Die wesentlichen Schlussfolgerungen dieser Arbeit werden in drei Punkten zusammengefasst und anschließend kurz erläutert:

- Effizienz (Flächeneffizienz von Biokraftstoffen)
- Energiepflanzen (Stellung in der Fruchtfolge)
- Ertrag (ökonomisch optimiert)

Der Ausdruck „Flächeneffizienz von Biokraftstoffen“ bezieht sich in dieser Arbeit auf die genutzte Energiepflanze mit ihrem standortabhängigen Ertrag. Ein Vergleich der einzelnen Energiepflanzen kann über die Maßzahl „Kraftstoffäquivalente pro Hektar“ erfolgen.

Eine Bewertung der einzelnen Energiepflanzen hinsichtlich ökologischer Kriterien, unter Beurteilung der Stellung in der Fruchtfolge (möglichst ohne marktwirtschaftliche Entscheidungszwänge für den Produzenten), sollte mehr Beachtung finden. Dabei sollte auch die Fruchtfolgegestaltung über einen längeren Zeitraum an die Standortverhältnisse und Nährstoffversorgung des Bodens angepasst werden. Abhängig vom Standort wären dadurch Ertragssteigerungen von 5 bis 20% zu erzielen.

Bei der Untersuchung der möglichen Potenziale wäre es auch nötig, kleinräumigere regionale Gegebenheiten mit zu berücksichtigen, wie das Prof. Petersen in seiner Studie (Petersen2004) für Gebiete in Deutschland gezeigt hat. Damit ist ein Vergleich der Erträge für unterschiedliche Energiepflanzen auf verschiedenen Standorten möglich. Eine auch ökonomisch ausgerichtete Düngung (Stickstoff-Optimum) abhängig von den Düngerkosten (siehe Abbildung 6.4) wird durch steigende Preise für mineralische Dünger in Zukunft relevanter werden.

7.3.2 Potenziale für Biokraftstoffe und Beimischungsziel

Anstatt des in der Biokraftstoffrichtlinie angestrebten Zieles einer Beimischung von 5,75% im Jahre 2010 wird laut Fortschrittsbericht Biokraftstoffe¹ der EU nur ein Anteil von 5,45% erreicht werden.

In den meisten untersuchten Studien werden zwar Potenziale für Biokraftstoffe angegeben, aber keine konkreten Aussagen über die Erreichbarkeit des Beimischungszieles gemacht. Ein Grund dafür ist, dass die Ergebnisse sehr wesentlich von den getroffenen Annahmen abhängen.

Prof. Zeddies gibt für 2010 in der EU-25 einen Anteil von 2,2% für Biodiesel und einen Anteil von 15% für Bioethanol an, wie unter 7.1.5 Biokraftstoffpotenziale ausgeführt. Dabei handelt es sich um ein theoretisches Potenzial, und die Umsetzung als wirtschaftlich nutzbares Potenzial ist nur unter sehr günstigen Bedingungen zu erwarten. Ein Vergleich mit der Studie von Thrän ergibt für beide Szenarien ein geringeres Kraftstoffpotenzial (Biodiesel/Ethanol für das CP Szenario: 1,6%/11% und im E+ Szenario: 0,5%/3% siehe 7.1.4 Produktionspotenzial).

7.3.3 Allgemeine Schlussfolgerungen

Bestehende Biokraftstoffpotenziale unter Beachtung von Umweltkriterien zu nutzen und damit Überschüsse der Nahrungsmittelproduktion zu reduzieren, ist auch ein Ziel der GAP Reform. Dabei muss die Nutzungskonkurrenz zwischen Nahrungsmittel und Energiepflanzen auch durch politische Rahmenbedingungen geregelt werden. Ein Bereich, worauf der Mensch praktisch kaum Einfluss nehmen kann, sind ungünstige Witterungsverhältnisse und daraus folgende Ertragsschwankungen.

Wichtig wäre auch, eine längerfristig ausgerichtete, dem technischen Fortschritt angepasste Reduktion des gesamten Energieverbrauchs in allen Bereichen, aber auch im Bereich der Mobilität. Für einheimische Bioenergie steht ein beschränktes Potenzial zur Verfügung, das es gilt sinnvoll und verantwortungsvoll zu nutzen.

Mit einem Zitat aus der EMPA-Studie² möchte ich abschließen:

Mit biogenen Energieträgern allein lassen sich somit unsere Energieprobleme nicht lösen. Wird die dafür verfügbare Biomasse aber effizient und umweltfreundlich in Energie transformiert, gleichzeitig der Verbrauch gesenkt und die Energieeffizienz erhöht, so können diese alternativen Energieträger im Verbund mit anderen erneuerbaren Energieformen eine nicht zu vernachlässigende Rolle in unserer zukünftigen Energieversorgung spielen.

¹ KOM2006, Seite 7

² EMPA2007, Seite XIV

Kapitel 8

Anhang

Abbildungen

Abbildung 8.1 NPK-Kalkulator

Abbildung 8.2 Rohölpreisentwicklung 1960-2007

Abbildung 8.3 Rohölpreisentwicklung 2006-2008

Tabellen

Tabelle 8.1 Fortschritte bei der Verwendung von Biokraftstoffen in den Mitgliedstaaten 2003-2005

Tabelle 8.2 Nationale Richtwerte für den Biokraftstoffanteil 2006-2010

Tabelle 8.3 Angaben zu ausgewählten Wachstumsfaktoren für Getreide

Tabelle 8.4 Statische Größen der Ertragsstruktur für Getreide

Tabelle 8.5 Technisches Potenzial für Bioenergieträger nach Ländern (1000 ha)

Tabelle 8.6 Flächenfreisetzung für Bioenergieträger von Grünland

Tabelle 8.7 Flächenfreisetzung für Bioenergieträger unter verschiedenen Szenarien

Tabelle 8.8 Potentielle Ackerflächen nach Energiepflanzen im Jahr 2000

Tabelle 8.9 Potentielle Ackerflächen nach Energiepflanzen im Jahr 2010

Tabelle 8.10 Potentielle Ackerflächen nach Energiepflanzen im Jahr 2020

Tabelle 8.11 Bodennutzung nach Bundesländern

Tabelle 8.12 Übersicht mögliche freie Flächenpotenziale aus der Landwirtschaft

Tabelle 8.13 Deckungsbeitrag für Sonnenblume

Tabelle 8.14 Deckungsbeitrag für Zuckerrübe

Tabelle 8.15 Deckungsbeitrag für Futterweizen

Tabelle 8.16 Deckungsbeitrag für Futterroggen

Tabelle 8.17 Deckungsbeitrag für Triticale

Tabelle 8.18 Deckungsbeitrag für Wintergerste

Tabelle 8.19 Deckungsbeitrag für Sommergerste

Tabelle 8.20 Deckungsbeitrag für Hafer

Tabelle 8.21 Deckungsbeitrag für Körnermais

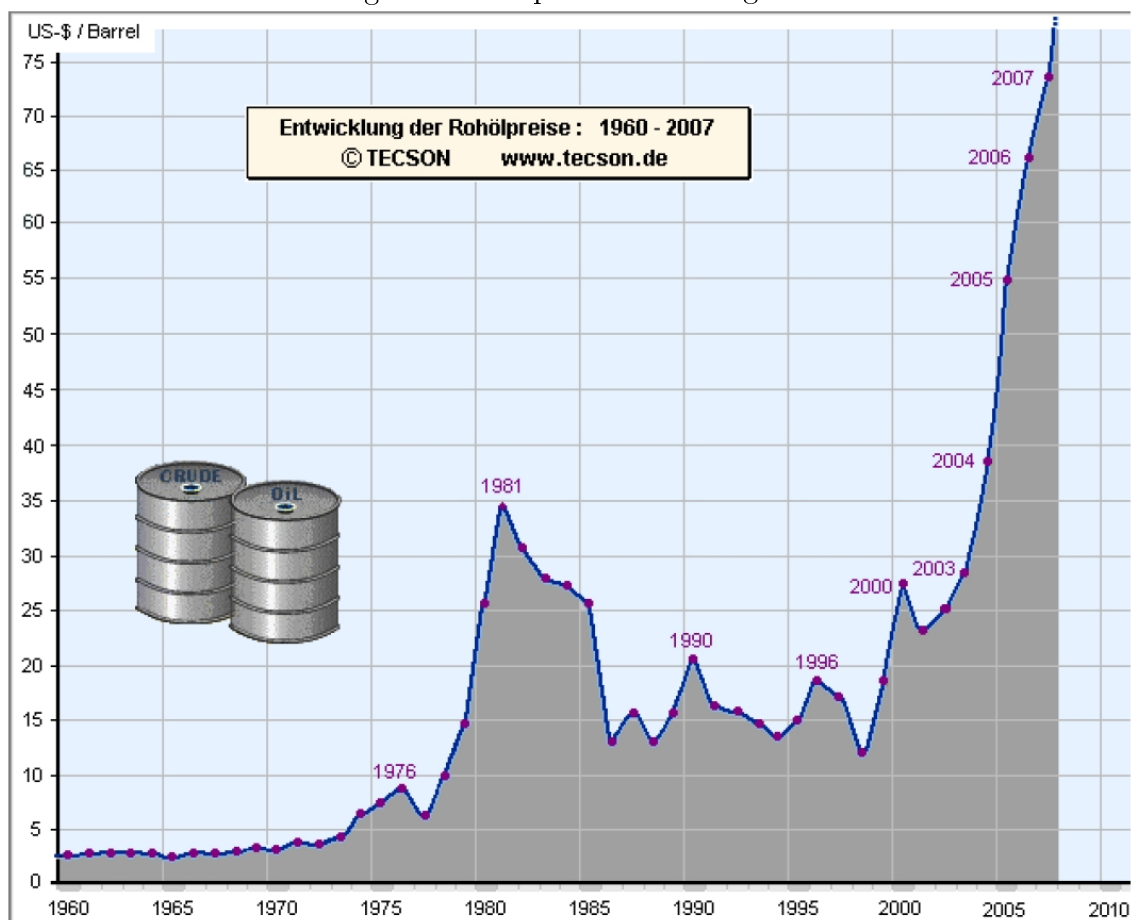
Tabelle 8.22 Deckungsbeitrag für Silomais

Abbildung 8.1 NPK-Kalkulator¹

LINZER WARE NPK-Kalkulator					
Volldünger bieten gegenüber Einzeldüngern viele Vorteile. So werden beispielsweise bei LINZER PLUS 20/8/6+3 MgO+4S mit einem Arbeitsgang fünf Hauptnährstoffe ausgebracht. Sie sparen Zeit und Ausbringkosten; ein Streugang kostet immerhin 12 bis 18 Euro pro Hektar. Ausserdem werden Sie feststellen, dass Volldünger sehr preiswerte Düngemittel sind. Wollen Sie Details sehen? Klicken Sie einfach auf den jeweiligen Volldünger.					
Volldünger	Volldüngerpreise per Tonne	Errechneter Einzeldüngerpreis	Vorteil/Nachteil Pro Tonne Volldünger	Volldünger- menge pro 100 kg N	Kalkzehlende Wirkung pro 100 kg N in kg CaO
LINZER PLUS 20/8/6+3 MgO+4 S	€ 558,00 *	€ 548,92	€ -9,08	500	-117,5
LINZER HIT 16/10/10+3 MgO+5 S	€ 558,00 *	€ 557,45	€ -0,55	625	-127,5
LINZER STAR 16/16/16+3 S	€ 588,00 *	€ 641,57	€ 53,57	667	-154,2
LINZER PRO 14/10/20+4 S	€ 582,00 *	€ 599,51	€ 17,51	714	-166,5
LINZER GOLD 24/14/0+3 S	€ 576,00 *	€ 621,93	€ 45,93	417	-126,5
LINZER TIP 20/20/0+3 S	€ 588,00 *	€ 671,81	€ 83,81	500	-118,8
LINZER MAX 18/25/0+2 S	€ 624,00 *	€ 709,64	€ 85,64	556	-134,4
Zusätzliche Dünger wählen					
* unverbindlich empfohlener Richtpreis inklusive Mehrwertsteuer an den Landwirt für 1 Tonne lose LINZER WARE ab Lager Detailhändler. Sie können diese Preise überschreiben und die Kalkulation neu berechnen.					
Kalkulationsbasis*: NAC (N): € 410,00 TSP (P2O5): € 744,00 Kalichlorid (K 60): € 528,00 Patentkali: € 384,00 Begleitnährstoffe in die Bewertung einbeziehen: ☒ Schwefel ☒ Magnesium ☒ Kalk Neu berechnen					

© 2002 - 2008
AMI Agrolinz Melamine International
A-4021 Linz, St.-Peter-Strasse 25

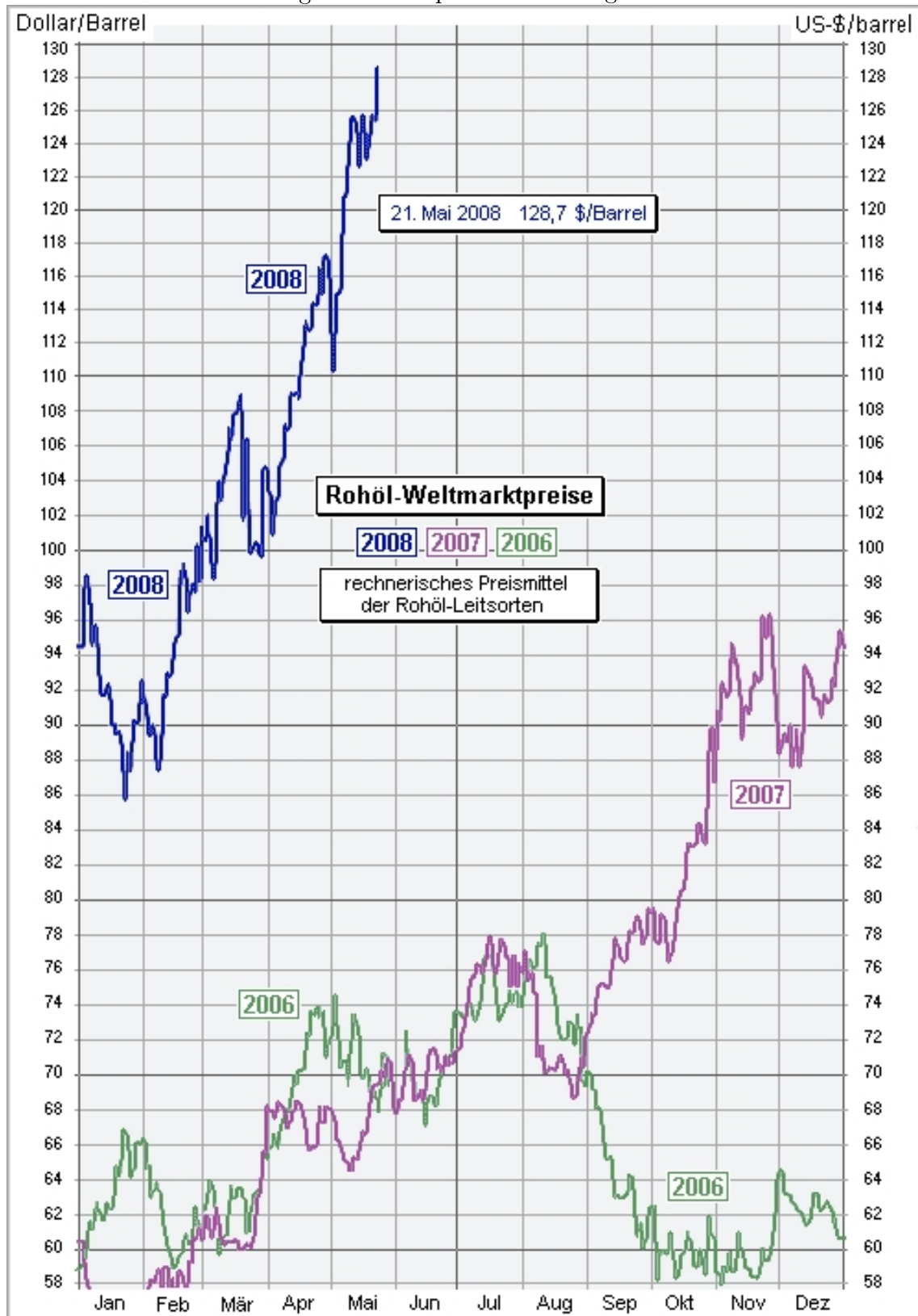
Abbildung 8.2² Rohölpreisentwicklung 1960-2007



¹ <http://npg-kalkulator.agrardata.at/kalkulator/kalkulator.asp>, LINZER WARE

² TECSON, www.tecson.de

Abbildung 8.3¹ Rohölpreisentwicklung 2006-2008



¹ TECSON, www.tecson.de

Tabelle 8.1: Fortschritte bei der Verwendung von Biokraftstoffen
in den Mitgliedstaaten 2003-2005¹

Mitgliedstaat	Biokraftstoffanteil 2003 (in %)	Biokraftstoffanteil 2004 (in %)	Biokraftstoffanteil 2005 (in %)	Nationales Richtziel 2005 (in %)
Österreich	0,06	0,06	0,93	2,50
Belgien	0,00	0,00	0,00	2,00
Zypern	0,00	0,00	0,00	1,00
Tschechische Republik	1,09	1,00	0,05	3,70 ²⁴
Dänemark	0,00	0,00	Keine Angaben	0,10
Estland	0,00	0,00	0,00	2,00
Finnland	0,11	0,11	Keine Angaben	0,10
Frankreich	0,67	0,67	0,97	2,00
Deutschland	1,21	1,72	3,75	2,00
Griechenland	0,00	0,00	Keine Angaben	0,70
Ungarn	0,00	0,00	0,07	0,60
Irland	0,00	0,00	0,05	0,06
Italien	0,50	0,50	0,51	1,00
Lettland	0,22	0,07	0,33	2,00
Litauen	0,00	0,02	0,72	2,00
Luxemburg	0,00	0,02	0,02	0,00
Malta	0,02	0,10	0,52	0,30
Niederlande	0,03	0,01	0,02	2,00 ²⁵
Polen	0,49	0,30	0,48	0,50
Portugal	0,00	0,00	0,00	2,00
Slowakei	0,14	0,15	Keine Angaben	2,00
Slowenien	0,00	0,06	0,35	0,65
Spanien	0,35	0,38	0,44	2,00
Schweden	1,32	2,28	2,23	3,00
Vereinigtes Königreich	0,026 ²⁶	0,04	0,18	0,19 ²⁷
EU-25	0,5 %	0,7 %	1,0% (Schätzung)	1,4 %

Quelle: Nationale Berichte gemäß Biokraftstoffrichtlinie

¹ KOM(2006), Anhang 1, Seite 17

Tabelle 8.2: Nationale Richtwerte für den Biokraftstoffanteil 2006-2010¹

%	2006	2007	2008	2009	2010
Österreich	2,50	4,30	5,75	5,75	5,75
Belgien	2,75	3,50	4,25	5,00	5,75
Zypern					
Tschechische Republik	1,78	1,63	2,45	2,71	3,27
Dänemark	0,10				
Estland	2,00				5,75
Finnland					
Frankreich			5,75		7,00
Deutschland	2,00				5,75
Griechenland	2,50	3,00	4,00	5,00	5,75
Ungarn					5,75
Irland	1,14	1,75	2,24		
Italien	2,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Lettland	2,75	3,50	4,25	5,00	5,75
Litauen					5,75
Luxemburg	2,75				5,75
Malta					
Niederlande	2,00	2,00			5,75
Polen	1,50	2,30	²⁸	²⁹	5,75
Portugal	2,00	3,00	5,75	5,75	5,75
Slowakei	2,50	3,20	4,00	4,90	5,75
Slowenien	1,20	2,00	3,00	4,00	5,00
Spanien					
Schweden					5,75
Vereinigtes Königreich			2,00 ³⁰	2,80 ³¹	3,50 ³²
EU					5,45³³

Quelle: Nationale Berichte gemäß Biokraftstoffrichtlinie – mit Ausnahme Frankreichs: Antwort im Rahmen der öffentlichen Konsultation zur Überprüfung der Biokraftstoffrichtlinie

¹ KOM(2006), Anhang 2, Seite 18

Tabelle 8.3: Angaben zu ausgewählten Wachstumsfaktoren für Getreide¹

Getreideart	Keimtemperatur, °C	Frosthärte bis °C (Winterform ohne Schneedecke)	Wachstumsbeginn bei °C (definiert als Nettogewinn an Substanz)
Weizen	2 - 4	-20	} Sommerform: 4 - 6 Winterform: 6 - 8
Roggen	1 - 2	-25	
Triticale	2 - 3	-20	
Gerste	2 - 4	-12 (-15)	
Hafer	3 - 5		
Mais	8 - 10		12 - 15

Tabelle 8.4: Statische Größen der Ertragsstruktur für Getreide²

Getreideart	Ähren je m ²		Körner je Ähre	Tausendkorn- masse (g)
	D 1-3	D 4-6		
Winterweizen	400 - 500	450 - 600	24 - 36	44 - 60
Wintergerste mz	400 - 550	450 - 600	30 - 40	36 - 55
Wintergerste zz	650 - 800	700 - 850	18 - 22	45 - 60
Sommergerste	500 - 650	650 - 800	14 - 18	42 - 50
Winterroggen	350 - 450	450 - 550	34 - 44	30 - 45
Triticale	400 - 500	400 - 500	32 - 40	40 - 60
Hafer	400 - 500	450 - 550	25 - 32	28 - 38

¹ Anbautelegramm Getreide, www.agrarnet-mv.de

² Anbautelegramm Getreide, www.agrarnet-mv.de

Tabelle 8.5 Technisches Potenzial für Bioenergieträger nach Ländern (1000 ha)¹

Land	Bevölkerung			Pro-Kopf-Verbrauch			Landwirtschaftlich genutzte Fläche			Änderungsrate der Erträge in % (gewogenes Mittel)		Flächenpotenzial in ha und %					
	2000 (Tsd)	Änderung in % bis		2000 (GE)	Änderung in % bis		2000 ²⁾ (Tsd ha)	Änderung in % bis		2000 - 2010	2010 - 2020	2000	%	2010	%	2020	%
		2010	2020		2010	2020		2010	2020								
Deutschland	82.188	1,07	-0,29	1.104,5	2,11	0,00	17.023	0,509	0,509	-15,16	-15,16	2.409.302	14,15	4.543.325	26,69	7.300.886	42,89
Großbritannien	59.623	3,56	3,49	998,2	7,00	0,00	16.954	5,708	5,708	-10,00	-15,00	-1.841.626	-10,86	-2.703.560	-15,95	-1.568.179	-9,25
Frankreich	58.749	3,17	1,10	1.328,9	3,29	0,00	29.631	2,465	2,465	-11,08	-15,00	6.722.083	22,69	7.629.654	25,75	11.214.504	37,85
Italien	57.680	1,53	-0,75	1.180,9	4,36	0,00	15.527	2,698	2,698	-10,00	-15,00	-2.652.431	-17,08	-2.280.070	-14,98	-132.652	-0,85
Spanien	39.733	0,17	-1,18	1.223,4	5,48	0,00	29.914	1,132	1,132	-30,00	-30,00	652.192	2,18	8.145.458	27,23	17.363.878	58,05
Niederlande	15.864	6,30	3,72	1.087,8	-1,43	0,00	1.945	2,137	2,137	-10,00	-15,00	-308.240	-15,85	-198.557	-10,21	70.630	3,63
Belgien/Lux	10.675	2,75	2,22	1.203,1	1,43	0,00	1.518	-3,146	-3,146	-19,43	-19,43	-620.472	-40,87	-307.198	-20,24	54.895	3,62
Griechenland	10.554	1,50	-0,65	1.149,0	7,09	0,00	8.492	9,113	9,113	-10,00	-15,00	-26.126	-0,31	-604.295	-7,12	-37.576	-0,44
Portugal	10.198	1,09	2,10	1.018,3	8,04	0,00	4.142	-5,436	-5,436	-30,00	-30,00	-1.312.674	-31,69	-112.259	-2,71	1.335.635	32,25
Schweden	8.861	3,63	3,51	1.120,3	5,71	0,00	3.143	7,516	7,516	-14,00	-15,00	399.115	12,38	346.555	11,03	508.645	16,18
Österreich	8.103	1,47	1,17	1.175,9	4,76	0,00	3.392	3,129	3,129	-10,00	-15,00	347.843	10,25	409.372	12,07	817.048	24,09
Dänemark	5.330	3,28	2,49	1.195,2	6,05	0,00	2.663	3,851	3,851	-10,00	-15,00	737.888	27,71	726.583	27,28	1.063.183	39,92
Finnland	5.171	1,80	1,10	1.057,5	3,38	0,00	2.220	9,467	9,467	-10,00	-15,00	398.344	17,50	306.668	13,82	429.084	19,33
Irland	3.777	8,63	4,36	1.087,8	2,00	0,00	4.410	0,027	0,027	-14,92	-15,00	1.492.239	33,84	1.747.281	39,62	2.253.293	51,10
EU 15 ¹⁾	376.482	1,83	0,65	1.154,8	5,37	0,00	140.974	2,643	2,643	-16,03	-18,69	10.737.522	7,62	21.943.932	15,57	45.027.911	31,94
Zypern	786	12,09	10,33	1.098,6	9,28	5,00	127	26,403	26,403	25,40	25,40	-329.446	-259,41	-411.437	-323,97	-481.882	-379,43
Tschechien	10.267	-1,06	-2,22	1.006,1	3,20	5,51	4.277	0,095	0,095	-10,00	-15,00	528.230	12,35	890.254	20,82	1.446.831	33,83
Estland	1.367	-4,24	-2,83	930,4	5,43	5,00	858	10,000	10,000	-30,00	-30,00	-1.094	-0,13	164.797	19,21	326.307	38,03
Ungarn	10.266	-2,97	-3,34	895,6	7,27	5,31	5.862	6,275	6,275	-30,00	-30,00	1.187.649	20,26	2.406.215	41,05	3.751.584	64,00
Lettland	2.373	-5,27	-5,29	786,3	5,68	5,66	2.480	2,658	2,658	-26,62	-26,62	152.965	6,17	745.455	30,06	1.337.538	53,94
Litauen	3.500	-4,06	-4,29	889,2	8,12	5,00	3.488	0,891	0,891	-30,00	-30,00	703.491	20,17	1.614.814	46,30	2.621.052	75,15
Malta	392	4,85	3,65	1.051,0	5,57	3,70	10	41,596	41,596	-10,00	-15,00	-46.590	-481,97	-50.028	-517,53	-52.200	-540,00
Polen	38.649	-0,75	-1,69	984,4	6,60	5,43	18.383	2,221	2,221	-12,97	-15,00	1.898.375	10,33	3.050.733	16,60	5.054.230	27,49
Slowakei	5.400	0,00	-0,93	862,0	0,00	5,59	2.441	0,295	0,295	-10,00	-15,00	132.973	5,45	380.209	15,57	659.883	27,03
Slovenien	1.967	-0,41	-2,14	1.063,0	6,50	3,86	511	12,436	12,436	-13,69	-15,00	-14.623	-2,86	-32.570	-6,37	-21.122	-4,13
Summe (10)	74.967			1.063,0			38.436					4.211.930		8.756.442		14.842.222	
Bulgarien	7.997	-6,89	-7,88	798,8	6,86	7,01	5.468	1,457	1,457	-10,00	-15,00	817.886	14,86	1.304.019	23,85	2.120.113	38,77
Rumänien	22.117	-3,75	-4,19	811,7	6,87	7,00	14.849	-0,286	-0,286	-10,00	-15,00	285.104	1,92	1.434.611	9,66	3.424.658	23,06
Türkei	68.234	14,43	11,13	721,9	0,00	7,00	40.543	-1,271	-1,271	-14,51	-15,00	-742.840	-1,83	570.522	1,41	823.172	2,03
Beitrittsanwärter	98.348						60.860					360.150		3.309.152		6.397.943	
EU 25	451.449	1,32	0,22	1.132,8	5,20	0,90	179.410	2,604	2,604	-16,39	-18,89	14.445.153	8,05	30.006.163	16,73	59.249.232	33,02
EU 28	549.797						240.269.667					15.309.601		34.011.526		66.038.076	

1) Stimmt nicht mit Saldo aus Ländern in allen Spalten überein wegen unterschiedlicher Datenquellen und Datenerneuerung; 2) Durchschnitt aus drei Jahren

¹ Thrän 2005, Tabelle 22, Seite 92

Tabelle 8.6 Flächenfreisetzung für Bioenergieträger von Grünland ¹

Land	Flächenfreisetzung und Grünlandanteil für Bioenergieträger					
	Basis		2.010		2.020	
	insgesamt ha	davon Grünland ha	insgesamt ha	davon Grünland ha	insgesamt ha	davon Grünland ha
Deutschland	2.409.302	353.178	4.543.325	998.927	7.300.886	1.745.618
Großbritannien	-1.841.626	-1.564.700	-2.703.560	-1.704.503	-1.568.179	-1.176.368
Frankreich	6.722.083	332.236	7.629.654	704.716	11.214.504	1.850.498
Italien	-2.652.431	-1.136.467	-2.280.070	-1.031.078	-132.652	-465.587
Spanien	652.192	18.032	8.145.458	1.764.751	17.363.878	3.879.522
Niederlande	-308.240	311.124	-198.557	343.867	70.630	424.691
Belgien/Lux	-620.472	-8.330	-307.198	110.958	54.895	231.060
Griechenland	-26.126	-777.158	-604.295	-782.900	-37.576	-674.569
Portugal	-1.312.674	-311.703	-112.259	116.567	1.335.635	587.219
Schweden	389.115	-23.192	346.555	-22.019	508.645	-4.483
Österreich	347.843	168.773	409.372	268.641	817.048	484.123
Dänemark	740.947	76.685	729.641	69.080	1.066.242	85.010
Finnland	388.344	6.290	306.668	6.401	429.084	7.539
Irland	1.492.239	1.543.352	1.747.281	1.666.733	2.253.293	2.022.054
EU 15²⁾	10.737.522	867.728	21.943.932	4.227.585	45.027.911	11.176.923
Zypern	-329.446	-129	-411.437	-742	-481.882	-1.333
Tschechien	528.230	106.145	890.254	184.553	1.446.831	281.858
Estland	-1.094	12.104	164.797	43.697	326.307	67.034
Ungarn	1.187.649	68.709	2.406.215	313.636	3.751.584	539.677
Lettland	289.691	15.897	882.180	193.791	1.474.264	332.127
Litauen	703.491	281.743	1.614.814	550.245	2.621.052	826.796
Malta	-46.590	0	-50.028	0	-52.200	0
Polen	1.898.375	160.678	3.050.733	579.147	5.054.230	878.267
Slowakei	132.973	59.914	380.209	138.328	659.883	212.196
Slovenien	-14.623	43.287	-32.570	34.067	-21.122	40.897
EU 25²⁾	14.445.153	747.682	30.009.163	5.009.717	59.249.232	13.159.127
Bulgarien	817.886	-14.418	1.304.019	224.099	2.120.113	476.137
Rumänien	285.104	-26.626	1.434.611	615.795	3.424.658	1.272.361
Türkei	-742.840	-89.048	570.522	-488.892	823.172	-173.535

1) Positives Vorzeichen bedeutet Flächenfreisetzung für Bioenergieträger, negatives Vorzeichen bedeutet zusätzlichen Flächenbedarf für Nahrungsmittelproduktion

2) stimmt nicht mit Saldo aus Ländern in allen Spalten überein wegen unterschiedlicher Datenquellen und Datenungenauigkeit

¹ Thrän 2005, Tabelle 23, Seite 98

Tabelle 8.7 Flächenfreisetzung für Bioenergieträger unter verschiedenen Szenarien¹

Szenario Land	Flächenfreisetzung und Grünlandanteil für Bioenergieträger					
	Basis		2010		2020	
	insgesamt ha	davon Grünland ha	insgesamt ha	davon Grünland ha	insgesamt ha	davon Grünland ha
Standardvariante						
Deutschland	2.409.302	353.178	4.543.325	998.927	7.300.886	1.745.618
EU 15	10.737.522	867.728	21.943.932	4.227.585	45.027.911	11.176.923
EU 25	14.445.153	747.682	30.009.163	5.009.717	59.249.232	13.159.127
Potenzialsteigernd						
I 1: Getreide, Raps, Sonnenblumen und Rüben müssen nicht bis zum Selbstversorgungsgrad ausgedehnt werden						
Deutschland	2.720.167	353.178	4.854.190	998.927	7.611.751	1.745.618
EU 15	11.729.724	867.728	22.936.134	4.227.585	46.020.113	11.176.923
EU 25	15.119.556	747.682	30.683.567	5.009.717	59.923.636	13.159.127
I 2: wie 1; Milch und Rindfleisch müssen nicht bis zum Selbstversorgungsgrad ausgedehnt werden						
Deutschland	2.720.167	353.178	4.854.190	998.927	7.611.751	1.745.618
EU 15	11.729.724	867.728	22.936.134	4.227.585	46.020.113	11.176.923
EU 25	15.558.738	747.682	31.122.749	5.009.717	60.362.818	13.159.127
I 3: wie 2, Nahrungsmittelmehr/minderproduktion betrifft nur den Anteil der Selbstversorgung an der Produktion						
Deutschland	2.720.167	353.178	4.810.931	998.927	7.572.491	1.745.618
EU 15	11.729.724	867.728	24.219.126	4.227.585	47.422.596	11.176.923
EU 25 ²⁾						
Potenzialmindernd						
II 1: Brachflächenfreisetzungspotenzial um 30 % reduziert						
Deutschland	2.150.805	353.178	4.284.828	998.927	7.042.389	1.745.618
EU 15	8.305.273	867.728	19.511.682	4.227.585	42.595.662	11.176.923
EU 25	11.271.064	747.682	26.835.074	5.009.717	56.075.143	13.159.127
II 2: wie 1; Ertragsteigerung betrifft nur die AF						
Deutschland	2.150.805	353.178	3.493.643	241.157	5.460.020	230.080
EU 15	8.305.273	867.728	8.780.235	-2.963.663	19.348.062	-4.401.522
EU 25	11.271.064	747.682	14.284.488	-3.728.798	29.064.877	-5.647.135
II 3: wie 2; 2010 5%, 2020 10% Umwidmung von AF zu Naturschutzflächen						
Deutschland	2.150.805	353.178	2.814.065	241.157	3.421.284	230.080
EU 15	8.305.273	867.728	4.486.880	-2.963.663	6.270.761	-4.401.522
EU 25	11.271.064	747.682	8.299.432	-3.728.798	10.853.282	-5.647.135
Kombination						
III: Nahrungsmittelmehr/minderproduktion betrifft nur den Anteil der Selbstversorgung an der Produktion³⁾; Brachflächenfreisetzungspotenzial um 30 % reduziert; Ertragssteigerung bei Grünland 50%; 2010 2,5%, 2020 5% Umwidmung von AF zu Naturschutzflächen						
Deutschland	2.150.805	353.178	3.489.480	620.042	5.159.161	987.849
EU 15	8.305.273	867.728	11.512.174	631.961	22.001.116	3.387.700
EU 25	11.271.064	747.682	15.661.217	640.459	29.362.210	3.755.996

1) Positives Vorzeichen bedeutet Flächenfreisetzung für Bioenergieträger, negatives Vorzeichen bedeutet zusätzlichen Flächenbedarf für Nahrungsmittelproduktion

2) Berechnung wegen fehlender Daten der neuen Mitgliedsländer nicht möglich

3) nicht bei den neuen Mitgliedsländern und EU-25

¹ Thrän 2005, Tabelle 24, Seite 100

Tabelle 8.8 Potentielle Ackerflächen nach Energiepflanzen im Jahr 2000¹

		"Feuchte" Biomasse				"Trockene Biomasse"						
		Silomais 1000 ha	Luzerne 1000 ha	Zuckerrüben 1000 ha	Sonnenblumen 1000 ha	Raps 1000 ha	Weizen 1000 ha	Triticale 1000 ha	Roggen 1000 ha	Gerste 1000 ha	Körnermais 1000 ha	
1	Belgien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Dänemark	18	1	11	0	18	113	7	12	136	0	
3	Deutschland	116	3	47	3	111	307	51	85	218	39	
4	Finnland	0	0	7	0	12	33	0	7	123	0	
5	Frankreich	330	74	96	171	278	1.229	58	8	374	421	
6	Griechenland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Großbritannien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	Irland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Italien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	Luxemburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Niederlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	Österreich	6	1	4	2	5	26	3	5	20	14	
13	Portugal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Schweden	1	1	10	0	7	74	8	6	79	0	
15	Spanien	3	10	5	33	2	97	1	4	127	18	
	EU-15	474	89	180	208	432	1.879	127	125	1.077	491	
16	Estland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	Lettland	0	0	4	0	2	54	3	17	49	0	
18	Litauen	3	1	5	0	11	72	10	24	75	1	
19	Malta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	Polen	21	16	35	0	46	278	80	216	115	19	
21	Slowakei	3	2	1	2	3	12	0	1	7	4	
22	Slowenien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	Tschechische Republik	19	8	5	3	28	83	3	4	44	4	
24	Ungarn	19	24	9	46	18	157	17	8	55	180	
25	Zypern	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EU 25	538	139	240	259	540	2.534	240	396	1.422	699	
26	Bulgarien	8	13	1	82	0	173	1	3	43	67	
27	Rumänien	1	7	1	17	1	39	0	0	10	59	
28	Türkei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EU 28	547	159	242	358	541	2.745	242	399	1.474	825	

¹ Zeddies 2006, Tabelle A-10, Seite 39

Tabelle 8.9 Potentielle Ackerflächen nach Energiepflanzen im Jahr 2010¹

		"Feuchte" Biomasse				"Trockene" Biomasse					
		Silomais 1000 ha	Luzerne 1000 ha	Zuckerrüben 1000 ha	Sonnenblumen 1000 ha	Raps 1000 ha	Weizen 1000 ha	Triticale 1000 ha	Roggen 1000 ha	Gerste 1000 ha	Körnmais 1000 ha
1	Belgien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Dänemark	27	1	12	0	46	188	11	38	170	0
3	Deutschland	316	7	97	22	335	896	138	316	399	122
4	Finnland	0	0	8	0	29	44	0	13	130	0
5	Frankreich	636	142	121	237	381	1.879	111	15	979	1.202
6	Griechenland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Großbritannien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Irland	4	0	3	0	1	14	0	0	39	0
9	Italien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Luxemburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Niederlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Österreich	8	1	4	5	3	28	3	8	25	22
13	Portugal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Schweden	1	2	11	0	19	113	11	35	67	0
15	Spanien	54	161	62	342	2	886	21	55	2.755	433
	EU-15	1.046	314	318	605	816	4.047	296	480	4.565	1.779
16	Estland	0	3	0	0	9	22	1	8	47	0
17	Lettland	2	0	17	0	9	212	12	69	194	0
18	Litauen	11	3	21	0	43	284	38	96	297	2
19	Malta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Polen	46	36	79	0	103	622	178	483	258	42
21	Slowakei	16	10	5	11	14	63	2	5	34	21
22	Slowenien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Tschechische Republik	49	20	14	7	73	218	8	11	117	11
24	Ungarn	55	71	26	136	53	460	51	22	161	528
25	Zypern	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	EU 25	1.224	457	480	759	1.120	5.928	587	1.175	5.672	2.384
26	Bulgarien	16	27	1	170	0	359	2	6	89	138
27	Rumänien	4	31	4	78	6	174	0	1	44	268
28	Türkei	0	0	12	16	0	273	0	4	106	16
	EU 28	1.245	515	498	1.023	1.126	6.735	589	1.186	5.911	2.806

¹ Zeddies 2006, Tabelle A-10, Seite 40

Tabelle 8.10 Potentielle Ackerflächen nach Energiepflanzen im Jahr 2020¹

		"Feuchte" Biomasse				"Trockene" Biomasse						
		Silomais 1000 ha	Luzerne 1000 ha	Zuckerrüben 1000 ha	Sonnenblumen 1000 ha	Raps 1000 ha	Weizen 1000 ha	Triticale 1000 ha	Roggen 1000 ha	Gerste 1000 ha	Körnermais 1000 ha	
1	Belgien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Dänemark	51	2	21	0	88	356	21	73	312	0	
3	Deutschland	626	14	168	36	611	1.842	274	647	760	253	
4	Finnland	0	0	12	0	52	80	0	23	230	0	
5	Frankreich	983	220	164	347	634	2.926	172	24	1.460	1.889	
6	Griechenland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Großbritannien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	Irland	13	0	9	0	2	52	0	0	142	0	
9	Italien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	Luxemburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Niederlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	Österreich	24	3	10	13	8	86	9	25	70	66	
13	Portugal	136	0	5	19	0	116	28	100	19	283	
14	Schweden	2	3	16	0	35	212	20	64	126	1	
15	Spanien	144	428	147	856	5	2.383	56	146	7.384	1.151	
	EU-15	2.388	982	721	820	1.983	9.113	598	1.170	7.413	4.596	
16	Estland	0	9	0	0	24	58	4	22	127	0	
17	Lettland	3	0	36	0	19	443	25	144	405	0	
18	Litauen	22	7	45	0	90	603	81	205	631	5	
19	Malta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	Polen	99	76	167	0	220	1.325	379	1.028	549	89	
21	Slowakei	36	23	12	25	33	147	4	13	79	50	
22	Slowenien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	Tschechische Republik	102	41	29	14	151	453	17	23	243	24	
24	Ungarn	107	138	51	263	102	890	98	43	311	1.022	
25	Zypern	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	EU 25	2.875	1.312	1.084	1.097	2.715	12.996	1.251	2.753	9.473	5.714	
26	Bulgarien	30	51	2	325	0	689	4	11	170	265	
27	Rumänien	14	103	14	259	20	578	1	4	145	888	
28	Türkei	0	0	22	29	0	496	0	7	193	28	
	EU 28	2.350	1.276	1.109	1.902	2.206	16.936	1.006	2.291	9.891	6.652	

¹ Zeddies 2006, Tabelle A-10, Seite 41

Tabelle 8.11 Bodennutzung nach Bundesländern¹

	Ackerland	Dauer- grünland	Davon Wirtschafts- grünland	Sonstige landw. Nutzflächen	Landw. Nutzflächen gesamt	Forstwirt- schaftlich genutzte Flächen
Bgld	151.104	19.885	9.480	15.176	186.165	81.086
Knt	64.453	243.642	88.858	1.199	309.294	438.678
NÖ	697.422	211.461	185.090	33.948	942.831	635.174
OÖ	289.684	267.523	235.339	4.275	561.482	409.172
Szbg	6.755	264.734	87.256	382	271.871	263.389
Stmk	146.316	319.999	179.756	15.742	482.057	866.521
Tirol	11.381	380.505	90.978	316	392.202	430.134
Voarlb	2.899	100.296	31.799	179	103.374	65.341
Wien	5.808	2.342	851	1.282	9.432	12.961
Österreich	1.375.822	1.810.387	909.407	72.499	3.258.708	3.202.456

Tabelle 8.12 Übersicht mögliche freie Flächenpotenziale aus der Landwirtschaft²

	Referenzszenario	Umweltszenario	Biomassesszenario
Nutzung von Stillegeflächen			
2010	30.000ha bis 40.000ha	16.000ha bis 26.000ha	40.000ha bis 50.000ha
2020	bis 50.000ha	bis 22.000 ha	bis 60.000ha
Export Überschuss & Verdrängung von Kulturen			
2010	60.000ha bis 90.000ha	40.000ha bis 70.000ha	90.000ha bis 120.000ha
2020	bis 100.000ha	bis 75.000ha	bis 140.000ha
Nutzung von Grünlandflächen			
2010	5.000ha bis 10.000ha	4.000ha bis 7.000ha	6.000ha bis 12.000ha
2020	bis 40.000ha	bis 30.000ha	bis 50.000ha
Verdrängung anderer Kulturen			
2010	0ha	minus 10.000ha	0ha
2020	0ha	minus 15.000ha	0ha
Sinkender Futtermittelbedarf			
2010	10.000ha bis 15.000ha	10.000ha bis 15.000ha	10.000ha bis 15.000ha
2020	25.000ha	bis 25.000ha	bis 25.000ha
Züchterischer Fortschritt			
2010	5.000ha bis 10.000ha	5.000ha bis 10.000ha	6.000ha bis 11.000ha
2020	bis 15.000ha	bis 15.000ha	bis 17.000ha
Verwendung ungenutzter Potenziale (Stroh, Nebenprodukte aus der LW, keine Abfälle aus der Produktion)			
2010	0ha	0ha	25.000ha
2020	50.000ha	25.000ha	100.000ha
Verstärkte Produktionsorientierung			
2010	15.000ha bis 20.000ha	10.000ha bis 15.000ha	25.000ha bis 30.000ha
2020	30.000ha	bis 18.000ha	43.000ha
Nutzung von Zwischenfrüchten			
2010	10.000ha bis 15.000ha	5.000ha bis 8.000ha	13.000ha bis 19.000ha
2020	bis 20.000ha	10.000ha	bis 30.000ha
Potenzial gesamt			
2010	135.000ha bis 200.000ha	80.000ha bis 141.000ha	215.000ha bis 282.000ha
2020	bis 330.000ha	bis 205.000ha	bis 465.000ha
Flächenversiegelung			
2010 (1% weniger Fläche)	133.650ha bis 198.000ha	79.200ha bis 139.590ha	212.850ha bis 279.180ha
2020 (2% weniger Fläche)	bis 323.400ha	bis 200.900 ha	bis 455.700ha

¹ Brainbows 2007, Tabelle 6, Seite 23² Brainbows 2007, Tabelle 10, Seite 40

Tabelle 8.13 Deckungsbeitrag für Sonnenblume¹

Sonnenblume											
Angaben in Euro je ha Preis: 20,00 €/dt; Saatgut: 1,3 Einheiten Originalsaatgut (117 €/kg) - Hybridsaatgut											
Ertrag dt/ha	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	
Leistung	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	
Saatgut	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	
Handelsdünger 1)	92	99	106	113	120	127	134	141	148	155	
Pflanzenschutz 2)	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Variable Maschinenkosten*	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178	
Lohndrusch	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	
Trocknung 3)	12	14	16	18	20	21	23	25	27	28	
Variable Kosten	645	654	662	671	680	689	698	706	715	724	
Deckungsbeitrag	-295	-254	-212	-171	-130	-89	-48	-6	35	76	
DB bei eigenem Mähdrescher	-238	-197	-155	-114	-73	-32	9	51	92	133	
DB bei € 21,00	-277	-234	-190	-146	-102	-59	-15	29	72	116	
DB bei € 23,00	-242	-194	-145	-96	-47	1	50	99	147	196	
DB bei € 25,00	-207	-154	-100	-46	8	61	115	169	222	276	
DB bei € 30,00	-120	-54	13	79	145	211	277	344	410	476	
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I											
1) Düngerkosten wurden ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen. Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände wurde berücksichtigt.											
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!											
N	0,90 €/kg	23	27	30	33	37	40	43	47	50	53
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	32	36	40	45	50	54	58	63	68	72
K ₂ O	0,43 €/kg	29	34	38	42	46	50	55	59	63	67
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha). Anwendungsbeispiele:											
Herb. Racer		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
3) Durchschnittliche Trocknungskosten € 0,71 €/dt. Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung (inkl. Rüstzeiten, Kontroll- u. Betriebsführungsarbeiten): 13-17 Akh bei Lohndrusch 17-20 Akh bei eigenem Mähdrescher											
Quelle: RITTLER, LK NÖ Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft										BMLFUW 2007	

¹ DB2008, Seite 108

Tabelle 8.14 Deckungsbeitrag für Zuckerrübe¹

Zuckerrübe - Trockengebiet (Industrie)												
Angaben in Euro je ha												
Preis: 2,64 €/dt; Saatgut: 1,1 Einheiten Originalsaatgut (171 €/kg); Trockenschnitte 5,4% der Rübenmenge												
Preis gilt für Industrierübe mit einer durchschnittlichen Polarisation von 18,00%												
Ertrag dt/ha	425,0	450,0	475,0	500,0	525,0	550,0	575,0	600,0	625,0	650,0	700,0	750,0
Zuckerrübe	1.123	1.189	1.255	1.322	1.388	1.454	1.520	1.586	1.652	1.718	1.850	1.982
Trockenschnitte 1)	71	76	80	84	88	92	97	101	105	109	118	126
Leistung	1.195	1.265	1.335	1.405	1.476	1.546	1.616	1.687	1.757	1.827	1.968	2.108
Saatgut	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188
Handelsdünger 2)	233	244	254	265	275	286	296	307	317	328	349	370
Pflanzenschutz 3)	259	259	259	293	293	293	293	293	293	293	293	293
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Variable Maschinenkosten*	238	244	251	257	263	269	276	282	288	295	307	320
Lohnerte	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Systemkostenbeitrag	67	70	74	77	80	83	87	90	93	96	103	109
Sonstiges	8	8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	13
Variable Kosten	1.361	1.382	1.402	1.457	1.477	1.497	1.518	1.538	1.558	1.579	1.620	1.660
Deckungsbeitrag	-167	-117	-67	-51	-1	49	99	149	198	248	348	448
DB bei eigener Vollernte	31	81	131	147	197	247	297	347	396	446	546	646
DB bei € 2,44 (17% Pol)	-253	-208	-163	-153	-108	-63	-18	27	72	116	206	296
DB bei € 2,80 (19% Pol)	-100	-46	8	27	81	135	189	243	297	350	458	566
DB bei € 2,92 (20% Pol)	-49	8	65	87	144	201	258	315	372	428	542	656
DB bei € 2,24 (bei Mehrrübe)	-338	-298	-258	-253	-213	-173	-133	-93	-53	-14	66	146
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I												
1) Erlös für Trockenschnitte												
2) Düngerkosten wurden ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen.												
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!												
N	0,90 €/kg	110	117	123	130	136	143	149	156	162	168	181
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	42	45	48	50	52	55	58	60	62	65	70
K ₂ O	0,43 €/kg	136	144	152	160	168	176	184	192	200	208	224
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Bor	53,45 €/kg	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
3) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha).												
Anwendungsbeispiele:												
Herb. Betanal exper	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
Herb. Goltix 700 SC	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Herb. Ethosat	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Herb. Paraffinöl	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Insz. Pirimor	-	-	-	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Fung. Spyrale.	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
4) Systemkostenbeitrag: Abzug für Verluste im Rübenlager												
Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung und 500 dt Ertrag: 60 Akh bei eigenem Vollernter, 50 Akh bei Lohnvollernter												
Quelle: RITTLER, LK NO										BMLFUW		
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft										2007		

¹ DB2008, Seite 118

Tabelle 8.15 Deckungsbeitrag für Futterweizen¹

Futterweizen												
Angaben in Euro je ha Preis: 11,50 €/dt; Saatgut: 82 kg Originalsaatgut (0,46 €/kg) und 82 kg Nachbauseaatgut (0,29 €/kg)												
Ertrag dt/ha	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	67,5	70,0	72,5	75,0	77,5	80,0	
Leistung	460	518	575	632	690	748	776	805	834	862	891	
Saatgut	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	
Handelsdünger 1)	159	172	185	198	211	217	224	230	236	243	249	
Pflanzenschutz 2)	27	80	95	116	118	118	120	133	150	165	180	
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Variable Maschinenkosten*	170	170	171	171	172	172	173	173	173	173	173	
Lohndrusch	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Trocknung 3)	13	14	16	17	19	19	20	21	21	22	23	
Variable Kosten	549	617	646	682	698	706	715	736	760	782	805	
Deckungsbeitrag	-89	-99	-71	-49	-8	41	61	69	74	80	86	
DB bei eigenem Mähdrescher	-32	-42	-14	8	49	98	118	126	131	137	143	
DB bei € 10,00	-149	-167	-146	-132	-98	-56	-40	-36	-35	-32	-30	
DB bei € 13,00	-29	-32	4	33	82	139	162	174	182	193	203	
DB bei € 14,50	31	36	79	116	172	236	263	279	291	305	319	
DB bei € 16,50	111	126	179	226	292	366	398	419	436	455	474	
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I												
1) Düngerkosten wurden ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen. Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände wurde berücksichtigt.												
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!												
N	0,90 €/kg	95	105	116	126	137	142	148	153	158	163	169
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	36	40	44	48	52	54	56	58	60	62	64
K ₂ O	0,43 €/kg	30	34	37	40	44	45	47	49	50	52	54
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha). Anwendungsbeispiele:												
Herb. Duplosan KV n	2,50	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herb. Alon fl	-	-	2,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Herb. Platform S	-	0,80	0,80	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-
Herb. Dicopur M	-	-	-	0,25	0,31	0,34	0,38	0,41	0,44	0,47	0,50	
Herb. Husar Power	-	-	-	-	0,90	0,90	0,90	1,20	1,20	1,20	1,20	
Stabilan 400	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	1,25	1,38	1,50	
Fung. Input	-	0,50	1,00	-	-	-	-	-	0,50	0,75	1,00	
Fung. Champion	-	-	-	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,75	0,75	0,75	
Fung. Diamant	-	-	-	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,75	0,75	0,75	
3) 25% der Ernte von 17% auf 14% Wassergehalt getrocknet; Trocknungskosten € 1,10/dt												
Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung (inkl. Rüstzeiten, Kontroll- u. Betriebsführungsarbeiten): 13-17 Akh bei Lohndrusch 17-20 Akh bei eigenem Mähdrescher												
Quelle: JUNGREITHMAYR, LK 00										BMLFUW		
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft										2007		

¹ DB2008, Seite 88

Tabelle 8.16 Deckungsbeitrag für Futterroggen¹

Futterroggen - Feuchtgebiet											
Angaben in Euro je ha Preis: 11,50 €/dt; Saatgut: 70 kg Originalsaatgut (0,46 €/kg) und 70 kg Nachbausaatgut (0,30 €/kg)											
Ertrag dt/ha	40,0	45,0	50,0	52,5	55,0	57,5	60,0	62,5	65,0	67,5	70,0
Leistung	460	518	575	604	632	661	690	719	748	776	805
Saatgut	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Handelsdünger 1)	139	151	163	169	175	181	187	193	199	205	211
Pflanzenschutz 2)	-	-	44	45	45	56	71	78	84	91	97
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Variable Maschinenkosten*	170	171	171	171	172	172	172	173	173	173	173
Lohndrusch	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Trocknung 3)	11	13	14	15	16	16	17	18	19	19	20
Variable Kosten	491	505	563	571	578	596	618	631	645	658	672
Deckungsbeitrag	-31	13	12	33	54	65	72	87	103	118	133
DB bei eigenem Mähdrescher	26	70	69	90	111	122	129	144	160	175	190
DB bei € 10,00	-91	-55	-63	-46	-28	-21	-18	-6	5	17	28
DB bei € 13,00	29	80	87	112	137	152	162	181	200	219	238
DB bei € 14,50	89	148	162	190	219	238	252	275	298	320	343
DB bei € 16,50	169	238	262	295	329	353	372	400	428	455	483
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I											
1) Düngerkosten wurden ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen. Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände wurde berücksichtigt.											
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!											
N	0,90 €/kg	76	85	95	99	104	109	114	118	123	132
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	28	32	35	37	38	40	42	44	46	49
K ₂ O	0,43 €/kg	33	37	41	43	45	47	49	51	53	57
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha). Anwendungsbeispiele:											
Herb. Husar Power	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Stabilan 400	-	-	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Fung. Folicur	-	-	-	-	-	0,25	0,40	0,55	0,70	0,85	1,00
3) 25% der Ernte von 17% auf 14% Wassergehalt getrocknet; Trocknungskosten € 1,10/dt											
Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung (inkl. Rüstzeiten, Kontroll- u. Betriebsführungsarbeiten): 13-17 Akh bei Lohndrusch 17-20 Akh bei eigenem Mähdrescher											
Quelle: JUNGREITHMAYR, LK OO										BMLFUW	
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft										2007	

¹ DB2008, Seite 91

Tabelle 8.17 Deckungsbeitrag für Triticale¹

Triticale - Trockengebiet													
Angaben in Euro je ha Preis: 11,50 €/dt; Saatgut: 85 kg Originalsaatgut (0,50 €/kg) und 100 kg Nachbausaatgut (0,29 €/kg)													
Ertrag dt/ha	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	57,5	60,0	62,5	65,0	67,5	70,0	75,0	
Leistung	402	460	518	575	632	661	690	719	748	776	805	862	
Saatgut	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	
Handelsdünger 1)	144	159	173	188	202	209	217	224	231	238	246	260	
Pflanzenschutz 2)	23	28	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Variable Maschinenkosten*	170	170	171	171	172	172	172	172	173	173	173	173	
Lohndrusch	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Trocknung 3)	6	6	7	8	9	9	10	10	10	11	11	12	
Variable Kosten	532	553	573	589	604	612	620	628	636	644	652	667	
Deckungsbeitrag	-130	-93	-56	-14	28	49	70	91	112	133	153	195	
DB bei eigenem Mähdrescher	-73	-36	1	43	85	106	127	148	169	190	210	252	
DB bei € 10,00	-182	-153	-123	-89	-54	-37	-20	-3	14	31	48	83	
DB bei € 13,00	-77	-33	12	61	111	135	160	185	209	234	258	308	
DB bei € 14,50	-25	27	79	136	193	221	250	278	307	335	363	420	
DB bei € 16,50	45	107	169	236	303	336	370	403	437	470	503	570	
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I													
1) Düngerkosten wurden ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen. Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände wurde berücksichtigt.													
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!													
N	0,90 €/kg	84	96	108	120	132	138	144	150	155	161	167	179
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	24	28	32	35	38	40	42	44	46	47	49	52
K ₂ O	0,43 €/kg	32	37	42	46	51	53	55	58	60	62	65	69
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha). Anwendungsbeispiele:													
Herb. Concert		0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
3) Durchschnittliche Trocknungskosten € 0,159/dt Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung (inkl. Rüstzeiten, Kontroll- u. Betriebsführungsarbeiten): 13-17 Akh bei Lohndrusch 17-20 Akh bei eigenem Mähdrescher													
Quelle: RITTLER, LK NÖ											BMLFUW		
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft											2007		

¹ DB2008, Seite 93

Tabelle 8.18 Deckungsbeitrag für Wintergerste¹

Wintergerste - Trockengebiet												
Angaben in Euro je ha Preis: 11,50 €/dt; Saatgut: 65 kg Originalsaatgut (0,46 €/kg) und 130 kg Nachbausaatgut (0,29 €/kg)												
Ertrag dt/ha	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	62,5	65,0	67,5	70,0	
Leistung	345	402	460	518	575	632	690	719	748	776	805	
Saatgut	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	
Handelsdünger 1)	113	125	137	148	160	172	184	189	195	201	207	
Pflanzenschutz 2)	31	33	34	38	45	51	57	74	80	86	92	
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Variable Maschinenkosten*	170	170	171	171	172	172	173	173	173	173	173	
Lohndrusch	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Trocknung 3)	5	6	6	7	8	9	10	10	10	11	11	
Variable Kosten	505	519	534	551	570	589	609	631	644	657	669	
Deckungsbeitrag	-160	-117	-74	-33	5	43	81	87	104	120	136	
DB bei eigenem Mähdrescher	-103	-60	-17	24	62	100	138	144	161	177	193	
DB bei € 10,00	-205	-169	-134	-101	-70	-39	-9	-6	6	18	31	
DB bei € 13,00	-115	-64	-14	34	80	126	171	181	201	221	241	
DB bei € 14,50	-70	-12	46	102	155	208	261	275	299	322	346	
DB bei € 16,50	-10	58	126	192	255	318	381	400	429	457	486	
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I												
1) Düngerkosten wurden ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen. Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände wurde berücksichtigt.												
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!												
N	0,90 €/kg	56	65	74	83	92	102	111	116	120	125	130
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	24	28	32	36	40	44	48	50	52	54	56
K ₂ O	0,43 €/kg	20	23	26	30	33	36	40	41	43	45	46
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha). Anwendungsbeispiele:												
Herb. DuplosanKVneu	1,20	1,20	1,20	-	-	-	-	1,20	1,47	1,73	2,00	
Herb. Alonfl	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Herb. Starane180	0,25	0,28	0,31	0,34	0,38	0,41	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	
Fung. Tilt250C	-	-	-	0,10	0,14	0,18	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	
Fung. Corbel	-	-	-	0,30	0,38	0,46	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	
Insz. Karate Zeon	-	-	-	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	
3) Durchschnittliche Trocknungskosten € 0,159/dt												
Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung (inkl. Rüstzeiten, Kontroll- u. Betriebsführungsarbeiten): 13-17 Akh bei Lohndrusch 17-20 Akh bei eigenem Mähdrescher												
Quelle: RITTLER, LK NÖ										BMLFUW		
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft										2007		

¹ DB2008, Seite 95

Tabelle 8.19 Deckungsbeitrag für Sommergerste¹

Sommergerste													
Angaben in Euro je ha Preis: 11,50 €/dt; Saatgut: 58 kg Originalsaatgut (0,47 €/kg) und 117 kg Nachbausaatgut (0,25 €/kg)													
Ertrag dt/ha	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	45,0	47,5	50,0	52,5	55,0	60,0	
Leistung	345	374	402	431	460	489	518	546	575	604	632	690	
Saatgut	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
Handelsdünger 1)	113	119	125	131	137	143	149	154	160	166	172	184	
Pflanzenschutz 2)	11	13	27	30	42	47	61	64	68	71	74	81	
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Variable Maschinenkosten*	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	171	173	
Lohndrusch	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Trocknung 3)	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	10	
Variable Kosten	473	482	502	511	529	541	561	570	580	590	601	622	
Deckungsbeitrag	-128	-108	-99	-80	-69	-52	-43	-24	-5	14	32	68	
DB bei eigenem Mähdrescher	-71	-51	-42	-23	-12	5	14	33	52	71	89	125	
DB bei € 10,00	-173	-157	-152	-136	-129	-116	-111	-95	-80	-65	-51	-22	
DB bei € 13,00	-83	-59	-47	-24	-9	11	24	47	70	93	114	158	
DB bei € 14,50	-38	-10	6	32	51	75	92	118	145	171	197	248	
DB bei € 16,50	22	55	76	107	131	160	182	213	245	276	307	368	
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I													
1) Düngerkosten wurde ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen. Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände wurde berücksichtigt.													
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!													
N	0,90 €/kg	55	59	64	68	73	77	82	86	91	96	100	109
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	48
K ₂ O	0,43 €/kg	22	24	26	27	29	31	33	35	37	38	40	44
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha). Anwendungsbeispiele:													
Herb. Banvel M	-	-	-	-	-	-	-	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Herb. DuplosankV ne	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fung. Tilt 250 EC	-	-	-	-	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	
Fung. Corbel	-	-	0,33	0,36	0,39	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,64	
Insz. Karate Zeon	-	-	-	-	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	
3) Durchschnittliche Trocknungskosten € 0,159/dt													
Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung (inkl. Rüstzeiten, Kontroll- u. Betriebsführungsarbeiten): 13-17 Akh bei Lohndrusch 17-20 Akh bei eigenem Mähdrescher													
Quelle: RITTLER, LK NÖ											BMLFUW		
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft											2007		

¹ DB2008, Seite 96

Tabelle 8.20 Deckungsbeitrag für Hafer¹

Hafer - Trockengebiet											
Angaben in Euro je ha Preis: 11,50 €/dt; Saatgut: 50 kg Originalsaatgut (0,44 €/kg) und 110 kg Nachbausaatgut (0,29 €/kg)											
Ertrag dt/ha	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	45,0	47,5	50,0
Leistung	288	316	345	374	402	431	460	489	518	546	575
Saatgut	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Handelsdünger 1)	108	115	121	128	134	141	148	154	161	167	174
Pflanzenschutz 2)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Variable Maschinenkosten*	170	170	171	171	171	172	172	172	173	173	173
Lohndrusch	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Trocknung 3)	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8
Variable Kosten	482	489	496	504	511	518	525	533	540	547	555
Deckungsbeitrag	-194	-173	-151	-130	-108	-87	-65	-44	-22	-1	20
DB bei eigenem Mährescher	-137	-116	-94	-73	-51	-30	-8	13	35	56	77
DB bei € 10,00	-232	-214	-196	-179	-161	-143	-125	-108	-90	-72	-55
DB bei € 13,00	-157	-132	-106	-81	-56	-31	-5	20	45	70	95
DB bei € 14,50	-119	-90	-61	-32	-3	26	55	84	113	141	170
DB bei € 16,50	-69	-35	-1	33	67	101	135	169	203	236	270
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I											
1) Düngerkosten wurden ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen. Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände wurde berücksichtigt.											
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!											
N	0,90 €/kg	54	59	64	70	75	81	86	91	97	102
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	18	19	21	23	24	26	28	30	32	33
K ₂ O	0,43 €/kg	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha). Anwendungsbeispiele:											
Herb. Concert		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
3) Durchschnittliche Trocknungskosten € 0,159/dt											
Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung (inkl. Rüstzeiten, Kontroll- u. Betriebsführungsarbeiten): 13-17 Akh bei Lohndrusch 17-20 Akh bei eigenem Mährescher											
Quelle: RITTLER, LK NÖ										BMLFUW	
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft										2007	

¹ DB2008, Seite 99

Tabelle 8.21 Deckungsbeitrag für Körnermais¹

Körnermais - Feuchtgebiet (30% Wassergehalt)												
Angaben in Euro je ha Preis: 12 €/dt; Saatgut: 1,9 Einheiten Originalsaatgut (80,00 €/kg); 1 Einheit = 50.000 Körner Ernte bei 30% Wassergehalt anschließend Trocknung												
Nassware dt/ha	88,8	95,2	101,5	107,9	111,1	114,2	117,4	120,6	123,7	126,9	129,6	133,6
Trockenware dt/ha	70,0	75,0	80,0	85,0	87,5	90,0	92,5	95,0	97,5	100,0	102,0	105,0
Leistung	840	900	960	1.020	1.050	1.080	1.110	1.140	1.170	1.200	1.230	1.260
Saatgut	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
Handelsdünger 1)	209	220	232	244	250	256	262	268	274	280	286	293
Pflanzenschutz 2)	100	101	101	102	102	103	103	103	104	104	104	106
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Variable Maschinenkosten*	136	136	137	137	137	137	137	138	138	138	139	139
Lohndrusch	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Trocknung 3)	213	228	244	259	267	274	282	289	297	305	313	321
Variable Kosten	947	975	1.003	1.031	1.045	1.059	1.073	1.088	1.102	1.116	1.130	1.144
Deckungsbeitrag	-107	-75	-43	-11	5	21	37	52	68	84	100	116
DB bei eigenem Mähdrescher	-35	-3	29	61	77	93	109	124	140	156	172	188
DB bei € 10,50	-212	-188	-163	-139	-127	-114	-102	-90	-78	-66	-54	-42
DB bei € 13,50	-2	37	77	116	136	156	175	195	215	234	254	273
DB bei € 15,50	138	187	237	286	311	336	360	385	410	434	459	483
DB bei € 17,50	278	337	397	456	486	516	545	575	605	634	664	693
* Berechnung der variablen Maschinenkosten siehe Anhang I												
1) Düngerkosten wurden ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen. Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände wurde berücksichtigt.												
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!												
N	0,90 €/kg	135	145	155	164	169	174	179	184	188	193	213
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	49	52	56	60	61	63	65	66	68	70	77
K ₂ O	0,43 €/kg	46	49	52	56	57	59	61	62	64	66	72
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha). Anwendungsbeispiele:												
Korit fl.	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,40
Herb. Mais Banvel WG	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22	0,23	0,25
Herb. Callisto	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Herb. Gardo Gold	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
3) Trocknungskosten € 0,15 je dt Feuchtware und je % Feuchtigkeitsdifferenz												
Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung (inkl. Rüstzeiten, Kontroll- u. Betriebsführungsarbeiten): 13-17 Akh bei Lohndrusch 17-20 Akh bei eigenem Mähdrescher												
Quelle: JUNGREITHMAYR, LK OÖ; RITTLER, LK NÖ										BMLFUW		
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft										2007		

¹ DB2008, Seite 102

Tabelle 8.22 Deckungsbeitrag für Silomais¹

Silomais - 30% Trockensubstanz								
Angaben in Euro je ha								
Ende Teigreife; 319 MJ ME (194 MJ NEL)/dt Grünmasse; Lohnerte; Lohnsaat								
Ohne Ausgleichszahlungen								
Trockenmaisertrag dt	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	95,0	100,0	
Grünmasse dt	421,4	451,5	481,6	511,7	541,8	571,9	602,0	
Silomaisertrag TS dt	126,4	135,5	144,5	153,5	162,5	171,6	180,6	
ME netto bei 13% Verlusten	116.951	125.305	133.658	142.012	150.366	158.719	167.073	
NEL netto bei 13% Verlusten	71.124	76.204	81.284	86.365	91.445	96.525	101.606	
Saatgut	160	160	160	160	160	160	160	
Handelsdünger 1)	301	320	338	357	375	394	412	
Pflanzenschutz 2)	98	100	101	102	103	104	106	
Hagelversicherung	17	17	17	17	17	17	17	
Variable Maschinenkosten	213	221	229	237	245	254	262	
Lohnmaschinen	194	200	206	213	219	225	231	
Siloanstrich und Silofolie	20	21	23	24	25	26	27	
Variable Kosten	1.003	1.039	1.074	1.110	1.144	1.180	1.215	
VK/100 ME bei 13% Verlusten	0,86	0,83	0,80	0,78	0,76	0,74	0,73	
VK/100 NEL bei 13% Verlusten	1,41	1,36	1,32	1,29	1,25	1,22	1,20	
VK bei eigener Saat und Lohnerte	982	1.016	1.050	1.085	1.119	1.154	1.188	
VK bei Lohnsaat und eigener Ernte	936	969	1.001	1.035	1.066	1.100	1.132	
VK bei eigener Saat und eigener Ernte	914	946	978	1.010	1.041	1.074	1.106	
Siloraumbedarf in Beziehung zum Ertrag (Bedarf in m³)	54	58	62	66	69	73	77	
1) Düngerkosten ohne Wirtschaftsdüngergaben berechnet. Nährstoffrücklieferung durch Wirtschaftsdünger ist als Kosteneinsparung dem Gesamt-DB hinzuzurechnen.								
Nährstoffmengen in Beziehung zum Ertrag (kg/ha). Die angeführten Nährstoffmengen sind keine Düngeempfehlung!								
N	0,90 €/kg	168	180	192	204	216	228	240
P ₂ O ₅	0,49 €/kg	70	75	80	85	90	95	100
K ₂ O	0,43 €/kg	169	182	194	206	218	230	242
CaO	0,14 €/kg	300	300	300	300	300	300	300
2) Pflanzenschutzmittel (kg od. l pro ha).								
Anwendungsbeispiele								
Korit fl.	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	
Herb.Mais Banvel WG	0,10	0,12	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25	
Herb.Callisto	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	
Herb.Gardo Gold	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung - Fahrsilo (inklusive Rüstzeit und Betriebsführungsarbeiten):								
18-22 Akh bei Lohnsaat								
19-23 Akh bei eigener Saat u. Ernte								
Quelle: HUNGER, LK OÖ								
Datenverarbeitung: Bundesanstalt für Agrarwirtschaft								
BMLFUW								
2007								

¹ DB2008, Seite 133

Literaturverzeichnis

Bücher

- [Biokraftstoffe2005] Synthetische Biokraftstoffe, Techniken - Potenziale - Perspektiven, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Nachwachsende Rohstoffe Band 25, Landwirtschaftsverlag Münster, 2005
- [Bioethanol2003] Schmitz Norbert (Hrsg.), Bioethanol in Deutschland, Nachwachsende Rohstoffe Band 21, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Landwirtschaftsverlag Münster, 2003
- [Cramer1990] Cramer Nils, Raps, Züchtung Anbau und Vermarktung von Körner-raps, Ulmer Verlag, 1990
- [Freyer2003] Freyer Bernhard, Fruchtfolgen, Ulmer Verlag, 2003
- [Schuster1993] Schuster Walter, Fortschritte der Pflanzenzüchtung, Die Züchtung der Sonnenblume, Paul Parey Scientific Publishers, 1993
- [Seibel2005] Seibel Wilfried (Hrsg.), Warenkunde Getreide, Agrimedia Verlag, 2005

Potenzialstudien

- [brainbows2007] Biomasse-Ressourcenpotenzial in Österreich, Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 2007
- [EEA2006] How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?, EEA Report No 7/2006, 2006
- [EEA2007] Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture, EEA Technical report No 12/2007, 2007
- [Thrän2005] Thrän Daniela et al., Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext, Institut für Energetik und Umwelt, 2005
- [Zeddies2006] Zeddies Jürgen, Rohstoffverfügbarkeit für die Produktion von Biokraftstoffen in Deutschland und in der EU-25, 2006

Studien und Artikel

- [AK2006] Tribl Christoph, Ökonomische Auswirkungen der neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen bezüglich biogener Treibstoffe in Österreich, Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien, 2006 (http://www.arbeiterkammer.at/pictures/d38/Beitraege_zur_Wirtschaftspolitik_20a.pdf)
- [Ackerbau2007] Wulffen Ulrich, Ackerbauseminar-Pflanzenernährungsoptimieren, LLFG Sachsen-Anhalt Zentrum für Acker-und Pflanzenbau, 2007
- [BAD2007] Rohstoffverfügbarkeit für Mineraldünger - Perspektiven unter hohen Energiekosten und begrenzten Ressourcen, Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e. V. und des Bundesarbeitskreises Düngung, 2007
- [DB2008] Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Referat II 2b - Beratung, 2008
- [EMPA2007] ÖKOBILANZ VON ENERGIEPRODUKTEN: ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG VON BIOTREIBSTOFFEN, EMPA Abteilung Technologie und Gesellschaft, St. Gallen, 2007
- [FNR2007] Biokraftstoffe, Ertragspotenziale von Biokraftstoffen, 2007
- [Grün2007] Grüner Bericht 2007, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2007
- [KOM2006] Fortschrittsbericht Biokraftstoffe, KOM(2006) 845, 2006
- [Kuchenbuch2005] Kuchenbuch Rolf, Wirkung der Stickstoffdüngung auf Ertrag, Ölgehalt und Erlös von Winterraps, 2005
- [Liebhard2005] Liebhard und Bodner, Expertise zur Wirksamkeit der Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter im Rahmen der ÖPUL-Förderung 2000 auf Nitratverlagerung und Grundwasserqualität, BMFLFUW, 2005
- [Petersen2004] Petersen Volker, Agrarpolitische Neuorientierung der Europäischen Union, Konsequenzen für die Wettbewerbsstellung des Anbaus von Öl- und Eiweißpflanzen, Institut für Agrarökonomie und Agrarraumgestaltung, ufop 2004
- [Salchenegger2005] Salchenegger Stefan, BOKRAFTSTOFFE IM VERKEHRSSEKTOR IN ÖSTERREICH 2005, Umweltbundesamt GmbH Wien, 2005

- [RL2003] RICHTLINIE 2003/30/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 8.Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor, 2003
- [Ryser2005] Ryser Jean-Pierre, DÜNGUNG VON ZUCKERRÜBEN, Hohe Erträge erfordern optimale Nährstoffversorgung, (http://www.landi.ch/files/D_Ryser_1105.pdf)
- [UFOP2006] UFOP Bericht 2005/2006, Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., 2006
- [Chisten2001] Christen O., Ertrag, Ertragsstruktur und Ertragsstabilität von Weizen, Gerste und Raps in unterschiedlichen Fruchtfolgen Institut für Acker- und Pflanzenbau, Universität Halle-Wittenberg
- [VNB2006] Vorstudie für einen nationalen Biomasseaktionsplan für Österreich, Österreichische Energieagentur, 2006

Merkblätter

- [FiBL2000] Merkblatt Sonnenblumen, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL 2000 (<http://www.fibl.org>)
- [FiBL2002] Merkblatt Mais, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL 2002 (<http://www.fibl.org>)
- [FiBL2002a] Merkblatt Getreide, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL 2002 (<http://www.fibl.org>)
- [FiBL2004] Merkblatt Zuckerrüben, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL 2004 (<http://www.fibl.org>)
- [FiBL2008] Merkblatt Bioraps, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL 2008 (<http://www.fibl.org>)
- [IMA2007] Unser Getreide, Information Medien Agrar (<http://www.ima-agrar.de>)
- [Kruse2007] 25 Jahre Triticale der Kruse Saatzucht, Kruse 2007 www.agravisag.de/kruse-saatzucht/aktuelles/25_Jahre_Triticale.pdf
- [Sblum2006] Sonnenblume, BIO AUSTRIA - Beratungsblatt, 2006 (<http://www.bio-austria.at>)