



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Studiengang Agrarwirtschaft

Master-Thesis
zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science (M.Sc.)

**"Relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion
in Schleswig-Holstein"**

Erstprüfer:
Prof. Dr. Clemens Fuchs

Zweitprüfer:
Dipl.-Ing. Hans Eimannsberger

von
Vladimir Bogatov, Dipl. agr. oec.

August 2010

Uniform Resource Name: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2010-0065-1



Vorwort

Bei dem vorliegenden Dokument handelt es sich um eine Master - Thesis im Rahmen des Masterstudiums im Studiengang Agrarwirtschaft/Agrarökonomie an der Hochschule Neubrandenburg. Für Orthografie und Abkürzungen wurde die neueste Fassung des Dudens verwendet. Als Textverarbeitungssoftware diente Microsoft Word 2003. Die Modellberechnungen wurden in Microsoft Excel 2003 mit Oracle Crystal Ball durchgeführt. Zur Erstellung der grafischen Schemas und Abbildungen wurde Microsoft Visio 2007 verwendet.

Betreuung durch:

Prof. Dr. sc. agr. Clemens Fuchs
Hochschule Neubrandenburg
Studiengang Agrarwirtschaft
Landwirtschaftliche Betriebslehre

Dipl. - Ing. Hans Eimannsberger
Investitionsbank Schleswig-Holstein
Leiter der Energieagentur, Kiel



Danksagung

Während der Erstellung der Master-Thesis haben mehrere Kollegen und Freunde mich unterstützt, bei denen ich mich gerne bedanken möchte.

Ich danke den Herren Erik Brauer und Kai Jerma von der Investitionsbank Schleswig-Holstein, die mir bei technischen Fragestellungen eine große Hilfe waren. Einen besonderen Dank richte ich an Prof. Dr. sc. agr. Clemens Fuchs, der die Betreuung meiner Master-Thesis übernommen und mich bei der Bearbeitung der Fragestellung der Arbeit unterstützt hat. Ich möchte mich auch bei dem Leiter der Energieagentur Schleswig-Holsteins, Herrn Hans Eimannsberger, für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes und die weitere Unterstützung zu meiner Master-Thesis bedanken. Bezüglich der Daten für die Agrarstatistiken gilt mein besondere Dank Frau Monika Schnack und Frau Susanne Brockmann vom Statistikamt Nord, Kiel. Für eine gründliche Korrektur möchte ich mich bei meiner Kollegin, Frau Judith Klaus, recht herzlich bedanken. Ebenfalls möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mir in meiner Studienzeit stets Rückhalt gegeben hat. Ganz besonderes danke ich meiner Deutschlehrerin, Frau Besschaposchnikowa, die mich auf das Auslandsstudium in Deutschland vorbereitet hat.



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Verzeichnis der Abbildungen.....	5
Verzeichnis der Tabellen.....	6
Abkürzungsverzeichnis	7
1 Einleitung.....	8
1.1 Problemstellung.....	8
1.2 Zielsetzung	10
1.3 Vorgehensweise	10
2 Rahmenbedingungen.....	13
2.1 Agrarstrukturen	13
2.1.1 Schleswig-Holstein im Vergleich.....	13
2.1.2 Agrarstrukturen auf der Kreisebene	15
2.1.3 Viehwirtschaft	21
2.2 Biogasbranche	25
2.2.1 Technologie.....	25
2.2.2 Substrate der Biogaserzeugung	27
2.2.3 Administrative Rahmenbedingungen.....	28
2.2.4 Entwicklung der Biogaserzeugung in Schleswig-Holstein	30
3 Analyse	37
3.1 Methodik	37
3.1.1 Funktionsweise der Linearen Programmierung	37
3.2 Modellannahmen.....	38
3.2.1 Kapazitäten.....	38
3.2.2 Modell-Biogasanlage	40
3.2.3 Stochastische Simulation.....	44
3.2.3.1 Ableitung stochastischer Prozesse	44
3.2.3.2 Wahrscheinlichkeitsverteilung.....	45
3.3 Ausgangssituation.....	51
3.3.1 Beschreibung des Modells	51
3.3.2 Beschreibung der Szenarien	53
3.4 Modellergebnisse	58
3.4.1 Optimierte Ausgangssituation	58
3.4.2 Szenario I: Politische Trendsetzung.....	61
3.4.3 Szenario II: Regionaler Rohstofftransfer	63
4 Bewertung und Schlussfolgerung	67
5 Literaturverzeichnis	73
6 Anhang.....	79



Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Entwicklung der installierte Biogasanlagenleistung und den Maisanbauflächen in Schleswig-Holstein	8
Abbildung 2: Vorgehensweise der Analyse	11
Abbildung 3: Anteil der Landwirtschaftsfläche an der Gesamtfläche 2004 [%]	13
Abbildung 4: Geographische Lage von Schleswig-Holstein	15
Abbildung 5: Bodennutzung und die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe in S-H	16
Abbildung 6: Anbauanteile der dominanten Feldfrüchte, in ha und %.....	18
Abbildung 7: Anbaustruktur von Winterweizen, 2009	19
Abbildung 8: Anbaustruktur von Mais, 2009.....	20
Abbildung 9: Anbaustruktur von Raps, 2009.....	20
Abbildung 10: Gesamtviehdichte je Hektar Landwirtschaftliche Nutzfläche für 2007.....	22
Abbildung 11: Verteilung der Milchkühe und jeweilige Milchleistung nach Kreisen, 2007 ..	23
Abbildung 12: Verteilung der Schweineproduktion nach Kreisen, 2007	24
Abbildung 13: Technische Skizze einer Biogasanlage	26
Abbildung 14: Biogaserträge verschiedener Substrate	28
Abbildung 15: Struktur der Erneuerbaren Energien in Schleswig-Holstein/Anteil am Endenergieverbrauch der Erneuerbaren Energien 2007 [%].....	31
Abbildung 16: Verteilung der Biogasanlagen und der installierten elektrischen Anlagenleistung in Deutschland nach Bundesländern	32
Abbildung 17: Biogasanlage in Hennstedt, Kreis Dithmarschen, Schleswig-Holstein	32
Abbildung 18: Leistung und Anzahl von Biogasanlagen in Schleswig-Holstein	33
Abbildung 19: Biogasanlage in Honigsee, Schleswig-Holstein.....	34
Abbildung 20: Verteilung der Biogasanlagen in Schleswig-Holstein	34
Abbildung 21: Schätzung der Flächennachfrage der Biogasanlagen, 2009.....	35
Abbildung 22: Das Grundprinzip der Monte-Carlo-Simulation	45
Abbildung 23: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Zufallsvariable X	46
Abbildung 24: Dichtefunktion der Dreiecksverteilung.....	46
Abbildung 25: Dreiecksverteilung „Spezifische Gasausbeute Mais“ [m ³ /t FM].....	48
Abbildung 26: Häufigkeitsverteilung des Bruttogewinns für die Modellanlage 500 kWel....	49
Abbildung 27: Relative Auswirkung (Sensitivitätsanalyse) des Parameters	50
Abbildung 28: Flächenbedarf und Tierbestandgröße für die BGA 150 _{el}	54
Abbildung 29: Risikoprofil des Bruttogewinns im Rahmen einer Modell-Biogasanlage 150 kWel in Abhängigkeit vom Anteil des Kosubstrates	56
Abbildung 30: Transportkosten (Mais) je Tonne Frischmasse	57
Abbildung 31: Monatspreise pflanzlicher Produkte, Deutschland 1/93-12/08.....	58
Abbildung 32: Entwicklung der Anzahl der Biogasanlagen im optimierten Regionalmodell. 61	
Abbildung 33: Potentielle Biogasentwicklung in Schleswig-Holstein nach Szenario I	62
Abbildung 34: Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein nach Szenario II: Regionaler Rohstofftransfer	63
Abbildung 35: Gesamtdeckungsbeitrag der Landwirtschaft, einschl. Biogas, in S-H.....	67
Abbildung 36: Zunahme Maisanbau in Schleswig-Holstein, (Basis/Optimal).....	68
Abbildung 37: Relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in S-H	70



Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein im Vergleich, 2008	14
Tabelle 2: Produktionswert der Landwirtschaft in Deutschland und Schleswig-Holstein.....	14
Tabelle 3: Verteilung der LF über die Kreise und Ackerland bzw. Gründland, 2007	16
Tabelle 4: Viehbestände in den Kreisen von Schleswig-Holstein, 2007	22
Tabelle 5: Vergütungssätze für Strom aus Biogas	29
Tabelle 6: Grundvergütung für Strom aus Biomasse für die nächsten Jahre [Cent/kWh].....	29
Tabelle 7: Möglicher Anteil der Fruchtfolgerestriktionen je nach Standortbedingungen.....	39
Tabelle 8: Kalkulationsdaten für das Regionalmodell, 2009	40
Tabelle 9: Kalkulation der Biogaserträge für die BGA 500kWel.....	41
Tabelle 10: Kalkulationsbasis der Modell-Biogasanlage 500 kWel	43
Tabelle 11: Dreiecksverteilte Variablen für die Modell-Biogasanlage.....	47
Tabelle 12: Basistableau (Zusammenfassung).....	52
Tabelle 13: Vergütungssätze für die eingespeiste elektrische Energie aus Biogas.....	54
Tabelle 14: Kalkulationsbasis der Modell-Biogasanlage 150 kWel	55
Tabelle 15: Optimales Anbauprogramm in Schleswig-Holstein.....	60
Tabelle 16: Maistransfer in Schleswig-Holstein [ha].....	65



Abkürzungsverzeichnis

AF	Ackerfläche
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
bzw.	beziehungsweise
CH ₄	Methan
dt	Dezitonne
EE	Erneuerbare Energie
EEG	Erneuerbaren-Energie-Gesetz
GDB	Gesamtdeckungsbeitrag
GV	Großvieheinheit
ha	Hektar
ife	Informations- und Forschungszentrum für Ernährungswirtschaft in Kiel
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
kW	Kilowatt
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LP	Lineare Programmierung
m ³	Kubikmeter
Mio	Millionen
NaWaRo	Nachwachsende Rohstoff
oTS	organische Trockensubstanz
SH	Schleswig-Holstein
TS	Trockensubstanz
z.B.	zum Beispiel
ZR	Zuckerrüben



1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Schleswig-Holstein ist ein von Landwirtschaft geprägtes Bundesland. Sie gliedert sich von Ost nach West in die vier Hauptnaturräumen: Hügelland, Vorgeest, Geest und Marsch. Auf der Vorgeest und Geest befinden sich vor allem die Milchviehbetriebe. Die Forschungsergebnisse des Informations- und Forschungszentrum für Ernährungswirtschaft in Kiel (ife) zeigen, dass besonders in diesen Regionen eine Konkurrenzsituation zwischen Biogas- und Milcherzeugung entsteht. Die Analyse der Fruchtfolge in der Region weist einen dominanten Anbau von Mais zur Biogasproduktion auf. Die Zunahme der Silomaisflächen in Schleswig-Holstein von 1999 bis 2009 betrug ca. 68.000 ha, wovon rd. 20.000 ha für die Rinderhaltung und 48.000 ha für Biogaserzeugung genutzt wurden (Abbildung 1).

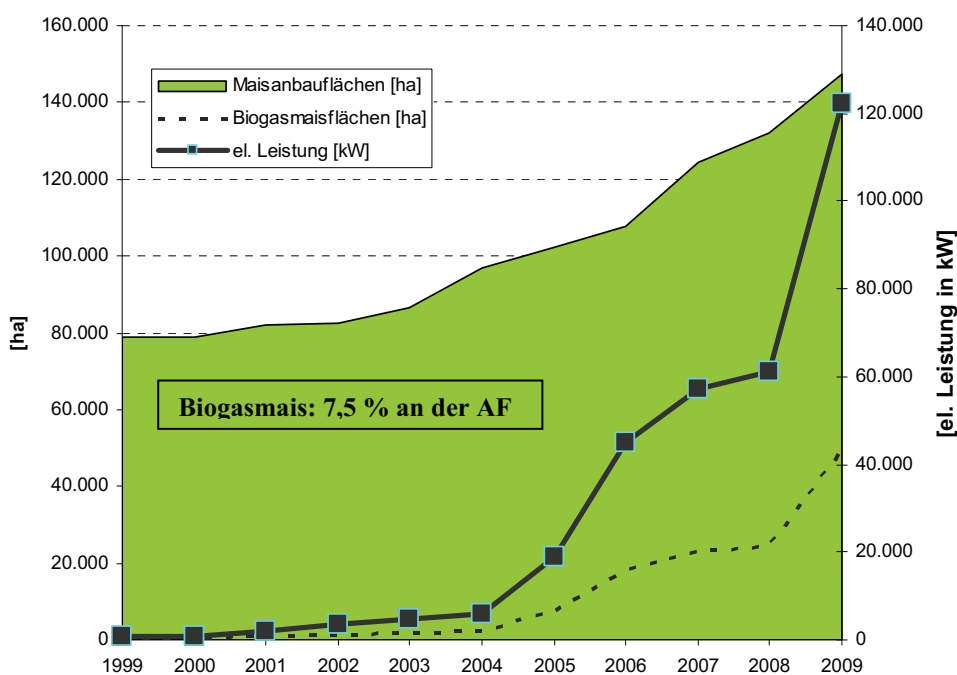


Abbildung 1: Entwicklung der installierte Biogasanlagenleistung und den Maisanbauflächen in Schleswig-Holstein

Quelle: eigene Berechnung

Vor diesem Hintergrund entsteht durch knappe Anbauflächen und eine Zunahme der Anlagendichte das Problem der Bestimmung der regionalen Kapazitätsgrenzen der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein.



In Schleswig-Holstein ist eine starke Ausweitung der Biogasproduktion auf Basis des Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) vorhanden. Die erste Fassung trat am 1. April 2000 in Kraft. Das Gesetz definiert Wasserkraft, Windenergie, Solarenergie, Geothermie sowie Energie aus Biomasse als regenerative Energien. Das EEG wurde 2004 und 2009 novelliert. Ziel der Novellen ist, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromproduktion bis 2030 auf 30 % und für die Wärmeerzeugung bis 2020 auf 14 % auszubauen. Die Bundesregierung Deutschlands verfolgt das Ziel, die Treibhausmissionen bis 2020 um 40 % zu reduzieren. Die Landesregierung Schleswig-Holsteins unterstützte im Klimaschutzbericht 2009 die Erreichung einer CO₂-Minderung um 40 % bis 2020. Bis 2020 sollen 100 % des Stromverbrauches in Schleswig-Holstein aus erneuerbaren Energien kommen (BMU, 2010; MWV, 2010).

Energie aus Biomasse ist ein wichtiger Energieträger in Deutschland, wobei insbesondere Biogas einen Beitrag leisten kann. Dabei beträgt die Stromerzeugung aus Biogas ca. 8,7 % am gesamten Strommix aus erneuerbare Energie (FNR, 2009). Mit den Novellierungen des EEG und der speziellen Berücksichtigung des Bonus für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo-Bonus) wurde eine verstärkte Tendenz zur Installation von Biogasanlagen erreicht. So wurde der Einsatz von Energiepflanzen aus der Landwirtschaft interessant gemacht. In der Novelle des EEGs von 2009 wurde zusätzlich der Güllebonus eingeführt. Hier wird der Einsatz von Wirtschaftsdüngern (Gülle, Mist) gefördert. Diese Maßnahme hat großen Einfluss auf eine enge Kooperation zwischen Biogasanlagen und Tierhaltung (Fachverband Biogas e.V., 2010).

Biogas entsteht durch anaeroben Abbau von Biomasse. Als Komponenten gehören vor allem die landwirtschaftlichen Substrate wie Gülle oder Energiepflanzen (Mais, Zuckerrüben, Roggen etc.). Es stehen große Potentiale von Energiepflanzen zur Vergärung zur Verfügung. Aus dem Ertrag von einem Hektar Mais können ca. 16 MWh Strom erzeugt werden. Das entspricht der Versorgungsleistung für 5 Haushalte mit je 2-3 Personen (Energie der Zukunft, 2010). Dennoch ist das Gesamtpotenzial durch die begrenzte Flächenkapazität beschränkt. Für den Bioenergieausbau-2020 wird mit ca. 3,7 % Mio. ha Fläche (21,9 % der LF) gerechnet. Derzeit werden ca. 1,6 Mio. ha (9,5 % LF) genutzt (Potenzialatlas Deutschland, 2009; Kiel Policy Brief, 2009).



1.2 Zielsetzung

Das Ziel der Master - Thesis besteht darin, eine Analyse durchzuführen, welche die relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein ausweist. Durch die Novellen des EEGs mit einer Förderung der nachwachsenden Rohstoffe sowie kleinerer Anlagen durch den Güllebonus führte zur Konkurrenz zwischen Milchproduktion und Biogasproduktion in Norddeutschland. Besonders mit dem Hintergrund niedriger Milchpreise wird die Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion zukünftig steigen. Diese Situation verursacht die Änderung der Flächennutzung in der Region. Dabei stellt sich die Frage, ob man diese Entwicklung vielerorts langfristig beobachten wird.

Die relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion wird analysiert und in Relation zu konkurrierenden Produktionen differenziert nach Kreisen in Schleswig-Holstein dargestellt. Dabei werden gegenwärtige Rahmenbedingungen wie natürliche Agrarstrukturen, Fruchtfolgegestaltung, Viehhaltung sowie auch Biogasanlagenentwicklung in der Region betrachtet. Einzelne Strukturen in der deutschen und auch in der schleswig-holsteinischen Landwirtschaft konnten durch die Veränderungen der Rahmenbedingungen vor allem durch das EEG in positiver sowie auch in negativer Richtung beeinflussen werden. Ferner wird die Flächenkonkurrenz zwischen Biogasproduktion und Viehhaltung in Schleswig-Holstein zunehmen. Des Weiteren wird sich diese Entwicklung auf die Rohstoffpreise in der Landwirtschaft auswirken, die dadurch steigen werden. Vor den dargestellten Problemstellungen stellt sich die Frage, an welchen Standorten eine Ausweitung der Biogasproduktion sinnvoll ist.

Weiterhin sind die Perspektiven der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein zu untersuchen. Da die Anzahl der Biogasanlagen besonders im nördlichen Landesteil stark steigt, wird unter zwei Szenarien die zukünftige Standortentwicklung der Biogasproduktion analysiert. Die ermittelten Ergebnisse sollen Aufschluss für zukünftige Planungsvorhaben geben, inwiefern ein Standort Vorteile hat.

1.3 Vorgehensweise

Um die relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein abzuleiten, wird folgendes Vorgehen ausgewählt (Abbildung 2). Zu Beginn wird eine Basissituation eines Regionalmodells dargestellt. In dieser werden die Agrarstatistiken wie die Fruchtfolge,



Viehichte und Biogasanlagen in Schleswig-Holstein detailliert erfasst. Die Daten werden vom Statistikamt Nord, dem Landwirtschaftlichen Buchführungsverband Schleswig-Holstein, der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein sowie auch der KTBL - Datensammlung entnommen. Zur Klärung der oben genannten Fragestellungen soll anhand eines Regionalmodells der Unternehmensstandort bewertet werden. Dazu wird eine Abschätzung des unternehmerischen Risikos einer Modell-Biogasanlage durchgeführt.

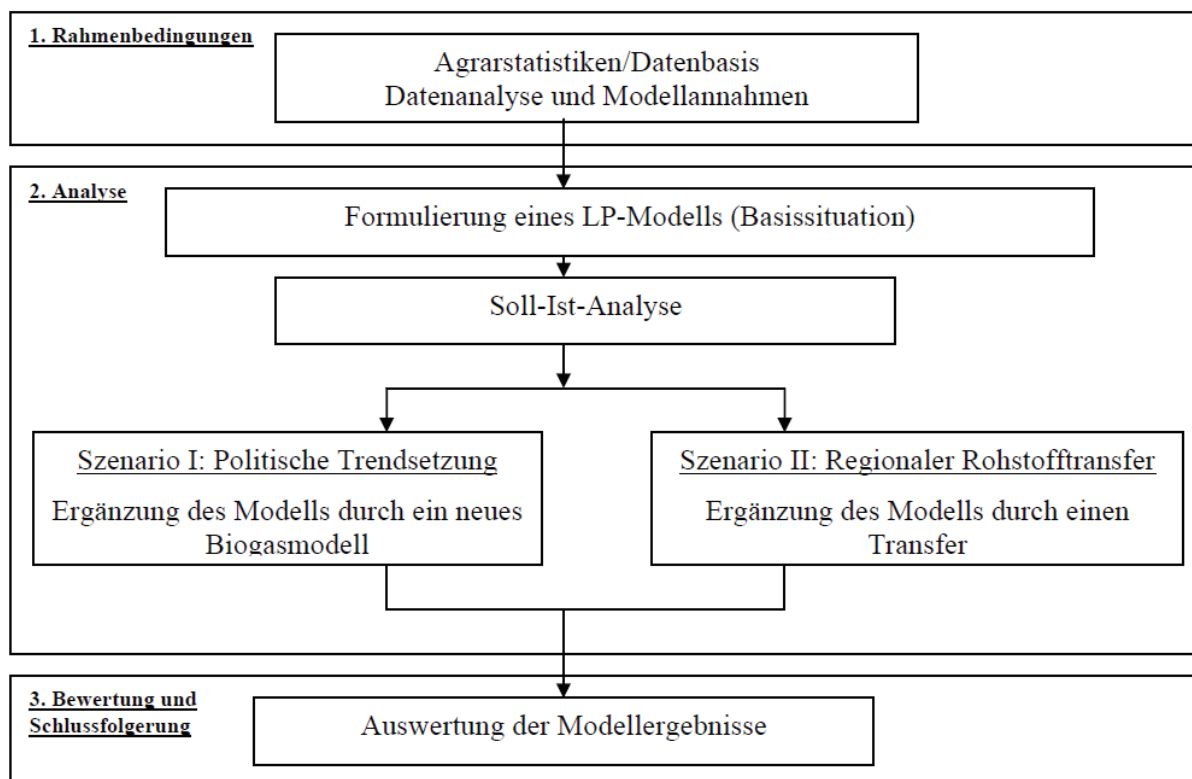


Abbildung 2: Vorgehensweise der Analyse

Quelle: eigene Darstellung

Auf Grundlage der erhobenen Daten erfolgt die Formulierung eines linearen Modellansatzes. Als Basis dafür sind die gegenwärtigen Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft und in der Biogasbranche von Schleswig-Holstein darzustellen. Es ist zu erwähnen, dass die Optimierungsprobleme in vielen betriebswirtschaftlichen Situationen auftreten. Die Standortoptimierung (Transportprobleme) ist eine wichtige Fragestellung eines Linearen Programmierungs-Modells. Zielsetzung ist, bei optimalem Einsatz von Produktionsfaktoren den maximalen Gesamtdeckungsbeitrag in der Region zu erreichen. Die Methode bietet die Möglichkeit verschiedene Szenarien zu erstellen. Als nächster Schritt der Analyse werden die Szenarien für die Kreise Schleswig-Holsteins gebildet und lineare Planungsrechnungen (synonym: lineare Programmierung, LP) durchgeführt.



Zunächst wird eine kurze Darstellung der Landwirtschaft Schleswig-Holsteins im Bundesvergleich durchgeführt. Anschließend werden die Agrarstrukturen und deren Entwicklung in der Region beschrieben. Zusätzlich wird die Grundentwicklung der Biogasproduktion im Bundesland Schleswig-Holstein dargestellt. Damit werden die Rahmenbedingungen zusammengefasst.

In drittem Kapitel der Arbeit werden die Datengrundlagen und Methodiken erläutert, um die Analyse der relativen Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein durchzuführen. Anhand der Linearen Programmierung wird zuerst das Regionalumfeld (Top-down-Analyse) betrachtet. Diese umfasst die schleswig-holsteinischen Landkreise bzw. Inputparameter, die eine entscheidende Rolle bei der Standortvorzüglichkeit der Biogasanlagen spielen können. Es werden zwei Szenarien ausgearbeitet. Abschließend werden die Ergebnisse interpretiert und eine Schlussfolgerung gezogen.



2 Rahmenbedingungen

2.1 Agrarstrukturen

In Deutschland werden für die Biogasgewinnung meist die landwirtschaftlichen Substrate verwendet, womit die Landwirtschaft eine wichtige Grundlage für diese Branche in der BRD einnimmt (FNR, 2009).

Zuerst wird die Entwicklung der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein als Gesamtwirtschaftsfaktor sowie die wichtigsten Strukturdaten im Vergleich mit den durchschnittlichen Werten Deutschlands beschrieben. Danach werden die Agrar- und betrieblichen Strukturen in verschiedenen Kreisen dargestellt.

2.1.1 Schleswig-Holstein im Vergleich

Wie aus Abbildung 3 zu entnehmen ist, ist Schleswig-Holstein im deutschen Vergleich eine landwirtschaftliche Region. Der Anteil der Landwirtschaftsfläche an der Gesamtfläche beträgt über 55 %.

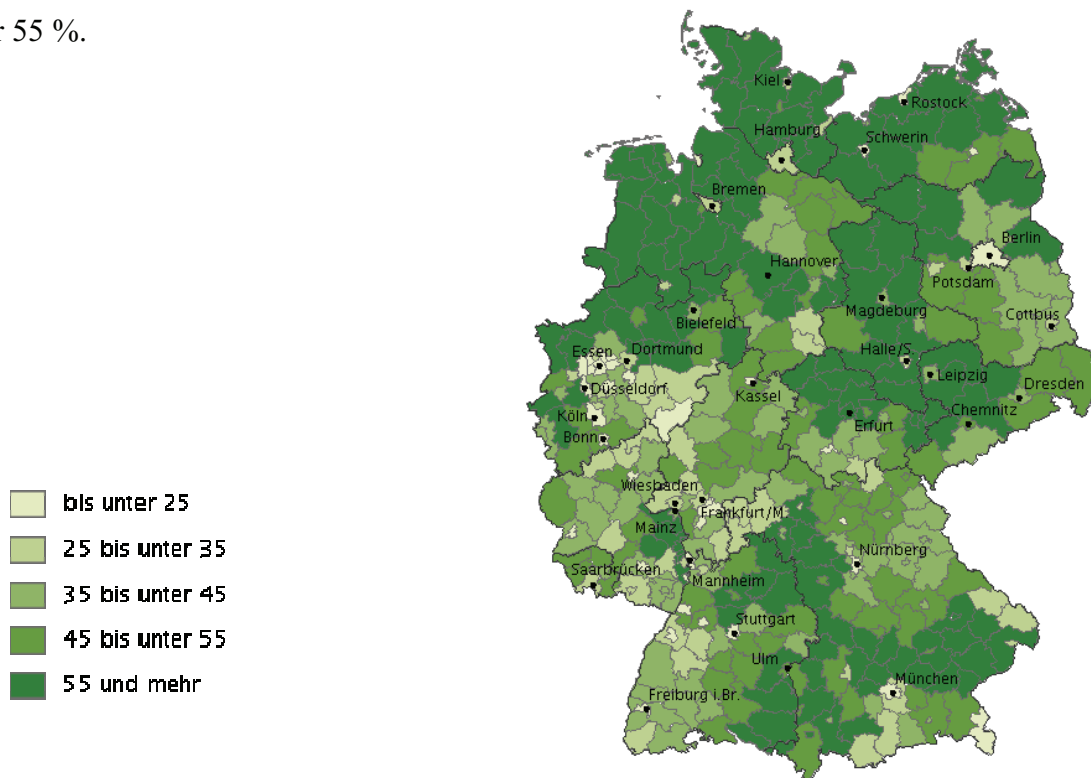


Abbildung 3: Anteil der Landwirtschaftsfläche an der Gesamtfläche 2004 [%]

Quelle: <http://78.46.82.146/raumb Beobachtung/>, 23.02.2010



Tabelle 1 zeigt, dass der Bruttowertschöpfungsanteil der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein ca. 1,5 % beträgt. Dies impliziert eine überdurchschnittliche gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Agrarbereichs im Bundesland im Vergleich mit dem Durchschnittswert Deutschlands (0,9 %).

Tabelle 1: Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein im Vergleich, 2008

	Schleswig-Holstein	Deutschland
Bruttowertschöpfung ¹ Agrar [in Mrd. €]	0,97	19,57
Anteil gesamt [%]	1,5	0,9
Erwerbstätige Agrar ² [in Tsd.]	44	873
Anteil gesamt [%]	3,3	2,3

Quelle: ¹Arbeitskreis »Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder«. Berechnungsstand: August 2008/Februar 2009. Vorläufiges Ergebnis.

²http://www.statistikportal.de/Statistik-Portal/de_jb02_jahrtab10.asp, 4.03.2010

Der Anteil der Erwerbstätigen stellt weiterhin eine hohe Bedeutung dar. Laut Tabelle sind es in Deutschland 2,3 %. Dies macht 1 % Unterschied.

Die Bedeutung der Landwirtschaft in Deutschland und Schleswig-Holstein ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Produktionswert der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein und Deutschland, 2008

	Schleswig-Holstein	Deutschland
	Anteil am Produktionswert [%]	
Getreide	14,9	16,1
Kartoffeln	1,3	3,2
Zuckerrüben	0,3	1,2
Ölsaaten	4,8	3,9
Gemüse	2,7	4,0
Obst	1,0	1,6
Weinmost/Wein	-	2,4
Baumschulerzeugnisse	5,6	2,2
Blumen und Zierpflanzen	1,3	3,2
Futterpflanzen	18,1	11,3
Pflanzliche Erzeugung	50,4	50,3
Rinder und Kälber	10,5	7,6
Schweine	11,1	13,2
Schafen und Ziegen	0,7	0,3
Geflügel	1,1	3,7
Milch	22,7	19,3
Eier	0,4	1,0
Tierische Erzeugung	47,0	46,0
Produktionswert zu Erzeugerpreisen	100	100

Quelle: http://www.statistikportal.de/Landwirtschaft/LGR/Laender_PW2008.asp, 4.03.2010



Die pflanzliche Erzeugung in Deutschland und Schleswig-Holstein lagen in 2008 mit 50 % in etwa gleichauf. Es ist zu erwähnen, dass die Erzeugerpreise bei Getreide im Jahre 2008 stark variierten. Im ersten Halbjahr 2008 war der Preis relativ hoch, in der zweiten Jahreshälfte ging er stark zurück. Trotz der höheren Erntemenge veränderte sich die Situation nur wenig (vgl. Situationsbericht 2009 - Trend und Fakten zur Landwirtschaft).

Der Wert der tierischen Erzeugung hat in Schleswig-Holstein ca. 47 % (Ø Deutschland: 46 %) ausgemacht. Hier spielt vor allem die Milchproduktion (22,7 %) eine bedeutende Rolle. Nach dem Preisrückgang auf dem Milchmarkt im Jahr 2008 änderte sich allerdings die Lage zum Vorjahr.

2.1.2 Agrarstrukturen auf der Kreisebene

Schleswig-Holstein hat insgesamt 11 Hauptkreise, die zwischen der Nordsee im Westen, der Ostsee und Mecklenburg-Vorpommern im Osten, Hamburg und Niedersachsen im Süden und Dänemark im Norden eingeschlossen werden (Abbildung 4).

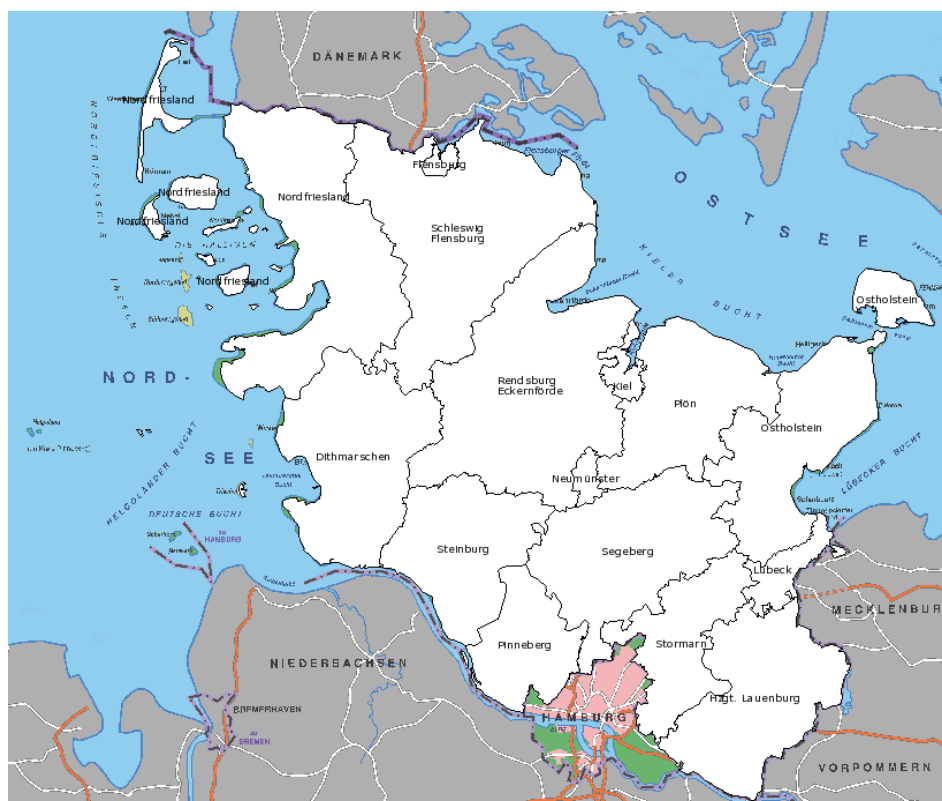


Abbildung 4: Geographische Lage von Schleswig-Holstein

Quelle: <http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php>, 16.04.2010



Die Strukturen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein werden von einer vermehrten Zahl kleinerer und mittlerer Betriebe gekennzeichnet (Abbildung 5).

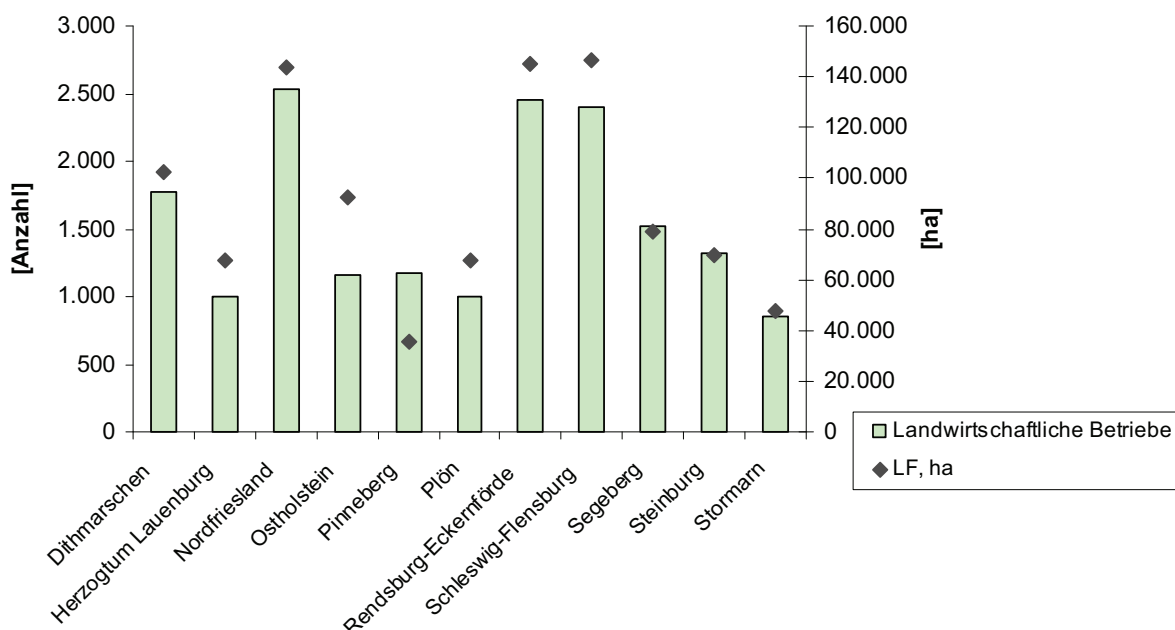


Abbildung 5: Bodennutzung und die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe in Schleswig-Holstein, 2007

Quelle: eigene Darstellung, Statistikamt Nord

In Schleswig-Holstein werden ca. 1.003.438 ha als landwirtschaftliche Fläche genutzt. In den Kreisen Nordfriesland, Rendsburg-Eckernförde und Schleswig-Flensburg ist mit über 58 ha eine überdurchschnittliche Betriebsgröße zu verzeichnen.

Tabelle 3: Verteilung der LF über die Kreise verteilt in Ackerland bzw. Grünland, 2007

	LF [ha]	Dauergrünland [ha]	Ackerland [ha]	%-Ackerland von LN
Dithmarschen	102.069	45.293	56.661	55,5
Herzogtum Lauenburg	67.683	10.847	56.558	83,6
Nordfriesland	143.886	75.110	68.648	47,7
Ostholstein	92.645	11.620	80.549	86,9
Pinneberg	35.550	16.918	14.633	41,2
Plön	67.586	13.355	53.845	79,7
Rendsburg-Eckernförde	144.759	54.439	89.649	61,9
Schleswig-Flensburg	146.563	48.203	98.128	67,0
Segeberg	78.851	23.369	54.970	69,7
Steinburg	69.888	36.373	32.940	47,1
Lübeck	6.011	1.623	4.323	71,9
Stormarn	47.947	10.059	37.692	78,6
Gesamt	1.003.438	347.209	648.596	64,6

Quelle: Statistikamt Nord



Der Großteil der Flächennutzung in Schleswig-Holstein zählt zu den Ackerflächen (64,6 %). Wie Tabelle 3 zeigt, ist der prozentuale Anteil des Grünlands in den Landkreisen Nordfriesland, Pinneberg und Steinburg größer als im restlichen Bundesland. Diese drei Kreise zeichnen sich durch schwer fruchtbare Böden aus, weswegen sie hauptsächlich als Grünland genutzt werden. In Ostholstein nimmt das Ackerland 86,9 % ein. Als Boden dominieren lehmige Braunerden, die einen günstigen Wasser- und Nährstoffhaushalt haben. Dieser Standort ist für die hochwertigen Getreidesorten wie Weizen geeignet (LANU, 2006).

Im Folgenden wird ein Überblick über die Anbaustrukturen Schleswig-Holsteins gegeben.

Abbildung 6 zeigt die Anbauverhältnisse der dominanten Feldfrüchte in Schleswig-Holstein. Bei der gesamten Anbaufläche dominieren in Schleswig-Holstein Winterweizen (29,3 %), Silomais (19,2 %) und Raps (14,8 %). In der Flächennutzung sind die regionalen Unterschiede erkennbar. Das Hauptanbauggebiet des Getreides liegt im Naturraum Hügelland. Hier befinden sich in den Kreisen Rendsburg-Eckernförde, Ostholstein, Plön, Stormarn und Herzogtum Lauenburg 55 % der Winterweizenanbauflächen. Ein weiterer Anbauschwerpunkt des Weizens liegt in den Kreisen Dithmarschen und Nordfriesland im Naturraum Marsch. Da diese Standorte zu den ertragsreichsten Ackerböden gehören, werden hier traditionell die Marktfrüchte produziert (LANU, 2006).



Die Anbausstruktur im Verhältnis zum Ertrag von Winterweizen in den Kreisen stellt Abbildung 7 dar.

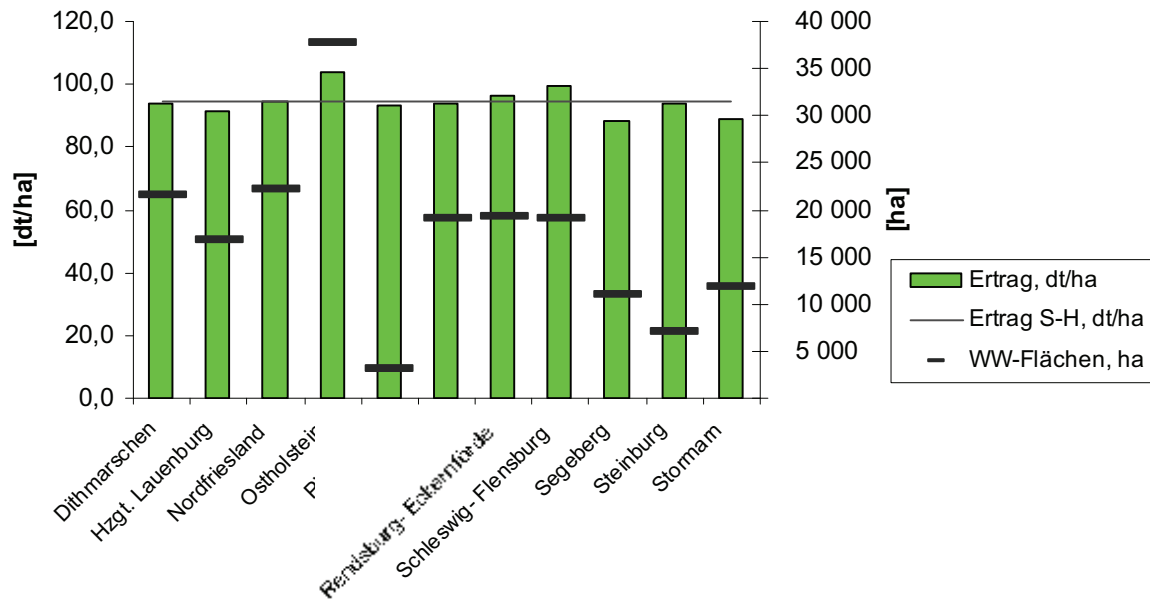


Abbildung 7: Anbaustruktur von Winterweizen, 2009

Quelle: eigene Darstellung auf Datenbasis des Statistikamts Nord

Wie schon erwähnt, verteilt sich der gesamte Weizenanbau nicht gleichmäßig über das Land. Es ist zu betonen, dass Schleswig-Holstein bei Weizen mit einem Durchschnittsertrag von 94,3 dt/ha an der Ertragsspitze Deutschlands steht. Das Ertragsniveau weist standort- und anbaustrukturbedingt ein West-Ost-Gefälle auf. Die weitere Ausdehnung des Winterweizenanbaus wird prognostiziert. Dies untermauert die Aussage von Claus Heller, Präsident der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein: "Für den Weizen ist im Jahre 2010 mit einer anteiligen Zunahme der Anbaufläche von ca. 10 % zu rechnen (2009: 188.746 ha)" (Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 2010, 17.04.2010).

Für den Maisanbau ergibt sich die in Abbildung 8 gezeigte Verteilung der Maisflächen und jeweiligen Erträge in den Landkreisen. Der Anteil des Maisanbaus hängt stark von der Rinderdichte und der Biogasproduktion ab. Die gesamte Maisanbaufläche in Schleswig-Holstein liegt bei 147.469 ha. Im Vergleich zum Vorjahr entspricht das einer Steigerung von 11,9 % oder 131.833 ha (Statistikamt Nord, abgefragt am 11.03.2010). Die größere Erntemenge wurde auf die Ausweitung der Anbaufläche und die steigenden Erträge zurückgeführt. Seit 2000 wurde eine Verschiebung der Maisanbauflächen in Richtung Nord-Westen Schleswig-Holsteins erkennbar. Als Grund wird das rasante Wachstum neuer Biogasanlagen in diesen Regionen genannt (Holger, 2009). Die Silomaiserträge fielen im Jahre 2009 mit ca. 395 dt/ha



im Bundesdurchschnitt (451,4 dt/ha) geringer aus. Überdurchschnittliche Erträge in Bezug auf Schleswig-Holstein wurden in den Kreisen Pinneberg, Nordfriesland, Steinburg und Stormarn erreicht.

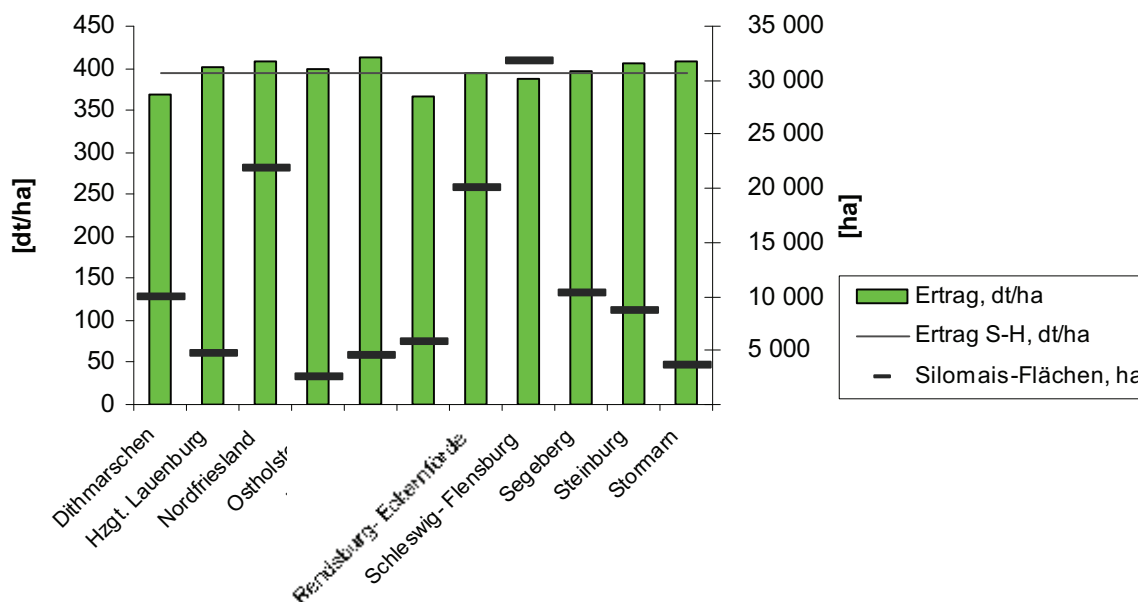


Abbildung 8: Anbaustruktur von Mais, 2009

Quelle: eigene Darstellung auf Datenbasis des Statistikamts Nord

Die Anbaustruktur von Raps in Schleswig-Holstein ist in Abbildung 9 dargestellt.

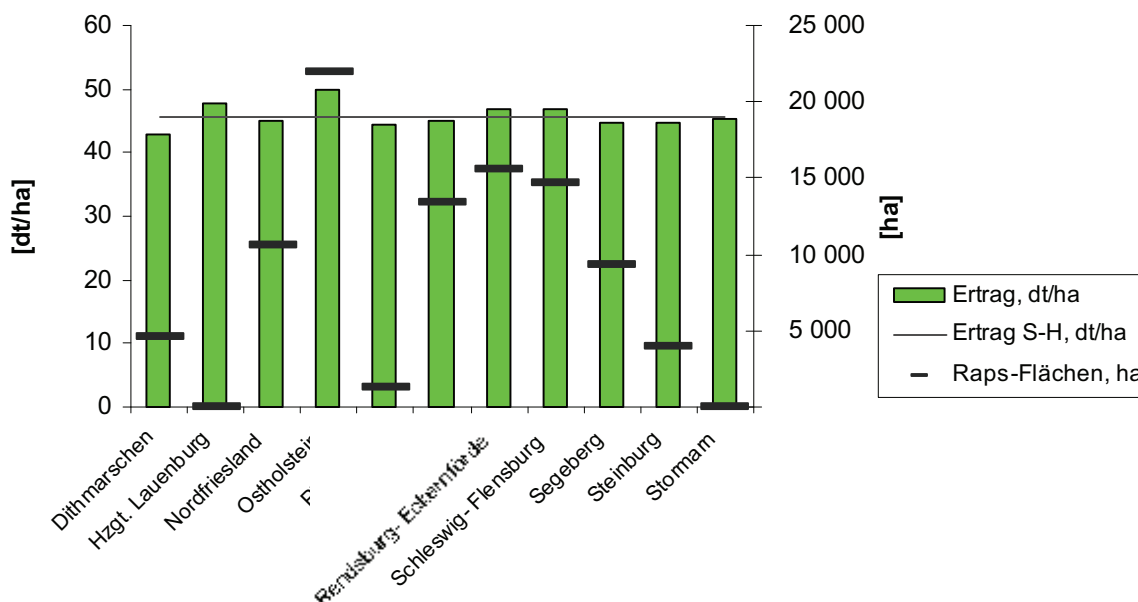


Abbildung 9: Anbaustruktur von Raps, 2009

Quelle: eigene Darstellung auf Datenbasis des Statistikamts Nord



Im Jahre 2009 wurden im Landesdurchschnitt ca. 46,8 dt/ha Raps geerntet. Bislang war das der höchste Rapsertag im Bundesland. Naturgemäß gehen die Erträge in einem guten Jahr weit auseinander. Begünstigte Standorte für die Rapsproduktion sind die Kreise Ostholstein, Rendsburg-Eckernförde und Schleswig-Flensburg, an denen überdurchschnittliche Erträge eingefahren wurden. Vor allem durch eine ungünstige Wasserversorgung wurde bei den anderen Kreisen dieses hohe Ertragsniveau nicht erreicht (Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 2010).

Seit 1970 haben beim Winterraps drei Umstellungen des Anbaus stattgefunden. Im Jahre 1974 erfolgte eine Umstellung auf die erucasäurefreien Sorten (langsame Ertragssteigerung), danach 1986 und 1987 auf die 00-Qualität (Rapsschrotverringern) und Mitte der 1990er Jahre auf die ersten Hybridsorten. Hybridsorten brachten nicht nur ein höheres Ertragspotenzial mit sich, sondern auch eine bessere Ertragssicherheit (Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Pflanzenbau, 2010). Es soll darauf hingewiesen werden, dass die Experten der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein für 2010 schätzen, dass Raps aufgrund seiner relativen Preiswürdigkeit im Anbau zunehmen wird.

2.1.3 Viehwirtschaft

Die Nebenprodukte der Viehwirtschaft, wie Gülle und Mist dienen als wichtige Substrateinsätze in Biogasanlagen (47 % bundesweit). Das Potenzial für die energetische Nutzung von Gülle liegt in Schleswig-Holstein bei über 1.000 kWh/Person (Agentur für Erneuerbare Energie, 2009).

Im Folgenden wird der Ist-Stand der Viehwirtschaft in den Kreisen Schleswig-Holsteins vorgestellt.



Tabelle 4: Viehbestände in den Kreisen von Schleswig-Holstein, 2007

Gebiet	Pferde	Rinder	Schweine	Schafe	Hühner
Dithmarschen	4.149	138.342	72.836	112.835	289.802
Hzgt. Lauenburg	3.268	30.247	112.838	5.341	421.240
Nordfriesland	4.933	223.885	231.640	160.847	39.695
Ostholstein	3.422	24.195	111.562	6.665	248.546
Pinneberg	5.049	46.195	22.392	14.170	25.179
Plön	3.318	43.722	76.013	4.958	356.559
Rendsburg- Eckernförde	7.883	190.038	138.118	21.155	625.222
Schleswig- Flensburg	4.779	221.212	367.675	18.295	107.247
Segeberg	5.239	72.823	170.300	5.268	482.078
Steinburg	3.370	125.569	116.057	15.297	47.550
Stormarn	5.090	25.726	92.290	1.570	76.273
Schleswig-Holstein	50.500	1.141.954	1.511.721	366.401	2.719.391

Quelle: www.umweltdaten.landsh.de/agrar/bericht, 29.04.2010

Wie in Tabelle 4 zu sehen ist, verteilen sich die Tierbestände in den Kreisen nicht gleichmäßig. Die Kreise Dithmarschen, Nordfriesland, Rendsburg-Eckernförde und Schleswig-Flensburg haben die größten Viehbestände und eine größere Gesamtvihdichte je Hektar im Bundesland. Die Pferdehaltung in Schleswig-Holstein ist abgesehen von Rendsburg-Eckernförde relativ gleichmäßig aufgeteilt.

Der Tierbesatz in Großvieheinheiten je Hektar ist in Schleswig-Holstein in den letzten Jahren leicht gesunken (Henning, 2004), trotzdem bleibt die Gesamtvihdichte je Hektar größer als der Durchschnittswert Deutschlands (weniger als 1 GV/ha) (Abbildung 10).

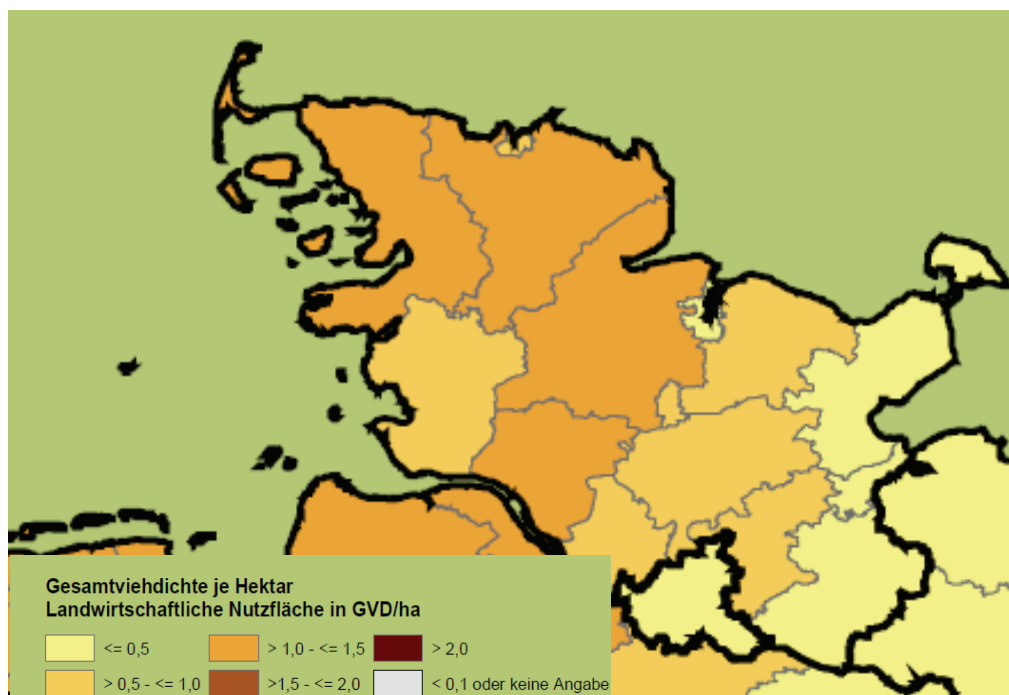


Abbildung 10: Gesamtvihdichte je Hektar Landwirtschaftliche Nutzfläche für 2007

Quelle: Deutsche Maiskomitee, www.maiskomitee.de, 29.04.2010



In Schleswig-Holstein stellen Milchkühe und Schweine den Großteil des Produktionswertes dar. Aus diesem Grund werden diese Tierarten im Folgenden näher betrachtet.

Die Milcherzeugungsmenge hat im Jahr 2007 ca. 2,5 Mrd. kg betragen. In Abbildung 11 ist die regionale Verteilung des Milchkuhbestands und die jeweilige Milchleistung dargestellt. Entsprechend der Daten aus Tabelle 4 gehören zum gesamten schleswig-holsteinischen Rinderbestand ca. 1.141.954 Tiere, wovon 32 % Milchkühe sind. Es ist zu betonen, dass die Verteilung der Milchproduktion auf Kreisebene einerseits aufgrund der unterschiedlichen Größen der Kreise bestimmt wird, andererseits durch unterschiedliche Bodenqualitäten und Grünlandanteile (Henning, 2004). Während in den Kreisen Nordfriesland, Rendsburg-Eckernförde und Schleswig-Flensburg der Tierbestand mehr als 60.000 Tiere beträgt, ist in den Kreisen Hztg. Lauenburg, Ostholstein und Stormarn die Anzahl der Milchkühe kleiner als 10.000 Tiere (Abbildung 11). In den guten Regionen wie Nordfriesland, Ostholstein, Plön und Stormarn konnte ein Milchleistungsniveau von 7.000 kg/Kuh/Jahr erzielt werden.

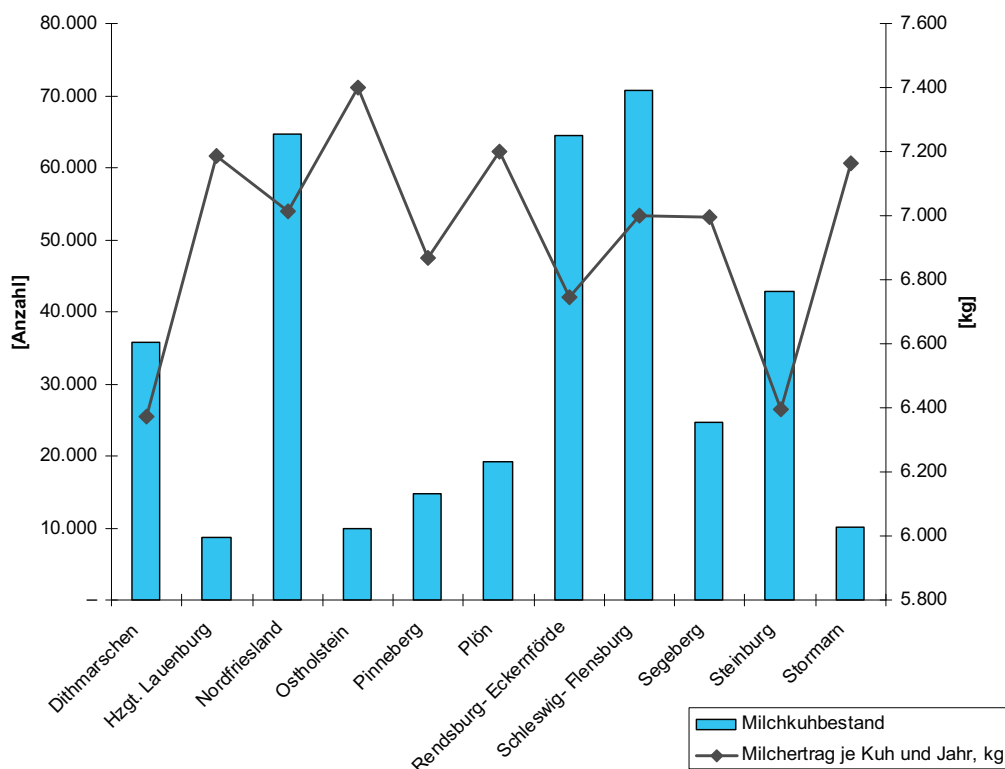


Abbildung 11: Verteilung der Milchkühe und jeweilige Milchleistung nach Kreisen, 2007

Quelle: eigene Darstellung auf Datenbasis des Statistikamts Nord

Bei der Schweineproduktion ergibt sich die in Abbildung 12 dargestellte regionale Verteilung an Tieren und Betrieben.

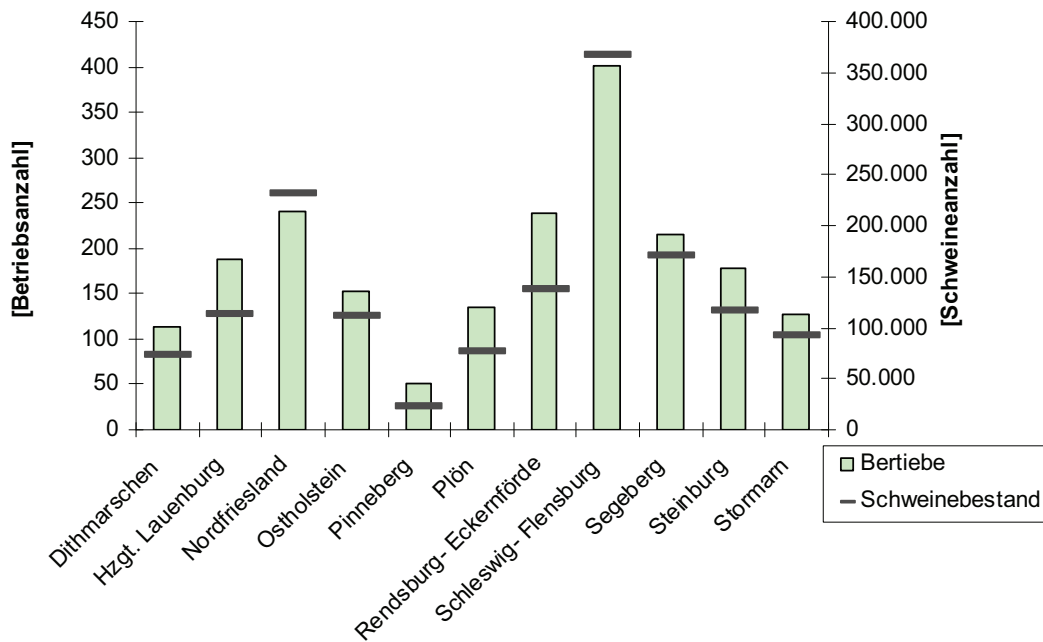


Abbildung 12: Verteilung der Schweineproduktion nach Kreisen, 2007

Quelle: eigene Darstellung auf Datenbasis des Statistikamts Nord

Die durchschnittliche Bestandsgröße betrug ca. 691 Tiere, was fernab von wettbewerbsfähigen Größen liegt. Die Konzentration der Schweineproduktion ist in Nordfriesland und Schleswig-Flensburg besonders hoch. Dort betrug die Mastschweinedichte ca. 2,5-3,0 Tiere/ha. Diese Situation erklärt sich durch die Notwendigkeit der Ausbringungsflächen für die Gülle. Ein hoher Ackeranteil ist auch ein Grund der Schweineveredelung.

Es ist zu betonen, dass viele Tierhalter in die Biogasproduktion eingestiegen sind und eine zusätzliche Einkommensalternative bekommen haben. Trotzdem hat die große Nachfrage nach Energiemais eine Bedrohung für die Betriebsentwicklung im Verhältnis zwischen Tierhaltung und Biogasproduktion geschaffen, der Wettbewerb um die Flächen steigt deshalb an.



2.2 Biogasbranche

Zum Verständnis des Themas der relativen Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein werden die theoretischen Hindergründe sowie der Stand und die Entwicklung der Biogasbranche im Bundesland im Folgenden kurz skizziert.

2.2.1 Technologie

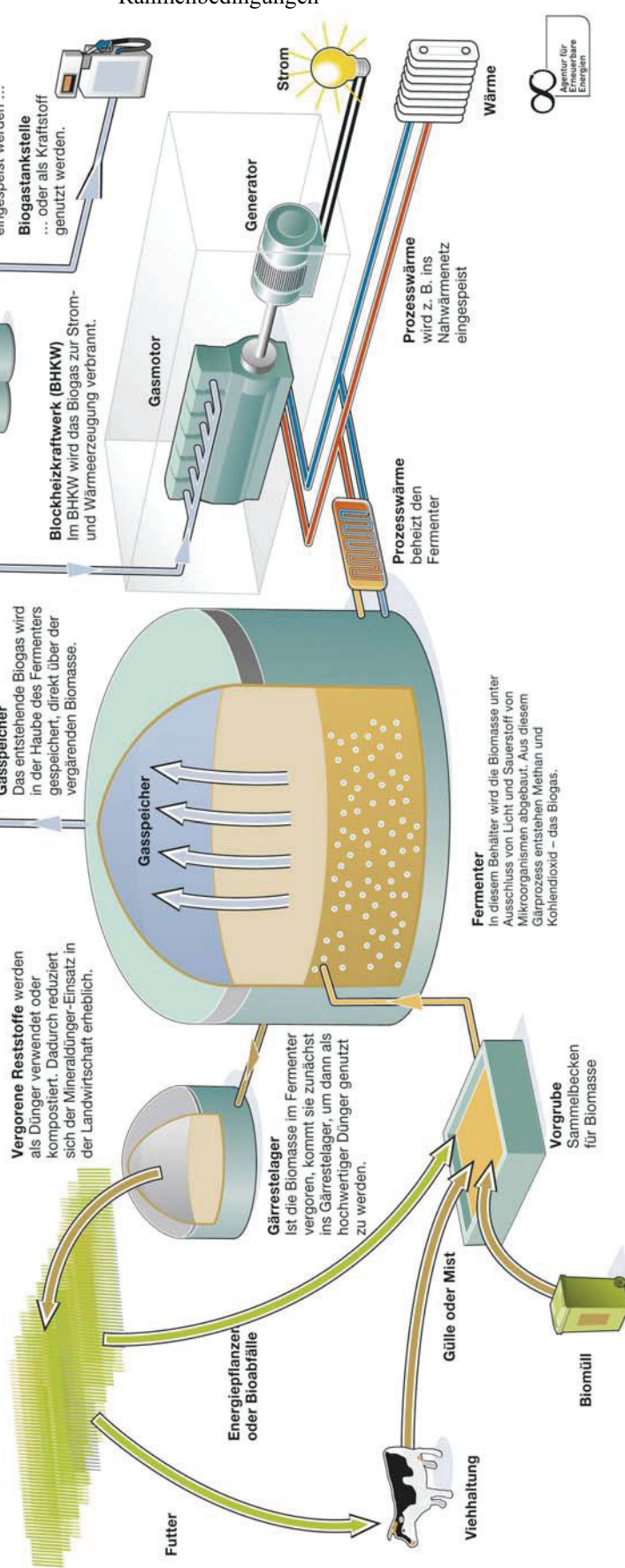
Biogas ist ein Produkt des anaeroben biologischen Abbaus organischer Substrate. Es besteht zu 50-75 % aus Methan, zu 25-45 % aus Kohlenstoffdioxid und einer geringen Mengen an Stickstoff, Sauerstoff und anderen Spurenelementen (FNR, 2009).

In Abbildung 13 wird die technische Skizze einer Biogasanlage dargestellt. Eine Biogasanlage besteht in der Regel aus Vorgrube, Fermenter und Gärrestelager. In der Vorgrube werden die Substrate gemischt. Der Fermenter ist das Kernstück einer Biogasanlage. Er wird aus der Vorgrube mit dem Gärsubstrat beschickt. Dort wird unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff das Substrat durch Mikroorganismen vergärt. Hierbei entsteht Methan und Kohlendioxid. Nach der Biogasbildung kann dieses direkt in ein BHKW (Blockheizkraftwerk) zur Erzeugung von Strom und Wärme geleitet oder in einer Gasaufbereitungsanlage (Bioerdgas) gereinigt werden. Durch diesen Schritt kann das Bioerdgas in das Erdgasnetz eingespeist oder als Autokraftstoff genutzt werden. Vom Fermenter gelangt das vergorene Substrat in das Gärrestlager. Der Gärrest wird weiter als Dünger verwendet (Agentur für Erneuerbare Energie, 2010; FNR, 2009).

Biogas-Anlage

Für die Biogasproduktion eignen sich Gülle und feste Biomasse. Mit einem Rind von 500 kg Gewicht kann pro Tag z. B. eine Gasausbeute von maximal 1,5 Kubikmeter erzielt werden. Energetisch entspricht dies in etwa einem Liter Heizöl. Nachwachsende Rohstoffe liefern jährlich zwischen 6 000 Kubikmeter (Wiesengras) und 12 000 Kubikmeter (Silomais/Futterrüben) Biogas pro Hektar Anbaufläche.

1 ha Energiepflanzen
z.B. Mais, Getreide,
Schilfgras



Rahmenbedingungen



Abbildung 13: Technische Skizze einer Biogasanlage

Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien, www.unendlich-viel-energie.de



2.2.2 Substrate der Biogaserzeugung

Biogas wird durch Vergärung von Biomasse in Biogasanlagen hergestellt. Biomasse umfasst sämtliche Stoffe organischer Herkunft. Dies sind die lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere), die daraus resultierenden Rückstände (tierische Exkrememente), abgestorbene Phyto- und Zoomasse (Stroh) und alle Stoffe, die durch eine technische Umwandlung oder eine stoffliche Nutzung entstanden sind (Papier, Pflanzenöl, Alkohol) (Kaltschmitt, Hartmann, 2009).

Die Biogasanlagen in Deutschland setzen als Hauptsubstrate überwiegend nachwachsende Rohstoffe und Gülle ein. So verteilt sich der Substrateinsatz auf 41 % tierische Exkrememente, 10 % Bioabfälle, 2 % Reststoffe aus Industrie und Landwirtschaft sowie auf 47 % nachwachsende Rohstoffe (FNR, 2009).

Tierische Exkrememente (Gülle, Festmist) fallen vor allem in der Landwirtschaft an, wofür der Begriff Wirtschaftsdünger verwendet wird. Dieser ist ein Gemisch aus Kot und Harn von Tieren. Fallen Kot und Harn zusammen mit dem Einstreumaterial (Stroh) an, spricht man von Festmist. Gülle, Exkrememente von Nutztieren, Ernterückstände und Mist sind typische für die Biogasgewinnung in der Landwirtschaft einsetzbare Substrate. Aus technischer Sicht sind diese relativ einfach zu vergären (FNR, 2009; Kaltschmitt, Hartmann, 2009).

Neben den genannten organischen Nebenprodukten werden in Biogasanlagen auch häufig die nachwachsenden Rohstoffe (NaWaRo) eingesetzt. NaWaRo ist ein Sammelbegriff für stofflich und energetisch genutzte Biomasse. Dies sind land- und forstwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe wie Stärke aus Mais, Rüben, Kartoffeln und auch Raps, Zuckerrüben und Holz (FNR, 2009). Einer der am häufigsten eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe in Deutschland ist Silomais. Mais ist derzeit die leistungsfähigste Kulturart für die Biogasgewinnung. Abbildung 14 zeigt, dass Mais im Vergleich mit anderen Substraten den höchsten Biogasertrag ($202 \text{ m}^3/\text{t FM}$) hat. Als weitere Vorteile von Mais gelten relativ geringe Bodenansprüche, Selbstverträglichkeit und kostengünstige Lagerung.

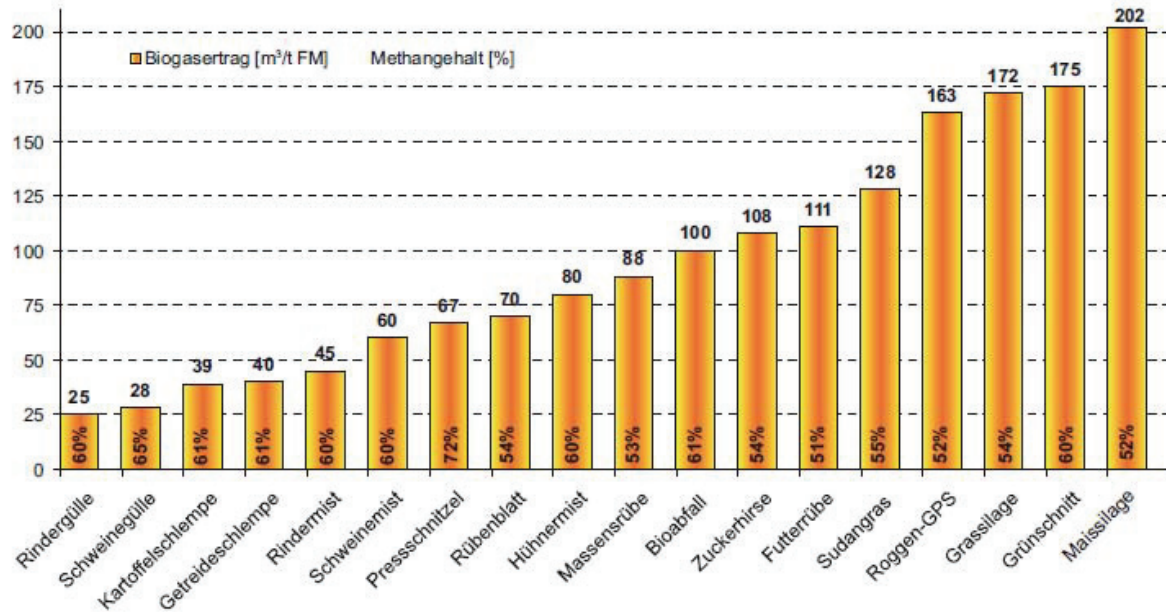


Abbildung 14: Biogaserträge verschiedener Substrate

Quelle: FNR, 2009

Neben der technischen Seite (spezifischer Methanertrag) muss insbesondere die ökonomische Seite bei der Wahl der Pflanzenart zum Anbau als nachwachsender Rohstoff berücksichtigt werden. Nach Untersuchungen verschiedener Substrate zeigt sich, dass Mais als Kombination sehr hohen Ertrags und mittleren Produktionskosten eine relative Vorzüglichkeit gegenüber anderen nachwachsenden Rohstoffen aufweist (Marquardt, 2008; Holm-Müller, Steinmann, 2010)

2.2.3 Administrative Rahmenbedingungen

Ein wichtiger Faktor für den Ausbau der Biogasbranche in Deutschland ist das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG). Mit den Novellierungen in 2004 und in 2009 wurde in Deutschland eine verstärkte Entwicklung der Biogasbranche hervorgerufen.

Das EEG regelt Anwendungsbereiche, Rechte und Pflichten von Anlagen- und Netzbetreibern. Mit der Einführung des Gesetzes im Jahre 2000 wurden die Energieversorgungsunternehmen verpflichtet, Strom aus Erneuerbaren Energien abzunehmen. Außerdem sind die Vergütungen für Strom aus Biomasse in § 27 Absatz, 1 EEG 2009 nach Leistungsbereichen (Tabelle 5) festgesetzt worden (EEG, 2009, KTBL, 2009).

**Tabelle 5: Vergütungssätze für Strom aus Biogas**

Anlagenleistung	2009
bis 150 kW _{el}	11,67 Cent/kWh
150 kW _{el} bis 500 kW _{el}	9,18 Cent/kWh
500 kW _{el} bis 5 MW _{el}	8,25 Cent/kWh
5 MW _{el} bis 20 MW _{el}	7,79 Cent/kWh

Quelle: BMELV, 2009

Die Vergütungssätze werden für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres garantiert (§ 21 EEG). Für eine neue Biogasanlage, die ab 01.01.2010 in Betrieb genommen wurde, sinkt die Grundvergütung jährlich um 1 % (§ 20 Absatz 2 EEG 2009). Tabelle 6 zeigt die Grundvergütung gerechnet für die nächsten Jahre für Strom aus Biomasse. Neben dieser gibt es eine Bonusvergütung für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo-Bonus), die Stromproduktion in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) und einen Technologie-Bonus.

Tabelle 6: Grundvergütung für Strom aus Biomasse für die nächsten Jahre [Cent/kWh]

Leistungsanteil	2009	2010	2011	2012	2013	2014
bis 150 kW _{el}	11,67	11,55	11,44	11,32	11,21	11,10
150 kW _{el} - 500 kW _{el}	9,18	9,09	9,00	8,91	8,82	8,73
500 kW _{el} - 5 MW _{el}	8,25	8,17	8,09	8,00	7,92	7,85
5 MW _{el} - 20 MW _{el}	7,79	7,71	7,63	7,56	7,48	7,41

Quelle: BMELV, 2009

Der Anspruch auf den NaWaRo-Bonus besteht, wenn der Strom ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen oder, bei anaerober Vergärung der nachwachsenden Rohstoffe oder Gülle, in einer Kombination mit rein pflanzlichen Nebenprodukten gewonnen wird (§ 27 Absatz 4, Nr. 2, EEG 2009). Der Bonus wird für die Biogasanlagen mit einer Leistung bis 500 kW_{el} 7 Cent/kWh und für Anlagen von 500 kW_{el} bis 5 MW_{el} 4 Cent/kWh gewährt.

Der Anspruch auf den Technologie-Bonus besteht für Strom, der in Anlagen mit einer Leistung bis 5 MW in einem innovativen Verfahren erzeugt wird (§ 27 Absatz 4 Nr. 1 EEG 2009). Zur innovativen Anlagentechnik gemäß EEG gehören:

- thermochemische Vergasung
- Brennstoffzelle



- Gasturbine
- Stirlingmotoren
- Aufbereitung von Biogas zur Einspeisung ins Erdgasnetz

Die Vergütung beträgt 2 Cent/kWh.

Der Anspruch auf den Kraft-Wärme-Kopplungs-Bonus (KWK-Bonus) besteht für Anlagen mit einer Leistung bis 20 MW_{el}, sofern es sich um Strom im Sinne des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes handelt (§ 27 Absatz 4, Nr. 3, EEG 2009). Die Höhe des KWK-Bonus beträgt 3 Cent/kWh.

Als die wichtigsten Zielsetzungen für Erneuerbare Energien 2020 (Wind, Biomasse, Sonne, Wasser) auf Bundesebene zählen folgende:

- Anteil Erneuerbare Energie (EE) an der Stromproduktion 25 - 30 % (2008: 14,8 %)
- Anteil EE am Wärmebedarf 14 % (2008: 7,7 %)
- Anteil EE am Kraftstoffverbrauch: 12 % (energetisch) (2008: 5,9 %)
- Ersatz von 6 % des Erdgasverbrauchs durch Biogas - 10 % bis zum Jahr 2030 (Fachtagung "Biogas in Schleswig-Holstein, 2010)

Die Landesregierung Schleswig-Holstein verfolgt das Ziel, im Jahre 2020 bei Strom einen Anteil aus Erneuerbaren Energien von mehr als 100 % des heimischen Stromverbrauchs zu erreichen. Dabei werden Modellregionen zur Erprobung dezentraler Energieversorgungsstrukturen, die Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Entwicklung kommunaler Energiekonzepte eingesetzt (Energiepolitik für Schleswig-Holstein, 2010).

2.2.4 Entwicklung der Biogaserzeugung in Schleswig-Holstein

Betrachtet man die Entwicklung der Biogasproduktion in Deutschland, so umfasste der Anlagenbestand für das Jahr 2009 rd. 4.780 Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 1.600 MW_{el}. Im Vergleich zu den Vorjahren wurden in 2009 mit etwa 780 neuen Biogasanlagen mehr zugebaut (Biogasanlagenzubau in 2008 ca. 350; in 2007 ca. 450, in 2006 ca. 600) (Fachverband Biogas e.V., 2010).



Schleswig-Holstein verfügt über gute Bedingungen für Erneuerbare Energien, besonderes für die Produktion von Strom aus Windkraft- und Biomasseanlagen sowie Wärme aus Biomasseanlagen.

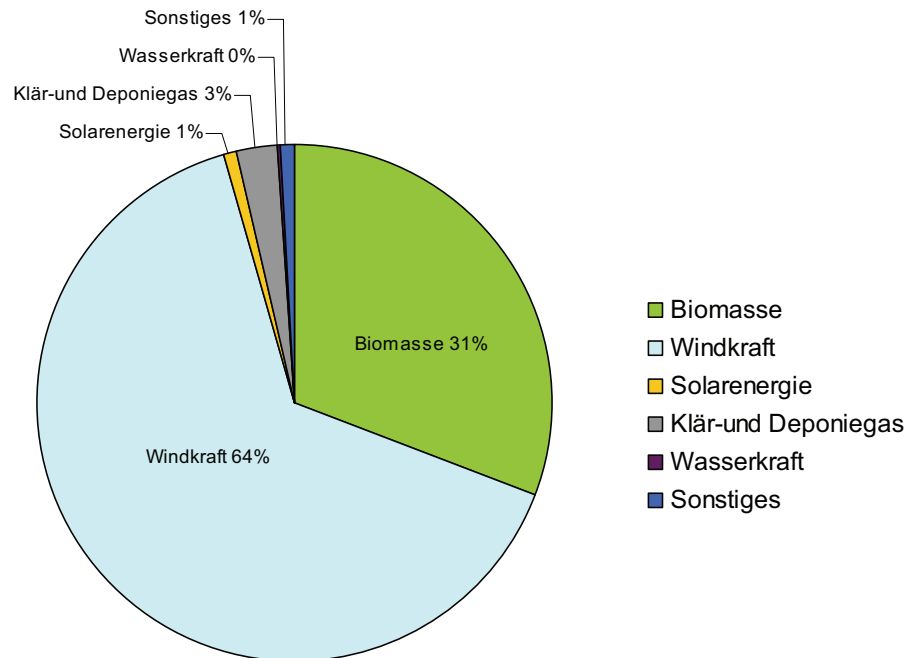


Abbildung 15: Struktur der Erneuerbaren Energien in Schleswig-Holstein/Anteil am Endenergieverbrauch der Erneuerbaren Energien 2007 [%]

Quelle: Statistikamt Nord, Energiebilanz Schleswig-Holstein 2007

Abbildung 15 verdeutlicht, dass Biomasse (bzw. Biogas) (30,7 %) eine bedeutende Rolle beim Endenergieverbrauch spielt. Es ist zu erwähnen, dass Schleswig-Holstein mit ca. 194 Biogasanlagen (97,2 MW_{el}) den fünften Platz im Bundesländervergleich einnimmt (Abbildung 16). Dies entspricht einem Anteil von 4,7 % am Anlagenbestand Deutschlands. Nach wie vor weisen die Bundesländer Bayern (36 %), Niedersachsen (17 %) und Baden-Württemberg (14 %) den größten Anlagenbestand an Biogasanlagen auf.

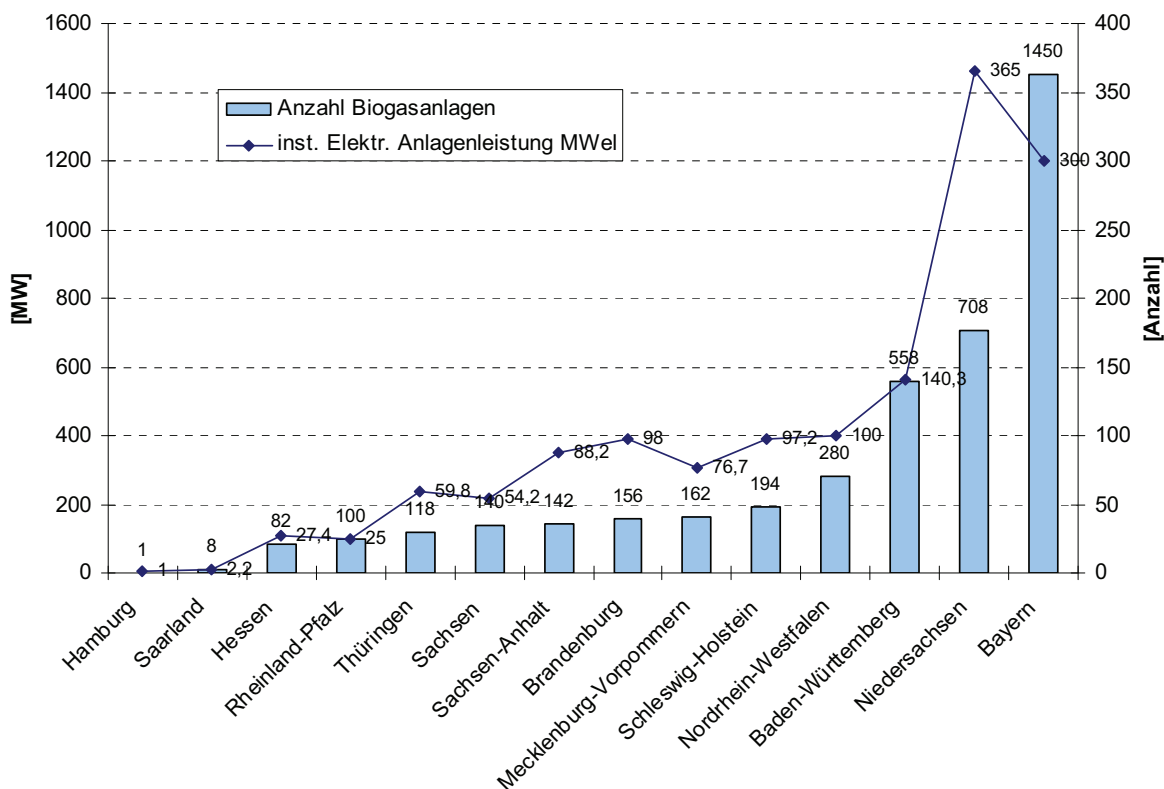


Abbildung 16: Verteilung der Biogasanlagen und der installierten elektrischen Anlagenleistung in Deutschland nach Bundesländern (Befragung der Länderinstitutionen 2009)

Quelle: eigene Darstellung, Stromerzeugung aus Biomasse, DBFZ 2009

Die durchschnittliche Anlagenleistung lag in Schleswig-Holstein im Jahr 2009 bei 500 kW. Die bundesdurchschnittliche Anlage hatte ca. 390 kW_{el}. Festzustellen ist, dass sich die Biogasanlagen mit sehr hoher Anlagenleistung überwiegend in Nord- und Ostdeutschland befinden.



Abbildung 17: Biogasanlage in Hennstedt, Kreis Dithmarschen, Schleswig-Holstein

Quelle: eigenes Foto



Betrachtet man die Entwicklung im Zusammenhang mit den Novellen des EEG so ist zu beobachten, dass im Jahr 2001 die Anlagenzahl in Schleswig-Holstein mit rd. 19 Biogasanlagen eine installierte Leistung von 2.000 kW_{el} erreichen konnten. Wesentlich wichtiger war die Weiterentwicklung zum EEG 2004, welche entscheidende Impulse für die Biogasbranche (NaWaRo-Bonus) gegeben hat. Über 60 % der Biogasanlagen benutzen derzeit den NaWaRo-Bonus (BMELV, 2009).

Innerhalb von nur zehn Jahren wurde die Zahl der Biogasanlagen in Schleswig-Holstein auf 275 Anlagen mit einer installierten Leistung von etwa 120 MW (Stand Dezember 2009) erhöht. Laut der Prognose des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein werden für 2010 über 300 Biogasanlagen prognostiziert.

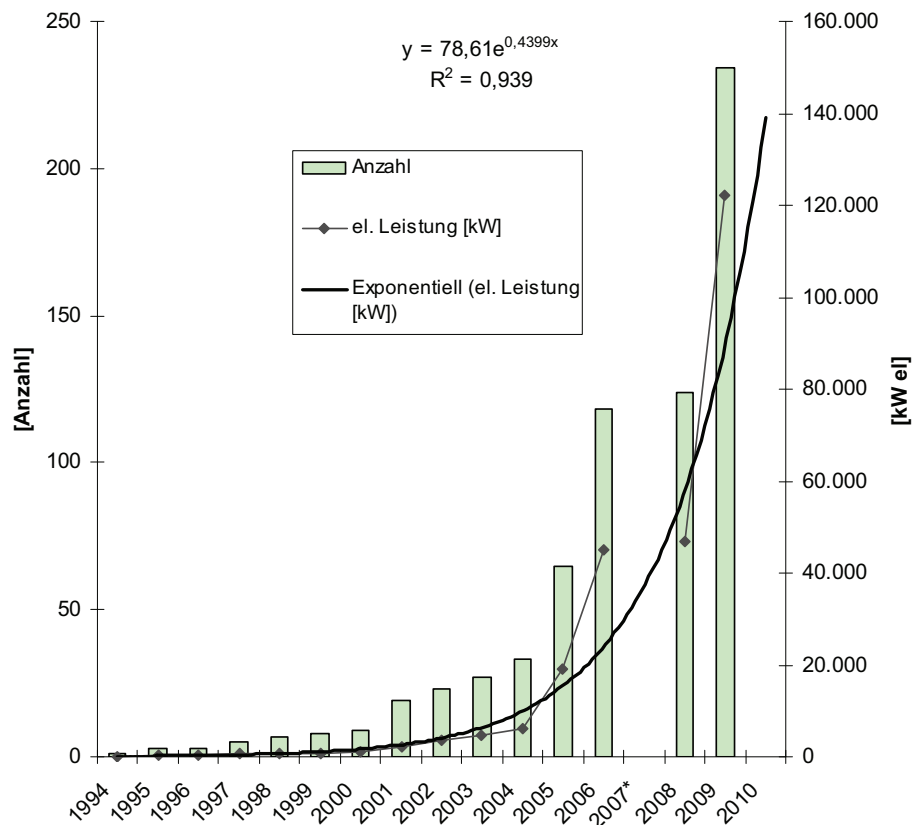


Abbildung 18: Leistung und Anzahl von Biogasanlagen in Schleswig-Holstein

Quelle: Staatliche Umweltämter, Investitionsbank Schleswig-Holstein, eigene Berechnung
*keine Daten vorhanden

Mit der Neufassung des EEG 2009 wuchsen die Anreize für einen weiteren Ausbau der Biogaskapazitäten. Insbesondere galten die Anreize für den Leistungsbereich von 100-380 kW_{el}. Jetzt schon planen einige Biogasanlagenbetreiber in Schleswig-Holstein die Erweiterung auf

3 MW, hinzu kommt der Neubau einzelner Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 6 bis 12 MW (Fachtagung "Biogas in Schleswig-Holstein, 2010).



Abbildung 19: Biogasanlage in Honigsee, Schleswig-Holstein

Quelle: eigenes Foto

In Abbildung 20 ist die Verteilung der Biogasanlagen auf Kreisebene in Schleswig-Holstein dargestellt. Die Kreise Schleswig-Flensburg (28 %), Nordfriesland (23 %) und Rendsburg-Eckernförde (11 %) weisen den größten Anlagenbestand auf. Die installierten elektrischen Biogasanlagenleistungen sind dementsprechend in den jeweiligen Kreisen mit 37.655 kW, 27.186 kW und 12.204 kW am größten im Bundesland.

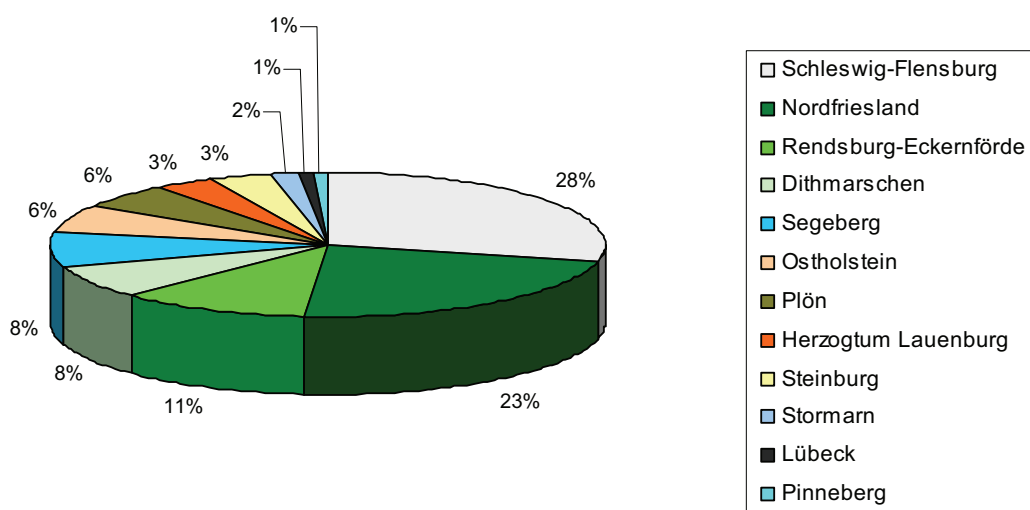


Abbildung 20: Verteilung der Biogasanlagen in Schleswig-Holstein

Quelle: eigene Darstellung, Investitionsbank Schleswig-Holstein, 11.12.2009



Für den weiteren Ausbau der Biogasbranche im Bundesland wird ein Teil der landwirtschaftlich genutzten Flächen benötigt. Es hat sich herausgestellt, dass Mais als bestes Substrat für die Erzeugung von Biogas geeignet ist (DBFZ, 2009). Betrachtet man die gesamten Maisflächen in Schleswig-Holstein, so stiegen die Anbauflächen von 79.026 ha in 1999 auf ca. 147.469 ha in 2009. Dabei ist von 2008 zu 2009 eine Steigerung der Maisanbauflächen von ca. 12% zu verzeichnen (Statistikamt Nord, 2010).

Derzeit werden nur die Daten über die Stilllegungsflächen mit nachwachsenden Rohstoffen zusammengefasst. Die Information über die Flächen mit nachwachsenden Rohstoffen in Schleswig-Holstein wurde bis nicht erhoben. Für die Landwirtschaftszählung 2010 gibt es detaillierte Fragen, welche aber frühestens 2011 veröffentlicht werden. Auf Basis eigener Abschätzung kann davon ausgegangen werden, dass ca. 1/3 des Maisanbaus in Schleswig-Holstein als Energiesubstrat für Biogasanlagen genutzt wird (Abbildung 21). Dies entspricht einem Wert von 5,1 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen.

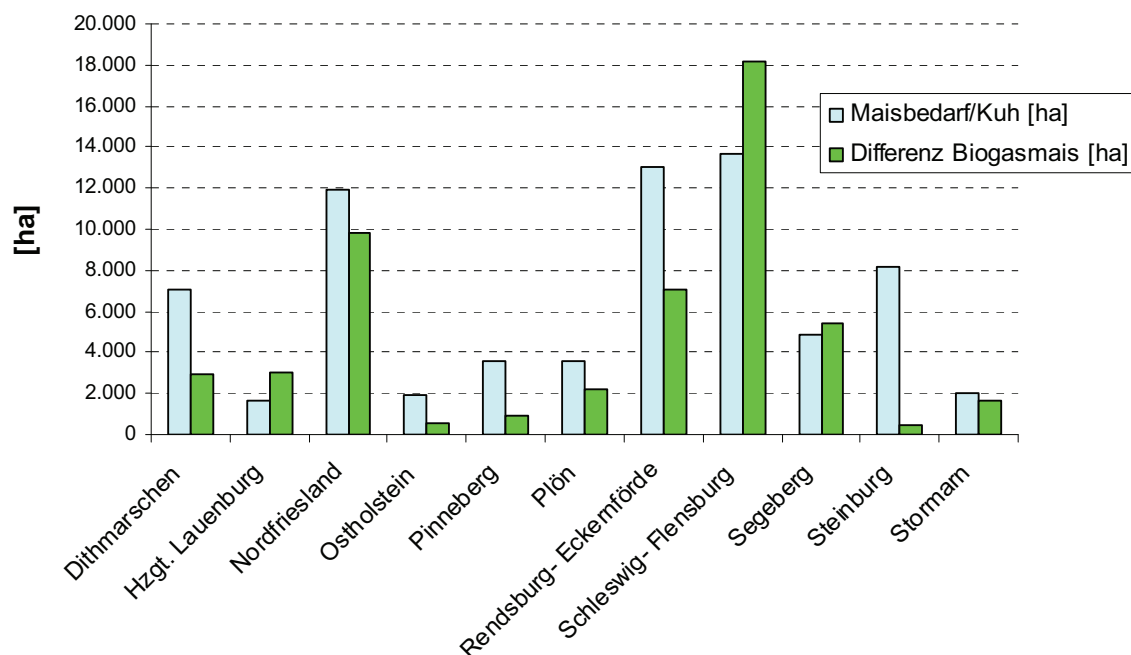


Abbildung 21: Schätzung der Flächennachfrage der Biogasanlagen, 2009

Quelle: eigene Berechnung

Zukünftig kann man mit bis zu 70.000 ha Energiepflanzenanbau zur Biogasproduktion rechnen (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, 2010).



Aufgrund hoher ökonomischer Vorteile ist die Biogaserzeugung derzeit der Hauptgrund für die Flächenknappheit in den Milcherzeugungsregionen Schleswig-Holsteins. Die Ackerbauflächen muss man auch als langfristiges Potenzial für die Biogasbranche betrachten. Trotz alledem kann die Biogasentwicklung insgesamt zur Erhöhung der regionalen Wertschöpfung beitragen (Thiele, 2010).



3 Analyse

Bevor im nächsten Abschnitt die Fragestellung nach der relativen Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein anhand der Linearen Programmierung beantwortet werden kann, soll zunächst eine geeignete Datenbasis geschaffen und die Methode dargestellt werden. Dabei wird das Referenzmodell einer Modell-Biogasanlage definiert.

3.1 Methodik

3.1.1 Funktionsweise der Linearen Programmierung

Die Lineare Programmierung ist ein mathematisch-lineares Planungsmodell, das zur Optimierung des Gesamtdeckungsbeitrages (GDB) führt. Unter dem Gesamtdeckungsbeitrag versteht man die Differenz zwischen Erlösen und variablen Kosten. Ein lineares Optimierungsproblem wird durch einen zulässigen Bereich beschrieben, welcher durch die Restriktionen festgelegt wird. Dabei lässt sich die Maximierung den Gesamtdeckungsbeitrag GDB_t zu einem bestimmten Zeitpunkt t wie folgt definieren:

$$(1) \max_x GDB_t = \sum_{j=1}^J DB_t^j \cdot x_t^j$$

$$(2) \sum_{j=1}^J a_t^{i,j} \cdot x_t^j \leq b_t^i, i = 1, 2, \dots, I$$

$$(3) x_t^j \geq 0, j = 1, 2, \dots, J$$

Dabei kennzeichnet der Zielfunktionskoeffizient DB_t^j den Deckungsbeitrag je Einheit der Produktionsaktivität j , x_t^j die Umfänge der Aktivitäten (Produktionsverfahren), b_t^i die begrenzt zur Verfügung stehenden Kapazitäten der Faktoren i und $a_t^{i,j}$ die Faktoransprüche je Einheit der einzelnen Produktionsaktivität. Die Variablen der Funktion sind in tabellarischer Form dargestellt und dürfen nicht negativ sein (3) (Mußhoff, Hirschauer, 2004; Runzheimer, 2005).



Die Software MS-Excel mit der Solver - Funktion ist dazu anwendbar und wird basierend auf einer Matrix-Tabelle dargestellt. Voraussetzung für die Lösung mit Hilfe von MS-Excel-Solver ist ein funktionsfähiges Modell:

- die vorgegebene Planannahmen (Modellinputs) sind auf die Zielgröße bezogen (Modelloutputs)
- Darstellung aller Modellberechnungen als Formeln in Abhängigkeit von den Modellinputs
- Automatisches Ergebnis (Zielfunktion) bei der Parametrisierung (Mußhoff, Hirschauer, 2010)

Bei der Modellierung kann die Unsicherheit sehr vereinfacht abgebildet werden. Praktische Anwendungen benutzen die Berechnung eines Worst-, Base- und Best-Case-Szenarios. Dabei wird die Verteilungsinformation nicht definiert. Einfache Beispiele bei der Optimierung mit dem Solver sind die Sensitivitätsanalyse und die parametrische Programmierung (Dinkelbach, 1969). Bei der parametrischen Programmierung wird untersucht, welche Auswirkungen einzelne oder mehrere Änderungen von Ausgangsdaten (Restriktionskonstanten) des linearen Programms auf die optimale Lösung haben. Mithilfe der Sensitivitätsanalyse wird untersucht, wie stark einzelne Ausgangsdaten, bezogen auf die Zielfunktion variieren dürfen (Ossadnik, 2003).

3.2 Modellannahmen

3.2.1 Kapazitäten

Bevor man ein Modell in Excel erstellen kann, ist es notwendig die Kapazitäten zu definieren. Hierzu benötigt man die Bestimmung einzelner Produktionsverfahren und die Deckungsbeitragsrechnung auf Kreisebene.

Im Modell wird ein Landnutzungsprogramm optimiert. Um dies in einem LP-Modell zu berücksichtigen, werden die Fruchtfolgerestriktionen eingeführt. Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Pflanzenproduktion ist die Wahl von ökologisch und standortoptimierten Pflanzenarten (Kaltschmitt, Hartmann, 2009). Andererseits ist die Wahl auch von ökonomischen Notwendigkeiten bestimmt. Das standortgerechte Fruchtfolgesystem hängt vor allem von der Betriebsorganisation (z.B. Futterbedarf, Biogasanlage) und auch von den wirtschaftli-



chen Rahmenbedingungen wie beispielsweise der Absatzmöglichkeit und dem Deckungsbeitrag ab (LWK NRW, 2010). Die optimierte Gestaltung der Fruchtfolge stellt die Versorgung einer Biogasanlage mit günstigen Substraten langfristig sicher.

Um eine Fruchtfolge zu optimieren, dürfen einzelne Fruchtarten bestimmte Anteile in der Fruchtfolge nicht übersteigen. Für das LP-Modell werden sieben Produktionsverfahren in der Pflanzenproduktion gewählt: Winter-Weizen, Winter-Gerste, Raps, Silomais, Biogas-Mais, Zuckerrüben und Stilllegung. In Anlehnung an Daten zur Agrarstruktur in Schleswig-Holstein sind in Tabelle 7 mögliche Anteile der Fruchtfolgerestriktionen je nach Standortbedingungen dargestellt.

Tabelle 7: Möglicher Anteil der Fruchtfolgerestriktionen je nach Standortbedingungen

Feldfrucht	Standortbedingungen, % an der AF	
	günstig	ungünstig
Getreide	max. 60 %	max. 50 %
W-Weizen	max. 55 %	max. 45 %
Raps + Zuckerrüben	max. 20 % (Raps: min 15 %)	max. 20 % (Raps: min 15 %)
Mais	max. 40 %	max. 25 %

Quelle: eigene Darstellung

Als Datengrundlage für die Flächenbilanz gilt die Datenbasis des Statistikamts Nord in Kiel. Die erhobenen Daten wurden durch die Normdaten des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) ergänzt. Die Restriktionen von Flächenkapazitäten entsprechen den tatsächlichen Werten der Flächenausstattung der jeweiligen Kreise in Schleswig-Holstein.

Die Tierhaltungskapazitäten sind vorhanden. Die Stallkapazitäten und Produktionsintensität der Verfahren in der Tierproduktion entsprechen der Ausstattung einzelner Standorte.

Neben den Kapazitäten werden die Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsverfahren gerechnet. Die Deckungsbeitragsrechnung ist die einfache Form der Teilkostenrechnung und wird auch als Direct-Costing bezeichnet (Schmidt, 2008). Der Deckungsbeitrag einer Produkteinheit bzw. der Einheit eines Kostenträgers ergibt sich aus der Leistung je Einheit abzüglich der variablen Kosten je Einheit. Für die Vergleichbarkeit der Produktionsverfahren werden die Deckungsbeiträge nach der Faktorverwertung (z.B. je Stunde, je Hektar usw.) zusammengefasst. Die Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsverfahren wurden auf der Datenbasis der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein gerechnet. In Tabelle 8 sind die jeweiligen Produktionsverfahren (Pflanzenproduktion) mit dazugehörigen Deckungsbeiträgen



nach Kreisen aufgeführt. Für den Bereich Tierproduktion werden dieselben Kalkulationsdaten dargestellt.

Als Zielfunktion wird der Gesamtdeckungsbeitrag verwendet. Das ermöglicht einen Vergleich der Produktionsverfahren in der Region. Die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung ist ein im Vordergrund stehendes Problem in Schleswig-Holstein. Die Zielfunktion des Modells maximiert den Gesamtdeckungsbeitrag in der Analyse.

Tabelle 8: Kalkulationsdaten für das Regionalmodell, 2009

Deckungsbeitrag, €/ha	Dithmarschen	Hzgt. Lauenburg	Nordfriesland	Ostholstein	Pinneberg	Plön	Rendsburg-Eckernförde	Schleswig-Flensburg	Segeberg	Steinburg	Stormarn
W-Weizen	363	396	373	477	354	364	389	427	367	362	372
W-Gerste	278	282	368	445	313	405	417	381	360	367	368
Raps	418	451	477	512	461	480	523	523	472	472	488
Silomais	-835	-896	-896	-896	-896	-835	-896	-896	-896	-896	-896
Biogasmais	297	326	342	322	357	293	312	293	315	338	342
Zuckerrüben	1.639	1.433	1.534	1.509	0	1.377	1.488	1.523	1.477	1.151	1.422
Stille-gung	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16

Quelle: eigene Berechnung, Datenbasis Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein

3.2.2 Modell-Biogasanlage

Um die weiteren Analysen durchzuführen, wird eine praxisnahe Biogasmodellanlage für Schleswig-Holstein entwickelt. Als Datengrundlage dient die KTBL - Datensammlung: Faustzahlen Biogas 2009. Das Biogasanlage-Modell wird mithilfe von Daten der KTBL in Zusammenarbeit mit den Experten von der Investitionsbank Schleswig-Holstein ausgearbeitet.

In der Ausgangssituation handelt es sich um eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 500 kW. Um Strom zu produzieren benötigt die Biogasanlage eine Menge an Gär-



substraten. Silomais ist der heute in Deutschland am häufigsten für die Biogasanlagen genutzte nachwachsende Rohstoff. Die 500 kW Biogasanlage, die nur mit Silomais betrieben wird, muss mit über 9.975 t FM/a gespeist werden. In Tabelle 9 wird die Kalkulation der Biogaserträge für die Modellanlage aufgezeigt.

Tabelle 9: Kalkulation der Biogaserträge für die BGA 500kW_{el}

Substrat	Input [t FM/a]	TS [%]	TS [t/a]	oTS [t/a]	Biogas [m ³ /a]	CH-4 [Vol.-%]	Energie [kWh/m ³]	Pro Tag	
								m ³ /a	[kWh/m ³]
Maissilage 32 % TM	9.975	33,0%	3.291,6	3.159,9	1.994.939	52,0%	10.373.684	5.466	28.421
Gesamt	9.975		3.292	3.160	1.994.939		10.373.684	5.466	28.421

Quelle: eigene Berechnung

Es ist festzustellen, dass die Leistung einer Biogasanlage von Art, Qualität und Menge der eingesetzten Substrate beeinflusst wird (Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, 2009). Aus Tabelle 9 folgt, dass die Energieproduktion der BGA 500 kW_{el} ca. 10.378.684 kWh oder täglich mehr als 28.420 kWh beträgt. Bei der Planung einer Biogasanlage muss man auch die begrenzenden Restriktionen wie die Flächenverfügbarkeit berücksichtigen. Dementsprechend braucht die Biogasanlage mit 500 kW_{el} ca. 226 ha Maisfläche.

In der Praxis ist für die größeren Anlagen durch Skaleneffekte eine bessere Wirtschaftlichkeit zu erwarten (Holm-Müller, 2010). Bei der Ermittlung der Investitionskosten der Biogasanlage wird die Datensammlung KTBL: Faustzahlen Biogas berücksichtigt. Die Höhe der Investitionen ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Der Investitionsbedarf in der Biogasanlage teilt sich zu ca. 40 % auf BHKW und Steuerung, zu ca. 24 % auf die Substratlager Silage sowie auch zu ca. 21 % auf den Fermenter auf. Dabei muss man die Planungs- und Gründungskosten in Betracht ziehen. Dies sind ca. 10 % der Investitionskosten. Das Gesamtinvestitionsvolumen in der Anlage umfasst über 1,6 Mio. €. Tabelle 10 stellt die Kalkulationsbasis der Modell-Biogasanlage mit 500 kW_{el} vor. Die projektspezifischen variablen Kosten umfassen Substratkosten, Betriebsstoffe, Wartung und Reparatur sowie auch Laboranalysen. Technische Systeme und Einheiten bedingen aufgrund ihrer, im Zeitablauf auftretenden physischen Beanspruchung einer ständigen Überwachung und Pflege (Lindemann, 2004). Für die Wartung des BHKW's und der sonstigen Technik fallen ca. 17 % der projektspezifischen Kosten an. Durch die fachliche Betreuung im Rahmen der Laboranalyse einer Biogasanlage lassen



sich die Gaserträge auf hohem Niveau stabilisieren. Diese Kosten liegen im Modell bei 1.440 €/a. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird davon ausgegangen, dass für eine 500 kW_{el} BGA 7,24 Stunden für die Anlagenbetreuung täglich ausreichend sind. Die jährlichen Versicherungskosten sind mit ca. 0,5 % der Gesamtinvestition zu veranschlagen. Die spezifischen Investitionskosten der BGA mit 500 kW_{el} liegen bei 3.274,64 €/kW_{el}.

Biogasanlagen realisieren die Erlöse aus der festgelegten Vergütung (20 a) im Rahmen der EEG-Novelle 2009. Das Vergütungssystem ist von unterschiedlichen Boni geprägt. Dabei wird die Anlagegröße, der Substrat-Mix sowie die eingesetzte Anlagentechnik berücksichtigt (Gülzower Fachgespräche, 2009). So beträgt die Grundvergütung für eine 500 kW_{el} BGA 9,18 ct/kWh_{el}. Dazu kommt noch der NAWARo-Bonus, der nach EEG 2009 um 1 ct/kWh erhöht wurde. Dadurch wurde die Situation durch die Preiserhöhung für Agrarprodukte in 2007 stabilisiert. Die Vergütung bis 500 kW elektrische Leistungen beträgt 7 Ct/kWh.

Anhand des EEG und der jeweiligen Modellleistung wird der Umsatzerlös errechnet. Die Berechnung des Gewinns richtet sich nach der Betriebszweigabrechnung für Biogasanlagen (DLG, 2006). Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt, dass die Modell-Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 500 kW jährlich einen Bruttogewinn (ohne Substratkosten) von über 285 T€ hat. Weiterhin wird eine Risikoabschätzung durchgeführt.



Tabelle 10: Kalkulationsbasis der Modell-Biogasanlage 500 kWel

1. Prozessparameter	
Biogasenergie [kWh]	10.373.684,21
BHKW el. Leistung [kW]	500,00
BHKW th. Leistung [kW]	472
Elektrischer Wirkungsgrad gem. Hersteller [%]	38,00%
Thermischer Wirkungsgrad [%]	43,00%
Verfügbarkeit [Vbh/a]	7884,00
2. Investitionen	
Substratlager Silage	365.979,00 €
Fermenter	309.746,00 €
BHKW und Steuerung	601.649,00 €
Gärrestlager	211.098,00 €
Summe	1.488.472,00 €
Planung, Genehmigung, Gebühren, Gutachten	148.847,20 €
Summe Herstellung/Anschaffung	1.637.319,20 €
Spezifische Investkosten [€/kWel]	3.274,64 €
Gesamtinvestition	1.637.319,20 €
3. Produkte	
elektrische Energie [kWh/a]	3.942.000,00
Prozessstrombedarf	236.520,00
abzgl kalk. Prozessstrombedarf	3.705.480,00
Einspeisung 150 kW gem. EEG	1.182.600,00
Einspeisung bis 500 kW gem. EEG	2.522.880,00
thermische Energie [kWh/a]	4.460.684,21
Prozesswärmebedarf + Verluste [kWh]	849.760,34
Verfügbare Nutzwärme [kWh]	3.610.923,87
4. Umsatzerlöse	2010
Einspeisung Strom bis 150 kW	218.544,48 €
Einspeisung Strom bis 500 kW	404.165,38 €
Summe Stromerlöse gem. EEG [2009]	622.709,86 €
Summe Leistungen	622.709,86 €
5. Projektspezifische Spezialkosten	
Substratkosten	309.215,59 €
Betriebsstoffe	45.942,00 €
Wartung und Reparatur	73.662,00 €
Laboranalysen	1.440,00 €
Summe veränderliche Spezialkosten	430.259,59 €
Bruttogewinn (Deckungsbeitrag)	192.450,27 €
Fixe Kosten	
Summe Abschreibungen	135.346,00 €
Zinssatz (4%)	32.746,00 €
Versicherung	8.186,60 €
Personalkosten	39.639,00 €
Summe fixe Kosten	215.917,60 €
Bruttogewinn/Verlust (ohne Substratkosten), €/a	285.748,26 €

Quelle: eigene Berechnung aufgrund von Faustzahlen Biogas, KTBL 2009



3.2.3 Stochastische Simulation

Investitionen in Biogasanlagen sind riskant. In der Praxis existieren Einflussfaktoren, die die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage positiv oder negativ beeinflussen. Eine Risikoabschätzung mithilfe der stochastischen Simulation zeigt die Risikofaktoren auf die Varianz des Gewinns (Riessen, 2010).

3.2.3.1 Ableitung stochastischer Prozesse

Die stochastische Simulation wird auch als Monte-Carlo-Simulation bezeichnet. Die Idee der Monte Carlo-Technik ist nicht neu. In der Statistik wird diese Technik seit dem Zweiten Weltkrieg verwendet (Zimmermann, Stache, 2001).

Die Monte-Carlo Simulation ist zugleich ein parametrisches und auch ein numerisches Verfahren. Die Verteilung der Zielgröße wird numerisch-experimentell ermittelt. Aus den vorhandenen Daten werden zunächst parametrische Verteilungen für die einzelnen Zufallsvariablen geschätzt und die Korrelationen berechnet (Mußhoff, Hirschauer, 2010). Auf Grund dieser parametrischen Verteilung werden tausende von WENN-Szenarien für das Arbeitsblatt berechnet. Jeder einzelne Probensatz bildet eine Kombination von Eingabewerten, die möglicherweise auftreten können (PALISADE, 2005). Die Werte werden für die Zufallsvariablen computergestützt (z.B. Oracle Crystal Ball) generiert. In diesem Zusammenhang werden so genannte Simulationsläufe durchgeführt (Abbildung 22).

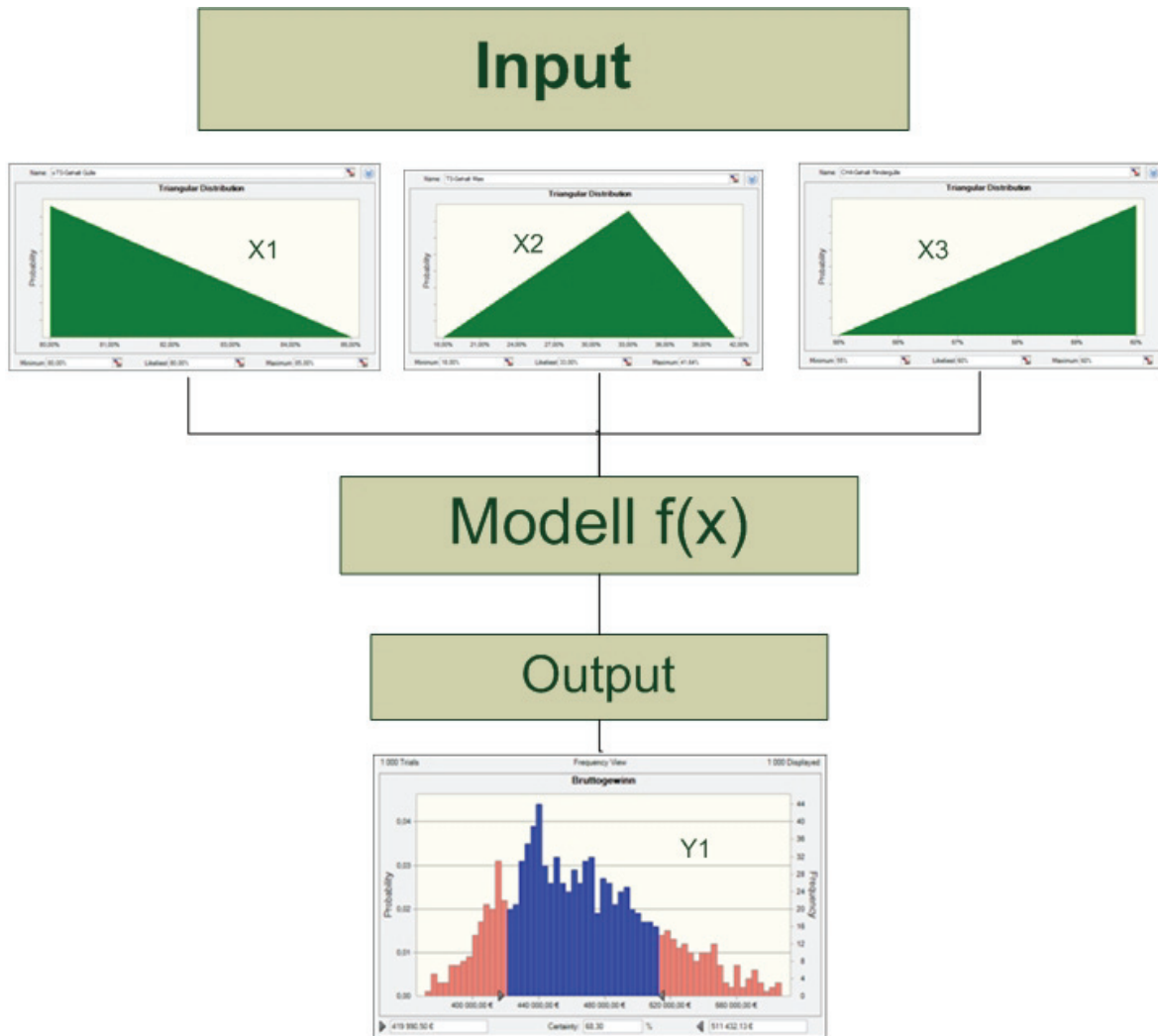


Abbildung 22: Das Grundprinzip der Monte-Carlo-Simulation

Quelle: eigene Darstellung

3.2.3.2 Wahrscheinlichkeitsverteilung

Die zentrale Voraussetzung der Risikoanalyse ist die Schätzung adäquater Verteilungen. Es gibt eine Vielzahl parametrischer Verteilungen wie z. B. Gleich-, Dreiecks- und Normalverteilung. Sie erleichtern die Charakterisierung von Zufallsvariablen.

Die Häufigkeit der Zufallszahl X für die jeweilige Ausprägung gibt an, wie oft die einzelnen Stichprobenergebnisse in der Stichprobe erhalten sind. Bei der stetigen Zufallsvariable liegen keine Einzelwahrscheinlichkeiten vor. In diesem Fall wird eine Dichtefunktion verwendet (Abbildung 23). Sie zeigt, welche Bereiche am wahrscheinlichsten auftreten. Die Verteilungs-



funktion zeigt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, darüber oder darunter zu liegen (Rauh, 2008; Mußhoff, Hirschauer, 2010).

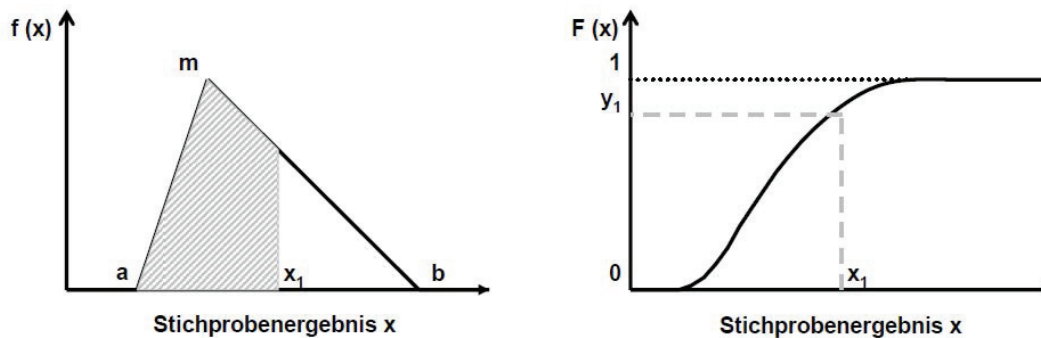


Abbildung 23: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Zufallsvariable X

Quelle: Rauh, 2008

In der Analyse wird zur Vereinfachung angenommen, dass die Wahrscheinlichkeitsvariablen dreiecksverteilt sind. Zur Charakterisierung dieser Verteilung nutzt man drei Parameter und zwar der kleinste Wert X^{\min} , der größte Wert X^{\max} und der Modus X^{mod} . In Abbildung 24 wird die Dichtefunktion für die Dreiecksverteilung dargestellt.

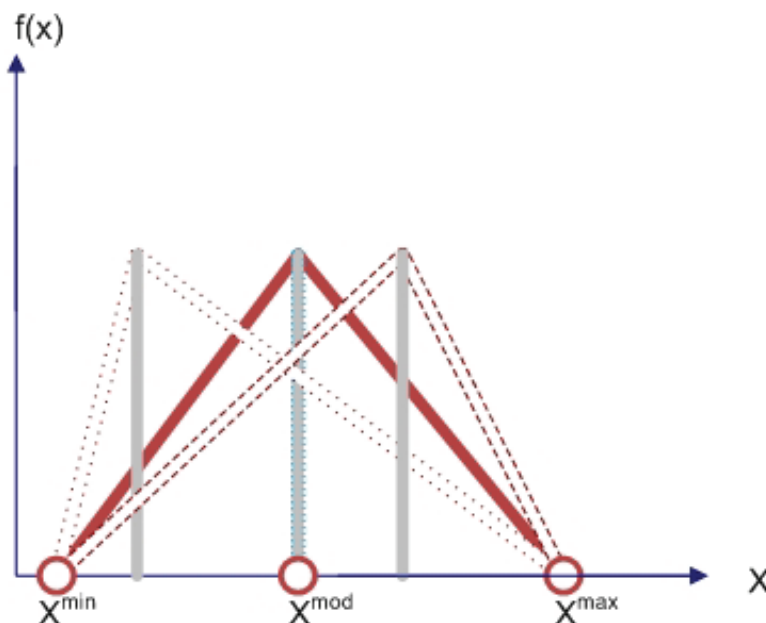


Abbildung 24: Dichtefunktion der Dreiecksverteilung

Quelle: Mußhoff, Hirschauer, 2010



Für die Dichtefunktion $f(X)$ gilt:

$$f(X) = \begin{cases} 0, & \text{wenn } X < X^{\min} \\ \frac{2 \cdot (X - X^{\min})}{(X^{\max} - X^{\min}) \cdot (X^{\text{mod}} - X^{\min})}, & \text{wenn } X^{\min} \leq X \leq X^{\text{mod}} \\ \frac{2 \cdot (X^{\max} - X)}{(X^{\max} - X^{\min}) \cdot (X^{\max} - X^{\text{mod}})}, & \text{wenn } X^{\text{mod}} \leq X \leq X^{\max} \\ 0, & \text{wenn } X^{\max} < X \end{cases}$$

Die Erwartungswert und die Varianz¹ werden wie folgend gerechnet:

$$E(X) = \frac{X^{\min} + X^{\text{mod}} + X^{\max}}{3}$$

$$V(X) = \frac{(X^{\max} - X^{\min})^2 - (X^{\text{mod}} - X^{\min}) \cdot (X^{\max} - X^{\text{mod}})}{18}$$

In die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Biogasanlage fließen zahlreiche Parameter ein. Als stochastisch während der Biogasproduktion werden folgende Größe wie z.B. Flächenausstattung, Leistung oder Wirkungsgrad des Blockheizkraftwerkes (BHKW), Substratpreise oder Flächenertrag genannt (vgl. Rauh, 2008). Die aus Expertengesprächen und der Fachliteratur zusammengefassten, in der Risikoanalyse untersuchten Parameter von Dreiecksfunktionen sind in Tabelle 11 erfasst.

Tabelle 11: Dreiecksverteilte Variablen für die Modell-Biogasanlage

Variablen	Einheit	Minimalwert	Modalwert	Maximalwert
Spezifische Gasausbeute Mais	m ³ /t FM	180,00	200,00	240,00
Spezifische Gasausbeute Rindergülle	m ³ /t FM	15,00	22,00	25,00
Elektrischer Wirkungsgrad	%	37,00	38,00	42,00
Laufzeit	h/a	7.700	7.880	8.760
<i>Investitionen</i>				
BHKW	€	540.000	600.000	720.000
Gärtechnik	€	440.000	520.000	680.000
Peripheriekosten	€	410.000	510.000	570.000

Quelle: eigene Annahmen nach KTBL, 2007; KTBL, 2009; Biogasmessprogramm II, 2009; Gülzower Fachgespräch, 2009

¹ Die Varianz (bzw. die Standardabweichung) beschreibt die durchschnittliche Streuung einer Verteilung. Sie drückt aus, wie ähnlich oder verschieden die Werte voneinander sind. Sie entspricht dem durchschnittlichen Abstand der einzelnen Werte vom Erwartungswert (Zwerenz, 2006)



Die Dreieckverteilung der Variable „Spezifische Gasausbeute Mais“ wird in Abbildung 25 dargestellt. Wie in deren Häufigkeitsverteilung zu erkennen ist, liegt Modalwert unter 200 m³/t FM. Der Minimal- und Maximalwert betragen dementsprechend 180 und 240 m³/t FM. Nach diesem Vorgehen werden die Verteilungen für die Inputvariablen definiert.

Mithilfe der Software Oracle Crystal Ball wird ein Simulationsmodell für eine Modell-Biogasanlage kalkuliert. Oracle Crystal Ball ist ein MS Excel basierendes Programm, das die Risikomodellierung und Prognose darstellt. Im Simulationsmodell wird die Zielgröße Bruttogewinn analysiert. Es wurden 5.000 Läufe durchgeführt.

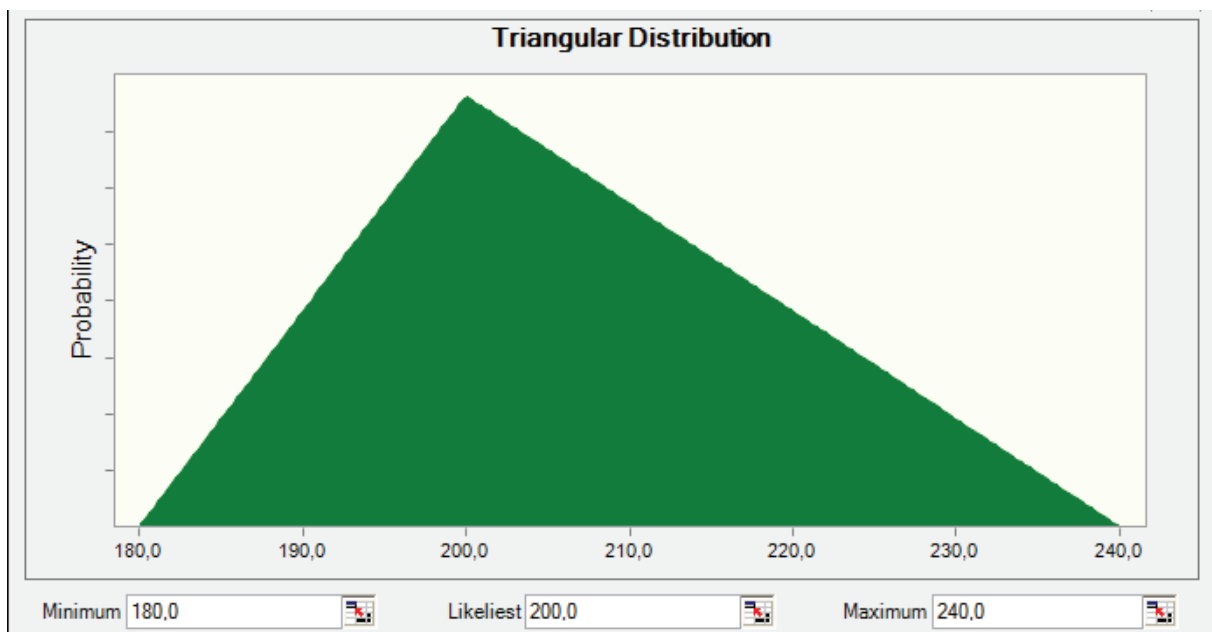


Abbildung 25: Dreieckverteilung „Spezifische Gasausbeute Mais“ [m³/t FM]

Quelle: eigene Berechnung

Die Monte-Carlo-Simulation der Modell-Biogasanlage 500 kW_{el} zur Wirtschaftlichkeitsberechnung bringt folgende Ergebnisse, die in Abbildung 26 erfasst wurden.

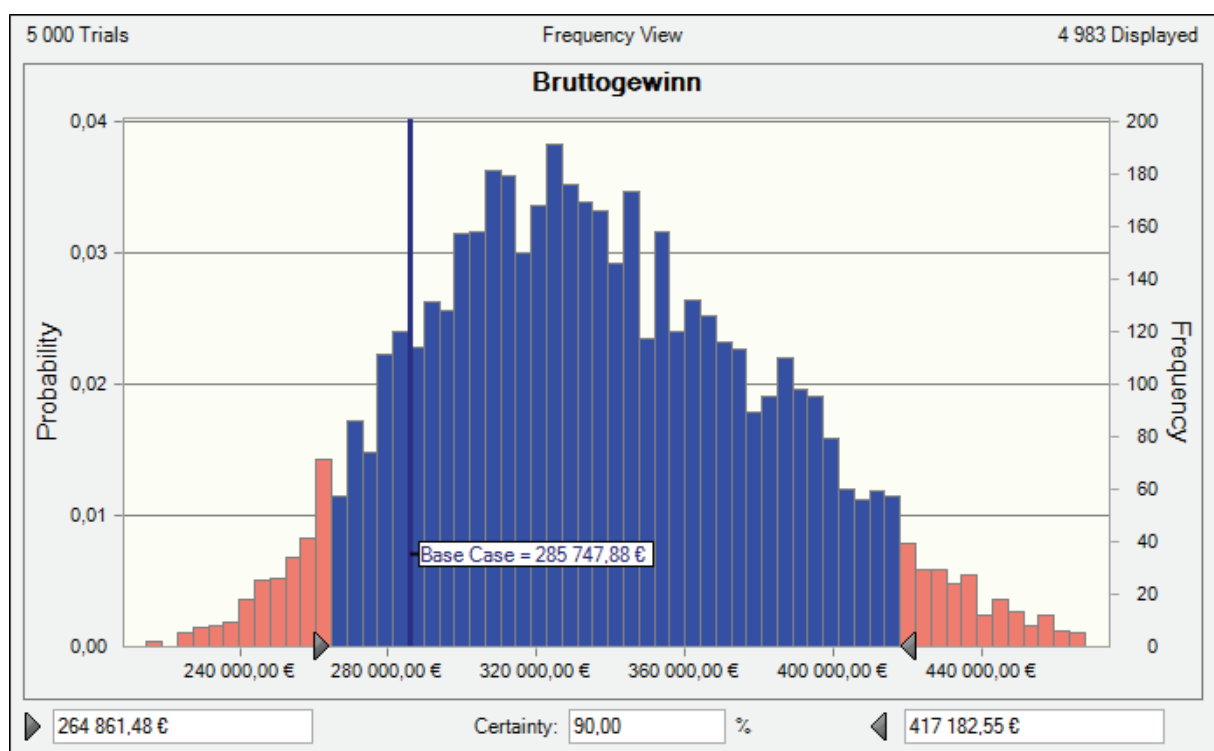


Abbildung 26: Häufigkeitsverteilung des Bruttogewinns für die Modellanlage 500 kWel

Quelle: eigene Berechnung

Eine Analyse der Häufigkeitsverteilung zeigt, in welchem Bereich der Bruttogewinn liegen kann. Der Mittelwert dieser Verteilung beträgt 332.951 €. Dies unterscheidet sich um ca. 47.204 € von der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Base Case) der Modell-Biogasanlage. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % liegt dieser Wert zwischen 264.861 € und 417.182 €. Daraus folgt auch die Wahrscheinlichkeit von unter 5 % für einen Bruttogewinn von unter 264.861 € beziehungsweise über 417.182 €.

Der nächste Schritt ist die Erfassung der Einflussfaktoren mit dem stärksten Risikopotenzial. Aus Abbildung 27 wird ersichtlich, dass das größte Risikopotenzial bei der spezifischen Gasausbeute von Mias liegt. Die Variation des Parameters führt zu einem Schwankungsbereich beim Bruttogewinn in Höhe von 70,6 %. In der Analyse der Modell-Biogasanlage schwankt die spezifische Gausausbeute von Mais zwischen 180 und 240 m³/t FM. In der Praxis können diese Richtwerte für Biogausausbeuten durch verfahrenstechnische Parameter, Stoffkonzentrationen und Hemmstoffe sowie durch die Anlagentechnik erheblich beeinflusst werden (Schwab, 2007).

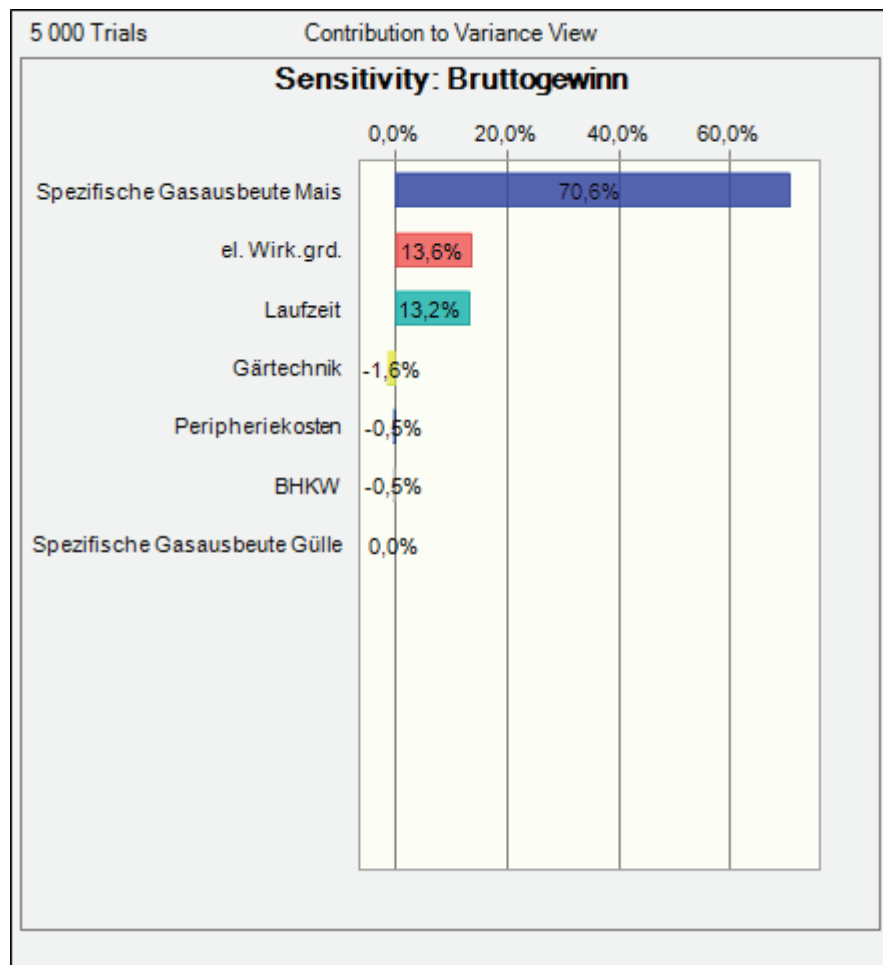


Abbildung 27: Relative Auswirkung (Sensitivitätsanalyse) des Parameters

Quelle: eigene Berechnung

An zweiter Stelle steht der elektrische Wirkungsgrad der Anlage (+13,6 %). Es ist zu betonen, dass durch technische Entwicklungen in den letzten Jahren eine deutliche Verbesserung des Wirkungsgrades von Biogasanlagen erreicht wurde. Gefolgt wird dieser von den erreichten Volllaststunden (+13,2 %). Die wichtigen Voraussetzungen dazu sind eine hohe Stabilität der Biogaserzeugung und eine geringere Ausfallhäufigkeit der Biogasanlage, sowie auch ein effektives Gasspeichermanagement (Gülzower Fachgespräche, 2009).

Die Investitionsgrößen wie Gärtechnik, BHKW und die Peripheriekosten haben einen negativen Einfluss auf den Bruttogewinn der BGA. Die Parameter Gärtechnik bzw. Fermenter nehmen den größten Anteil der Investition von Biogasanlagen ein. Das BHKW (-0,5 %) und die Peripheriekosten (-0,5 %) üben ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf die Kosten aus. Die Peripheriekosten setzen sich aus den Investitionssummen für Siloanlage, Grundstück, Erdarbeiten, Waage, Erschließung etc. zusammen. Sie machen ca. 25 - 35 % am Investitionsvolumen aus. Im diesem Fall, um das Risiko abzuschätzen, ist eine Kostenreserve anzulegen.



3.3 Ausgangssituation

3.3.1 Beschreibung des Modells

Im Folgenden wird das Regionalmodell für Schleswig-Holstein beschrieben. Als Untersuchungsregionen wurden die Kreise Herzogtum Lauenburg, Dithmarschen, Nordfriesland, Ostholstein, Pinneberg, Plön, Rendsburg-Eckernförde, Schleswig-Flensburg sowie Segeberg, Steinburg, Stormarn ausgewählt. In Tabelle 12 ist veranschaulicht, wie das Basistableau aussieht, wenn man die Information über die Kreise einträgt. Unter der Ziel stehen die einzelnen Deckungsbeiträge in T€. Der Umfang umfasst die Anbauflächen in Hektar sowie die Tierbestände in den Kreisen Schleswig-Holsteins. Sie stellen die Entscheidungsvariablen der Optimierung und gleichzeitig Inputs des GDB-Modells dar. Bei der Beschreibung der Basissituation wurde der Fokus auf die Standortvorzüglichkeit der Biogasanlagen in Schleswig-Holstein sowie die Flächendynamik in der Region gelegt. Damit wird im Regionalmodell die Spezialisierung abgegrenzt, um sehr heterogene Ertrags- und Anbauunterschiede zu zeigen. Die letzte Spalte gibt den Umfang der Biogasanlagen in den jeweiligen Kreisen an. Für die Kreise wird das Modell-Biogasanlage dargestellt. Diese Biogasanlage wirtschaftet mit typischem Flächenbedarf und Anlagentechnik. In der Basissituation beträgt die Anzahl von Biogasanlagen insgesamt 208. Der Maisflächenbedarf pro BGA ist 285,75 ha.



Tabelle 12: Basistableau (Zusammenfassung)

Produktionsverfahren	W-Weizen	Raps	W-Gerste	Silomais	Biogasmais	Zuckerrüben	Stilllegung	I Kuh	I Schaf	I Pferd	BGA
Hzgt. Lauenburg	16.772	12.483	8.064	1.695	2.985	1.141	2.763	8.769	5.341	3.268	12
Ziel [T€]	0,40	0,45	0,28	-0,90	0,33	1,43	-0,02	0,95	0,00	0,36	285,75
Dithmarschen	21.467	4.591	1.157	7.045	2.962	2.143	1.976	35.721	112.835	4.149	12
Ziel [T€]	0,47	0,42	0,16	-0,84	0,30	1,64	-0,02	0,72	0,00	0,36	285,75
Nordfriesland	22.192,00	10.572,00	1.787,00	11.965,00	9.860,00	216,00	2.089,00	64.709,00	160.847,00	4.933,00	39
Ziel [T€]	0,37	0,48	0,37	-0,90	0,34	1,74	-0,02	0,90	0,00	0,36	285,75
Ostholstein	37.742,00	21.962,00	9.677,00	1.966,00	553,20	857,00	2.907,00	9.803,00	6.665,00	3.422,00	2
Ziel [T€]	0,48	0,51	0,21	-0,90	0,32	1,51	-0,02	0,97	0,00	0,36	285,75
Pinneberg	3.209,00	1.328,00	604,00	3.541,00	913,00	0,00	609,00	14.789,00	14.170,00	5.049,00	4
Ziel [T€]	0,35	0,46	0,31	-0,90	0,36	1,00	-0,02	0,85	0,00	0,36	285,75
Plön	19.160,00	13.417,00	7.379,00	3.602,00	2.208,00	886,00	2.071,00	19.141,00	4.958,00	3.318,00	9
Ziel [T€]	0,36	0,48	0,41	-0,84	0,29	1,58	-0,02	0,96	0,00	0,36	285,75
Rendsburg-Eckernförde	19.297,00	15.596,00	8.878,00	13.014,00	7.040,00	2.236,00	3.384,00	64.409,00	21.155,00	7.883,00	28
Ziel [T€]	0,39	0,52	0,42	-0,90	0,31	1,69	-0,02	0,81	0,00	0,36	285,75
Schleswig-Flensburg	19.115,00	14.611,00	8.746,00	13.653,00	18.181,70	1.296,00	2.912,00	70.651,00	18.295,00	4.779,00	72
Ziel [T€]	0,43	0,52	0,38	-0,90	0,29	1,73	-0,02	0,90	0,00	0,36	285,75
Segeberg	10.973,00	9.251,00	5.531,00	4.838,00	5.395,60	822,00	2.598,00	24.644,00	5.268,00	5.239,00	21
Ziel [T€]	0,37	0,47	0,36	-0,90	0,32	1,68	-0,02	0,83	0,00	0,36	285,75
Steinburg	7.084,00	3.950,00	2.266,00	8.171,00	422,60	686,00	1.243,00	42.753,00	15.927,00	3.370,00	2
Ziel [T€]	0,36	0,47	0,37	-0,90	0,34	1,36	-0,02	0,72	0,00	0,36	285,75
Stormarn	11.735,00	8.625,00	5.922,00	2.019,00	1.664,56	284,00	1.182,00	10.084,00	1.570,00	5.090,00	7
Ziel [T€]	0,37	0,49	0,37	-0,90	0,34	1,63	-0,02	0,95	0,00	0,36	285,75

Quelle: eigene Berechnung

GDB [T€] 512.610,89



Im entwickelten Regionalmodell wird die so genannte Top-Down-Betrachtung (vom regionalen Gesamteffekt auf die Einzelkreise) verwendet. Die letzte Zeile bezieht sich auf die Zielfunktion Gesamtdeckungsbeitrag (GDB). In der Basissituation beträgt GDB ca. 512.610,89 T€. Mit Hilfe der mathematischen Formulierung der Produktionsverfahren im Rahmen des LP-Modells, wie beispielsweise die Fruchtfolgeanteile der angebaute Kulturen und Tierhaltungskapazitäten wird sichergestellt, dass die errechneten Modellergebnisse auch eine praxisnahe Lösung haben. Das Modell versucht die Produktionsstruktur in der Region zu optimieren bzw. die GDB zu maximieren. Nach der Basissituation werden zwei Szenarien dargestellt. Dabei werden die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten der Biogasbranche in Schleswig-Holstein ermittelt.

3.3.2 Beschreibung der Szenarien

Um die Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein unter derzeitigen Rahmenbedingungen zu analysieren wurden zwei Szenarien für die ausgewählten Kreise im Bundesland formuliert.

Szenario I: Politische Trendsetzung

Die dynamische Entwicklung der Biogasproduktion hat Einfluss auf die anderen Betriebszweige in der Landwirtschaft. Besonders mit dem Wachstum der Anlagengröße wird damit auch der Flächenbedarf wachsen.

Seit der EEG-Novellierung 2009 wurde erstmalig der Güllebonus eingeführt. Über die durch den Güllebonus verbesserten Einspeisevergütung steigt der Anzahl von kleinen Biogasanlagen (bis 150 kW). Der Betreiber von einer NaWaRo-Anlage bekommt eine zusätzliche Vergütung wenn mindestens 30 % Gülle verwertet werden. Der Mindestanteil der Gülle ist durch ein Gutachten eines Umweltgutachters nachzuweisen (EEG, 2009).

Der Gülleinsatz hat besonders für kleinere Biogasanlagen sehr hohe ökonomische Relevanz (Tabelle 13). Für Anlagen bis 150 kW beträgt der Güllebonus vier Cent/kWh. Über 150 bis 500 kW erhält der Betreiber einen Cent/kWh, wobei für BGA's bis 150 kW weniger Maissilage erforderlich ist.



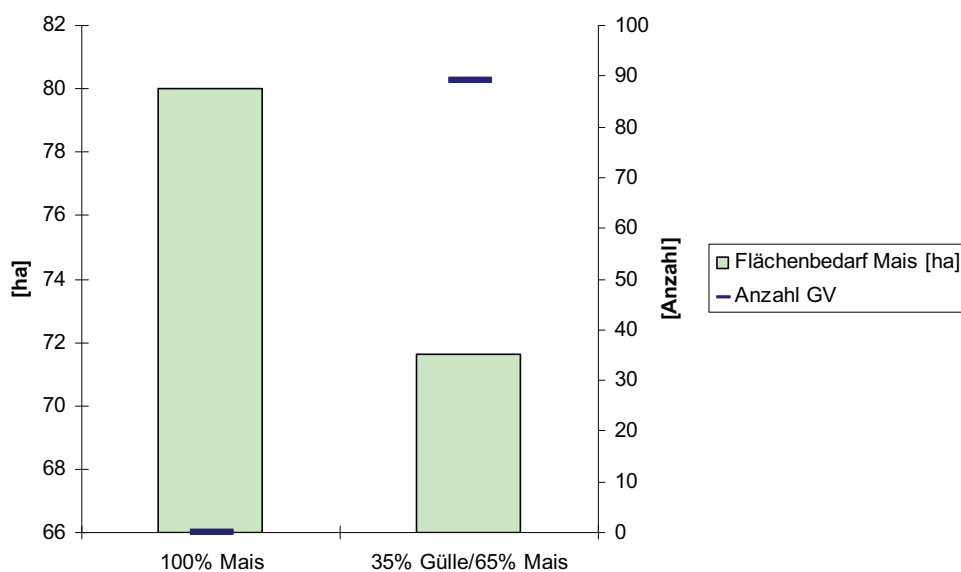
Tabelle 13: Vergütungssätze für die eingespeiste elektrische Energie aus Biogas

Vergütungsart	bis 150 kW [ct/kWh _{el}]	150 kW bis 500 kW [ct/kWh _{el}]
Grundvergütung	11,67	9,18
NAWARO-Bonus	7,0	7,0
Güllebonus	4,0	1,0
KWK-Bonus	3,0	3,0
Landschaftspflegebonus	2,0	2,0

Quelle: Faustzahlen Biogas, KTBL 2009

Von diesem Hintergrund wurde das Szenario I: Politische Trendsetzung erstellt. Es wird in der Region neue Modell-Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung 150 kW angeboten. Hinzu stehen die Gülle kostenfrei und der neu geschaffene Güllebonus von bis zu 4 Cent/kWh zur Verfügung. In diesem Zusammenhang werden die zwei Substrate: Gülle/Mais im Verhältnis 35%/65% bei der Biogasanlage 150 kW eingesetzt.

Zur Analyse sind die Modellannahmen für eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung 150 kW in Tabelle 14 dargestellt. Für die Modellanlage wird von rund 751 T€ Investitionskosten ausgegangen. Die Investitionen teilen sich zu ca. 36 % auf BHKW und Steuerung, zu ca. 33 % auf Peripheriekosten, zu ca. 16 % auf Gärrestlager und zu ca. 15 % auf Fermenter auf. Die projektspezifischen Kosten der BGA liegen bei 47.771 €. Die Faustzahl für den Arbeitszeitbedarf einer Biogasanlage 150 kW_{el} beträgt 3,25 Stunden. Daraus ergeben sich die jährlichen Personalkosten in Höhe von ca. 17.793 €. Der Umsatzerlös wird durch das EEG bestimmt und macht jährlich ca. 299.128 €.

Abbildung 28: Flächenbedarf und Tierbestandgröße für die BGA 150_{el}

Quelle: eigene Berechnung



Tabelle 14: Kalkulationsbasis der Modell-Biogasanlage 150 kWel

1. Prozessparameter	
Biogasenergie [kWh]	3.143.969,75
	1. BHKW
BHKW el. Leistung [kW]	150,00
BHKW th. Leistung [kW]	142,00
Elektrischer Wirkungsgrad gem. Hersteller [%]	36,00%
Thermischer Wirkungsgrad [%]	42,00%
Verfügbarkeit [Vbh/a]	7884,00
Stromkennzahl	0,90
2. Investitionen	
Substratlager Silage	183.308,00 €
Fermenter	108.185,00 €
BHKW und Steuerung	273.777,00 €
Gärrestlager	117.475,00 €
Summe	682.745,00 €
Planung, Genehmigung, Gebühren, Gutachten	68.274,50 €
Summe Herstellung/Anschaffung	751.019,50 €
Spezifische Investkosten [€/kWel]	5.006,80 €
Gesamtinvestition	751.019,50 €
3. Produkte	
elektrische Energie [kWh/a]	1.131.829,11
Prozessstrombedarf	45.273,16
Einspeisung 150 kW gem. EEG	1.086.555,95
thermische Energie [kWh/a]	1.320.467,30
Prozesswärmebedarf + Verluste [kWh]	251.549,02
Verfügbare Nutzwärme [kWh]	1.068.918,28
4. Umsatzerlöse	
	2010
Einspeisung Strom bis 150 kW	256.101,24 €
Güllebonus (30 Masseprozent, <150 kW)	43.027,62 €
Summe Leistungen	299.128,85 €
5. Projektspezifische Spezialkosten	
Substratkosten	87.719,46 €
Betriebsstoffe	29.387,00 €
Wartung und Reparatur	17.664,00 €
Laboranalysen	720,00 €
Summe verändliche Spezialkosten	135.490,46 €
Bruttogewinn (Deckungsbeitrag)	163.638,40 €
Fixe Kosten	
Summe Abschreibungen	78.443,00 €
Zinssatz (4%)	15.020,00 €
Versicherung	3.755,10 €
Personalkosten	17.793,75 €
Summe fixe Kosten	115.011,85 €
Bruttogewinn/Verlust (ohne Substratkosten), €/a	136.346,00 €

Quelle: eigene Berechnung aufgrund von Faustzahlen Biogas, KTBL 2009



Durch die Substratkombination in der Biogasanlage 150 kW_{el} und die Milcherzeugung in der Region verbessert sich das betriebswirtschaftliche Ergebnis deutlich. Es ist zu betonen, dass die Biogasanlage 150 kW_{el} ca. 71,6 ha im Vergleich zur NaWaRo BGA mit 80 ha Flächenbedarf benötigt (Abbildung 28).

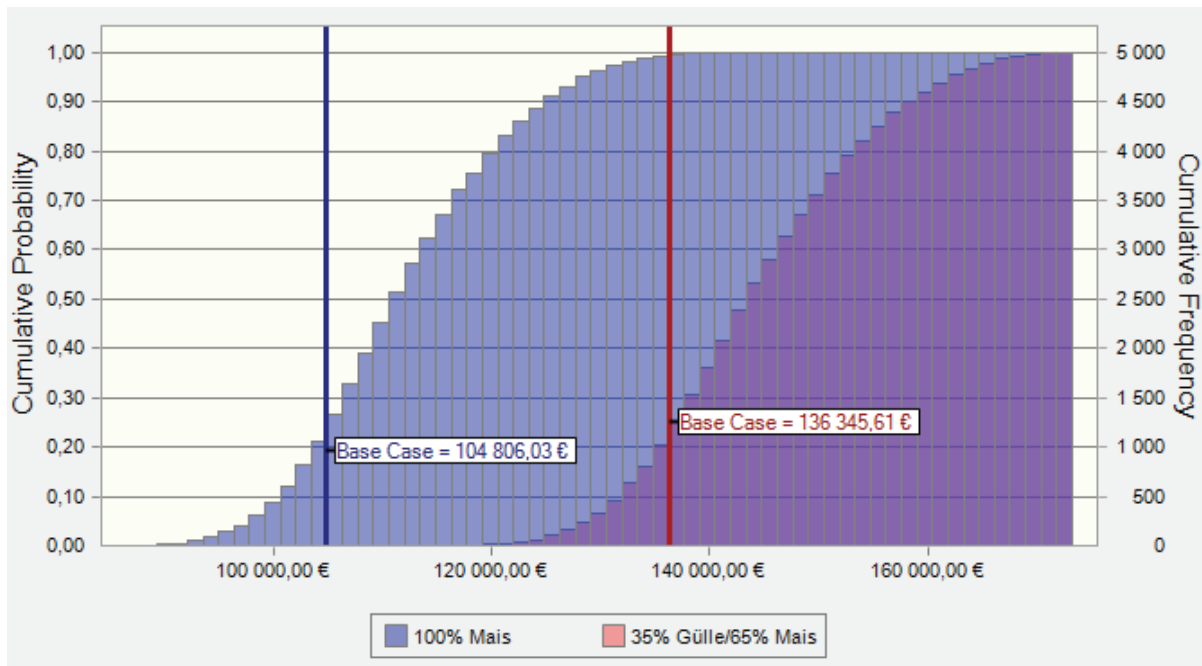


Abbildung 29: Risikoprofil des Bruttogewinns im Rahmen einer Modell-Biogasanlage 150 kW_{el} in Abhängigkeit vom Anteil des Kosubstrates (Mais und Gülle)

Quelle: eigene Berechnung

In Abbildung 29 ist der Unterschied zwischen Verteilungsfunktion Bruttogewinns der BGA 150 kW_{el} in Abhängigkeit vom Anteil des Kosubstrates zu sehen. Die rechte Kurve (35 % Gülle/65 % Mais) zeigt eine bessere Wirtschaftlichkeit im Risikoprofil. Der Mittelwert dieser Verteilung beträgt 143.911 €. Dies unterscheidet sich um ca. 7.566 € von der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Base Case) der Modell-Biogasanlage. Hierbei kann auf Grund des Minimums (118.847 €) und das Maximums (179.049 €) das worst- bzw. best-case Szenario bestimmt werden. Im Gegenteil zeigt die Variante BGA 150 kW_{el} mit "100 % Mais" eine geringere Bandbreite des Bruttogewinns (Base Case -23 %). In diesem Fall liegt das worst-case Szenario bei 86.288 € und das best-case Szenario beträgt 143.117 €.



Szenario II: Regionaler Rohstofftransfer

Das Szenario II: Regionaler Rohstofftransfer befasst sich mit dem Einfluss des Maistransfers auf die relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein. Die tatsächlichen Transportkosten von Silomais hängen von vielen Faktoren ab. Neben der Transportentfernung (Abbildung 30) spielen auch die gewählten Technik, die Auslastung, die Dieselpreise sowie die Verteilung der Schläge eine Rolle (Gülzower Fachgespräche, 2009).

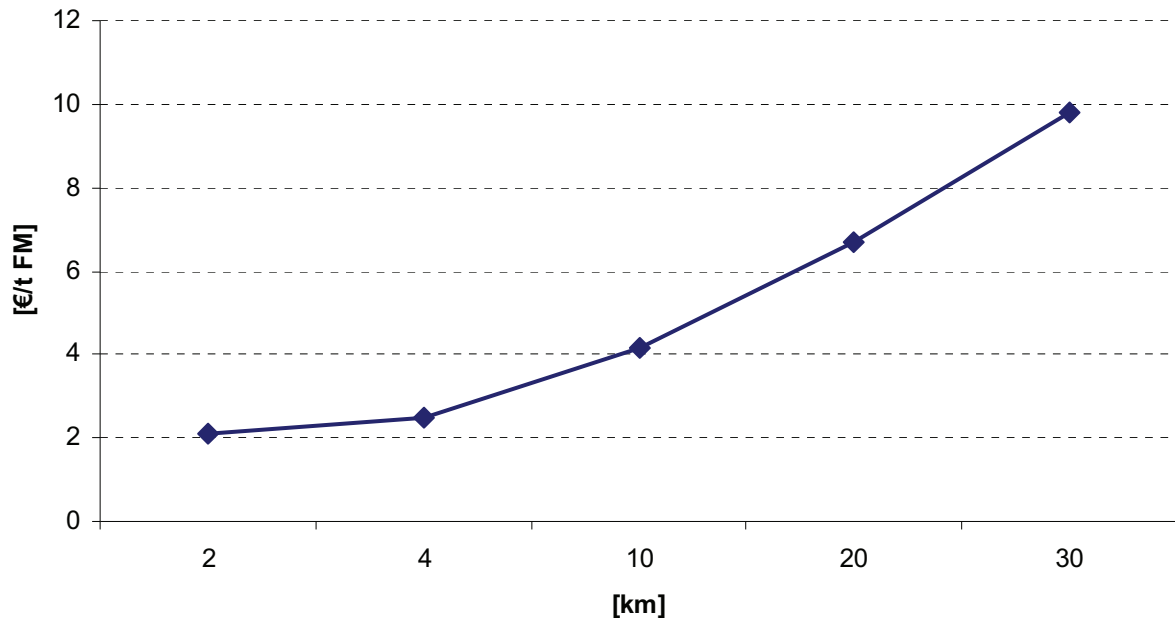


Abbildung 30: Transportkosten (Mais) je Tonne Frischmasse

Quelle: KTBL (2007), eigene Darstellung

Frühere Untersuchungen haben gemeinsam, dass Silomais im Vergleich zum Beispiel mit Weizen und Zuckerrüben über mittlere Transportstrecken seine Vorteilhaftigkeit zeigt. Anhand des Thünen-Modells zeigte Silomais im Umfeld der Biogasanlage von 20 km die höchste Lagerente² (Holm-Müller, Steinmann, 2010). Im Modell wird davon ausgegangen, dass für Schleswig-Holstein zwei Modell-Biogasanlagen mit elektrischen Leistungen von 150 kW und 500 kW mit ca. 71,6/226,2 ha der Silomaisanbauflächen zur Verfügung stehen. Es ist zu betonen, dass Mais oft aus Transportkostengründen in der Nähe der Biogasanlage angebaut wird. Bezogen auf die verfügbaren Flächen in Schleswig-Holstein lässt sich ein Problem ausmachen. Um den Flächendruck nicht zu verschärfen wird ein Maistransfer zwischen nah liegen-

² Lagerente bestimmt, welches Produkt an welchem Standort hergestellt werden sollte und repräsentiert den potentiellen Gewinn, den ein Produzent mit einem bestimmten Gut bei einem bestimmten Marktpreis erzielen kann (Holm-Müller, Steinmann, 2010)



den Kreisen vorgeschlagen. Der durchschnittliche Transportweg beträgt ca. 20 km wobei die Transportkosten von Mais bei 20 €/ha liegen.

3.4 Modellergebnisse

3.4.1 Optimierte Ausgangssituation

In Tabelle 15 ist gemäß den Modellergebnissen ein optimales Anbauprogramm für ausgewählte Produktionsverfahren im Pflanzenbau (Winter-Weizen, Raps, Winter-Gerste, Silomais, Biogasmals, Zuckerrüben und Stilllegung) veranschaulicht. Berechnet man die Spalte "Winterweizen" und "Raps", so wird ersichtlich, dass diese Produktionsverfahren insgesamt in Schleswig-Holstein an Bedeutung verlieren. In den Hohertragsgebieten Ostholstein, Plön, Rendsburg-Eckernförde und Steinburg weist das optimierte Regionalmodell gegenüber der Ausgangssituation einen deutlich geringeren Winter-Weizenanteil in der Fruchtfolge auf (Ostholstein: -19,8 %, Plön: -100 %, Rendsburg-Eckernförde: -100 % und in Steinburg: -100 %). Gleichzeitig steigt der Anteil an Biogasmalsflächen in der Region. Die über das EEG geförderte Biogaserzeugung verdrängt zunehmend den klassischen Anbau von Marktfrüchten. Dazu kommt noch der Preisverfall auf dem Getreidemarkt (Abbildung 31).

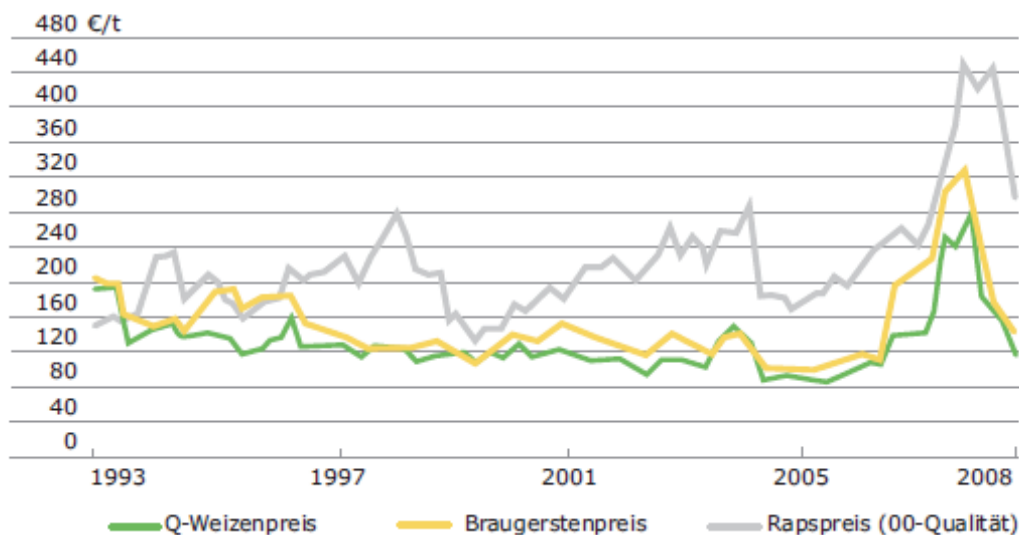


Abbildung 31: Monatspreise pflanzlicher Produkte, Deutschland 1/93-12/08

Quelle: Artravia, 2010

Bei der Optimierung wurde ein deutlicher Anreiz für eine weitere Zunahme der Biogasanlagen in den Ackerbauregionen Schleswig-Holsteins gesetzt. Da die Ackerbauregionen als lang-



fristiges Potenzial für die Biogasentwicklung im Bundesland anzusehen sind, steigt die Anzahl der BGAs um mehr als 100 %. Davon profitieren vor allem die Kreise Ostholstein (+110 BGAs), Plön (+53 BGAs) und Stormarn (+35 BGAs) (Abbildung 32). Die Anzahl der Biogasanlagen in den Kreisen Nordfriesland, Rendsburg-Eckernförde, Schleswig-Flensburg und Segeberg bleibt stabil, da dort kein Wachstum der Biogasmaisflächen beobachtet wurde. Der Anteil der Stilllegungsflächen nimmt ab, da auch diese ursprünglich als Instrument zur Begrenzung von Produktionsüberschüssen eingeführt wurden. Derzeit werden sie häufig für den Anbau von NaWaRo benutzt. Die Zuckerrüben bleiben in der Region im maximal möglichen Umfang in der Optimallösung.



Tabelle 15: Optimales Anbauprogramm in Schleswig-Holstein

	Ist										Optimal											
	W-Weizen [ha]	Raps [ha]	W-Gerste [ha]	Silomais [ha]	Biogasmais [ha]	ZR [ha]	Stilllegung [ha]	W-Weizen [ha]	Raps [ha]	W-Gerste [ha]	Silomais [ha]	Biogasmais [ha]	ZR [ha]	Stilllegung [ha]	W-Weizen [ha]	Raps [ha]	W-Gerste [ha]	Silomais [ha]	Biogasmais [ha]	ZR [ha]	Stilllegung [ha]	
Hzgt. Lauenbur	16.772,0	12.483,0	8.064,0	1.695,0	2.985,0	1.141,0	2.763,0	18.361,2	4.590,3	0,0	1.718,7	16.642,5	4.590,3	0,0	18.361,2	4.590,3	0,0	1.718,7	16.642,5	4.590,3	4.590,3	0,0
Dithmarschen	21.467,0	4.591,0	1.157,0	7.045,0	2.962,4	2.143,0	1.976,0	16.536,4	4.134,1	0,0	7.001,3	9.535,1	4.134,1	0,0	16.536,4	4.134,1	0,0	7.001,3	9.535,1	4.134,1	4.134,1	0,0
Nordfriesland	22.192,0	10.572,0	1.787,0	11.965,0	9.860,0	2.16,0	2.089,0	29.340,5	8.802,1	0,0	4.822,8	9.847,5	2.934,0	0,0	29.340,5	8.802,1	0,0	4.822,8	9.847,5	2.934,0	2.934,0	0,0
Ostholstein	37.742,0	21.962,0	9.677,0	1.966,0	553,2	857,0	2.907,0	30.265,6	7.566,4	0,0	1.921,4	28.344,2	7.566,4	0,0	30.265,6	7.566,4	0,0	1.921,4	28.344,2	7.566,4	0,0	0,0
Pinneberg	3.209,0	1.328,0	604,0	3.541,0	913,0	0,0	609,0	5.612,2	1.020,4	0,0	1.541,0	1.010,0	1.020,4	0,0	5.612,2	1.020,4	0,0	1.541,0	1.010,0	1.020,4	1.020,4	0,0
Plön	19.160,0	13.417,0	7.379,0	3.602,0	2.208,0	886,0	2.071,0	0,0	4.872,3	19.489,2	3.751,6	15.737,6	4.872,3	0,0	0,0	4.872,3	19.489,2	3.751,6	15.737,6	4.872,3	4.872,3	0,0
Rendsburg-Eckernförde	19.297,0	15.596,0	8.878,0	13.014,0	7.040,0	2.236,0	3.384,0	0,0	6.944,5	38.194,8	10.291,3	7.070,0	6.944,5	0,0	0,0	6.944,5	38.194,8	10.291,3	7.070,0	6.944,5	6.944,5	0,0
Schleswig-Flensburg	19.115,0	14.611,0	8.746,0	13.653,0	18.181,7	1.296,0	2.912,0	39.257,5	11.777,2	0,0	1.448,8	18.180,0	3.925,7	0,0	39.257,5	11.777,2	0,0	1.448,8	18.180,0	3.925,7	3.925,7	0,0
Segeberg	10.973,0	9.251,0	5.531,0	4.838,0	5.395,6	822,0	2.598,0	19.704,5	5.911,4	0,0	4.549,8	5.302,5	1.970,5	0,0	19.704,5	5.911,4	0,0	4.549,8	5.302,5	1.970,5	1.970,5	0,0
Steinburg	7.084,0	3.950,0	2.266,0	8.171,0	422,6	686,0	1.243,0	0,0	2.382,3	13.102,6	5.450,7	505,0	2.382,3	0,0	0,0	2.382,3	13.102,6	5.450,7	505,0	2.382,3	2.382,3	0,0
Stormarn	11.735,0	8.625,0	5.922,0	2.019,0	1.664,6	284,0	1.182,0	12.572,8	3.143,2	0,0	1.976,5	10.596,3	3.143,2	0,0	12.572,8	3.143,2	0,0	1.976,5	10.596,3	3.143,2	3.143,2	0,0

Quelle: eigene Berechnung

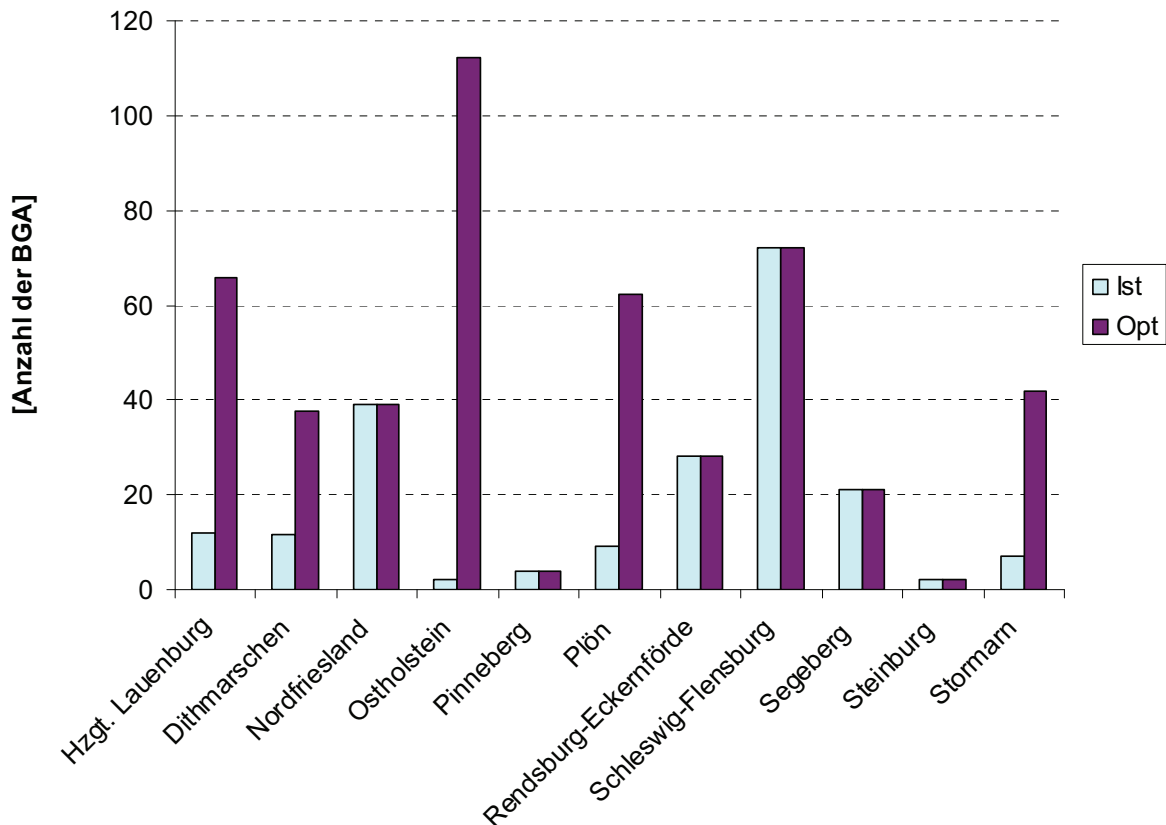


Abbildung 32: Entwicklung der Anzahl der Biogasanlagen im optimierten Regionalmodell

Quelle: eigene Berechnung

Der errechnete Gesamtdeckungsbeitrag im Basis-Regionalmodell beträgt 512.610 T€. Nach der Optimierung konnte der GDB auf 544.824 T€ angehoben werden. Als Hauptursache ist die Biogasentwicklung in der Region zu nennen. Laut Aussage der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein wird bei einer durchschnittlichen Milchleistung von 9.000 kg/Kuh/Jahr eine Bodenverwertung von ca. 1.200 €/ha erreicht. Im Gegenteil dazu erzielt die Biogaserzeugung eine Bodenverwertung von ca. 1.380 €/ha. Eine weitere Ursache für den erhöhten Gesamtdeckungsbeitrag ist die Steigerung des Anbauniveaus von profitableren Kulturen, wie z.B. Zuckerrüben.

3.4.2 Szenario I: Politische Trendsetzung

Im Folgenden wird das Szenario I: Politische Trendsetzung ausgearbeitet. Im Falle des Szenario I kommt das Regionalmodell zum Ergebnis, dass die Fruchtfolgeanteile von ausgewählten Anbaukulturen nicht geändert werden. Dafür sprechen die Grenzverlustwerte bei der Sensiti-



vitätsanalyse. Da im vorliegenden Szenario I alle Anbauproduktionsaktivitäten in der Optimallösung sind, sind die Grenzverlustwerte gleich Null.

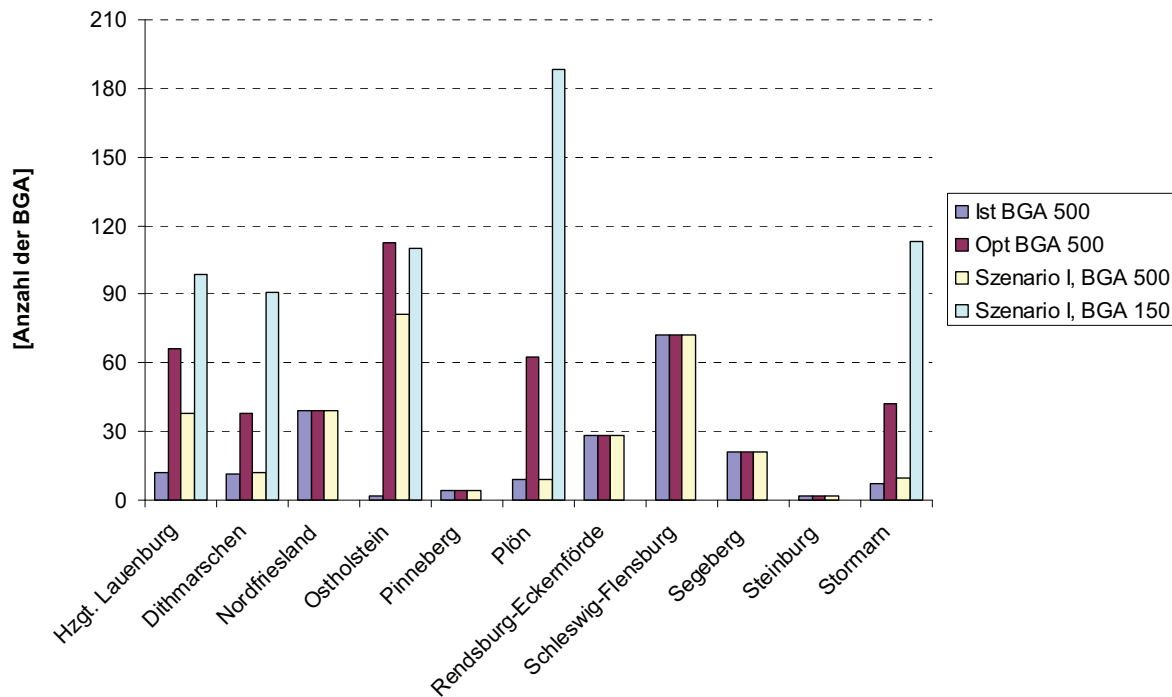


Abbildung 33: Potentielle Biogasentwicklung in Schleswig-Holstein nach Szenario I

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 33 zeigt die potentielle Biogasentwicklung in Schleswig-Holstein nach Szenario I: Politische Trendsetzung. In den Kreisen Herzogtum Lauenburg (-28 BGAs), Dithmarschen (-26 BGAs), Ostholstein (-31 BGAs), Plön (-53 BGAs) und Stormarn (-32 BGAs) wird eine rückläufige Tendenz bei BGAs bis 500 kW_{el} zu beobachten sein. Die Anzahl der BGAs in den Kreisen Pinneberg, Rendsburg-Eckernförde, Schleswig-Flensburg, Segeberg und Steinburg bleibt hingegen auf dem Basisniveau.

Es ist zu erwähnen, dass die Novellierung des EEG 2009 einen Boom für kleine Biogasanlagen (z.B. BGAs bis 150 kW_{el}) ausgelöst hat. Hohe spezifische Investitionskosten bei der Biogasanlage mit einer installierten elektrischen Leistung bis 150 kW zeigen trotzdem eine hohe Rentabilität. Für die 150 kW_{el} Modellanlage wird von rund 5.006 €/kW_{el} (500 kW_{el}: 3.274 €/kW_{el}) Investitionskosten ausgegangen. Über den Güllebonus wird zusätzlich eine deutliche Steigerung des Bruttogewinns (+30 %) erreicht. Insgesamt werden in Schleswig-Holstein 601 "kleine" Biogasanlagen gebaut. Im Falle eines weiteren Ausbaus der Biogasbranche im Szenario I sinkt die Anzahl der BGA bis 500 kW_{el} um 35 % zur optimierten Ausgangssituation. Als weitere Ergebnisse liefert das Regionalmodell die optimalen Standorte für



BGA's bis 150 kW_{el}. Die Kreise Plön (+188 BGAs), Stormarn (+113 BGAs), Ostholstein (+110 BGAs), Herzogtum Launeburg (+99 BGAs) und Dithmarschen (+91 BGAs) erweisen sich als besonders geeignete Potenzialstandorte für die Biogasentwicklung in der Region. Der Gesamtdeckungsbeitrag im Regionalmodell nach Szenario I: Politische Trendsetzung beträgt 578.064 T€. Das macht eine Differenz von 6,1 % zur optimierten Ausgangssituation.

3.4.3 Szenario II: Regionaler Rohstofftransfer

In einem zweiten Szenario wurde die zukünftige Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion Schleswig-Holsteins aus dem Biogaspotenzial nach Szenario I: Politische Trendsetzung mit ähnlichen Produktionsverfahren, aber mit der neuen Transferaktivität: "Maistransfer" abgeleitet.

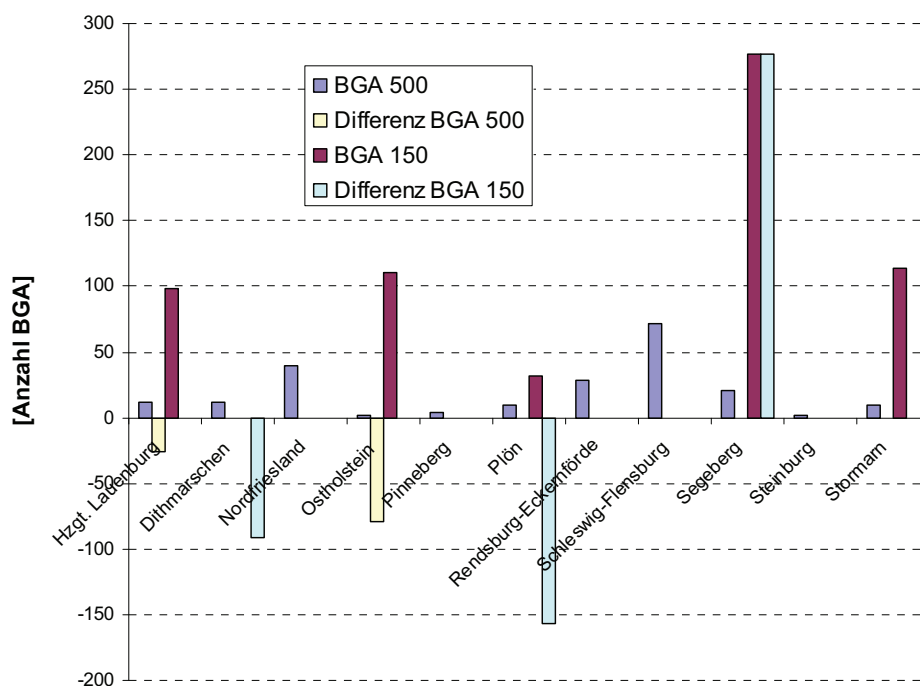


Abbildung 34: Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein nach Szenario II: Regionaler Rohstofftransfer

Quelle: eigene Berechnung

In Abbildung 34 werden die Ergebnisse von Szenario II anhand der Differenz (Anzahl der Biogasanlagen) zu Szenario I gegenübergestellt. Der Maistransfer in der Region führt zunächst zu einer Ausdehnung von Biogasanlagen mit elektrischer Leistung bis 150 kW. Regional steigt die Anzahl "kleiner" Biogasanlagen um 5 % (631 BGAs). Die Modellrechnungen



zeigen, dass in Dithmarschen und Ostholstein die Anzahl der BGA bis 500 kW_{el} auf das Niveau der Basissituation zurückfallen. Für die 150 kW_{el} Modellanlagen wird eine rückläufige Tendenz in den Kreisen Dithmarschen (-91 BGAs) und Plön (-156 BGAs) zu beobachten sein. In Segeberg weist das Regionalmodell ein Potential mit +277 BGAs bis 150 kW_{el} auf.



Tabelle 16: Maistransfer in Schleswig-Holstein [ha]

von	Dithmarschen	Nordfriesland	Ostholstein	Pinneberg	Plön	Rendsburg-Eckerförde	Schleswig-Flensburg	Segeberg	Steinburg	Stormarn	Herzogtum Lauenburg
Dithmarschen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nordfriesland	0	0	0	0	0	0	7.860	0	0	0	0
Ostholstein	0	0	0	0	0	0	0	1.010	0	1.010	0
Pinneberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plön	0	0	4.889	0	0	0	0	0	0	0	0
Rendsburg-Eckerförde	0	0	0	0	16.087	0	0	0	0	0	0
Schleswig-Flensburg	6.505	0	0	0	0	13.754	0	0	0	0	0
Segeberg	0	0	21.621	0	0	0	0	0	0	0	0
Steinburg	0	0	0	0	0	0	0	505	0	0	0
Stormarn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herzogtum Lauenburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quelle: eigene Berechnung



Als weitere Ergebnisse liefert das Modell die Aussagen, von welchem Standort und in welchem Umfang der Mais als Rohstoff von Biogasanlagen transportiert werden könnte. Wie aus Tabelle 16 hervorgeht, findet in Schleswig-Holstein ein intensiver Maistransfer zwischen Nachbarkreisen statt. Im Kreis Segeberg fällt ein großer Maistransfer von Ostholstein (21.621 ha) an. Als Ursache ist der Aufbau der Biogasbranche im Kreis (Abbildung 34) zu sehen. Die anderen Transfermöglichkeiten von Mais bestehen von Dithmarschen nach Schleswig-Flensburg (6.505 ha), von Plön nach Rendsburg-Eckernförde (16.087 ha), von Rendsburg-Eckernförde nach Schleswig-Flensburg (13.754 ha), von Herzogtum Lauenburg nach Ostholstein (6.558 ha). Da in diesen Kreisen die Produktionskapazitäten begrenzt sind bzw. die hohe Anlagendichte zu beobachten ist, wird in Szenario II: Regionaler Rohstofftransfer keine weitere Biogasentwicklung gekennzeichnet.

In dem hier untersuchten Szenario wird unterstellt, dass durch zusätzlichen regionalen Maistransfer die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung in Schleswig-Holstein möglich ist. Daraus resultiert dementsprechend auch der höhere Gesamtdeckungsbeitrag in Höhe von 631.113 T€. Die in diesem Kapitel gewonnenen Erkenntnisse sollen im nächsten Abschnitt diskutiert werden, um die weiteren Empfehlungen für eine Umsetzung in die Praxis entwickeln zu können.

4 Bewertung und Schlussfolgerung

In Schleswig-Holstein ist die Zunahme der Silomaisflächen auf die Biogasproduktion zurückzuführen. Somit steigt in der Region die Flächenkonkurrenz zwischen Milch- und Biogasproduktion.

Mit den unterschiedlichen Modellansätzen wurde das Flächenpotenzial der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein aus verschiedenen Gesichtspunkten untersucht. Mit Hilfe der Linearen Programmierung wurde bestimmt, an welchen Standorten eine Ausweitung der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein optimaler wird. Hierbei ist die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung bzw. die Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrags der Landwirtschaft in der Region erforderlich. Abbildung 35 zeigt den Anstieg des Gesamtdeckungsbeitrags in den verschiedenen LP-Matrizen bei unterschiedlichen Produktionsbedingungen.

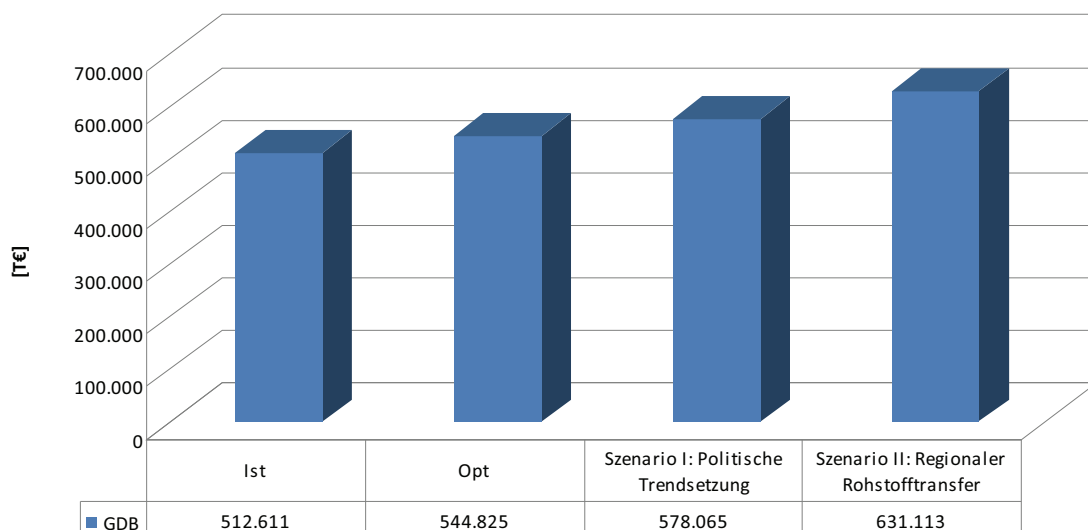


Abbildung 35: Gesamtdeckungsbeitrag der Landwirtschaft, einschl. Biogas, in Schleswig-Holstein (Ausgangssituation und Szenarien)

Quelle: eigene Berechnung

Der Gesamtdeckungsbeitrag der Landwirtschaft, einschließlich Biogas, in der Basissituation betrug 512.611 T€. Bei optimierter Ausgangssituation wurde dieser um 6,3 % erhöht. Dieser Sprung ist vor allem auf den stillgelegten Produktionszweig der Stilllegungsflächen und den weiteren Ausbau der Biogasbranche in Schleswig-Holstein zurückzuführen. Im Fall des weiteren Ausbaus der Biogasbranche durch Szenario I: Politische Trendsetzung konnte man eine Steigerung des GDB von 12,7 % zur Basissituation sehen. Der Grund für den Anstieg stellt der Einsatz einer neuen Modell-Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 150 kW_{el} in



der Region dar. Danach erfolgt die Einführung des neuen Transfers im Regionalmodell: Mais-transfer zwischen Nachbarkreisen. Bei dieser Aktivität wurde ebenfalls die Biogasbranche (als ökonomisch vorteilhafter Zweig in der Region) am stärksten begünstigt und führt zu einer Steigerung des GDB um 23,1 %.

Die Modellrechnungen zeigen, dass die Landwirte bei zukünftigen Anbauentscheidungen Winterweizen, Wintergerste, Zuckerrüben wie auch Mais in ihr Produktionsprogramm aufnehmen sollten. Bei der Optimierung ist eine starke regionale Zunahme des Maisanbaus (+35 %) festzustellen. Grafisch ist dies in Abbildung 36 dargestellt.

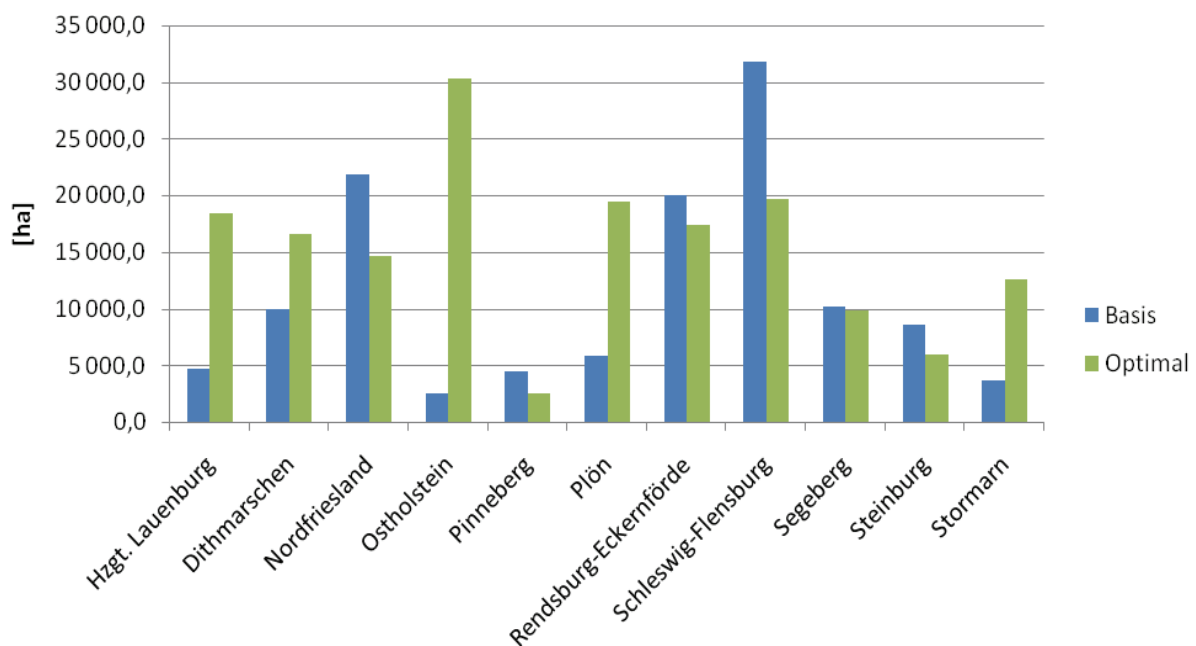


Abbildung 36: Zunahme Maisanbau in Schleswig-Holstein, (Basis/Optimal)

Quelle: eigene Berechnung

Maissilage stellt für die Biogasanlagen in Milchviehregionen eine Konkurrenzsituation für die Milcherzeugung (Nordfriesland, Schleswig-Flensburg) dar. Für die Kreise mit Anlagen ohne Tierproduktionshintergrund (Ostholstein, Herzogtum Lauenburg, Dithmarschen) ist vor allem die Maissilage als Hauptsubstrat anzusehen. Mais wird als ertragsstärkste und ökonomisch vorteilhafteste Kultur zur Gewinnung von Biogas weiterhin in den Fruchtfolgen eine hohe Bedeutung haben (FNR: Standortangepasster Anbausysteme für Energiepflanzen, 2010). Für das Jahr 2010 wird mit einer weiteren Ausdehnung der Silomaisflächen in Deutschland auf rund 212.000 ha (+12,9 % zu 2009) gerechnet. In diesem Zusammenhang wird Silomais sowohl als Futterpflanze wie auch als Energiepflanze in Biogasanlagen verwendet.



Als weiteres Potential gelten die Stilllegungsflächen in Schleswig-Holstein. Es ist davon auszugehen, dass die Flächen, die bis 2007 als Stilllegungsflächen in der Region geführt wurden und für den Anbau von NaWaRo zur Biogaserzeugung genutzt wurden, als konventionelle Anbaufläche großteils weiterhin mit Energiepflanzen bestellt werden. Das optimierte Regionalmodell zeigt, dass auf die Stilllegungsflächen in Richtung Maisanbau in Schleswig-Holstein verzichtet wird.

Für die Berechnung des Regionalmodells wurde eine Modell-Biogasanlage mit 500 kW_{el} zugrunde gelegt. Um das Investitionsrisiko bei der Biogasanlage bewerten zu können, wurde ein Simulationsmodell betrachtet. Bei der Modell-Biogasanlage wurden verschiedene Produktionsfaktoren und eventuelle Schwankungen berücksichtigt. Als methodisches Instrumentarium wurde eine stochastische Simulation, die Monte-Carlo Simulation eingesetzt.

Das Energiekonzept der Landesregierung Schleswig-Holstein verfolgt das Ziel, im Jahre 2020 beim Stromverbrauch einen Anteil aus Erneuerbaren Energien von deutlich mehr als 100 % zu erreichen (Energiepolitik für Schleswig-Holstein, 2010). Dabei muss besonders der lokale Aufbau der Biogasproduktion in der Region gestärkt werden.

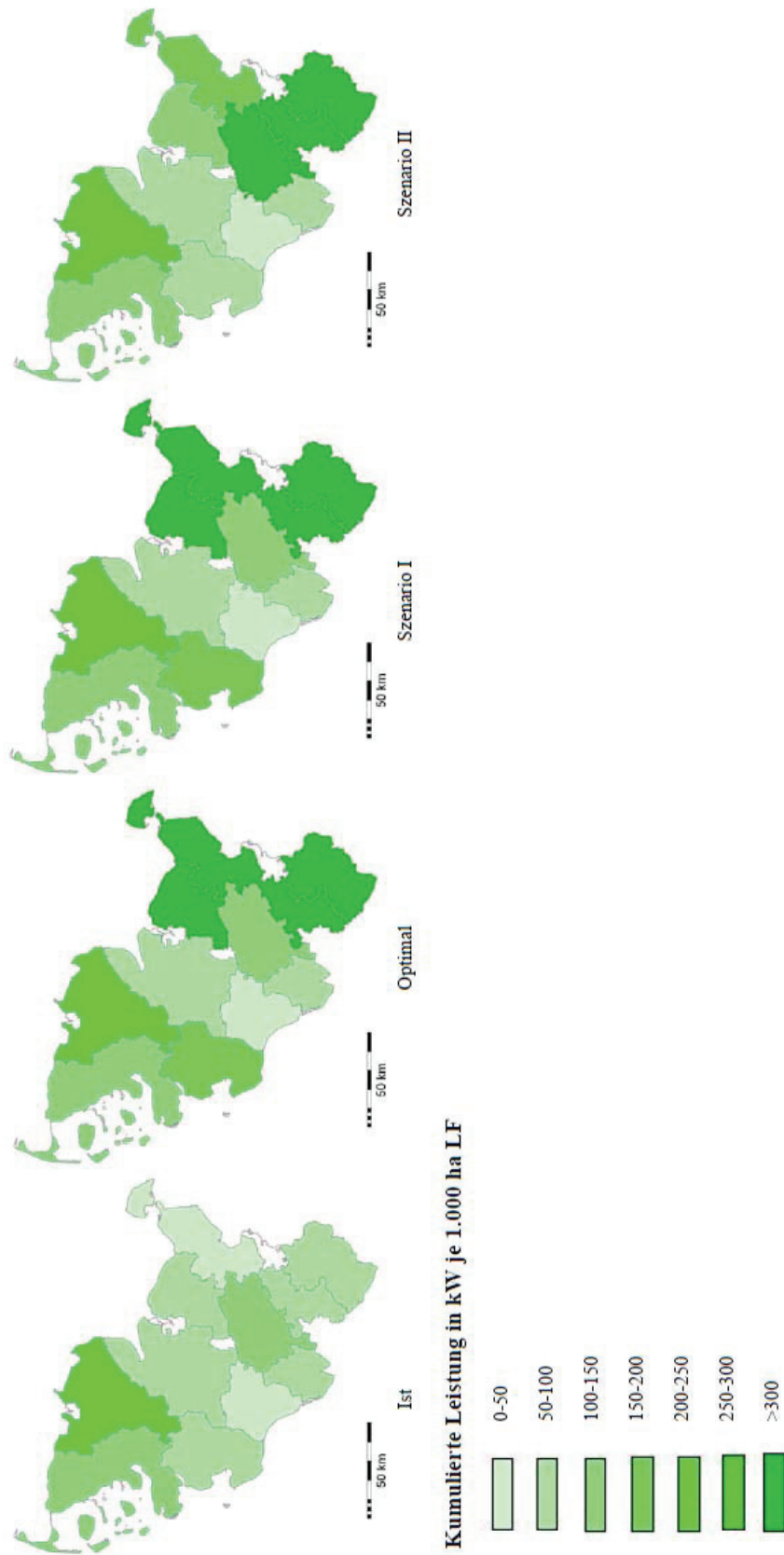


Abbildung 37: Relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein

Quelle: eigene Berechnung



In der Basissituation von Schleswig-Holstein sind 208 BGAs bis 500 kW_{el} zu verzeichnen. Bei der Optimierung des Regionalmodells steigt die Anzahl der BGAs dieser Größenordnung. Die relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion wurde vor allem in Ackerbauregionen (Ostholstein, Plön, Herzogtum Lauenburg, Stormarn und Dithmarschen) gekennzeichnet. Da die Kreise mit dem Schwerpunkt Milcherzeugung eine große Biogasanlagendichte wie auch den Flächendruck zwischen Biogas und Milcherzeugung haben, sind die Anbauflächen in den Ackerbauregionen als Potential für die nachhaltige Entwicklung der Biogasbranche zu sehen. Durch den Zuwachs an Biogasanlagen in Schleswig-Holstein haben sich die Maisanbauflächen vergrößert.

Mit der Novellierung des EEG 2009 wurden die Anreize in der Biogasbranche geschaffen, um Wirtschaftsdünger als Ergänzung zu den nachwachsenden Rohstoffen (vor allem "kleine" BGAs) zu verstärken. Nach Szenario I: Politische Trendsetzung wurden 316 BGAs bis 500 kW_{el} (+52,1 % zur Basissituation) gerechnet. Durch den neuen EEG "Güllebonus" steigt die relative Standortvorzüglichkeit der Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung bis 150 kW_{el} mit Beschickung von Gülle/Mais im Verhältnis 35 % zu 65 %. Gleichzeitig wurden im Regionalmodell 601 BGAs bis 150 kW_{el} kalkuliert. Auf Kreisebene lässt sich eine klare Konzentration der Biogasanlagen in den ackerbaulichen Landesteilen (Plön, Stormarn, Ostholstein, Herzogtum Lauenburg und Dithmarschen) feststellen.

Weiterhin sind die aus Szenario II: Regionaler Maistransfer gewonnenen Modellergebnisse hinsichtlich der Biogasproduktion in der Region von großer Bedeutung. Tendenziell steigt die Anzahl der Biogasanlagen mit 500 kW_{el} um 1,5 % zur Basissituation an. Das zentrale Element im hier betrachteten Szenario II ist der Maistransfer zwischen den Nachbarkreisen Schleswig-Holsteins. Es ist zu betonen, dass der Maistransfer bis zu einer Entfernung zur Biogasanlage von 20 km wirtschaftlich ist. Aus diesem Grund findet in Schleswig-Holstein ein intensiver Maistransfer statt. Vor den aufgezeigten Hintergründen nimmt die Anzahl der BGAs bis 150 kW_{el} einen Anteil von über 5 % zu Szenario I: Politische Trendsetzung ein. Besonders im Kreis Segeberg kann mit einem rapiden Anstieg der kleinen Biogasanlagen gerechnet werden. Dabei fiel ein großer Maistransfer von Ostholstein mit über 21.621 ha an. Die Kombination des Maistransfers und die weitere Verwertung von Silomais und Gülle stellt eine wichtige Voraussetzung dar, um weitere Kapazitäten einer Biogasanlage auszunutzen.



Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass die Biogasproduktion in Schleswig-Holstein zu einer Erhöhung der regionalen Wertschöpfung führt. Die relative Standortvorzüglichkeit der Biogasproduktion wird langfristig vor allem in Ackerbauregionen geprägt. Auffällig ist, dass durch die Novellierung des EEG 2009 die Vorzüglichkeit kleinerer Biogasanlagen im Zusammenhang mit dem Güllebonus verbessert wurde. In der Praxis haben die größeren Anlagen durch Skaleneffekte eine bessere Wirtschaftlichkeitslage und eine bessere technische Ausstattung. Kleinanlagen sind derzeit nur durch den Güllebonus ökonomisch effizient.



5 Literaturverzeichnis

1. Agentur für Erneuerbare Energien: Erneuerbare Energie 2020: Potenzialatlas Deutschland, November 2009
2. Artavia, M., Deppermann, A., Filler, G., Grethe, H., Häger, A. (2010): Ertrags- und Preisstabilität auf Agrarmärkten in Deutschland und der EU-Betriebswirtschaftliche und agrarpolitische Implikationen. In: Auswirkung der Finanzkrise und volatiler Märkte auf die Agrarwirtschaft. Schriftenreihe der Landwirtschaftlichen Rentenbank, Band 26, S.55-84
3. Bahrs, E. (2003): Risikoanalyse - Cash Flow Planung in der Schweinemast - Potenziale für eine gesteigerte Informations- und Entscheidungseffizienz, (http://www.gil.de/dokumente/berichte/DDD/R9_02-0003.pdf, 1.03.2010)
4. Berenz, S., Bochmann, G. und Heißenhuber, A. (2008): Strategien zur Risikominimierung beim Betrieb von Biogasanlagen. In: Risikomanagement in der Landwirtschaft. Schriftenreihe der Landwirtschaftlichen Rentenbank, Band 23, S. 185-224
5. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (2009): Das Erneuerbare-Energien-(EEG) und das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) - Daten und Fakten zu Biomasse
6. DBFZ - Deutsches Biomasse Forschungszentrum (2009): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse
7. EEG (2001/2004/2009): Gesetz zum Vorrang erneuerbarer Energien
8. Energiepflanzen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 2007
9. Energie der Zukunft. Unternehmerimpulsgeber. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft mbH, 2010
10. Fachverband Biogas e.V. (2010): Biogas kann's: Informationen, Argumente, Potenziale, Zahlen und Zukunft, DMZ Druckmedienzentrum, Moosburg
11. Faustzahlen Biogas. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 2009
12. FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Biogas - eine Einführung. 6. überarbeitete Auflage, 2009
13. FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Biogas-Messprogramm II: 61 Biogasanlagen im Vergleich. 1. Auflage, 2009
14. FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Gülzower Fachgespräche: "Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven". Tagungsband zum KTBL/FNR-Biogas-Kongress vom 15. bis 16. September 2009, Weimar



15. FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. 4. Auflage 2009
16. FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen, 3. Auflage, 2010
17. Fock, T., Fuchs, C., Kasten, J., Mahlau, M. (2008): Risikostrategien für den Marktfreuchtbau in Nordost-Deutschland. In: Risikomanagement in der Landwirtschaft. Schriftenreihe der Landwirtschaftlichen Rentenbank, Band 23, S. 53-89
18. Franke, Wolf D. (2010): Kompendium erneuerbare Energien: Jobmotor für Erfolg und Karriere; Technologien, Firmen, Kontakte. Frankfurt am Main: F.A.Z.-Inst.
19. Henning, C., Henningsen, A., Struve, C (2004): Auswirkung der Mid-Term-Review-Beschlüsse auf den Agrarsektor und das Agribusiness in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern. Studie aus dem Institut für Agrarökonomie Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
20. Herrmann, A., Miehe, A., Taube, F. (2008): Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen Rohstoffen - Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung
21. Holger, D., Richarts, E. (2009): Milcherzeugungspotenzial in Schleswig-Holstein. Ife Informations- und Forschungszentrum für Ernährungswirtschaft e.V.
22. Holm-Müller, K., Steinmann, M. (2010): Thünensche Ringe der Biogaserzeugung - der Einfluss der Transportwürdigkeit nachwachsender Rohstoffe auf die Rohstoffwahl von Biogasanlagen. Agrarwirtschaft. - Bd. 1, S.1-12
23. Jochimsen H. (2006): Betriebszweigabrechnung für Biogasanlagen: Einheitliche Abrechnung und Erfolgskennzahlen für Biogasanlagen aller Rechtsformen/DLG-Arbeitsgruppe Biogas. - Frankfurt am Main: DLG-Verl.
24. Kaltschmitt M., Hartmann H. (2009): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage
25. Kolonko, M. (2008): Stochastische Simulation: Grundlagen, Algorithmen und Anwendungen. Aus der Reihe: Studienbücher Wirtschaftsmathematik
26. Kopmann, A., Kretschmer, B., Lange, M. (2009): Effiziente Nutzung von Biomasse durch einen globalen Kohlenstoffpreis. Empfehlungen für eine koordinierte Bioenergiepolitik. Kiel Policy Brief 14. Institut für Weltwirtschaft Kiel
27. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU) (2006): Die Böden Schleswig-Holsteins: Entstehung, Verbreitung, Nutzung, Eigenschaften und Gefährdung, April 2006



28. Lindemann, T. (2004): Ökonomische Analyse von Biogaserzeugung in Gemeinschaftlichen Großanlagen. Diplomarbeit, Kiel
29. LWK NRW (Landwirtschaftskammer NRW): Gestaltung der Fruchtfolge: maximale Anbaukonzentration von Feldfruchtarten bzw. -gruppen, nach Zielen der integrierten Pflanzenproduktion in %. URL: <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/fruchtfolge/gestaltung-fruchtfolge-pdf.pdf>, 7.05.2010
30. Marquardt, J. (2008): GIS - gestützte Untersuchung des Pflanzenanbaus für Biogasanlagen und dessen potentieller Auswirkungen auf die Beschaffenheit und den Zustand von Boden und Wasser in Schleswig-Holstein
31. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (2010): Agrarbericht, Kiel
32. Ministerium für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr (MWV) Schleswig-Holstein: Energiepolitik für Schleswig-Holstein/ Energiekonzept der Landesregierung, 2010
33. Mußhoff, O., Hirschauer, N. (2004): Optimierung unter Unsicherheit mit Hilfe stochastischer Simulation und Genetischer Algorithmen: dargestellt anhand der Optimierung des Produktionsprogramms eines Brandenburger Marktfruchtbetriebes. Agrarwirtschaft.-Bd.54, 7, S.264-279
34. Mußhoff, O., Hirschauer, N. (2010): Modernes Agrarmanagement : betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren. München : Vahlen
35. Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe. Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung und Ressourcenschutzstrategien unter besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen. (Zusammenfassung und Auswertung). Umweltbundesamt, Band Texte 34, 2009
36. Ossadnik W. (2003): Controlling, Oldenbourg (June 1, 2003)
37. PALISADE (2005): Benutzerhandbuch für @RISK – Risikoanalysen- und Simulations-Add-In für Microsoft® Excel Version 4.5. Ithaca (USA)
38. Prognos Studie "Investitionen durch den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland", Prognos AG, April 2010
39. Rauh, S., Berenz, S. und Heissenhuber, A. (2008): Abschätzung des Risikos beim Betrieb einer Biogasanlage mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 43
40. Piorr, H (2010): Biokraftstoffe: Lösung, Problem oder nur Teil der Landwirtschaft?; Bilanzen Potenziale und Szenarien bis 2050; Gutachten im Auftrag des Gesprächskreises Verbraucherpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung.- Bonn: Abt. Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung



41. Runzheimer, B., Cleff, T., Schäfer, W. (2005): Operation Research 1: Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag
42. Schmidt, A. (2008): Kostenrechnung: Grundlagen der Vollkosten-, Deckungsbeitrags- und Plankostenrechnung sowie des Kostenmanagements. 5. Auflage
43. Schwab, M.: Biogaserträge aus Energiepflanzen - Eine kritische Bewertung des Datenpotenzials. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), http://www.biogas-infoboard.de/pdf/4_SCHWAB_Biogasertraege.pdf, 30.05.2010
44. Zeddies J., Arnold K. (2009): Potenziale der Bioenergie. Chancen und Risiken für landwirtschaftliche Unternehmen. Arbeiten der DLG/Band 2009
45. Zeddies, G. (2006): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Förderung regenerativer Energien, insbesondere der Biomasse - Eine kritische Beurteilung vor dem Hintergrund modelltheoretischer Konzeption. Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Fachgebiet: Analyse, Planung und Organisation der landwirtschaftlichen Produktion (Hrsg.), Agrarökonomische Forschung - Agricultural Economic Research, Forschungsbericht 3/2006
46. Zimmermann, W., Stache, U. (2001): Operations Research: Quantitative Methoden zur Entscheidungsvorbereitung. 10., überarbeitete Auflage
47. Zwerenz, K. (2006): Statistik – Datenanalyse mit EXCEL und SPSS. Oldenbourg Verlag, 3. Auflage, München

Internetquellen:

1. <http://eei-sh.ib-sh.de> (Energieeffizienz-Initiative in Schleswig-Holstein)
2. http://www.biomassenutzung-sh.de/tp_15_oekonomische_auswirkungen.html (Biomassezentrum SH)
3. <http://www.biomasse-sh.de> ("Zukünftig Bioenergie" - Projekt von Landesregierung Schleswig-Holstein)
4. <http://www.carmen-ev.de> (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.)
5. <http://www.iea.org> (IEA Statistics)
6. <http://www.nachwachsende-rohstoffe.de> (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V)
7. <http://www.nexindex.com> (WilderHill New Energy Global Innovation Index)
8. <http://www.schlattmann.de> (Biogas - Community)
9. <http://www.sonnewindwaerme.de> (Analytische Portal zum Thema: "Erneuerbare Energie")
10. <http://www.statistik-nord.de> (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein)
11. <http://www.unendlich-viel-energie.de> (Agentur für Erneuerbare Energien)
12. www.bafa.de (KWK-Bilanz) –KWK – Programm Erneuerbare Energie), Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
13. www.bee-ev.de (Bundesverband Erneuerbare Energie)



14. www.biogas.org (Biogasverband in Deutschland)
15. www.biogaspartner.de
16. www.bmelv-statistik.de (BMELV, "Statistik und Berichte")
17. www.destatis.de (Statistisches Bundesamt (Destatis), "GENESIS-Online")
18. www.fvee.de (Forschungsverband Erneuerbare Energien)
19. www.kfw-mittelstandsbank.de (Förderung im Bereich Biogas)
20. www.lfu.bayern.de/abfall/fachinformationen/biogashandbuch/index.htm (Biogashandbuch Bayern)
21. www.lwksh.de (Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein)
22. www.maiskomitee.de (Deutsche Maiskomitee e.V)
23. www.nachwachsenerohstoffe.de (FNR, "Mediathek Nachwachsende Rohstoffe")
24. www.reeep.ru (EE GUS und Europa)
25. www.rentenbank.de (Landwirtschaftliche Rentenbank)
26. www.retscreen.net (Software für Beurteilung der Erneuerbare Energienutzung, bzw. Monte carlo analyse)



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig erstellt, nur die angegebenen Hilfsmittel verwendet und die Arbeit noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe.

Vladimir Bogatov
Düsternbrooker Weg 148
24105 Kiel

Kiel, den 26.08.2010



6 Anhang

Tabelle A1: Berechnung des Deckungsbeitrages von Winterweizen

Tabelle A2: Berechnung des Deckungsbeitrages von Wintergerste

Tabelle A3: Berechnung des Deckungsbeitrages von Raps

Tabelle A4: Berechnung des Deckungsbeitrages von Silomais

Tabelle A5: Berechnung des Deckungsbeitrages von Biogasmais

Tabelle A6: Berechnung des Deckungsbeitrages von Zuckerrüben

Tabelle A7: Berechnung des Deckungsbeitrages der Milchkuhhaltung

Tabelle A8: Deckungsbeiträge in der Schafhaltung

Tabelle A9: Deckungsbeiträge in der Pferdehaltung

Tabelle A1: Berechnung des Deckungsbeitrages von Winterweizen

		Dithmarschen	Hzgt. Lauenburg	Nordfriesland	Ostholstein	Pinneberg	Plön	Rendsburg- Eckernförde	Schleswig- Flensburg	Segeberg	Steinburg	Stormarn
Ertrag	dt/ha	93,8	91,1	94,7	104,0	93,0	93,9	96,1	99,5	88,5	93,7	88,9
Preis	€/dt	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Marktleistung	€/ha	1.126	1.093	1136	1.248	1116	1127	1153	1194	1062	1124	1067
Saat- und Pflanzgut		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Düngemittel		229	200	229	229	229	229	229	229	200	229	200
Herbizide		56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Fungizide		105	85	105	105	105	105	105	105	85	105	85
Insektizide		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Molluskizide		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Wachstumsregler		25	20	25	25	25	25	25	25	20	25	20
Sa. Pflanzenschutz		204	179	204	204	204	204	204	204	179	204	179
var. Masch.-Kosten Anbau		130	124	130	130	130	130	130	130	124	130	124
var. Masch.-Kosten Ernte, Abfuhr		48	44	48	48	48	48	48	48	44	48	44
Sa. var. Maschinenkosten		178	168	178	178	178	178	178	178	168	178	168
Hagelversicherung		5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4
Lohntrocknung (60%)		68	66	68	75	67	68	69	72	64	67	64
Sa. variable Kosten	€/ha	763	697	764	771	762	763	765	767	695	763	695
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	363	396	373	477	354	364	389	427	367	362	372

Quelle: eigene Berechnung, Datenbasis von der Landwirtschaftskammer S-H



Tabelle A2: Berechnung des Deckungsbeitrages von Wintergerste

Ertragsstufe		Dithmarschen	Hzgt. Lauenbur	Nordfriesland	Ostholstein	Pinneberg	Plön	Rendsburg-Eckernförde	Schleswig-Flensburg	Segeberg	Steinburg	Stormarn
Ertrag	dt/ha	76	82	83	91	71	87	88	84	82	77	78
Preis	€/dt	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Marktleistung	€/ha	685	740	743	820	643	780	792	756	735	697	698
Saat- und Pflanzgut		67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Düngemittel		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herbizide		31	46	46	46	31	46	46	46	46	31	31
Fungizide		50	60	60	60	50	60	60	60	60	50	50
Insektizide		15	20	20	20	15	20	20	20	20	15	15
Wachstumsregler		20	25	25	25	20	25	25	25	25	20	20
Sa. Pflanzenschutz		116	151	151	151	116	151	151	151	151	116	116
var. Masch.-Kosten Anbau		109	115	115	115	109	115	115	115	115	109	109
var. Masch.-Kosten Ernte, Abfuhr		38	42	42	42	38	42	42	42	42	38	38
Sa. var. Maschinenkosten		147	157	157	157	147	157	157	157	157	147	147
Hagelversicherung		8	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lohntrocknung (60%)		68	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sa. variable Kosten	€/ha	407	458	375	375	330	375	375	375	375	330	330
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	278	282	368	445	313	405	417	381	360	367	368

Quelle: eigene Berechnung, Datenbasis von der Landwirtschaftskammer S-H



Tabelle A3: Berechnung des Deckungsbeitrages von Raps

		Dithmarschen	Hzgt. Lauenbur	Nordfriesland	Ostholstein	Pinneberg	Plön	Rendsburg-Eckernförde	Schleswig-Flensburg	Segeberg	Steinburg	Stormarn
Ertrag	dt/ha	42,8	47,7	45,0	50,0	44,4	45,1	46,7	46,7	44,8	44,8	45,4
Preis	€/dt	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Marktleistung	€/ha	1198,4	1335,6	1260	1400	1243,2	1262,8	1307,6	1307,6	1254,4	1254,4	1271,2
Saat- und Pflanzgut		59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
Düngemittel		256	318	256	318	256	256	256	256	256	256	256
Herbizide		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Fungizide		66	98	66	98	66	66	66	66	66	66	66
Insektizide		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Molluskizide		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Sa. Pflanzenschutz		246	278	246	278	246	246	246	246	246	246	246
var. Masch.-Kosten Anbau		124	127	124	127	124	124	124	124	124	124	124
var. Masch.-Kosten Ernte, Abfuhr		43	45	43	45	43	43	43	43	43	43	43
Sa. var. Maschinenkosten		167	172	167	172	167	167	167	167	167	167	167
Hagelversicherung		14	16	15	17	15	15	16	16	15	15	15
Lohntrocknung (60%)		39	43	41	45	40	41	42	42	40	40	41
Sa. variable Kosten	€/ha	780	885	783	888	782	783	785	785	783	783	783
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	418	451	477	512	461	480	523	523	472	472	488

Quelle: eigene Berechnung, Datenbasis von der Landwirtschaftskammer S-H



Tabelle A4: Berechnung des Deckungsbeitrages von Silomais

		Dithmarschen	Hzgt. Lauenburg	Nordfriesland	Ostholstein	Pinneberg	Plön	Rendsburg-Eckernförde	Schleswig-Flensburg	Segeberg	Steinburg	Stormarn
Ertrag (Brutto)	dt/ha TM	122,7	133,5	135,9	132,9	138,0	122,1	131,5	128,8	131,9	135,3	135,9
Ertrag (Brutto)	t/ha FM	36,8	40,1	40,8	39,9	41,4	36,6	39,4	38,6	39,6	40,6	40,8
% TM		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Saat- und Pflanzgut		13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Düngemittel		1,59	2,05	2,05	2,05	2,05	1,59	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
Herbizide		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Fungizide												
Insektizide												
Wachstumsregler												
Sa. Pflanzenschutz		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
var. Masch.-Kosten Anbau		102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
Lohn (drillen,häcks.,Abfuhr,walzen)		3,50	3,65	3,65	3,65	3,65	3,50	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65
Sa. var. Maschinenkosten		4,52	4,67	4,67	4,67	4,67	4,52	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67
Hagelversicherung		4	4,8	4,8	4,8	4,8	4	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Folie, Siloanstrich		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Sa. variable Kosten	€/ha	83,5	89,6	89,6	89,6	89,6	83,5	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	-83,5	-89,6	-89,6	-89,6	-89,6	-83,5	-89,6	-89,6	-89,6	-89,6	-89,6

Quelle: eigene Berechnung, Datenbasis von der Landwirtschaftskammer S-H



Tabelle A5: Berechnung des Deckungsbeitrages von Biogasmais

		Dithmarschen	Hzgt. Lauenburg	Nordfriesland	Ostholstein	Pinneberg	Plön	Rendsburg- Eckernförde	Schleswig- Flensburg	Segeberg	Steinburg	Stormarn
Ertrag (Brutto)	t/ha FM	36,82	40,05	40,77	39,87	41,4	36,63	39,44	38,64	39,57	40,58	40,77
Preis	Euro/t	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Marktleistung	Euro/ha	846,86	921,15	937,71	917,01	952,2	842,49	907,12	888,72	910,11	933,34	937,71
Saat- und Pflanzgut		150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Düngemittel		159	205	205	205	205	159	205	205	205	205	205
Herbizide		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Fungizide												
Insektizide												
Wachstumsregler												
Sa. Pflanzenschutz		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
var. Masch.-Kosten Anbau		101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Lohn (Drillen)		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Sa. var. Maschinenkosten		151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151
Hagelversicherung		4	4,8	4,8	4,8	4,8	4	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Folie, Siloanstrich		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Sa. variable Kosten	€/ha	549	595	595	595	595	549	595	595	595	595	595
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	297	326	342	322	357	293	312	293	315	338	342

Quelle: eigene Berechnung, Datenbasis von der Landwirtschaftskammer S-H



Tabelle A7: Berechnung des Deckungsbeitrages der Milchkuhhaltung

		Dithmarschen	Hzgt. Lauenburg	Nordfriesland	Ostholstein	Pinneberg	Plön	Rendsburg-Eckernförde	Schleswig-Flensburg	Segeberg	Steinburg	Stornmeer
Leistungsstufe	kg/Kuh	6374	7185	7013	7399	6869	7198	6745	7002	6997	6395	7162
Milchpreis:	€/Kuh	1784,7	2011,8	1963,6	2071,7	1923,3	2015,44	1888,6	1960,6	1959,2	1790,6	2005,4
0,28 €/kg (4%Fett/3,4%Eiweiss)												
Kälber:	€/Kuh	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5
1,15 Kälber/Kuh ./ 10 % Verluste												
= 1,035 x 100 €/Kalb												
Altkuh:	€/Kuh	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5
0,35 Anteil x 550 €/Kuh												
Leistung	€/Kuh	2080,7	2307,8	2259,6	2367,7	2219,3	2311,4	2184,6	2256,6	2255,2	2086,6	2301,4
Bestandsergänzung:0,35Anteil	€/Färse	(1250)	(1300)	(1350)	(1350)	(1250)	(1300)	(1250)	(1300)	(1300)	(1250)	(1300)
=	€/Kuh	437,5	455	455	472,5	437,5	455	437,5	455	455	437,5	455
Kraftfutter: 15,50 €/dt	dt/Kuh	(18,00)	(20,00)	(21,00)	(21,00)	(18,00)	(20,00)	(18,00)	(20,00)	(20,00)	(18,00)	(20,00)
=	€/Kuh	279	310	310	325,5	279	310	279	310	310	279	310
Weidefutter: 0,20 ha x 280 €/ha	€/Kuh	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Winterfutter: 0,36 ha x 850 €/ha	€/Kuh	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306
Verluste Kuh: 2 %	€/Kuh	13,5	14	14	14,5	13,5	14	13,5	14	14	13,5	14
Besamung, Gesundheit	€/Kuh	110	115	115	125	110	115	110	115	115	110	115
Energie, Wasser, Technik	€/Kuh	95	100	100	105	95	100	95	100	100	95	100
LKV, Beratung, Versicherung	€/Kuh	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Sa. variable Kosten	€/Kuh	1362	1421	1421	1470	1362	1421	1362	1421	1421	1362	1421
Deckungsbeitrag/Kuh	€	718,7	886,8	838,6	898,2	857,3	890,4	822,6	835,6	834,2	724,6	880,4
Deckungsbeitrag/kg Milch	€/ha	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12
	€/ha	711,6	953,5	901,8	965,8	848,8	957,5	814,5	898,5	825,9	717,4	946,6

Quelle: eigene Berechnung, Datenbasis von der Landwirtschaftskammer S-H



Tabelle A8: Deckungsbeiträge in der Schafhaltung

Betriebsform	Koppelhaltung		Schäferei (Deich)		
	Stück/MS	1,3	1,5	1,2	1,4
aufgezogene Lämmer					
Lammzeit	Monat	2.-3.	2.-3.	3.-4.	3.-4.
Lammalter bei Verkauf	Monate	7,0 - 10,0	7,0 - 10,0	7,0 - 12,0	7,0 - 12,0
Lammengewicht	kg LG	45	45	45	45
Lammpreis	€/kg LG	1,95	1,95	1,95	1,95
Erlös Lämmerverkauf	€/MS	114	132	105	123
Merzschaf:					
0,20 Anteil x 40 €/MS	€/MS	8	8	8	8
Wolle:					
3,5 kg x 0,50 €/kg	€/MS				
Marktleistung	€/MS	122	140	113	131
Leistung	€/MS	122	140	113	131
Zutreter:					
0,20 x 100 € (50 kg x 2,00 €/kg)	€/MS	20	20	20	20
Kraftfutter:					
(20 €/dt), Milchaust., Min.-futter	€/MS	15	18	12	14
Sommerweide:	ha/MS	(0,1)	(0,1)	(0,17)	(0,17)
- 100 €/ha var. Ko. f. Düng./Zaun	€/MS	10	10	2	2
- 300 €/ha Pacht 2)	€/MS	30	30	20	20
Heu, Silage, Stroh	€/MS	15	15	9	9
Winterweide 3)	€/MS	6	6	15	15
Verluste Schafe/Lämmer (5/7%)	€/MS	6	7	8	9
Gesundheit	€/MS	12	14	15	18
Bockhaltung	€/MS	8	8	6	6
Energie, Wasser, Schur	€/MS	6	6	6	6
Kleinbedarf, Beratung, Verbands-					
Beiträge, Versich., Kleinbedarf	€/MS	10	10	9	9
Sa. variable Kosten	€/MS	138	144	122	128
Deckungsbeitrag/Mutterschaf	€	-16	-4	-9	3

Quelle: Landwirtschaftskammer S-H



Tabelle A9: Deckungsbeiträge in der Pferdehaltung

Verfahren		Fohlenproduktion		Pensionspferde	
Abfohlrate	Fohlen/Stute	0,6	0,7	0,0	0,0
Auslastung	Monate/Jahr			12	9
Fohlen-/Pensionspreis	€/Pf.	4000	5000	3000	2520
Altpferd, Verkauf als Hobby Pferd					
1/12 Anteil von Ø 800 €/Pf.	€/Pf.	67	67	0	
Züchterprämie	€/Pf.	30	80	0	
Leistung	€/Pf.	2497	3647	3000	2520
Bestandsergänzung:					
1/12 von 6000/8000 €/Pf.	€/Pf.	500	667	0	
Kraftf.: 8/10/14/11dt/Pf. x 22 €/dt	€/Pf.	176	220	308	242
Weide: 0,5/0,2 ha x 250 €/ha	€/Pf.	225	225	50	50
Heu: 14/22/16 dt x 12 €/dt (S)	€/Pf.	168	168	264	192
Stroh: 20/36/27 dt x 10 €/dt (S)	€/Pf.	200	200	360	270
Tierverluste 2 %	€/Pf.	68	88	0	
Deckgeld und Transport	€/Pf.	650	750	0	
Gesundheit	€/Pf.	350	350	0	
Hufpflege	€/Pf.	120	120	0	
Energie, Wasser, Utensilien für Pflege und Haltung	€/Pf.	100	100	70	70
Beiträge, Versicherung	€/Pf.	125	125	55	55
Sa. variable Kosten	€/Pf.	2682	3013	1107	879
Deckungsbeitrag/Pferd	€	-185	634	1893	1641

Quelle: Landwirtschaftskammer S-H