

Aus dem Institut für Management ländlicher Räume  
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

Modellgestützte Risikoanalysen  
einer Biogasanlageninvestition als Grundlage einer  
ganzheitlichen Risikobetrachtung und des strategischen  
Risikomanagements

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Agrarwissenschaften (doctor agriculturae)  
an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Rostock

vorgelegt von  
Christian Riessen  
23769 Klausdorf auf Fehmarn

Rostock, 26.02.2010

---

## **Gutachter**

Prof. Dr. Hans Kögl

Universität Rostock

Prof. Dr. Uwe Latacz-Lohmann

Universität Kiel

Prof. Dr. Alois Scheuerlein

Fachhochschule Weihenstephan

## **Verteidigung**

Datum der Verteidigung

26.11.2010 in Rostock

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zielstellung .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Aufbau der Arbeit .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext.....</b>	<b>12</b>
4.1	Aktualität der betriebswirtschaftlichen Risikoforschung.....	12
4.2	Risikoforschung in der Agrarökonomie.....	13
4.3	Risikoforschung im Bereich der Biogaserzeugung .....	23
4.4	Platzierung der Arbeit in den wissenschaftlichen Kontext .....	27
<b>5</b>	<b>Risiko und Risikomanagement .....</b>	<b>32</b>
5.1	Risiko .....	32
5.1.1	Ursprung des Risikobegriffes .....	32
5.1.2	Definition des Risikobegriffes.....	32
5.1.2.1	Ursachenbezogene Begriffsdefinition .....	33
5.1.2.1.1	Informationstheorie .....	33
5.1.2.1.2	Entscheidungstheorie .....	34
5.1.2.1.3	Verhaltenswissenschaftlicher Ansatz .....	36
5.1.2.2	Wirkungsbezogene Begriffsdefinition .....	37
5.1.2.2.1	Reines Risiko.....	38
5.1.2.2.2	Spekulatives Risiko .....	38
5.1.3	Risikosystematik .....	39
5.1.4	Arbeitsdefinition des Risikobegriffes .....	40
5.2	Risikomanagement.....	41
5.2.1	Spezielles Risikomanagement.....	41
5.2.2	Generelles Risikomanagement .....	42
5.2.2.1	Konzeptionsphasen des Generellen Risikomanagements .....	43
5.2.2.1.1	Risikoidentifikation.....	44
5.2.2.1.2	Risikobewertung.....	46
5.2.2.1.3	Risikosteuerung.....	47
5.2.2.1.4	Risikocontrolling .....	51
5.2.3	Arbeitsdefinition des Risikomanagements .....	52
<b>6</b>	<b>Konzeption der ganzheitlichen Risikobetrachtung .....</b>	<b>55</b>
6.1	Aufbau der Risikoanalysen.....	55
6.2	Risikomaß und Erfolgskennzahl .....	56

---

6.2.1	Risikomaß .....	56
6.2.2	Erfolgsgröße .....	59
6.3	Definition und Abgrenzung des Begriffs Biogasanlage .....	60
6.4	Biogasanlagentyp im Simulationsmodell .....	61
<b>7</b>	<b>Analyse der Einzelrisiken .....</b>	<b>63</b>
7.1	Datengrundlage .....	63
7.1.1	Leistungsdaten und Bezugsrahmen der Biogasanlageninvestition .....	63
7.1.2	Monetäre Positionen der Biogasanlageninvestition .....	66
7.1.3	Inputinterdependenzen im Simulationsmodell .....	86
7.2	Methode zur Bestimmung der Einzelrisiken .....	88
7.2.1	Methodenwahl zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit .....	88
7.2.1.1	Statische und dynamische Verfahrensweisen: .....	89
7.2.1.2	Methoden der dynamischen Investitionsrechnung .....	90
7.2.2	Vollständiger Finanzplan .....	94
7.2.2.1	Definition der VOFI-Methode .....	94
7.2.2.2	Ausgestaltung und Interpretation der VOFI-Methode .....	95
7.2.2.3	Ausgestaltung zwingend notwendiger Voraussetzungen für die VOFI-Methode .....	99
7.2.2.4	Dynamische Konfiguration des vollständigen Finanzplanes .....	102
7.2.3	Zusammenfassung der Verrechnung von Inputdaten .....	103
7.2.4	Sensitivitätsanalyse .....	103
7.2.4.1	Definition Sensitivitätsanalyse .....	104
7.2.4.2	Verfahren „Outputänderung bei gegebener Inputänderung“ .....	105
7.2.4.3	Verfahren „Kritischen Werte“ .....	106
7.3	Ergebnisse .....	107
7.3.1	Wirtschaftlichkeit der Modellbiogasanlage .....	107
7.3.2	Outputänderung bei gegebener Inputänderung .....	109
7.3.2.1	Inputs mit negativer Risikowirkung .....	111
7.3.2.2	Inputs mit positiver Risikowirkung .....	116
7.3.2.3	Risikopotenzial der politischen Willkür und der Transportentfernung .....	119
7.3.3	Verhaltensweisen potenzieller Risiken .....	121
7.3.4	Kritische Werte: .....	122
7.3.5	Fazit .....	125

---

---

<b>8</b>	<b>Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos.....</b>	<b>126</b>
8.1	Datengrundlage.....	126
8.1.1	Modellübertragung.....	126
8.1.2	Untersuchungsrahmen.....	126
8.2	Methode zur Bestimmung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos....	127
8.2.1	Methodenwahl zur Aggregation der Einzelrisiken .....	127
8.2.2	Monte-Carlo-Simulation .....	129
8.2.2.1	Modelkonzeption .....	130
8.2.2.2	Erstellen eines Modells zur Risikoanalyse.....	131
8.2.2.3	Bestimmung der unsicheren Parameter: .....	131
8.2.2.4	Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung .....	135
8.2.2.5	Realisierung der Zufallsvariablen und Berechnung der Zielgröße	138
8.2.2.6	Wiederholte Neuberechnungen des Modells.....	143
8.3	Ergebnisse .....	145
8.3.1	Ergebnisverteilung .....	145
8.3.2	Totalverlustziel .....	148
8.3.3	Anspruchsniveauziel .....	149
8.3.4	Intervallziel .....	151
8.3.5	Fazit .....	152
<b>9</b>	<b>Analyse der Risikowirkung auf landwirtschaftliche Portfolios .....</b>	<b>153</b>
9.1	Datengrundlage.....	153
9.1.1	Betriebszweige.....	155
9.1.1.1	Untersuchte Betriebszweige.....	155
9.1.1.2	Erwartungswerte, Standardabweichungen und Korrelationen.....	156
9.1.2	Betriebsformen.....	161
9.1.2.1	Bestimmung und Klassifikation der typischen Betriebe .....	162
9.1.2.2	Bestimmung der Portfolioanteile.....	164
9.1.3	Untersuchungsrahmen.....	167
9.2	Methode zur Bestimmung der Risikowirkung auf landw. Portfolios .....	168
9.2.1	Abgrenzung der Portfolioanalyse gegenüber den klassischen Optimierungsverfahren .....	169
9.2.2	Anpassung der Portfoliotheorie an die Landwirtschaft .....	170
9.2.3	Berechnung der Minimum-Varianz-Portfolios (MVP) .....	172
9.2.3.1	Bestimmung der potenziellen Risikodiversifikation.....	177

---

---

9.2.3.2	Qualitätsbestimmung des Minimum-Varianz-Portfolio .....	177
9.2.4	Effizienzbestimmung mittels Rendite-Risiko-Gradienten .....	178
9.3	Ergebnisse .....	180
9.3.1	Risikodiversifikationspotenzial einer Biogasanlage .....	180
9.3.2	Renditeeffizienz in Abhängigkeit von der betrieblichen Ausrichtung ...	185
9.3.3	Fazit: .....	195
<b>10</b>	<b>Schlussfolgerung und Ausblick</b> .....	<b>196</b>
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>201</b>
<b>12</b>	<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>204</b>
<b>Anhang</b>		
<b>Eidesstattliche Erklärung</b>		
<b>Thesen</b>		

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Konzeption der Modellanlage.....	62
Tabelle 2: Leistungsdaten der Modellanlage .....	63
Tabelle 3: Vergütungssystem der Modellbiogasanlage nach EEG .....	64
Tabelle 4: Inflationsfaktoren.....	65
Tabelle 5: Gliederung der monetären Positionen nach Ein- und Auszahlungen.....	66
Tabelle 6: Vergütung der Stromeinspeisung.....	68
Tabelle 7: Gehalte im Ausgangssubstrat und Abbau der oTS .....	70
Tabelle 8: Abbaugrad der oTS und TS-Menge im Gärrest .....	70
Tabelle 9: Gärrestmenge bei sechs Prozent Trockensubstanzgehalt.....	71
Tabelle 10: Nährstoffgehalte im Substrat und Gärrest.....	71
Tabelle 11: Gesamtmenge der Nährstoffe im Gärrest .....	72
Tabelle 12: Wertermittlung für den Gärrest.....	72
Tabelle 13: Inputausprägung "Anschaffungskosten" .....	74
Tabelle 14: Finanzierung .....	74
Tabelle 15: jährliche Ration der Biogasanlage .....	75
Tabelle 16: Zusammensetzung der Beschaffungskosten für Silomais (2007) .....	77
Tabelle 17: Rationskosten aus Silomais und Winterweizen.....	77
Tabelle 18: Wertermittlung Gülle .....	79
Tabelle 19: Grenztransportkosten der pflanzlichen Substrate .....	81
Tabelle 20: Berechnung des Reparatur-, Wartungs- und Unterhaltungsaufwand.....	82
Tabelle 21: Treib- und Schmierstoffe, Prozessenergie .....	82
Tabelle 22: Grundmodell eines Vollständigen Finanzplanes .....	95
Tabelle 23: Endwertänderung bei Änderung der Bonushöhe .....	119
Tabelle 24: Endwertabweichung und Grenzkosten durch zunehmende Transport- entfernung .....	120
Tabelle 25: Kritische Werte der Investitionsinputs .....	123
Tabelle 26: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Inputvariablen .....	137
Tabelle 27: Erwartungswert und Risiko der Betriebszweigrenditen .....	158
Tabelle 28: Korrelationskoeffizienten der Betriebszweigrenditen .....	159
Tabelle 29: t-Statistiken und p-Werte der Korrelationskoeffizienten .....	160
Tabelle 30: Kovarianzmatrix der Betriebszweige .....	161
Tabelle 31: Abgrenzung der Betriebsformen nach gemeinschaftlicher Klassifizierung .....	162

---

Tabelle 32: Betriebsformen und dazugehörige Betriebsausrichtungen .....	163
Tabelle 33: Klassifikation der Verbundbetriebe .....	163
Tabelle 34: Betriebsportfolios und deren Portfoliozusammensetzung .....	166
Tabelle 35: absolute und relative Änderung des Risikoniveaus.....	184
Tabelle 36: Portfoliopositionierung und RRG der spezialisierten Betriebe .....	188
Tabelle 37: Portfoliopositionierung und RRG der Pflanzenbauverbundbetriebe.....	192
Tabelle 38: Portfoliopositionierung und RRG der Viehhaltungsverbundbetriebe ....	193

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systematisierung landwirtschaftlicher Risiken .....	40
Abbildung 2: Prozessphasen des Risikomanagement.....	44
Abbildung 3: Instrumente zur Risikoerkennung .....	46
Abbildung 4: Instrumente und Prozess der Risikosteuerung .....	51
Abbildung 5: Konzeption der Risikoanalysen.....	55
Abbildung 6: Analyseebenen und verwendete Methoden.....	56
Abbildung 7: Weizenpreisprognose in USD und in Euro .....	78
Abbildung 8: Zahlungsstrom der Biogasanlageninvestition .....	85
Abbildung 9: Interdependenzen zwischen "Auslastung" und anderen Inputs .....	86
Abbildung 10: Interdependenzen von "elektrischer Wirkungsgrad" und "Hektarertrag" .....	87
Abbildung 11: Verrechnung der Daten bis zum Vollständigen Finanzplan .....	103
Abbildung 12: Vollständiger Finanzplan der Biogasanlageninvestition .....	108
Abbildung 13: Outputänderung bei gegebener Inputänderung .....	110
Abbildung 14: negative Beeinflussung des Endwertes bei Inputabweichung von -10% .....	112
Abbildung 15: positive Beeinflussung des Endwertes bei Inputabweichung von +10% .....	116
Abbildung 16: Funktionsweise der Monte-Carlo-Simulation .....	130
Abbildung 17: Dichte- und Verteilungsfunktion der Zufallsvariable Weizenpreis ....	142
Abbildung 18: Inversionsmethode .....	143
Abbildung 19: Konvergenz gegen die Dichtefunktion .....	144
Abbildung 20: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Investitionsendwertes.....	146
Abbildung 21: Totalverlustziel des Investitionsendwertes.....	148
Abbildung 22: Anspruchsniveaueziele des Investitionsendwertes.....	150
Abbildung 23: Intervallziele des Investitionsendwertes.....	151
Abbildung 24: Betriebsformen und dazugehörige spezialisierte Betriebe.....	156
Abbildung 25: erweiterte Klassifikation der Verbundbetriebe.....	164
Abbildung 26: Eingabetableau zur Bestimmung des MVP aus Biogas und Getreidebau.....	174
Abbildung 27: Risk-Return-Diagramm der Betriebszweige.....	180
Abbildung 28: Portfolios aus Kombination der BGA mit jeweils einen Betriebszweig .....	181
Abbildung 29: MVP aus Getreidebau und Biogas.....	182
Abbildung 30: Risikodiversifikationspotenzial einer Biogasanlageninvestition.....	183
Abbildung 31: "Status quo" eines spezialisierten Getreidebaubetriebes.....	186
Abbildung 32: Portfolioänderung eines spezialisierten Getreidebaubetriebes .....	187
Abbildung 33: "Status quo" eines "Getreidebau-Rindermast" - Pflanzenbauverbund- betriebes.....	190
Abbildung 34: Portfolioänderung eines "Getreidebau-Rindermast" - Pflanzenbauverbundbetriebes .....	191
Abbildung 35: Rendite-Risiko-Gradienten einer Biogasanlageninvestition .....	194

---

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
bspw.	beispielsweise
c.p.	ceteris paribus
ca.	circa
d.h.	das heißt
dt.	Dezitonne
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EU	Europäische Union
FM	Frischmasse
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
GAMS	General Algebraic Modeling System
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
i.d.R.	in der Regel
kg	Kilogramm
KonTraG	Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LOP	Lineare Optimierung
LPM	Lower Partial Moments
MAP	Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien
MCS	Monte-Carlo-Simulation
Mio.	Million
MW	Megawatt
oTS	organische Trockensubstanz
RAUMIS	Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem

---

RMS	Risikomanagementsystem
RRG	Rendite-Risiko-Gradient
s.	siehe
SDB	Standarddeckungsbeitrag
Std.	Stunde
t	Tonne
TS	Trockensubstanz
tsd	tausend
u.a.	unter anderem
USD	US-Dollar
usw.	und so weiter
VaR	Value at Risk
vgl.	vergleiche
VOFI	Vollständiger Finanzplan
z.B.	zum Beispiel

## 1 Einleitung und Problemstellung

Mit der Novellierung des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) im Jahr 2004 und dem Marktanzreizprogramm für Erneuerbare Energien (MAP) wurden von der Politik Rahmenbedingungen geschaffen, die das Interesse der Landwirtschaft an einer Biogasanlageninvestition sichtlich erhöhten. Die im EEG festgesetzten Vergütungssätze und die Förderung durch das MAP führten dazu, dass seitens der Fachpresse, der landwirtschaftlichen Verbände und der Beratung nahezu ohne Ausnahme Biogas als eine sehr interessante Investitionsmöglichkeit propagiert wurde (s. TANGERMANN 2007). Folge der Euphorie besagter Institutionen zum Thema Biogas war der so genannte Biogasanlagen-Boom in der Landwirtschaft (VOSS ET AL. 2008), der nach der Novellierung des Gesetzes im Jahr 2004 eintrat. Nicht nur durch die Anzahl der jährlich neu installierten Biogasanlagen, sondern auch durch den jährlichen Zubau an installierter Leistung, lässt sich dieser Boom belegen. Betrag der jährliche Zubau installierter Leistung durch Biogas im Jahr 2004 noch 57 Megawatt (MW), so konnte dieser im darauf folgenden Jahr auf 260 MW gesteigert werden. Den Höhepunkt fand die Euphorie im Jahr 2006 mit einem Zubau von 450 MW Energie aus Biogasanlagen.

Trotz gleichbleibender rechtlicher Rahmenbedingungen ging der Zubau der installierten elektrischen Leistung im Jahr 2007 auf 171 MW zurück und im Jahr 2008 betrug der Zubau lediglich 106 MW (BIOGAS FACHVERBAND E.V.). Dieser deutlich zu verzeichnende Abbruch wurde unter anderem auf die damals hohen landwirtschaftlichen Rohstoffpreise (an denen sich die Substratbereitstellungskosten orientieren) und eine nach Expertenmeinung zunehmende Volatilität der landwirtschaftlichen Teilmärkte zurückgeführt. Dies bedeutet, dass aus den Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung verschiedener Investitionsinputs, Risiken abgeleitet wurden. Offensichtlich existieren Risiken, welche zum damaligen Zeitpunkt in den Fokus der Entscheidungsträger rückten. Trotz gesetzlich garantierter Vergütungshöhen durch das EEG übten diese Risiken einen stark hemmenden Einfluss auf die Investitionsbereitschaft in Biogasanlagen aus. Somit haben diese Risiken zur Zeit des Biogasanlagen-Booms keinen oder nur einen geringen Eingang in die Investitionsentscheidung gefunden.

Der Boom und der darauf folgende abrupte Abbruch der Investitionsbereitschaft in landwirtschaftliche Biogasanlagen kann als erstes Indiz für eine nicht umfassende und der Risikowirkung einer Biogasanlage nicht gerecht werdenden Risikoberück-

sichtigung während der Biogaseuphorie gesehen werden.

Dass das Risiko einer Biogasanlageninvestition eine mehr als unzureichende Berücksichtigung in dem Prozess zur Investitionsentscheidung fand und fehlerhafte Risikoeinschätzungen nicht nur im Einzelfall, sondern in der Breite der landwirtschaftlichen Betriebe mit Biogas vorzufinden ist, zeigt ein Blick in die Fachpresse und Presse zur wirtschaftlichen Lage dieses Betriebszweiges: „Kaum schwarze Zahlen“ (BAUERNZEITUNG 2007), „Die Luft ist raus“ (FINANCIAL TIMES DEUTSCHLAND 2008), „Biogasanlagen liefern nur mäßige Renditen“ (FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG 2008), „desolate Lage vieler Betreiber“ (STEINERT 2008), „Darüber hinaus sind mehrere bestehende Biogasanlagen in eine wirtschaftliche Schieflage geraten“ (DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT 2008). Dies sind nur einige Inhalte und Schlagzeilen aus der Presse.

Nachdem der plötzliche Abbruch des Biogasanlagen-Booms als Indiz für Schwächen bei der Risikowahrnehmung gesehen werden kann, zeigen die Schlagzeilen zur wirtschaftlichen Lage überaus deutlich, dass bisherige Verfahren, die bei der Investitionsentscheidung zur Betrachtung des Risikos herangezogen werden, den Anforderungen an die bestehende Risikolage in der Landwirtschaft nicht genügen.

Neben den Risiken, die den Investitionserfolg gefährden, bestehen Risiken einer Biogasanlageninvestition auch in der Wirkung auf die Rendite-Risiko-Struktur eines landwirtschaftlichen Betriebes. Die Bedeutung einer Biogasanlage für den betriebs-spezifischen Rendite-Risiko-Kontext eines landwirtschaftlichen Portfolios und die strategische Bedeutung dieser Investition für die Unternehmenssicherung findet unzureichend Berücksichtigung. Dies belegt die Aussage des Präsidenten des Fachverbandes Biogas, Josef Pellmeyer. Er stellt fest, dass sich viele „der Bauern mit einer Biogasanlage [...] in einer existenzbedrohenden Schieflage“ (PELLMEYER 2008) befinden. Somit ist nicht nur der Investitionserfolg an sich gefährdet, offensichtlich können von einer Biogasanlage auch Risikowirkungen ausgehen, welche die gesamtbetriebliche Existenz massiv gefährden.

Investitionen sind immer risikobehaftet. Dies gilt auch uneingeschränkt für die Landwirtschaft. Sollen jedoch Chancen in Form von Investitionen in einem landwirtschaftlichen Betriebszweig genutzt werden, muss notwendigerweise die Bereitschaft bestehen, Risiken einzugehen. Aus den aufgezeigten Begebenheiten im Biogassektor lassen sich konkrete Probleme und Schwachstellen der bisherigen Risikoberücksichtigung in der Investitionsentscheidung und im Risikomanagement ableiten.

Trotz gleichbleibender rechtlicher Rahmenbedingungen, steht der Abbruch des Biogasanlagen-Booms für eine veränderte Risikowahrnehmung in der Investitionsentscheidung. Dieses und ein Blick auf die zahlreichen und in ihrer Ausgestaltung heterogenen Risikobewertungen in Form von Sensitivitätsanalysen lassen folgenden Schluss zu: Zum gegenwärtigen Zeitpunkt herrscht keine einheitliche Meinung darüber, welche der zahlreichen Inputrisiken für den Investitionserfolg relevant sind und somit eine besondere Beachtung im Prozess der Investitionsentscheidung erfahren müssen. Die Beachtung einzelner Inputrisiken im Managementprozess ist zum einen von der Wahrnehmung als Risiko abhängig, zum anderen stark mit der Risikobewertung verknüpft. Sofern Modelle zur Bewertung des Risikos bestimmten Ansprüchen genügen, können sie die Grundlage zur Erstellung eines umfassenden und exakten Risikoprofils von Biogasanlageninvestitionen bilden. Zu den qualitativen Ansprüchen gehören u.a. die Berücksichtigung bestehender Interdependenzen zwischen Investitionsinputs, das Zulassen von Aussagen über ursächliche Faktoren einer Risikowirkung und die Aufzeichnung der Verhaltensweise eines Risikopotenzials bei Variation der Umweltzustände. Da derartige Modelle für Investitionsentscheidungen derzeit im Biogasbereich nicht vorliegen, existiert ebenfalls kein umfassendes Risikoprofil einer Biogasanlageninvestition.

Ein weiteres Problem neben der unzureichenden Bewertung von Einzelrisiken lässt sich direkt aus der geschilderten wirtschaftlich schwierigen Situation vieler Biogasanlagenprojekte ableiten. Augenscheinlich ist es zu keiner oder nur zu einer fehlerhaften Bewertung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos gekommen, welches aus dem Zusammenspiel der zahlreichen Einzelrisiken resultiert. Eine exakte und fundierte Darstellung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos anhand der Wahrscheinlichkeit für verschiedenste Investitionserfolge bzw. –misserfolge unterliegt den gleichen hohen Anforderungen an ein Simulationsmodell wie die Bewertung der Einzelrisiken und sollte gerade im Hinblick auf die Höhe der Investitionssumme zwingender Bestandteil im Prozess der Investitionsentscheidung sein.

Gefährdete betriebliche Existenzen zeigt die zu geringe Beachtung des betrieblichen Rendite-Risiko-Kontexts bei der Risikobeurteilung zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung auf. Die Investitionsentscheidung ist auch eine Frage der aktuellen Betriebsausrichtungen mit dem betriebsspezifischen Rendite-Risiko-Verhältnis und der bevorzugten Unternehmensstrategie. Die Entwicklung solcher Strategien wird häufig als Summe unabhängiger Betriebszweigstrategien ohne Berücksichtigung bestehen-

der Wechselwirkungen zwischen den Betriebszweigen durchgeführt und offenbart somit Schwächen im betrieblichen Risikomanagement, welche bis zur Existenzbedrohung reichen können. Wird jedoch die Biogasanlage als Teilstrategie gesehen, die sich unter Berücksichtigung von bestehenden Interdependenzen hinsichtlich ihrer Rendite- und Risikowirkung möglichst effizient in die Unternehmensstrategie eines landwirtschaftlichen Betriebes eingliedern soll, so ist für die Investitionsentscheidung der betriebliche Kontext von größter Bedeutung. Eine Entscheidung zur Investition kann somit nicht unabhängig von der Betriebsorganisation bewertet werden, sondern muss im Rahmen der Veränderung des betrieblichen Rendite-Risiko-Verhältnisses des Gesamtunternehmens gesehen werden. Da jedoch nicht alle Betriebe mit einer Biogasanlage in ihrer Existenz gefährdet sind, kommt der Frage, inwieweit eine Biogasanlage Einfluss auf das gesamtbetriebliche Rendite-Risiko-Verhältnis nimmt, eine besondere Bedeutung hinzu. Dies gilt sowohl für die Investitionsentscheidung als auch für die unternehmerische Strategiewahl. Aussagen darüber, wie sich durch eine Biogasanlageninvestition die gesamtbetriebliche Risikostruktur ändert und ob bestimmte Betriebsorganisationen für die Investition gegenüber anderen vorzuziehen sind, liegen nicht vor. Es fehlt ein Konzept, das die Risikowirkung der Teilstrategie „Biogasanlage“ auf die Unternehmensstruktur bewertet.

Es zeigt sich, dass sowohl auf der Ebene der Einzelrisiken als auch auf der Ebene des investitionsspezifischen Gesamtrisikos und auf der Ebene des gesamten unternehmerischen Risikos erhebliche Mängel bei der Bewertung des Risikos im Prozess der Investitionsentscheidung bestehen. Die Berücksichtigung aller Risikoebenen einer Biogasanlageninvestition und die Zusammenführung der Ergebnisse zur ganzheitlichen Risikobewertung im Investitionsentscheidungsprozess ist gegenwärtig nicht charakteristische Bedingung für die Anforderung eines landwirtschaftlichen Risikomanagements. Somit ist es nicht erstaunlich, dass das zurzeit etablierte landwirtschaftliche Risikomanagement bei einer Biogasanlageninvestition den vielfältigen Anforderungen keineswegs gerecht wird.

Dabei kommt nach BERG (2005) den Risikoaspekten in der Landwirtschaft und somit auch im Biogasbereich eine zunehmende Bedeutung zu, was schließlich den notwendigen „Übergang von der Betrachtung einzelner Maßnahmen zu einer ganzheitlichen Betrachtung des verfügbaren Instrumentariums impliziert.“ (BERG 2005: 53).

Die Wissenschaft ist somit gefordert, neue Aspekte für ein ganzheitliches gesamtbetriebliches Risikomanagement für die Investitionsentscheidung zu entwickeln. Es

bedarf dabei einer modellgestützten Risikoanalyse, um in einem komplexen System Risiken aller Ebenen unter Berücksichtigung bestimmter ursächlicher Faktoren auf die Risikoausprägung zu bestimmen, die Verhaltensweisen zu analysieren und zu bewerten. Dies gilt umso mehr für Biogasprojekte, da sie durch lange wirtschaftliche Nutzungsdauer, hohen Kapitalbedarf und hohe Irreversibilität der Investitionsentscheidung charakterisiert werden können. Darüber hinaus wird in der Landwirtschaft eine Biogasanlage als eine überaus risikobehaftete Investitionsmöglichkeit wahrgenommen (s. VON ALTEN 2008, VOSS ET AL. 2009). Die Aktualität der Forschungsfrage wird zusätzlich dadurch unterstrichen, dass aufgrund der neuesten Novellierung des EEGs die Investitionsmöglichkeit Biogas wieder an Attraktivität gewonnen hat.

---

## 2 Zielstellung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Thematik des landwirtschaftlichen Risikomanagements und der damit verbundenen Risikobewertung bei Investitionen in eine Biogasanlage. Aus der Problemstellung geht hervor, dass Risiken auf unterschiedlichen Ebenen den Investitionserfolg, aber auch die Existenz des investierenden Betriebes gefährden können. Das erfordert eine ganzheitliche Risikobetrachtung der Investitionsmöglichkeit Biogas. Ganzheitlich bedeutet dabei, dass dem Risiko auf Ebene der Investitionsinputs (Analyse der Einzelrisiken) und auf Ebene des Zusammenspiels dieser (Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos) begegnet wird. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wird die Risikoanalyse auf eine gesamtbetriebliche Ebene ausgeweitet, indem die Risikowirkung einer Biogasanlageninvestition auf das landwirtschaftliche Portfolio untersucht wird (Analyse der Risikowirkung auf ein Portfolio). Dabei werden auf jeder Ebene der Risikoanalyse eigenständige Ziele verfolgt, die anschließend zu einer Gesamtbetrachtung zusammengeführt werden sollen.

Ziel der ersten Analyse ist es die von den Investitionsinputs ausgehenden Risiken umfassend darzustellen. Dazu gehören Aussagen über:

- bestehende kausale Zusammenhänge zwischen der Ausprägung einzelner Investitionsinputs
- die monetäre Bedeutung einzelner Investitionsinputs für den Investitionserfolg
- die potenzielle Risikowirkung der Investitionsinputs anhand der Sensibilität des Investitionserfolges auf Inputvariation
- das Verhalten der Risikowirkung der Investitionsinputs bei variierender Ausprägung
- die Kritischen Werte einzelner Investitionsinputs

Um Inputrisiken richtig zu erfassen und um die ursächlichen Faktoren für Risikoverhalten exakt zu berücksichtigen, bedarf es zunächst der Bestimmung von kausalen

Abhängigkeiten zwischen der Ausprägung einzelner Investitionsinputs. Die Untersuchung der monetären Bedeutung folgt dem Ziel, die zahlreichen Investitionsinputs in Erfolgs- und Misserfolgparameter einteilen zu können. Damit und mit der Analyse der potenziellen Risikowirkung eines Investitionsinputs über die Sensibilität der Erfolgsgröße ist die Möglichkeit gegeben, die Investitionsinputs in einem Ranking zu platzieren. Die Analyse, ob sich Inputrisiken linear zur Variationshöhe der Inputausprägung auswirken oder eventuell über- (risikomehrendes) oder unterproportionales (risikominderndes) Risikoverhalten zeigen, gibt die generelle Verhaltensweise der Inputrisiken bei Veränderung der Ausprägung wieder. Welche Ausprägungen die einzelnen Investitionsinputs annehmen dürfen, um einen Mindesterfolg zu sichern, sollen Kritische Werte aufzeigen.

Das Herausarbeiten von bestehenden Abhängigkeiten zwischen den Inputausprägungen und die vielfältigen Untersuchungen zur Risikowirkung der Investitionsinputs setzen einen Investor darüber in Kenntnis, welche inputspezifischen Risikopotenziale in einer Biogasanlageninvestition verborgen sind, welchen Inputrisiken während der Investitionsentscheidung eine besondere Aufmerksamkeit entgegengebracht werden sollte und wie sich die Komplexität und Risikostruktur einer Biogasanlage insgesamt darstellt. Schließlich ist eine exakte und umfassende Analyse der Einzelrisiken auch Voraussetzung zur Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos, da sie die Berücksichtigung aller relevanten Risiken in dieser Untersuchung gewährleistet.

Aus dem Zusammenwirken der einzelnen inputspezifischen Risikopotenziale wird das investitionsspezifische Gesamtrisiko einer Biogasanlage abgeleitet. Dies folgt dem Ziel, die Spanne möglicher wirtschaftlicher Ergebnisse einer Investition in Biogasanlagen aufzuzeigen. In Anlehnung an die Zielstellungen einer Monte-Carlo-Simulation (MCS) nach SCHMIDT-VON RHEIN (1996), beinhaltet die Untersuchung der Verteilung des wirtschaftlichen Erfolges das

- Totalverlustziel
- Anspruchsniveauziel
- Intervallziel

Mit dem Totalverlustziel sind Aussagen über Eintrittswahrscheinlichkeiten von besonders negativen Investitionsergebnissen verbunden. Die Wahrscheinlichkeit eines investorspezifischen Mindest Erfolgs einer Biogasanlageninvestition soll mit Hilfe des Anspruchsniveaueziels untersucht werden. Dabei geht es um die Frage, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein risikoloser Zins (Verzinsung einer risikolosen Opportunität) oder eine investorspezifische Mindestrendite erreicht wird. Mit welcher Wahrscheinlichkeit der Erfolg einer Biogasanlageninvestition in einem bestimmten Erfolgsintervall liegt, bzw. die Wahrscheinlichkeit dieses Intervall zu verfehlen ist, ist Gegenstand des Intervallzieles.

Mit der Darstellung von verschiedenen möglichen betriebswirtschaftlichen Ergebnissen und den dazugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeiten, sollen einem Investor weitere Hilfestellungen zur Einschätzung der Risikostruktur einer Biogasanlage und somit neue Erkenntnisse für die Investitionsentscheidung gegeben werden. Gleichzeitig werden mit der MCS Daten erzeugt, die für Biogasanlagen gegenwärtig nicht aus der öffentlichen Statistik abgeleitet werden können, jedoch für die Analysen landwirtschaftlicher Portfolios mit einer Biogasanlage existenziell sind.

Neben den Risiken, die von den einzelnen Investitionsinputs und aus deren Zusammenspiel ausgehen, bestehen Risiken von Biogasinvestitionen in der Wirkung auf das Rendite-Risikoverhältnis im gesamtbetrieblichen Portfolio. Die Analyse verschiedener landwirtschaftlicher Portfolios bei Investitionen in eine Biogasanlage führt zu dem Ziel, dass Aussagen über:

- die Fähigkeit einer Biogasanlage zur potenziellen Risikoreduktion in Abhängigkeit zu verschiedenen Betriebszweigen
- Effizienzen der Veränderung von landwirtschaftlichen Portfoliorenditen, ausgelöst durch eine Biogasanlageninvestition
- die Eignungsfähigkeit verschiedener Betriebsformen zur Biogasanlageninvestition im Hinblick auf die Veränderung des gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Profiles

getroffen werden können. Die Untersuchung zur potenziellen Risikoreduktion in Ab-

hängigkeit zu unterschiedlichen Betriebszweigen vervollständigt das Risikoprofil einer Biogasanlageninvestition und zeigt gerade für risikoaverse Investoren die Grenzen der Risikoverringerung auf. Die Analyse der Renditeeffizienz und der Eignungsfähigkeit unterschiedlicher Betriebsformen zur Biogasanlageninvestition definiert aus Sicht der gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Struktur effiziente und ineffiziente Betriebsformen. Damit rückt für die Entscheidungsfindung die strategische Komponente einer Biogasanlageninvestition hinein in den Bewertungsfokus.

Ziel dieser Arbeit ist die ganzheitliche Identifikation und Bewertung der verschiedenen Risiken, die von einer Biogasanlageninvestition ausgehen. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, bei der Investitionsentscheidung umfassende Kenntnisse über das Risikoprofil einer Biogasanlage zu besitzen. Eventuell aufkommende, betriebsausrichtungsspezifische Probleme sollen aus Sicht des Risikos zu bewerten sein, um daraus Rückschlüsse über eine sinnvolle Integration des Investitionsvorhabens in das strategische Gesamtkonzept eines landwirtschaftlichen Betriebes ziehen zu können. Damit dienen die Ergebnisse auch der langfristigen Unternehmenssicherung. Insgesamt soll die Zustimmung oder Absage für eine Biogasanlageninvestition über die gängigen Entscheidungsparameter hinaus beurteilt und somit die Qualität der Investitionsentscheidung erhöht werden. Somit wird der Investitionsentscheidung und dadurch auch dem landwirtschaftlichen Risikomanagement ein neuer Aspekt hinzugefügt, was der Forderung von BERG (2005), ein ganzheitliches Risikomanagement mehr und mehr in den Vordergrund unternehmerischen Handelns zu setzen, entgegenkommt.

Aus der Notwendigkeit heraus, Risiken in der landwirtschaftlichen Investitionsentscheidung (neu) zu bewerten, kann das hier vorgestellte Konzept am Beispiel von Biogas als Impuls für die Risikobewertung anderer landwirtschaftlicher Investitionsmöglichkeiten stehen und zukünftig charakteristischer Bestandteil der landwirtschaftlichen Betriebsberatung sein.

---

### 3 Aufbau der Arbeit

In dem nachfolgenden Kapitel 4 wird zunächst das Forschungsvorhaben in den wissenschaftlichen Kontext eingeordnet. Dabei wird der aktuelle Wissensstand der Agrarökonomie bezüglich des Risikos und des Risikomanagement im allgemeinen und des Risikopotenzials einer Biogasanlageninvestition im speziellen herausgearbeitet.

Im Kapitel 5 werden das Risiko und das Risikomanagement genau definiert und auf die jeweilige Bedeutung für den Prozess der Investitionsentscheidung eingegangen. Aus den unterschiedlichen Definitionsansätzen werden für beide Begriffe gültige Arbeitsdefinitionen präzisiert.

Kapitel 6 widmet sich der Konzeption der ganzheitlichen Risikobetrachtung dieser Arbeit, indem die verschiedenen zu untersuchenden Risikoebenen einer Biogasanlageninvestition bestimmt werden. Außerdem wird die Maßzahl für den Erfolg und das Risikomaß eine Biogasanlageninvestition herausgearbeitet und der zu untersuchende Biogasanlagentyp vorgestellt.

Die Einzelrisiken einer Biogasanlageninvestition werden im Kapitel 7 analysiert. Unter spezieller Berücksichtigung von Inputinterdependenzen wird mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse das Risikopotenzial für einzelne Investitionsinputs bestimmt.

Die Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos ist Gegenstand des Kapitels 8 und baut auf den aggregierten Einzelrisiken des Kapitels 7 auf. Anhand einer Verteilung der Investitionsergebnisse, die mit der Monte-Carlo-Simulation erzeugt wird, werden Eintrittswahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Investitionsziele genannt.

Kapitel 9 analysiert die Risikowirkung einer Biogasanlageninvestition auf landwirtschaftliche Portfolios. Dabei wird sowohl die potenzielle Risikodiversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage, als auch die Renditeeffizienz einer Portfolioänderung, ausgelöst durch eine Biogasanlageninvestition, für verschiedene Betriebsausrichtungen analysiert.

Welche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Risikoanalysen gezogen werden können, präsentiert das Kapitel 10.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung im Kapitel 11.

## **4 Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext**

Da eine umfassende Darlegung der Forschungsarbeiten zum Risiko und Risikomanagement in allen Disziplinen und Wirtschaftsbereichen, die von der betriebswirtschaftlichen Forschung erfasst werden, sowohl vom Aufwand nicht zu vertreten als auch didaktisch nicht weiter sinnvoll ist, sollen in einem ersten Schritt die grundsätzlichen Veränderungen aufgezeigt werden, die für zunehmende Aktualität und Interesse der betriebswirtschaftlichen Forschung am Themenkomplex des Risikos verantwortlich sind. Anschließend erfolgt eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Tendenzen und Strömungen der Risikoforschung im Bereich der Agrarökonomie. Das Betrachtungsobjekt dieser Arbeit, eine Biogasanlageninvestition, macht es für die Eingrenzung der Forschungsarbeit in den wissenschaftlichen Kontext unabdingbar, sich gezielt mit den bisherigen wissenschaftlichen Auseinandersetzungen zum Themenkomplex Biogas und Risiko zu beschäftigen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen kann abschließend das Forschungsvorhaben dieser Arbeit gezielt im wissenschaftlichen Kontext platziert werden. Eine saubere Abgrenzung der Risikobetrachtungen in die unterschiedlichen Tätigkeitsfelder der betriebswirtschaftlichen und agrarökonomischen Forschung ist aufgrund inhaltlicher Überschneidungen nicht immer möglich.

### ***4.1 Aktualität der betriebswirtschaftlichen Risikoforschung***

Medienwirksame Firmeninsolvenzen, globalisierte und an Komplexität zunehmende Wirtschaftskreisläufe, erhebliche rechtliche Veränderungen im Risikobereich von Unternehmen wie der Erlass des Gesetzes zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich (KonTraG) und die Neue Basler Verordnung zur Eigenkapitalvereinbarung (Basel II) haben dazu geführt, dass dem Risiko, dem Risikomanagement und der sich daraus ergebenden Risikoproblematik heutzutage wieder eine intensive Beachtung entgegengebracht wird (JONEN 2007, JUNGINGER 2005).

Gerade durch die Neuordnung der rechtlichen Rahmenbedingungen kam es im Wirtschaftsbereich zu einschneidenden Veränderungen bezüglich der Handhabung von Risiken. So beinhaltet das 1998 in Kraft getretene KonTraG unter anderem die verpflichtende Einführung eines Risikomanagementsystems (RMS) und bei börsennotierten Unternehmen eine verpflichtende Stellungnahme zum unternehmensspezifischen Risikomanagement im Rahmen des Prüfberichts eines Wirtschaftsprüfers. Basel II trat Anfang 2007 verbindlich in Kraft. Es fasst die Gesamtheit der Eigenkapi-

talvorschriften zusammen und richtet sich an die national und international tätige Finanzwirtschaft. Basel II weitet die Mindesteigenkapitalanforderung im Vergleich zu Basel I auf weitere Risiken aus und führte zu erheblichen Veränderungen in der Kreditvergabe (Bonitätsanalyse und Rating) und somit auch in der Unternehmensfinanzierung. Mit KonTraG und Basel II wurden die Anforderungen direkt und indirekt an ein Risikomanagement seitens des Gesetzgebers um das Konformitätskriterium mit KonTraG und Basel II erweitert.

Als Folge dieser rechtlichen Neuordnung war und ist eine zunehmende Beschäftigung der betriebswirtschaftlichen Forschung mit den betreffenden Gesetzen und Verordnungen zu verzeichnen. Zum Zeitpunkt des Inkrafttretens des KonTraG's rückten vermehrt Anpassungsstrategien der verschiedensten Wirtschaftsbereiche an die Gesetzesvorgaben in den Fokus der betriebswirtschaftlichen Risikoforschung (s. KÜHNE UND SEIDEL 2000, TEICHMANN UND ERKENS 2000, KIRCHNER 2001). Im Bereich Basel II wurden in der betriebswirtschaftlichen Forschung vornehmlich Anpassungsstrategien an das Rating und an die Kreditvergabe untersucht (s. BEHR 2005 KLEMENT 2006).

Dem KonTraG kommt noch heute eine Beachtung in der betriebswirtschaftlichen Forschung zu, indem Forschungsfragen bezüglich der Wirksamkeit und Zielerreichung der Gesetzgebung bestehen (s. POTT UND WÖMPENER 2007). Gleiches gilt für Basel II. Die Fragestellung, welche Rolle und welche Verantwortung dem Risikomanagement und einzelnen Steuerungsinstrumenten, wie z.B. Basel II, in der gegenwärtigen Finanz- und Wirtschaftskrise zukommt, ist gegenwärtig ein bedeutender Bestandteil der betriebswirtschaftlichen Forschung (s. MCALEER ET AL. 2009).

### **4.2 Risikoforschung in der Agrarökonomie**

Auch in den Agrarwissenschaften wird der Beschäftigung mit Risiken und dem Risikomanagement gegenwärtig eine enorme Bedeutung eingeräumt. Die Notwendigkeit und Aktualität, sich im Bereich der Landwirtschaft mit dem Risiko und dem Risikomanagement zu beschäftigen, zeigt die Präsenz der Thematik auf Tagungen und in der Literatur. So versah die Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues (GEWISOLA) ihre Jahrestagung im Jahr 2008 mit dem Titel „Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung“, die Rentenbank widmete dem Risikomanagement in der Landwirtschaft einen gesamten Band ihrer

Schriftenreihe<sup>1</sup>. Insgesamt wird in der Literatur davon ausgegangen, dass als Folge von Marktliberalisierung, Globalisierung, Klimawandel und der Veränderung rechtlicher Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft höhere Preisschwankungen, eine Zunahme von Wetterextremen, vermehrtes Auftreten von Tier- und Pflanzenkrankheiten, geringere Risikotragfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe und ein erhöhter Bedarf an Risikoinformationen zu verzeichnen sein wird (s. ZIMPELMANN 2008 LASCHEWSKI UND PESSIER 2008, VON ALTEN 2008, ASHOK ET AL. 2005). So zeigt sich auch in der Landwirtschaft die Thematik des Risikos als ein außerordentlich komplexes Gebilde, welchem seitens der agrarökonomischen Risikoforschung durch Herausgreifen der verschiedensten Aspekte in vielfältiger Art und Weise begegnet wird. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Blickwinkel und Herangehensweisen an die Risikoproblematik in der Agrarökonomie vorgestellt.

Gegenstand einer Forschungsrichtung in der Agrarökonomie, die nicht nur in der Landwirtschaft, sondern auch in der Ernährungswirtschaft von Bedeutung ist, ist die Beschäftigung mit der Wahrnehmung von Risiken im Lebensmittelbereich und dem daraus resultierenden Einfluss auf das Verbraucherverhalten. Dieser Ansatz gewann im Zuge des verstärkten Aufkommens von Lebensmittelskandalen enorm an Bedeutung. Wie welche Risiken im Lebensmittelbereich von Verbraucherseite eingeschätzt werden und welche Auswirkungen neue, risikobezogene Informationen nach sich ziehen, analysiert Böcker (2001) durch eine wiederholte Befragung zu diesem Themenkomplex. Welchen Einfluss dabei das Vertrauen und die persönliche Einstellung zu einem Produkt auf die Kaufentscheidung haben, war Gegenstand der Arbeit von GRAFFEO ET AL. (2004), wobei sie der Einstellung zum Produkt eine wesentlich höhere Beeinflussung der Kaufabsicht zusprachen, als es beim Vertrauen zum Produkt der Fall ist. Neben der Bestimmung von Determinanten des Kaufverhaltens fanden im Rahmen der Lebensmittelskandale auch mögliche Problemlösungen Eingang in die Forschung. So beschäftigten sich HARTL UND FOX (2004) mit der Akzeptanz der Lebensmittelbestrahlung in den USA am Beispiel von Hackfleisch. Die befragten Personen empfanden dabei durchaus bestrahlte Lebensmittel als risikoärmere Lebensmittel und waren bereit, dafür einen Aufpreis zu bezahlen.

Einen erheblichen Anteil der Forschungsarbeiten nimmt die Fragestellung nach der Durchdringungstiefe, dem derzeitigen Stand und der Notwendigkeit des Risikomanagements in der Landwirtschaft ein. Als Ausweitung dieser Thematik auf die oberste

---

<sup>1</sup> Risikomanagement in der Landwirtschaft. Schriftenreihe Band 23. Hrsg: Rentenbank

Gestaltungsebene der Agrarpolitik kann die Arbeit von CAFIERO ET AL. (2007) gesehen werden. Sie greift in die Diskussion über die Neuorientierung des landwirtschaftlichen Risiko- und Krisenmanagement der Europäischen Union (EU) ein und prüft die Rolle der Intervention im Rahmen einer zukünftigen Neuorientierung.

Auf Ebene des betriebswirtschaftlichen Risikomanagements ist zunächst eine vergleichende Analyse zwischen dem landwirtschaftlichen Risikomanagement in der EU und der USA zu nennen (SZEKÉLY UND PALINKAS 2009). Der grundsätzliche Unterschied liegt demnach darin, dass in den USA die Involvierung von institutionellen Einrichtungen aus dem Agrarbereich im Risikomanagement erheblich höher als in der EU ist, was zurückgeführt wird auf Unterschiede in der landwirtschaftlichen Kultur, der ökonomischen Philosophie und in der historischen Entwicklung. Die Frage nach der derzeitigen Ausgestaltung und nach der Notwendigkeit eines Risikomanagements in der Landwirtschaft gehen sowohl BERG (2005) als auch HUIRNE ET AL. (2009) nach. Beide attestieren der Landwirtschaft eine Affinität gegenüber der so genannten „single risk“ Strategie, also dem Betrachten einzelner Risikomaßnahmen. Mit dem Vordringen des „Management“ -Begriffes in den Risikobereich stellt BERG jedoch einen Wandel fest, der sich vom Betrachten einzelner Maßnahmen hin zu einem ganzheitlichen Risikomanagement orientiert. Diese Einschätzung wird von HUIRNE ET AL. (2009) unterstützt. Durch ihre Umfrage unter niederländischen Landwirten zum Risikomanagement stellte er fest, dass ein sogenanntes „whole-farm risk management“ zwar überwiegend als effizienter, aber auch als komplizierter im Vergleich zur „single risk“ Strategie eingeschätzt wird. Dennoch zeigten sich 62 % der befragten Landwirte interessiert, ein ganzheitliches Risikomanagement einzuführen. Insgesamt ist es nach BERG bisweilen zu keiner systematischen Herangehensweise an die Problematik des betrieblichen Risikomanagements gekommen, dies gilt sowohl für eine wissenschaftliche Annäherung als auch für die Umsetzung in der Praxis, so dass letztendlich die Forderung erhoben wird, ein ganzheitliches Risikomanagement mehr und mehr in den Vordergrund unternehmerischen Handelns zu setzen. Die fehlende systematische Auseinandersetzung mit betrieblichen Risiken deckt sich mit den Erkenntnissen von LASCHEWSKI UND PESSIER (2008), die ebenfalls nur eine geringe Verankerung des Risikomanagements in der landwirtschaftlichen Praxis sehen.

Ein weiterer Bereich der agrarökonomischen Forschung zur Thematik des Risikos

fokussiert die Wahrnehmung von Risiken und das Entscheidungsverhalten unter Unsicherheitsbedingungen in der Landwirtschaft. Der Frage, wie in den unterschiedlichen Mitgliedstaaten der EU verschiedene Risiken seitens der Landwirtschaft wahrgenommen werden und ob Unterschiede zwischen den EU-Staaten festzustellen sind, gehen PALINKAS UND SZEKÉLY (2008) nach. In Ihrer Studie „Farmers` perceptions on risk and crisis risk management“ wird u.a. die Einschätzung verschiedener Risiken in der Landwirtschaft aus fünf bedeutenden Agrarstaaten der EU wiedergegeben. Unabhängig von der Staatszugehörigkeit, der betrieblichen Größe und der Betriebsausrichtung, nennen die befragten Landwirte Preisvolatilitäten und Wetter- und Naturkatastrophen als die Risiken mit dem größten Effekten auf den landwirtschaftlichen Betrieb. Risiken, die sich aus betrieblichen Anpassungsprozessen an veränderte Rahmenbedingungen der EU-Agrarpolitik ergeben, werden seitens der Landwirtschaft als nicht „hoch“ eingestuft. Im Vergleich zu dieser nahezu EU-weiten Befragung zur Risikowahrnehmung in der Landwirtschaft gestaltet sich das geographische Untersuchungsgebiet zur Risikowahrnehmung von LASCHEWSKI UND PESSIER (2008) eher übersichtlich. In der von ihnen durchgeführten Befragung von Betriebsleitern landwirtschaftlicher Großbetriebe in den Neuen Bundesländern zur Einschätzung unterschiedlicher Risiken nach ihrer wirtschaftlichen Bedeutung und ihrer geschätzten Eintrittswahrscheinlichkeit fällt auf, dass Risiken im Finanzbereich des landwirtschaftlichen Betriebes keine hohe Bewertung erhielten. D.h., weder wirtschaftliche Bedeutung noch Eintrittswahrscheinlichkeit wurden als hoch eingestuft. Demgegenüber schreiben die befragten Landwirte den Risiken aus dem Markt- und Produktionsbereich durchweg einen hohen Risikowert zu. Gleiches gilt für den Politikbereich, dem, im Gegensatz zu Befragung von PALINKAS UND SZEKÉLY (2008), ebenfalls ein hoher Risikowert zugeschrieben wird. Neben diesen Arbeiten, die sich der Risikowahrnehmung innerhalb eines geographischen Gebietes und/oder einer betrieblichen Mindestgröße verschrieben haben, existieren in der agrarökonomischen Forschung zur Risikowahrnehmung auch Beiträge, die die betriebliche Ausrichtung in einen Kontext mit der Risikowahrnehmung setzen. So untersuchten WOCKEN ET AL. (2009) die Wahrnehmung von Risiken in Milchviehbetrieben in den Alten Bundesländern. Die grundsätzliche Bewertung der Risiken zeigt sich dort nahezu deckungsgleich mit denen aus der Befragung von LASCHEWSKI UND PESSIER (2008). Die Bedeutung der Risikoeinstellung des Betriebsleiters für die betriebliche Entwicklung und für das Investitionsverhalten wurde bereits in früheren Studien manifestiert

(s. z.B. GANTNER 1984, METTLER 1988). Eine aktuelle Studie zum Investitionsverhalten bayerischer Betriebe unterstreicht erneut, dass dem betriebsleiterspezifischen Einschätzen von Risiken Auswirkungen auf das Investitionsverhalten und somit auf die betriebliche Entwicklung zuzurechnen sind (LÄPPLE 2007). VON ALTEN greift diese Thematik auf und widmet sich dem Risikoverhalten in der deutschen Landwirtschaft am Beispiel der Einführung einer Erntemehrgefahrenversicherung. In ihrer Studie (VON ALTEN 2008) wird die Bedeutung der Risikoeinstellung und der Risikobereitschaft für das Verhalten in einer Risikosituation exakt herausgearbeitet. Insgesamt ist ein konsistentes Risikoverhalten für den einzelnen Landwirt nicht zu beobachten, da situative Faktoren aversives, neutrales oder freudiges Verhalten gegenüber Risiken bedingen können. PENNINGES ET AL. (2008) beschäftigen sich mit dem Risikomanagementverhalten. Mit einer Umfrage unter amerikanischen Getreideerzeugern arbeiteten sie die Determinanten heraus, die das Verhalten eines Landwirtes bezüglich des Risikomanagements bestimmen. Dabei stellten sie unter anderem fest, dass sich aus der Kombination von Risikosteuerungsinstrumenten eine Vielzahl von Handlungsalternativen ergeben und der Landwirt nicht unbedingt die den Nutzen maximierende Alternative wählt. Dem Entscheidungsverhalten wenden sich auch MUßHOFF UND HIRSCHAUER (2004) zu. Sie zeigen einen Ansatz zur gleichzeitigen Berücksichtigung von zeitlicher Flexibilität und Unsicherheit in der Investitionsentscheidung am Beispiel einer Vertragsinvestition für Roggen. Die Unzulänglichkeiten herkömmlicher Verfahren bezüglich dieser Anforderungen wird am Beispiel des Entscheidungsbaumverfahrens näher erläutert und zur Problemlösung eine begrenzt rekursiv stochastische Simulation eingeführt. Dies bedeutet, dass MUßHOFF UND HIRSCHAUER sowohl die stochastische Simulation als auch die dynamische Programmierung in einem Modell kombinieren. Der Unsicherheitsthematik in Investitionsentscheidungen werden auch durch ODENING ET AL. (2007) neue Erkenntnisse hinzugefügt. Anhand von Szenarioanalysen bewerten sie den Beitrag des Wettbewerbs an der gesamten Unsicherheit in Investitionen.

Eine Zusammenstellung der aktuellen Risikostrategien landwirtschaftlicher und ernährungswirtschaftlicher Betriebe in den USA liefern ASHOK ET AL. (2005). Sie, aber auch HUIRNE ET AL. (2009), unterteilen die Möglichkeiten Risiko zu reduzieren in eine so genannte „within-farm“-Strategie (within-firm“ bei ASHOK ET AL. (2005)) und eine „risk-sharing“-Strategie. Zu den wesentlichen Instrumenten einer „within-farm“-

Strategie im Bereich der Agrarwirtschaft zählt ASHOK ET AL. (2005) die Diversifikation, Informationsanreicherung, um Unsicherheit zu verringern, Erhöhung von Vermarktungsalternativen und die Risikovermeidung. Die Möglichkeiten einer „risk-sharing“ – Strategie in der Landwirtschaft sind in der Versicherung, dem Hedging, dem Kontraktwesen, dem Leasen und Mieten zu sehen (s. OECD 2009). ASHOK ET AL. (2008) zählt auch außerlandwirtschaftliche Einkommensmöglichkeiten hinzu, so dass dieses zumindest in den USA auch als ein Instrument der Risikoverteilung zu sehen ist.

Wie weit einzelne Instrumente in der Landwirtschaft verankert sind, ist Gegenstand weiterer Forschungsarbeiten. Wie schon bei der Wahrnehmung von Risiken liefert auch hier die Arbeit von PALINKAS UND SZÉKELY (2008) einen Vergleich der Durchdringungstiefe von Risikosteuerungsinstrumenten in der Landwirtschaft zwischen verschiedenen Ländern der EU. Zum einen ist festzustellen, dass, von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen, mit steigender Betriebsgröße die Wahrscheinlichkeit der Implementierung einzelner Risikoinstrumente in das betriebliche Risikomanagement steigt. Dabei nehmen gerade die deutschen Landwirte in der Durchdringungstiefe von Getreide- und Viehversicherungen im EU-weiten Vergleich eine führende Position ein. Der Fragestellung, welche Bedeutung einzelne Instrumente in dem praktischen Risikomanagement der Landwirtschaft haben, gehen auch HUIRNE ET AL. (2009) nach. Jedoch beschränken sie den Untersuchungsrahmen auf niederländische Vieh- und Ackerbauern. In der ihnen zugrundeliegenden Umfrage werden das Einführen strikter Hygieneregeln und das Verbessern der Zahlungsfähigkeit als die bedeutendsten Instrumente innerhalb der Risikostrategien genannt.

Nahezu allen Instrumenten der zwei Risikostrategien gehört gegenwärtig die Aufmerksamkeit der agrarökonomischen Forschung, wobei ein Schwerpunkt eindeutig im Bereich des „risk-sharing“ festzustellen ist. Unter den Instrumenten der „within-farm“ – Strategie ist die Möglichkeit der Informationsanreicherung, um den Zustand der Unsicherheit zu verringern, ein nicht unbedeutender Forschungsgegenstand. BAHRS (2002) merkt an, dass landwirtschaftliche Einzelunternehmen und Betriebe in der Rechtsform einer GbR von den handelsrechtlichen Rechnungslegungsvorschriften befreit sind und daher das Informationsbedürfnis des Risikomanagements nicht befriedigt werden kann. Als Ausweg werden verschiedene Ansätze zur Ergänzung des Rechnungswesens vorgestellt (bspw. Verbundlösung, Kapitalflussrechnung), die sich hinsichtlich Aufwand, Komplexität und Aussagekraft unterscheiden. Um den, auch aufgrund veränderter rechtlicher Rahmenbedingungen, steigenden Informati-

onsbedarf des Risikomanagements entgegenzukommen, beschäftigen sich LASCHEWSKI UND PESSIER (2008) mit der Durchdringung und Implementierung der Risikorechnung auf ostdeutschen Großbetrieben. Dabei bewerten sie aufgrund einer Umfrage zur Risikowahrnehmung die Risikorechnung als eine nützliche Ergänzung zum etablierten Rechnungswesen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen und als Reaktion auf eine sich ändernde Informationsanforderungen seitens der Kreditwirtschaft entwickeln KÖGL UND PESSIER (2008) ein Ratingverfahren für landwirtschaftliche Unternehmen.

Weitere Ansätze zur Informationsanreicherung bestehen in der Form von Risikoanalysen. Da diese Vorhaben in der Regel komplexe Ausmaße annehmen, wird ihnen bei der noch folgenden Betrachtung der Risikoanalysemodelle entsprechender Raum eingeräumt. Eine Auseinandersetzung mit dem Instrument der betrieblichen Diversifikation in Form von Investition in Finanzvermögen, liefern NARTEA ET AL. (2008) am Beispiel neuseeländischer Landwirte.

Anhand von Korrelationsbestimmungen zu landwirtschaftlichen Erfolgszahlen werden Aussagen über das Potenzial zur Risikoreduktion von bestimmten Aktien und Anleihen in einem neuseeländischen Landwirtschaftsportfolio gemacht.

Eine Übersicht der technischen und finanziellen Wirkungsweise von Instrumenten der „risk-sharing“-Strategie zeigen CHAMBERS UND QUIGGIN (2004). Der Frage, ob das System der landwirtschaftlichen Ernte- und Einkommensversicherungen der USA modellhaft für Europa stehen kann, geht BERG (2002) nach. Die Bewertung der Vorteilhaftigkeit des subventionierten amerikanischen Mehrgefahrenversicherungssystems fand im Rahmen eines einzelbetrieblichen Optimierungsmodells mit integrierter Versicherungsmöglichkeit statt. Aus der reduzierten Einkommensvariabilität leitet BERG (2002) schließlich einen aus einzelbetrieblicher Sicht vorhandenen Bedarf an Versicherungsmöglichkeiten nach amerikanischem Vorbild ab. Einen völlig anderen Ansatz, um die Bereitschaft eines Landwirtes zum Abschluss einer Versicherung zu beurteilen, führt CHAMBERS (2007) ein. Er ermittelt einen landwirtschaftsspezifischen und einen von der Risikopräferenz unabhängigen Abzinsungsfaktor und leitet aus diesem einen Maßstab zur Versicherungsbereitschaft ab.

Sowohl in der internationalen als auch nationalen agrarökonomischen Forschung werden „risk-sharing“-Instrumente in aller Regel mit der Problematik des Wetterrisikos kombiniert. So beschäftigen sich beispielsweise GINÈ ET AL. (2007) mit den Aus-

zahlungsmodalitäten von Regenversicherungen in Indien in Abhängigkeit von der zeitlichen Regenverteilung, wobei sie keine zeitlichen Abhängigkeiten des Auszahlungszeitpunktes, jedoch eine negative Korrelation der Auszahlungshöhe mit dem Anstieg des Bruttoinlandsproduktes pro Kopf in Indien feststellen. Mit der Verringerung des Wetterrisikos beschäftigt sich die Arbeit von RITCHIE ET AL. (2004), ohne dabei die Möglichkeit einer Versicherung in Betracht zu ziehen. Er diskutiert am Beispiel einer australischen Trockengegend, ob mit Wetterprognosen die Fläche für den Baumwollanbau nach der räumlichen Verteilung des Niederschlags geplant werden kann. Dabei kommt er zu dem Schluss, dass Wetterprognosen ein sehr interessantes Instrumentarium einer Risikostrategie darstellen.

In der deutschsprachigen Literatur ist die Beschäftigung mit Wetterrisiken stark auf das Instrument „Wetterderivat“ fokussiert. Wetterderivate sind Finanzprodukte (bspw. Optionen, Futures oder Forward-Kontrakte), die dem Risikotransfer dienen. Dabei zielen sie im Gegensatz zu Versicherungen nicht auf Preisrisiken, sondern auf Mengenrisiken ab. Zahlungen zwischen den Vertragsparteien orientieren sich an der Abweichung objektiv messbarer Wettervariablen wie Temperatur, Niederschlag und Luftfeuchtigkeit, zu einer vorher definierten Referenzwettersituation.

Ob Wetterderivate für das Risikomanagement der Landwirtschaft ein sinnvolles Instrument sind, bewerten BERG ET AL. (2005) anhand einer Modellkalkulation zur Bestimmung der Auswirkung eines Wetterderivates auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Erlöses im Kartoffelanbau. Ihrer Einschätzung nach können Wetterderivate durchaus ein nützliches Instrument darstellen, obgleich er weiteren Forschungsbedarf sieht. Dieser Aufforderung kommt MUßHOFF mit seinen Arbeiten an dieser Thematik nach. Aufgrund der nicht vorhandenen Handelbarkeit des Wetters widmet er sich mit ODENING und XU (MUßHOFF ET AL. 2005) der korrekten „Bepreisung“ von Wetterderivaten und stellt unterschiedliche Verfahren vor. Einen Risikoprogrammierungsansatz, mit der die Zahlungsbereitschaft von Landwirten für Risikomanagementinstrumente im Allgemeinen und für Wetterderivate im Speziellen, untersucht wird, zeigen MUßHOFF UND HIRSCHAUER (2008). Sie analysieren eine Zahlungsbereitschaft für Wetterderivate, die oberhalb der für schadensbezogene Versicherungen ist. Daraus leiten sie ein erhebliches Handelspotenzial ab.

Dem Anwendungspotenzial indexbasierter Wetterversicherungen nähern sich WEBER ET AL. (2008) durch eine empirische Befragung der Angebots- und Nachfrageseite von Wetterversicherungen. Darüber hinaus wird die Wirksamkeit von dem Risikoin-

strument ähnlich wie bei MUßHOFF UND HIRSCHAUER (2008) anhand eines betrieblichen Optimierungsmodells mit der Möglichkeit eines Versicherungsabschlusses bestimmt. Auch sie attestieren ein starkes Interesse seitens der Landwirtschaft an indexbasierten Risikoabsicherungen. Eine völlig andere Möglichkeit, sich innerhalb der „risk-sharing“-Strategien gegenüber Risiken abzusichern, greift THEUVSEN (2007) durch die Auseinandersetzung mit Pachtpreisanpassungsklauseln auf. Um das Risiko, aber auch Chancen, nicht einseitig auf Seiten des Pächters zu belassen, empfiehlt er Pachtpreisklauseln einzuführen, die nicht eine Anpassung an das regionale Pachtniveau beinhalten, sondern die Entwicklungen von Preisen und Erträgen berücksichtigt. Dabei gibt er allerdings auch die offenen Fragen, wie z.B. die Rolle von Energiepreisen in gleitenden Pachtpreisanpassungen, die bezüglich dieses Risikoinstrumentes bestehen, wieder.

Der Bewertung und Analyse von Risiken können zwei unterschiedliche Ansätze zugesprochen werden. Zum einen handelt es sich um Ansätze, die sich strikt auf die Verwendung und Handhabung einer Methode zur Risikoanalyse beziehen. Zum anderen werden zum Teil umfangreiche und überaus komplexe Analysemodelle entwickelt, die der Risikobewertung in Verbindung mit einer landwirtschaftlichen Aktivität oder Investitionsmöglichkeit dienen.

Ob das aus dem außerlandwirtschaftlichen Bereich stammende Konzept des „Value at Risk“ (VaR) auch ein Anwendungspotential für die landwirtschaftliche Risikoquantifizierung bereithält, analysieren ODENING UND MUSSHOF (2001). Das VaR ist ein Risikomaß, welches die Unsicherheit in einer Kennzahl komprimiert. Dabei beschreibt es den Vermögensverlust, der mit einer gegebenen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird. Der Schwerpunkt der Untersuchung von ODENING UND MUSSHOF (2001) liegt in den Problemen der Operationalisierung des Konzeptes. Insgesamt stellen sie dem VaR eine Anwendbarkeit im Agrarbereich aus. Die Auseinandersetzung mit neuen Möglichkeiten der Risikobewertung führt zwangsläufig zur Beschäftigung mit der Risikoanalyse. JUST UND POPE (2003) zeigen auf, welche Wege in der landwirtschaftlichen Risikoanalyse bestehen, um den Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis möglichst nahe zu kommen. Zu den Möglichkeiten, die sie nennen und dessen Implementierung sie vorschlagen, gehören fest verrechnete Inputs und Grenzen der Ausprägung, unvollkommener Kapitalmarkt und ein dynamisches Finanzmanagement, welches u.a. die Möglichkeit von Zahlungseinstellungen beinhaltet.

Innerhalb der Risikoanalysen kommt es zu unterschiedlichen methodischen Herangehensweisen, um Risiken zu quantifizieren. Von großer Bedeutung sind dabei gegenwärtig Monte-Carlo-Simulationen. Am Beispiel der Routenplanung von Fangschiffen, die einen optimierten Rundkurs den „von Tag zu Tag“-Strategien vorziehen, vergleichen HICKS UND SCHNIER (2006) eine statische und eine dynamische Monte-Carlo-Simulation. Der dynamischen Monte-Carlo-Simulation, dessen Simulationsergebnis (Fangergebnis) den Startwert für die nächste Simulation darstellt, wird bezüglich der Fragestellung der höhere Nutzen gegenüber der statischen Variante eingeräumt. Auch in der deutschsprachigen agrarökonomischen Literatur erfährt die Monte-Carlo-Simulation als Methode innerhalb der Risikoanalyse derzeit Beachtung. So führen z.B. KRÖBER ET AL. (2009) eine Risikoanalyse mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation für die Wirtschaftlichkeit des Energieholzanbaus in Kurzumtriebsplantagen durch. Die Wirtschaftlichkeit wird mittels Annuitätenmethode bestimmt, d.h. dass der sich nach jeder Simulation ergebende Kapitalwert über die gesamte Nutzungsdauer mit dem Kalkulationszins verrentet wird. Die zur Simulation herangezogenen unabhängigen Variablen unterliegen der Dreiecksverteilung. Einen nahezu identischen methodischen Ansatz haben zuvor RAUH ET AL. (2008) abgegeben. Sie simulieren die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage ebenfalls mittels Monte-Carlo-Simulation und gehen dabei auch von unabhängigen dreiecksverteilten Zufallszahlen aus. Dabei ist ihr Modell als statischer zu bewerten als das von KRÖBER ET AL., da sie die Nutzungsdauer nicht weiter modellintern berücksichtigen. Einen anderen Ansatz, aber ein nicht minder umfangreiches Modell zur Bewertung von Risiken, stellen VAN ASSELDONK UND LANGEVELD (2007) vor. In ihrer Portfolioanalyse zum Umgang mit Klimawandel in der Landwirtschaft fügen sie den Erträgen von Betriebszweigen typischer niederländischer Ackerbauern Wahrscheinlichkeitsverteilungen, basierend auf dem sich abzeichnenden Klimawandel, hinzu, um dann mittels quadratischer Programmierung die optimale Betriebszweigverteilung anhand einer zuvor bestimmten Nutzenfunktion zu bestimmen. Erstaunlicherweise analysieren sie in ihrem Modell ein steigendes Einkommen der Ackerbaubetriebe durch den Klimawandel, da in extremen Klimajahren die Erträge zwar sinken, der Preis jedoch auch steigt.

Obwohl sie nicht das Thema Biogas in den Mittelpunkt des Interesses stellen, sind die Arbeiten von KOBZAR (2006), STARP (2006) und LIEN UND HARDAKER (2001) gerade im Hinblick auf die Fragestellung dieser Arbeit von besonderem Interesse. Alle haben

in ihren Analysemodellen einen gesamtbetrieblichen Blickwinkel. LIEN UND HARDAKER (2001) untersuchen den Einfluss von Risikoaversion, Subventionsgestaltung und landwirtschaftsspezifischer Nutzenfunktion auf die optimale Betriebsorganisation am Beispiel der norwegischen Landwirtschaft. Diese Thematik untersuchen sie mit einem Maximierungsmodell, indem sie den Gewinn einzelner Betriebsaktivitäten mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen belegen und sowohl eine Nutzenfunktion als auch die Ausgestaltung der Subventionsbeimessung ins Modell implementieren. Dabei bestimmten sie mittels Experten eine dreiecksverteilte Gewinnverteilung (gross margin) für die unterschiedlichen landwirtschaftlichen Aktivitäten. Unter Berücksichtigung von Restriktionen (bspw. Obergrenzen für Pacht und Arbeit), der Subventionsgestaltung und einer vorgegebenen Nutzenfunktion wurde der Nutzen maximiert. Unter den gegebenen Bedingungen analysierten sie einen höheren Einfluss der Subventionsgestaltung und Marktbedingungen auf die optimale Betriebsorganisation, als das bei der Risikoeinstellung des Landwirts der Fall ist.

Auch STARP (2006) betreibt einen umfangreichen Optimierungsansatz. Für zwei Beispielsbetriebe maximiert er mittels numerischer Optimierung in einem Risiko-Wert-Modell den Erwartungsnutzen, wobei eine Risikotoleranzschwelle des Entscheidungsträgers neben anderen Restriktionen Beachtung finden muss. Als Toleranzschwelle, die die Möglichkeiten der Betriebsorganisationsgestaltung beschränkt, führt er Lower Partial Moments (LPM) in die Optimierung ein, welche sich lediglich auf den unteren Teil einer Wahrscheinlichkeitsverteilung beziehen. Dem Risiko und der Effizienz von Risikoänderungen in einer landwirtschaftlichen Betriebsausrichtung widmet sich auch KOBZAR (2006). Für verschiedenste Betriebsorganisation niederländischer Ackerbaubetriebe führt sie auf einzelbetrieblicher Ebene mittels Linearer Optimierung eine Maximierung und eine Minimierung des Betriebseinkommens durch, unter Berücksichtigung von Flächen- und Fruchtfolgerestriktionen. Mit Hilfe einer Varianz-Kovarianz-Matrix, die aus Zeitreihenanalyse von Betriebszweigerfolgen stattfand, fügte KOBZAR (2006) den beiden extremen Organisationszuständen ein Risiko in Form der Standardabweichung hinzu. Aus der räumlichen Differenz dieser beiden Umweltzustände in einem Risk-Return-Diagramm leitet sie schließlich eine betriebsspezifische Wechselbeziehung zwischen Betriebseinkommen und Risiko ab.

### **4.3 Risikoforschung im Bereich der Biogaserzeugung**

Parallel zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien als mögliche Investitionsmöglichkeit in der Landwirtschaft, breiteten sich verschiedenste agrarökonomische For-

schungsfragen zu diesem Themenkomplex aus. Eine grundsätzliche Auflistung der noch zu beantwortenden Fragen im Bereich der Bioenergie liefert TANGERMANN (2007). Er weist auf eine noch immer fehlende und inhaltlich überzeugende Bewertung der tatsächlichen Energiebilanz von Bioenergie hin und sieht weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich des maximalen Beitrages der Bioenergie am gesamten Energieverbrauch. Auch die Frage nach dem preislichen Gefüge fossiler Rohstoffe für eine gegebene Wettbewerbsfähigkeit der Bioenergie sieht er unbeantwortet. Das Potenzial der Bioenergie zur energetischen und stofflichen Nutzung wird von SCHMITZ ET AL. (2009) durch Analysen der globalen Entwicklungen auf den Märkten für Lebensmittel und Energie und der politischen Rahmenbedingungen für Bioenergie in Deutschland und der EU bestimmt. Sie erwarten sowohl eine Zunahme in der Bereitstellung von Biomasse für energetische Zwecke als auch eine Zunahme der Defizite in der Welternährungssituation. Durch die daraus resultierenden höheren Agrarpreise sehen SCHMITZ ET AL. (2009) die Landwirtschaft veränderten Rahmenbedingungen ausgesetzt, worauf u.a. durch Erhöhung der Produktionsintensität reagiert werden sollte. Einen anderen Teil der von TANGERMANN (2007) aufgeworfenen Forschungsfragen beantworten SCHAPER UND THEUVSEN (2008), indem sie die derzeitige Zusammensetzung der erneuerbaren Energien in Deutschland, die Bedeutung für den Arbeitsmarkt und die Flächenentwicklung für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland wiedergeben. Dabei weisen sie der Bioenergie eine besondere Stellung unter den Erneuerbaren Energien zu, da sie in enger Beziehung zur landwirtschaftlichen Urproduktion stehen. Aus dieser Verbindung kann eine Konkurrenzbeziehung zwischen der Biogasproduktion und anderweitiger Verwendung landwirtschaftlicher Flächen und Ressourcen entstehen, was gegenwärtig Gegenstand diverser Forschungsarbeiten ist. So analysieren GÖMANN ET AL. (2008) im Rahmen einer komparativ statischen Wirkungsanalyse die Bedeutung steigender Getreide- und Ölsaatenpreise auf den Biomasseanbau zur Biogaserzeugung in Deutschland. Um regionale Auswirkungen preislicher Veränderungen landwirtschaftlicher Rohstoffe hinsichtlich der landwirtschaftlichen Nutzung und der Produktion zu bestimmen, fußen die Referenz- und die Szenariosituationen auf dem Regionalisierten Agrar- und Umwelteinformationssystem (RAUMIS). Steigende Getreidepreise hätten in den allermeisten Regionen einen Rückgang der Energiemaisflächen zur Folge, was je nach Rückgangsstärke erhebliche Folgen für die Substratversorgung einzelner Biogasanlagen bedeutet. Aus dieser Erkenntnis heraus leiten GÖMANN ET AL. (2008) schließlich

Optimierungsfelder (Steigerung des Hektarertrages, technische Verbesserungen) entlang der Biogasproduktion ab, um bei steigenden Getreidepreisen konkurrenzfähig zu bleiben. BERENZ ET AL. (2008) wiederum stellen die Biogasanlage in eine Konkurrenzbeziehung zu ausgewählten Betriebszweigen der tierischen Erzeugung und leiten in ihrer Untersuchung die Wirtschaftlichkeit der Biogaserzeugung gegenüber anderen Betriebszweigen anhand der spezifischen Faktorentlohnung ab. Mit Hilfe geeigneter Literatur und Datensammlungen (hauptsächlich KTBL) ermitteln sie den Gewinnbeitrag der einzelnen Betriebszweige mittels Vollkostenrechnung und bestimmen im Hinblick auf die Produktionsfaktoren Boden und Arbeit deren Verwertung. Von den in die Untersuchung aufgenommenen Betriebszweigen bescheinigen sie der Schweinemast eine starke Position im Konkurrenzkampf mit Biogas, demgegenüber fallen Milchviehhaltung und Bullenmast deutlich in ihrer Konkurrenzkraft ab. Dabei bemerken die Autoren, dass sich vor diesem Hintergrund aus einzelbetrieblicher Sicht die Frage nach einer Hereinnahme der Biogaserzeugung in die Betriebsorganisation stellt.

Auch VOSS ET AL. (2009) bescheinigen der Landwirtschaft günstige Voraussetzungen zur Biogasproduktion und untersuchen, welche betriebsstrukturellen Merkmale und welche Betriebsleitereinstellungen zu einer Befürwortung einer Biogasanlageninvestition führen. Sowohl eine große Betriebsgröße (bewirtschaftete Fläche und/oder Tierbesatz), aber auch ein hoher Ausbildungsgrad, Risikobereitschaft und Innovationsorientierung sind dabei nicht unerhebliche Faktoren.

Mit der Frage, welche Effizienz schließlich umgesetzte Biogasprojekte aufweisen, haben sich FILLER ET AL. (2007) auseinandergesetzt. Zunächst minimieren sie im Rahmen einer Linearen Optimierung (LOP) die Kosten zur Erzeugung des Outputs „Biogas“ und bestimmen anschließend für verschiedenste Biogasanlagen mittels Vergleich zwischen den minimierten und tatsächlichen Kosten, die Anlageneffizienz. Aus dem Vergleich zwischen Biogasanlagen mit hohen und niedrigen Effizienzgraden leiten sie schließlich typische Merkmale effizienter und ineffizienter Biogasanlagen ab.

Weniger in der Literatur, sondern mehr im Internet gibt es unterschiedlichste Versuche, sich mit den Einzelrisiken einer Biogasanlageninvestition auseinanderzusetzen. Sie werden in aller Regel als Sensitivitäts- oder Szenarioanalyse deklariert und untersuchen die Auswirkungen von Inputabweichungen auf Outputwerte. Diese Sensitivitätsanalysen befinden sich unter anderem seitens der Biogasanlagenhersteller,

Vereinen oder Verbänden, die sich mit Biogasanlagen beschäftigen, und seitens öffentlicher Einrichtungen im Umlauf. Bei einer näheren Betrachtung dieser Analysen ist zum einen festzustellen, dass sie eine hohe Heterogenität bezüglich der Datengrundlage, der Methodik und der Ergebnisse aufweisen. Eine im Vergleich zu anderen im Internet befindlichen Sensitivitätsanalysen umfassende Auseinandersetzung befindet sich auf der österreichischen Homepage der „Biogasnetzeinspeisung“ (2008). Die Sensitivitätsanalyse der Modellanlage, welche als Anlage zur Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz konzipiert ist, bezieht acht Inputs mit ein. Die Sensitivität der Biogasentstehungskosten auf die Inputvariation wird anhand von unterschiedlichen Variationshöhen dargestellt. Ebenfalls statischer Natur, jedoch mit lediglich fünf und weniger in die Untersuchung einfließenden Einzelrisiken, zeigen sich die Sensitivitätsanalysen von KEYMER (2004) an der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Bayern, von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2004) und des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MLUV Brandenburg) (2006). Anders verhält es sich mit der Sensitivitätsanalyse der Lokalen Energie Agentur Oststeiermark (2008), die im Rahmen eines Betriebskonzeptes einer Biogasanlage für den „LandesEnergieVerein-Steiermark“ entstanden ist und österreichische Rahmenbedingungen zugrunde legt. Im Gegensatz zur erstgenannten Sensitivitätsanalyse werden hier zeitlich unterschiedlich anfallende Zahlungen wertmäßig unterschiedlich berücksichtigt, jedoch ist die Variationshöhe der Investitionsinputs nicht einheitlich. Eine wissenschaftlichere Auseinandersetzung mit der Analyse von Einzelrisiken liefern BERENZ ET AL. (2008). Für drei bereits in die Praxis umgesetzte Biogasanlagen arbeiten sie entlang des Biogasprozesses bedeutende Risiken heraus, die sie dann unter c.p. Bedingungen in der Sensitivitätsanalyse variieren, um Handlungsempfehlungen zur Risikominimierung abzuleiten. Dabei fußt das Modell auf den Praxisdaten der drei Beispielanlagen. Weitere wissenschaftliche Auseinandersetzungen mit der Analyse von Einzelrisiken im Biogasbereich sind eher eine Begleiterscheinung übergeordneter Forschungsvorhaben, weshalb diese i.d.R. nur ein oder zwei Einzelrisiken in die Untersuchung mit aufnehmen. Ein gutes Beispiel dafür ist die Arbeit von FILLER ET AL. (2007), die dort enthaltene Szenariorechnung fokussiert eindeutig die Substratkosten. Einen sehr interessanten Ansatz, der über die Betrachtung von Einzelrisiken hinaus geht, liefern BERENZ UND HEIßENHUBER (2007). Mit Hilfe einer Monte-Carlo-Simulation bewerten sie das Gesamtrisiko einer Biogasanlageninvestition, welches sich aus dem zeitglei-

chen Wirken von Einzelrisiken ergibt. Sie ersetzen in ihrer Planungsrechnung fixe durch wahrscheinlichkeitsverteilte Größen und generieren durch vielfaches Wiederholen eine Verteilungskurve für den Gewinn. Als Folge einer gedachten Optimierungsmaßnahme werden dann die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Inputgrößen neu gewählt und wiederum eine Verteilungskurve des Gewinns generiert. Aus dieser neuen Verteilungskurve wird der Nutzen der Optimierungsmaßnahme abgeleitet. Einen ähnlichen, lediglich leicht modifizierten Ansatz zur Abschätzung des Gesamtrisikos, zeigen BERENZ und HEIßENHUBER gemeinsam mit RAUH (RAUH ET AL. 2008). Beide Ansätze operieren zum Anzeigen der Bandbreite möglicher Investitionsergebnisse mit einem statischen Modell zur Wirtschaftlichkeitsbestimmung und unterstellen den in ihrer Ausprägung variierenden Investitionsinputs eine Dreiecksverteilung und Unabhängigkeit. Der Beitrag von RAUH ET AL. (2008) berücksichtigt insgesamt 13 Variationsinputs in der Monte-Carlo-Simulation und bezieht sich auf den Zeitraum nach einer Investitionsentscheidung. Dies beinhaltet, dass einige Investitionsinputs als fixe Größen gehandhabt werden (wie z.B. Investitionssumme), auf die der Investor aufgrund der zeitlichen Dimension keinen Einfluss mehr hat. Durch ihre Monte-Carlo-Simulationen stellen sowohl BERENZ UND HEIßENHUBER (2007) als auch RAUH ET AL. (2008) eine hohe Bandbreite des Gewinns einer Biogasanlageninvestition fest. In beiden Arbeiten wird die Monte-Carlo-Simulation als durchaus nutzbares und praktisches Instrument zur Abschätzung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos bezeichnet. Beide weisen jedoch auf weiteren Forschungsbedarf auf diesem Gebiet hin.

### ***4.4 Platzierung der Arbeit in den wissenschaftlichen Kontext***

Das Forschungsvorhaben ist eingebettet in das überaus aktuelle Problemfeld des Risikomanagements in der Landwirtschaft, welches sich aus den anfangs geschilderten Veränderungen hinsichtlich gesetzlicher Anforderungen und aus Umweltveränderungen ergibt.

Die verschiedenen Risikoanalysen dieser Arbeit dienen dazu, durch Informationsanreicherung den Zustand der Unsicherheit im Entscheidungszeitraum zu verringern. Damit ist das Forschungsvorhaben nach der Unterteilung von ASHOK ET AL. (2005) und HUIRNE ET AL. (2009) ein Ansatz, der eindeutig der „within-farm“-Strategie zuzuordnen ist. Aspekte der „risk-sharing“-Strategie, wie Hedgen oder Versicherungen, bleiben in dieser Arbeit unberücksichtigt. Wie bereits erwähnt, sind unter den „within-farm“-Ansätzen mit dem Ziel der Informationsanreicherung, speziell die von LIEN UND

HARDAKER (2001) STARP (2006) und KOBZAR (2006) für diese Arbeit von Bedeutung und das, obwohl ihre Arbeiten zur Betriebsoptimierung keine Biogasanlage in den Mittelpunkt stellen und sie Risiko in einem anderen Umfang als in dieser Arbeit berücksichtigen. Trotz der gesamtbetrieblichen Herangehensweisen bleibt der Aspekt der Risikodiversifikation durch Betriebszweigkorrelation unberücksichtigt. Ihrem Ansatz, Entwicklungsmöglichkeiten in einem gesamtbetrieblichen Kontext zu bewerten, schließt sich diese Arbeit zum Teil an, indem die Investitionsmöglichkeit Biogas risikotechnisch und betriebsstrategisch auch aus einem gesamtbetrieblichen Blickwinkel heraus beurteilt wird.

Zur Auswahl der relevanten und zu untersuchenden Risikopositionen wird unter anderem auf die Arbeiten von LASCHEWSKI UND PESSIER (2008), WOCKEN ET AL. (2009) und PALINKAS UND SZEKÉLY (2008) zur Risikowahrnehmung in der landwirtschaftlichen Praxis zurückgegriffen. Die dort enthaltenen Risiken werden, sofern sie eine Biogasanlageninvestition betreffen, auch im Rahmen dieser Arbeit Berücksichtigung finden. Das gilt auch für Risiken aus dem Politikbereich, dem LASCHEWSKI UND PESSIER (2008) im Gegensatz zu PALINKAS UND SZEKÉLY (2008) in ihrer Arbeit einen hohen Risikowert zuschreiben. Die Berücksichtigung ist hier von Bedeutung, da die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen zu einem erheblichen Teil durch politisch gewollte Markteinführungsprogramme (EEG, MAP) bestimmt wird. Den zahlreichen Untersuchungen zum Risiko, welches sich aus der Konkurrenzbeziehung einer Biogasanlage zu anderen landwirtschaftlichen Betriebszweigen ergibt, wird nicht explizit nachgegangen, sondern findet eine implizite Beachtung. Das Konkurrenzrisiko findet sich als Bestandteil des Ergebnisses einer Expertenbefragung zur Korrelation von Betriebszweigrenditen wieder. Die Expertenmeinung stellt eine Aussage dar, die das Konkurrenzrisiko zwischen einer Biogasanlage und anderen landwirtschaftlichen Betriebszweigen implizit berücksichtigt. Daher und im Hinblick auf die bereits geleisteten Arbeiten auf diesem Forschungsgebiet (s. GÖMANN ET AL. 2008, BERENZ ET AL. 2008), stellt sich für diese Arbeit die Frage nach einer ausdrücklichen Berücksichtigung der Nutzungskonkurrenz zwischen Biogas und anderen landwirtschaftlichen Betriebszweigen nicht mehr.

Im Rahmen dieses umfassenden ganzheitlichen Risikomanagements werden verschiedene Wirkungsebenen von Risiken analysiert, nicht ohne dabei zum Teil verschiedene Bewertungsansätze aus der Literatur aufzunehmen. Dabei ist es für die Qualität der Aussagen ein grundsätzliches Anliegen, die von JUST UND POPE (2003)

aufgezeigten Möglichkeiten zur Implementierung der Bedingungen landwirtschaftlicher Praxis in Risikoanalysen mit aufzunehmen. Damit ist zum einen verbunden, dass verschiedene Ansätze der Investitionsrechnungen, die der Identifikation und Bewertung von Risiken zugrunde liegen, hinsichtlich der Berücksichtigung der von JUST UND POPE (2003) vorgestellten Möglichkeiten auf Eignungsfähigkeit bewertet werden. Zum anderen verfügt schlussendlich die Investitionsrechnung dieser Arbeit beispielsweise über die Merkmale eines unvollkommenen Kapitalmarktes und sie berücksichtigt die monetären Konsequenzen, die sich aus den verschiedensten Investitionsverläufen ergeben. Als eines der entscheidenden Abgrenzungskriterien zu anderen landwirtschaftlichen Risikoanalysen kann, bezüglich der Investitionsrechnung, die Einarbeitung und zwangsläufige Berücksichtigung von kausalen Wechselbeziehungen (Interdependenzen) zwischen der Ausprägung einzelner Investitionsinputs gesehen werden.

Die vorgestellten Verfahren zur Analyse der Einzelrisiken einer Biogasanlage weisen zahlreiche Unzulänglichkeiten auf. Zum einen liefern Sensitivitätsanalysen mit fünf oder weniger Inputs kaum ein quantitativ ausreichendes Ergebnis, um ein umfassendes Inputranking zu erstellen. Zum anderen kann die Risikowirkung eines Investitionsinputs nicht ausreichend durch Inputvariation in einer Höhe beschrieben werden, die statische Natur dieser Ansätze wird der hohen Nutzungsdauer der Investitionsmöglichkeit nicht gerecht. Ein Kritikpunkt, den alle bereits vorgestellten Sensitivitätsanalysen gemein haben, ist die fehlende Berücksichtigung von Interdependenzen zwischen Inputausprägungen, was eine Über- oder Unterbewertung der Risikowirkung einzelner Investitionsinputs zur Folge haben kann. Die hohe Heterogenität dieser Arbeiten bezüglich der Datengrundlage, der Methodik und der inhaltlichen Tiefe macht ein Vergleichen der Ergebnisse und ein „Addieren“ der Ergebnisse zu einem Gesamtbild nicht möglich. Insgesamt ist festzustellen, dass mit diesen Analysen aufkommende Fragestellungen zum Risiko einzelner Biogasanlageninputs höchstensfalls unzureichend geklärt werden können, da sie den hohen Anforderungen bezüglich der Datengrundlage und der Investitionsrechnung nicht genügen. Die Einzelrisikoanalyse dieser Arbeit grenzt sich daher bewusst von den vorgestellten Arbeiten ab und soll eine umfassende und wissenschaftlich fundierte Auseinandersetzung mit dem Risiko von Biogasanlageninputs liefern. Nicht nur die Risikopotenziale, sondern auch die ursächlichen Faktoren sollen dargestellt werden. Dabei sollen die Fehler und Schwachpunkte der vorgestellten Arbeiten vermieden werden, indem

mehrere Verfahren der Sensitivitätsanalyse, mehrere Inputs, mehrere Variationshöhen, unterschiedliche finanzielle Dispositionen, Konditionenvielfalt, der zeitliche Aspekt von Zahlungen und bestehende Interdependenzen herausgearbeitet werden und Berücksichtigung finden.

In der zweiten Analyseebene wird sich zur Bestimmung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos zum Teil am Ansatz von RAUH ET AL. (2008) orientiert. Wie bereits erwähnt, schätzt er das Risiko mittels Monte-Carlo-Simulation ab. Dieser interessante Ansatz wird aufgegriffen und modifiziert. RAUH ET AL. (2008) arbeiten mit restriktiven Annahmen, daher wird der statische Ansatz zu Gunsten einer dynamischen Methode aufgegeben, wie es auch bei KRÖBER (2009) zu finden ist. Um die Tragfähigkeit des zu ermittelnden Risikoprofils weiter zu erhöhen, werden Abhängigkeiten zwischen den Inputs, die zweifelsfrei bestehen, in die Risikoanalyse integriert. Dies geschieht, indem die Monte-Carlo-Simulation ebenfalls auf der Investitionsrechnung der Einzelrisikenanalyse basiert und somit alle dort enthaltenen methodischen Vorteile auch dieser Analyseebene zu Gute kommen. Ein weiterer Vorteil, der sich aus der gemeinsamen Investitionsrechnung ableitet und auch als Abgrenzung zu den Monte-Carlo-Simulationen von RAUH ET AL. (2008) und KRÖBER (2009) zu sehen ist, ist die vorangegangene Sensitivitätsanalyse. Sie gewährleistet, dass die Inputvariablen nicht einer willkürlichen Auswahl unterliegen, sondern alle bedeutenden Inputrisiken bereits vor der Simulation identifiziert sind und dem Durchführenden wertvolle Anhaltspunkte bei der Bestimmung der relevanten Inputvariablen liefern. Eine weitere Abgrenzung liegt im Zeitpunkt des Betrachtens. Während RAUH ET AL. (2008) bereits den Betrieb der Anlage untersuchen, beschäftigt sich dieser Beitrag mit der Investitionsentscheidung. Deshalb sind in diesem Simulationsmodell auch keine „fixen Variablen“ (Inputs) zulässig, da noch kein Anlageparameter gesetzt ist.

Zu den bisher vorgestellten Methoden, die das Risiko einer Investition als Hilfestellung zur Investitionsentscheidung beschreiben können, gehören Sensitivitätsanalysen, Szenariorechnungen und Monte-Carlo-Simulationen. Kommt eines dieser Verfahren bei dem Prozess der Investitionsentscheidung zur Anwendung, so beruht die Entscheidung methodenbedingt auf Risikoanalysen, die nicht den gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko –Komplex des Investors berücksichtigen. Wird jedoch die Biogasanlage als Teilstrategie gesehen, die sich unter Berücksichtigung von bestehenden Interdependenzen (DUNST 1983) hinsichtlich ihrer Rendite- und Risikowirkung möglichst effizient in die Unternehmensstrategie eines landwirtschaftlichen Betriebes

eingliedern soll, wird deutlich, dass für die Investitionsentscheidung der betriebliche Kontext von größter Bedeutung ist. Die Ausweitung der Risikobetrachtung einer Biogasanlageninvestition auf den gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Komplex komplettiert den Ansatz dieser Arbeit zu einer ganzheitlichen Risikobetrachtung.

Die einzelnen Risikoanalysen stehen nicht beziehungslos zueinander, da alle Analysen auf den in der Investitionsrechnung verankerten Daten basieren und die Ergebnisse einer Analyseebene notwendigerweise in die Untersuchung der übergeordneten Analyseebene einfließen. Somit können die unterschiedlichen Risikobetrachtungen dieser Arbeit im Gegensatz zu unabhängig voneinander entstandenen Risikobewertungen zu einem inhaltlich konsistenten ganzheitlichen Risikomanagementansatz zusammengefasst werden. Sowohl die Beschäftigung mit durch Biogasanlagen ausgelösten Veränderungen des Rendite-Risiko-Komplexes als auch die Zusammenführung unterschiedlicher Risikoanalyseebenen zu einem ganzheitlichen Risikomanagement grenzen dieses Vorhaben von anderen agrarökonomischen Forschungsarbeiten ab.

Indem der Entscheidungsfindung zur Investition in eine Biogasanlage neue Kenntnisse und Aspekte hinzugefügt werden, kristallisiert sich ein präskriptiver Charakter heraus. Das bedeutet, dass der Schwerpunkt dieser Betrachtung nicht auf dem Beschreiben und Erklären des tatsächlichen Entscheidungsverhaltens liegt, sondern vielmehr Empfehlungen und Informationen zum betrieblichen Risikomanagement und Entscheidungsverhalten ausspricht.

Im übergeordneten Beziehungsrahmen greift die Arbeit die Forderungen von BERG (2005) auf, ein ganzheitliches Risikomanagement mehr und mehr in den Vordergrund unternehmerischen Handelns zu stellen und kann als Reaktion auf die Fehlleistungen des bisherigen Risikomanagements, besonders im Biogasbereich, gesehen werden.

## 5 Risiko und Risikomanagement

Definitionen und Interpretationsansätze des Risiko und speziell das Risikomanagement sind in der landwirtschaftlichen Praxis nur wenig verankert (LASCHEWSKI UND PESSIER 2008). Daher, und weil beide Begrifflichkeiten elementare Bestandteile dieser Arbeit sind, werden in diesem Kapitel der Begriff des Risikos und des Risikomanagements präzisiert.

### 5.1 Risiko

Kaum ein Begriff der Betriebswirtschaftslehre wird in so vielfältiger Weise verwendet wie der Risikobegriff (IMBODEN 1983). Ein seit Jahrzehnten stattfindender Risikodiskurs führte bislang zu keiner Präzisierung der Begrifflichkeit (JONEN 2007). Da jedoch Klarheit über den Risikobegriff für das Verständnis dieser Forschungsarbeit essentiell ist, scheint eine Beschäftigung mit den Definitionsmöglichkeiten des Risikos durchaus sinnvoll. Im Folgenden sollen die verschiedenen Definitionsansätze aus der betriebswirtschaftlichen Literatur und die Systematisierung der Risikoarten wiedergegeben werden, um aus diesen Ansätzen heraus eine Arbeitsdefinition des Risikobegriffes zu generieren. Diese Risikodefinition kann dann für die weiteren Ausführungen zum Risiko als logische und konsistente Grundlage herangezogen werden.

#### 5.1.1 Ursprung des Risikobegriffes

Über die Etymologie des Risikobegriffes herrscht in der Literatur keine Einigkeit (FIEGE 2006, JONEN 2007, WHARTON 1992). JONEN (2007) stellt in seiner semantischen Analyse des Risikobegriffes fest, dass sich zum einen auf die etymologische Herleitung vom lateinischen Begriff „*risicare*“ bezogen wird, welches das „Umschiffen einer Klippe“ bedeutet. In anderen Fällen wird der Ursprung des Risikobegriffes auf das griechische Wort „*riza*“ zurückgeführt, was nach JONEN (2007) mit „Schicksal“ übersetzt werden kann.

#### 5.1.2 Definition des Risikobegriffes

Genauso uneinheitlich wie der Ursprung des Risikobegriffes stellt sich die Definition des Risikos heraus. Für den Risikobegriff ist in der Literatur keine einheitliche Definition vorzufinden. Die enorme Vielfalt an Definitionen wird dadurch begründet, dass der Risikobegriff nicht nur in den Wirtschaftswissenschaften, sondern auch in zahlreichen anderen Wissenschaften zur Anwendung kommt und somit verschiedensten Zweckmäßigkeiten unterliegt (SITT 2003, JUNGINGER 2005, HOLZHEU UND WIEDEMANN

1993). Somit sind Risikodefinitionen immer zweckbezogen und stark abhängig vom wissenschaftlichen Hintergrund und dem damit verbundenem Anwendungsgebiet. Daher ist der Themenaspekt des Risikos sehr vielschichtig und umfangreich, was dazu führt, dass für diese Begrifflichkeit keine klaren Abgrenzungen existieren (JONEN 2007, SITT 2003). Angesichts der Vielfalt von möglichen Begriffsdefinitionen, die sich aus den verschiedensten Anwendungen in den unterschiedlichsten Wissenschaftsdisziplinen ergeben, konzentriert sich diese Arbeit ausschließlich auf betriebswirtschaftliche Begriffsauffassungen des Risikos. In der betriebswirtschaftlichen Forschung ist der Begriff des Risikos schon seit vielen Jahrzehnten bekannt und findet dort auch eine vielfältige Anwendung. Jedoch liegen auch in diesem Forschungsfeld keine einheitlichen Definitionen zum Risiko vor (JONEN 2007, JUNGINGER 2005). Insgesamt kann aber für die Begriffsbildung und Definition des Risikos zwischen zwei Grundausrichtungen unterschieden werden (BRAUN 1984, FIEGE 2006, JONEN 2007), nämlich zwischen den sogenannten ursachenbezogenen und den wirkungsbezogenen Ansätzen.

### 5.1.2.1 Ursachenbezogene Begriffsdefinition

Die Verknüpfung einer betrieblichen Entscheidungssituation mit dem Begriff des Risikos gilt als kennzeichnend für eine ursachenbezogene Risikodefinition (FÜRER 1990, FASSE 1995, KUPSCH 1973). Im Rahmen der ursachenbezogenen Definition beruhen Risiken auf einer spezifischen Informationssituation, welche einer Entscheidung zugrunde liegt (FASSE 1995). Somit kommt der Informationssituation eines Entscheidungsträgers eine entscheidende Rolle für das Entstehen von Risiken zu, welche unter Heranziehen dreier Theorien konkretisiert werden kann.

(1) Informationstheorie

(2) Entscheidungstheorie

(3) verhaltenswissenschaftlicher Ansatz

#### 5.1.2.1.1 Informationstheorie

Im informationstheoretischen Ansatz ist der Zustand der unvollkommenen Informationen kennzeichnend für Risiko (JUNGINGER 2005). Eine unvollkommene Information

kann in die Zustände Unvollständigkeit, Unbestimmtheit und Unsicherheit unterteilt werden. Unvollständigkeit einer Information im Sinne der ursachenbezogenen Risikodefinition ist eng mit den Parametern einer Entscheidungssituation verbunden (FASSE 1995). Der Zustand der Unvollständigkeit einer Information ist dann gegeben, wenn für die Beschreibung dieser Parameter keine erschöpfende Informationsgrundlage besteht (WOLF 2003, KOSIOL 1968). Eine Information im Zustand der Unvollständigkeit beinhaltet somit einen quantitativen Aspekt und weist auf Informationslücken hin.

Ursache für die Unbestimmtheit von Informationen sind zu geringe Informationsgehalte. Damit lassen sich Umweltzustände und alternative Handlungsmöglichkeiten mit den damit inbegriffenen Konsequenzen nicht präzisieren (IMBODEN 1983, OSSADNIK 2003, FASSE 1995).

Unsicherheit ist der dritte Zustand einer unvollkommenen Information. Die Unsicherheit einer Information zeigt sich darin, dass eine Übereinstimmung von Aussagen mit der Realität nicht gegeben sein muss. Nach GRIEM (1968) und KOSIOL (1968) spricht Unsicherheit den empirischen Wahrheitsgehalt einer Information an. In der Entscheidungssituation konkretisiert sich die Unsicherheit im Auswahlproblem zwischen mehreren möglichen Hypothesen (FASSE 1995).

In allen Zuständen einer unvollkommenen Information resultiert das Risiko aus einer unvollständigen, defizitären Informationssituation, welche den Entscheidungen zugrunde liegt.

### *5.1.2.1.2 Entscheidungstheorie*

Der entscheidungstheoretische Ansatz leitet aus den dargestellten Informationszuständen Erwartungsstrukturen bzw. Entscheidungssituationen ab (JUNGINGER 2005, FASSE 1995). Diesem Ansatz liegt ein Entscheidungsfeldmodell zugrunde, dessen Grundstruktur sich aus den Elementen „Handlungsalternativen“, „Umweltzuständen“ und „Ergebnis“ zusammensetzt (BRAUN 1984, VON NIETZSCH 1996, DE HAAN 1984). Demnach sind die Resultate einer Entscheidung abhängig von Handlungsalternativen, zwischen denen ein Entscheidungsträger wählen kann, und der Ausprägung von Umweltzuständen, die außerhalb des Einflussbereiches des Entscheidungsträgers liegen.

Im Rahmen des entscheidungstheoretischen Ansatzes kann eine Entscheidungssituation drei Ausprägungen annehmen (BRAUN 1984, KIRSCH 1977)

(1) Entscheidung unter Sicherheit

(2) Entscheidung unter Unsicherheit

(3) Entscheidung unter Risiko

Kennzeichnend für eine Entscheidung unter Sicherheit ist, dass dem Entscheidungsträger alle Ergebnisse, die aus der Wahl unterschiedlicher Handlungsalternativen resultieren können, bekannt sind. Jeder Handlungsalternative kann nur eindeutig ein Ergebniswert bzw. Konsequenz zugeordnet werden (BAMBERG UND COENENBERG 1972). Daher wird eine Entscheidungssituation unter Sicherheit auch als Zustand der vollkommenen Information bezeichnet (BAMBERG UND COENENBERG 1972, FASSE 1995).

Eine gegensätzliche Definition weisen Entscheidungen unter Unsicherheit auf. In dieser Situation existieren mehrere mögliche Umweltkonstellationen, wobei ein Entscheidungsträger aufgrund unvollkommener Informationsstruktur keine konkreten Aussagen zum Eintritt einzelner Umweltzustände und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten abgeben kann (BAMBERG UND COENENBERG 1972, HANF 1986). Eine Entscheidungssituation unter Unsicherheit kann mit Begriffen wie „echte Unsicherheit“ oder „vollkommene Ignoranz“ umschrieben werden (FASSE 1995).

Zwischen den Entscheidungssituationen unter Sicherheit und Unsicherheit liegen die Entscheidungen unter Risiko. Hier ist anzumerken, dass sich in der entscheidungstheoretischen Literatur zum Teil auf Knight bezogen wird (MÜSSIG 2006), der eine Entscheidungssituation unter Risiko weiter in Risiko und Ungewissheit differenziert. Die Differenzierung beruht auf den Ansätzen zur Ermittlung von Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Umweltzuständen. Nach Knight ist in einer Entscheidungssituation Risiko („risk“ = „measurable uncertainty“) dann gegeben, wenn für einen Entscheidungsträger objektive Wahrscheinlichkeiten ermittelbar sind, bei einer Entscheidung unter Ungewissheit („true uncertainty“) sind Wahrscheinlichkeiten nur subjektiv ermittelbar. (MÜSSIG 2006, SELBACH 1987, KUPSCH 1973). Insgesamt wird die Differenzierung von Entscheidungssituationen nach dem Ansatz von Knight kritisch gesehen. So mahnen FASSE (1995), SELBACH (1987) und KUPSCH (1973) an, dass objektive Wahrscheinlichkeiten nur selten in der Wirklichkeit vorkommen und bei der Ermittlung objektiver Wahrscheinlichkeiten subjektive Beurteilungen mit ein-

fließen. Ferner ist eine exakte Trennung in objektive und subjektive Wahrscheinlichkeiten aus Sicht einer rationalen Entscheidungsfindung unter unvollkommenen Informationszuständen nicht eindeutig (MÜSSIG 2006). Vor diesem Hintergrund wird die Differenzierung zwischen Risiko und Ungewissheit hier nicht weiter verfolgt.

Charakterisierend für eine Entscheidungssituation unter Risiko ist, dass ein Entscheidungsträger das Ergebnis einer Handlungsalternative nicht mit Sicherheit vorhersagen kann, da mehrere Umweltzustände möglich sind (FASSE 1995, JUNGINGER 2005). Jedoch sind dem Entscheidungsträger subjektive oder objektive Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten möglicher Umweltzustände bekannt (BAMBERG UND COENENBERG 1972). In diesem Fall kann das Risiko als Wahrscheinlichkeitsverteilung möglicher Ergebnisse einer Handlungsalternative abgebildet werden (JONEN 2007, DE HAAN 1984). So definierte Entscheidungen unter Risiko lassen sich auf das Entscheidungsmodell in der Nutzen- und Spieltheorie von VON NEUMANN UND MORGENSTERN (1947) zurückführen. In diesem Modell besteht die grundsätzliche Annahme, dass ein Entscheidungsträger den möglichen Konsequenzen seiner Handlungen Wahrscheinlichkeiten zuordnen kann. Eine Entscheidungssituation unter Risiko wird auch mit den Begriffen „determinierte“ oder „stochastische Unsicherheit“ umschrieben (FASSE 1995).

### *5.1.2.1.3 Verhaltenswissenschaftlicher Ansatz*

Nach dem verhaltenswissenschaftlichen Ansatz liegen Risiken im Entscheidungsverhalten eines Entscheidungsträgers verborgen (JUNGINGER 2005, WOLF 2003).

Dieser Ansatz stellt den Menschen in den Vordergrund und konzentriert sich auf den intrasubjektiven Aspekt des Informationszustandes (SCHUY 1989, BRAUN 1984). Darunter ist eine subjektive Wahrnehmung und Einschätzung von Situationen zu verstehen, womit Risikoeinschätzungen aufgrund der Subjektivität von Entscheidungsträger zu Entscheidungsträger variieren können. Welche Alternative aus mehreren Handlungsmöglichkeiten heraus umgesetzt wird, hängt von der jeweiligen Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers ab. Innerhalb der Risikoeinstellung werden drei Ausprägungen unterschieden (KRUSCHWITZ 2004):

(1) Risikoaversion

(2) Risikoneutralität

### (3) Risikofreude

Jede dieser drei Ausprägungen drückt spezifische Präferenzen von Entscheidungsträgern für Ertrag-Risiko-Kombinationen aus. Diese Präferenz kommt in Form von Nutzenfunktionen zum Ausdruck. Aus dem Verlauf dieser Nutzenfunktion lassen sich Rückschlüsse auf die Risikoeinstellung ableiten (BRAUN 2009). BRAUN (2009) und SÜCHTING (1995) belegen averse, neutrale und freudige Einstellungen zum Risiko mit einem abnehmenden, konstanten und steigenden Grenznutzen.

Ein Entscheidungsträger verhält sich risikoavers, wenn in der Entscheidung eine sicherere Handlungsalternative einer weniger sicheren und ansonsten vergleichbaren Alternative vorgezogen wird. Das Pendant dazu ist eine risikofreudige Einstellung. Bei einer risikofreudigen Einstellung ist der Entscheidungsträger bereit, für potenziell mehr Chancen auch mehr Risiken einzugehen. Bei Risikoneutralität zeigen sich Risiko und Chance ausgeglichen.

Alle drei vorgestellten Theorien der ursachenbezogenen Begriffsbestimmung für Risiko beinhalten, dass ein Ereignis und dessen Eintreten nicht vollständig determiniert werden kann. Es lassen sich jedoch Wahrscheinlichkeiten subjektiver oder objektiver Art aus den vagen Vorstellungen über Umweltzustände verschiedener Handlungsmöglichkeiten ableiten, so dass sich das Risiko einer Handlungsmöglichkeit in der Wahrscheinlichkeitsverteilung ihrer potenziellen Ergebnisse niederschlägt. Dabei ist nach dem Ansatz der Informationstheorie der Informationszustand das risikobestimmende Element, nach dem Ansatz der Entscheidungstheorie liegt Risiko in der Entscheidung verborgen und schließlich stellt der verhaltenswissenschaftliche Ansatz das Entscheidungsverhalten unter Beachtung von spezifischen Risikoneigungen von Entscheidungsträgern als Ursache von Risiken dar. Auffallend ist, dass die Theorien der ursachenbezogenen Begriffsbestimmung nicht unabhängig voneinander sind. So bedingt der Informationszustand den Zustand, unter dem eine Entscheidung zu fällen ist, der wiederum bedeutend für das Entscheidungsverhalten im Hinblick auf spezifische Risikoneigungen ist.

#### 5.1.2.2 Wirkungsbezogene Begriffsdefinition

In Abgrenzung zu den ursachenorientierten Definitionen setzen wirkungsbezogene Begriffsauffassungen an den Auswirkungen der ungünstigen Entwicklungen an (IMBODEN 1983). Im Mittelpunkt dieses Ansatzes stehen die Konsequenzen, die sich

aus der Folge betrieblicher (Fehl-) Entscheidungen ergeben. Danach konkretisiert sich Risiko im weitesten Sinne als Zielabweichung, als Möglichkeit, angestrebte Sollzustände nicht zu erfüllen (DE HAAN 1984, FÜRER 1990).

### *5.1.2.2.1 Reines Risiko*

Viele Autoren fügen einer möglichen Zielabweichung einen ausschließlichen negativen Bewertungsrahmen bei (WOLF 2003, JUNGINGER 2005, KUPSCH 1973) und sehen Risiko in diesem Zusammenhang als Verlust- bzw. Schadensgefahr im Hinblick auf verschiedene ökonomische Zielgrößen (Vermögen, Gewinn, Rendite usw.). Steht Risiko ausschließlich in Verbindung mit Verlust- bzw. Schadensgefahr, so wird dieser Tatbestand als reines Risiko bezeichnet (WOLF 2003). Zum Teil werden reine Risiken mit versicherbaren Risiken gleichgesetzt (BRAUN 1984, MUGLER 1978), was ebenfalls eine Verlust- bzw. Schadensgefahr impliziert, da sie anderenfalls keiner Versicherung bedürfen. Im Englischen wird eine rein negative Begriffsbestimmung als „downside-risk“ bezeichnet. Eine negative Assoziation ist deckungsgleich mit dem allgemeinen Sprachverständnis zur Begrifflichkeit des Risikos (ALSLEBEN 1993, WOLF 2003, JONEN 2007). Gleiches gilt für die Wirtschaft. Nach MARCH UND SHAPIRA (1987) sehen 80 % der befragten amerikanischen und israelischen Topmanager im Risiko lediglich die negative Ausprägung. Dass dies tendenziell auch zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch der Fall ist, zeigt eine Umfrage von SHRADIN UND WERNER (2002) aus dem Jahr 2002. Hier bewerten ca. 50% der befragten Führungskräfte in deutschen Finanzdienstleistungsunternehmen Risiko als Möglichkeit von negativen Ergebnissen.

### *5.1.2.2.2 Spekulatives Risiko*

Neben dem reinen Risiko, dem ein asymmetrisches Risikoverständnis zugrunde liegt, existiert unter den wirkungsbezogenen Begriffsdefinitionen noch das spekulative Risiko. Dieser Ansatz weicht von dem asymmetrischen Risikoverständnis in der Definition des reinen Risikos ab und berücksichtigt die gesamte mögliche Verteilung von Ergebnissen einer Handlungsalternative. Das spekulative Risiko umfasst sowohl die Gefahr, bezogen auf eine ungünstigen Zielverfehlung als auch die Chance im Sinne einer günstigen Zielabweichung (FASSE 1995). Die englische Übersetzung des spekulativen Risikos -„upside & downside-risk“- unterstreicht die Fokussierung auf die gesamte Verteilung möglicher Ergebnisse.

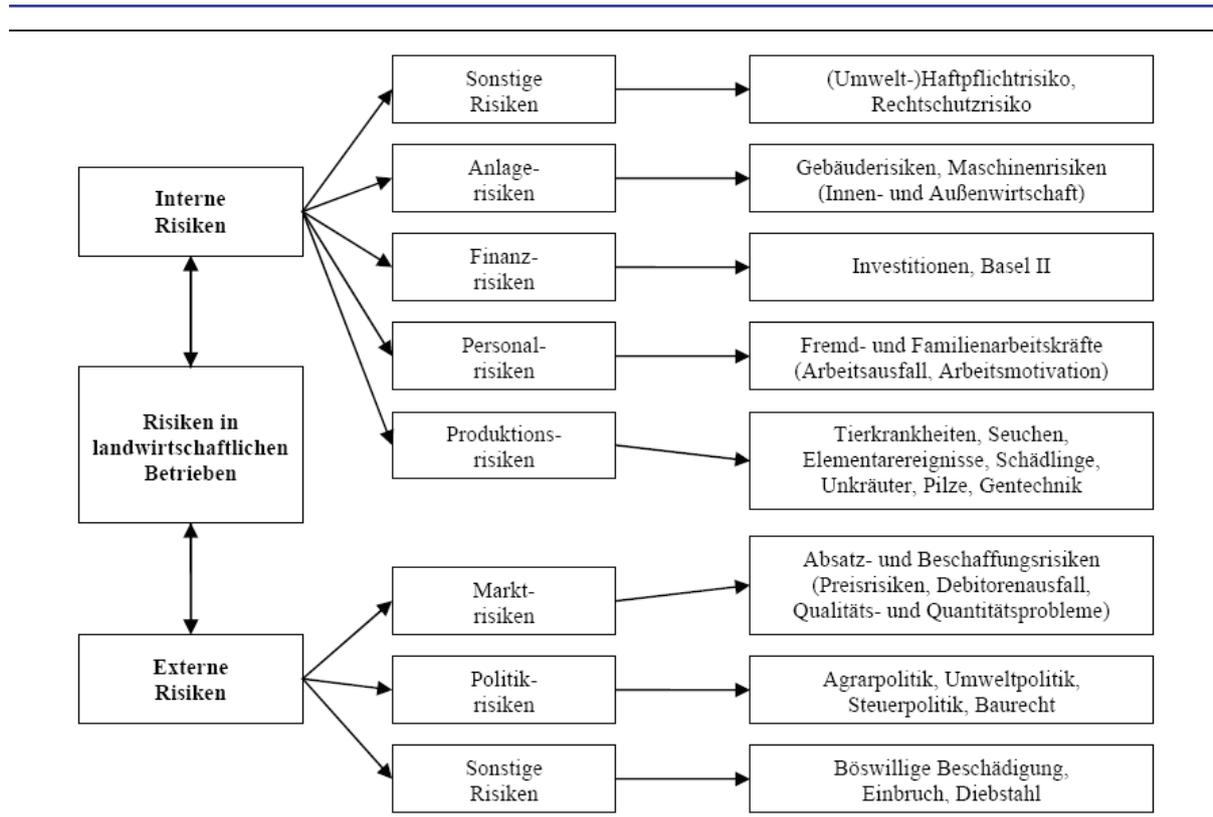
Bei der Betrachtung der wirkungsbezogenen Begriffsbestimmungen ist insgesamt

auffällig, dass jüngere wirkungsbezogene Risikobetrachtungen das spekulative Risiko dem reinen Risiko vorziehen. So „kristallisiert sich in der jüngeren Literatur immer mehr das dichotomische Begriffspaar „Chance – Risikos“ heraus“ (DIEDERICHS 2004).

Die ursachenbezogenen und die wirkungsbezogenen Risikodefinition schließen einander nicht aus. So kann ein Informationsdefizit, ein Entscheidungsverhalten oder eine Risikoneigung ursächlich für eine Risikosituation sein, deren Wirken sich, je nach Ansatz, als Verlustgefahr oder auch als Chance zeigt. Ursachenbezogene und wirkungsbezogene Begriffsdefinitionen sind dahingehend miteinander kompatibel, dass im Rahmen einer ursachenbezogenen Auffassung Umweltzustände und deren Eintrittswahrscheinlichkeit nicht exakt vorherbestimmt werden können, was wiederum zu Wahrscheinlichkeitsverteilungen führt, aus denen ein reines oder spekulatives Risiko nach der wirkungsbezogenen Begriffsauffassung abgeleitet werden kann.

### **5.1.3 Risikosystematik**

Die Systematisierung betriebswirtschaftlicher Risiken erfolgt in der Literatur auf unterschiedlichste Art und Weise (vgl. KUNZE 2007, WOLF 2003, BURGER UND BUCHHART 2002). Die Unterschiede sind darauf zurückzuführen, dass die Systematisierung der Risiken nach Risikoarten in Abhängigkeit zur Fragestellung, zu Branchenbesonderheiten, Betrachtungsgegenstand und Wissenschaftsdisziplin erfolgt (WOLKE 2008). Aufgrund der sich daraus ergebenden Fülle von möglichen Risikosystematisierungen in der Betriebswirtschaft ist es zweckmäßig, die Einteilung landwirtschaftlicher Risiken zu betrachten. Die übersichtliche und nahezu alle Risiken abdeckende Systematisierung landwirtschaftlicher Risiken von WOCKEN ET AL. (2009) wird in Abbildung 1 gezeigt.



**Abbildung 1: Systematisierung landwirtschaftlicher Risiken**

Quelle: eigene Darstellung

Die in der Abbildung 1 gezeigte Einteilung der Risiken eines landwirtschaftlichen Betriebes in interne und externe Risiken ist als erster Systematisierungsschritt in der Betriebswirtschaft nicht unüblich. Die darauf folgende Zuordnung von Risiken ist allerdings abhängig vom Betrachtungsgegenstand. Generell haben die internen Risiken ihren Ursprung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb, während externe Risiken von außen herangetragen werden.

#### 5.1.4 Arbeitsdefinition des Risikobegriffes

Würde sich der Risikobegriff im weiteren Verlauf dieser Arbeit nur auf einen der beiden vorgestellten Definitionsansätze zum Risiko stützen, so könnte das Risiko einer Biogasanlageninvestition nur unzureichend analysiert werden. Daher muss die Risikodefinition sowohl die ursachen- als auch wirkungsbezogenen Ansätze zur Begriffsbestimmung beinhalten. Die ursachenbezogenen Komponenten der Definition beinhalten eine unvollkommene Informationssituation des Entscheidungsträgers. Im Rahmen dieser Untersuchung kann ein Entscheidungsträger die Umweltausprägung einzelner Investitionsbestandteile für die Nutzungsdauer der Investition nicht sicher determinieren, jedoch ist er imstande, den verschiedenen Umweltzuständen Wahrscheinlichkeiten zuzuordnen. Der Verweis auf den umfassenden Definitionsansatz

für „Risiko“ bedeutet, dass Risiko nicht allein durch das Vorhandensein unvollkommener Informationszustände begründet ist, sondern eng mit der Prämisse der Zielabweichung aus dem wirkungsbezogenen Ansatz verbunden ist. Erst mit einer Entscheidung (ggf. unter unvollkommenen Informationszuständen) für eine Handlungsmöglichkeit und den damit verbundenen Mittelaufwendungen setzt sich der Entscheidungsträger der Möglichkeit von positiver und negativer Zielabweichung aus.

Mit diesen Kriterien orientiert sich die Risikodefinition an der Arbeitsdefinition von SCHULTE (1996), ohne jedoch die ausschließliche Fokussierung auf reines Risiko mit aufzunehmen. Für die weitere Verwendung in dieser Arbeit wird der Begriff Risiko wie folgt definiert:

Risiko resultiert ursachenbezogen aus der nicht eindeutigen Determination zukünftiger Ereignisse - wobei dies regelmäßig in Verbindung mit einem unvollkommenen Informationszustand steht - und schlägt sich wirkungsbezogen in einer positiven oder negativen Abweichung von festgelegten Zielgrößen nieder. Durch die Einbeziehung positiver Abweichungen von einer Zielvorstellung impliziert Risiko hier auch die Chance.

### **5.2 Risikomanagement**

Die Ziele und Aufgaben einer risikoorientierten Unternehmensführung werden im Allgemeinen unter der Begrifflichkeit des Risikomanagements subsumiert. Als Management von versicherbaren Risiken ist der Begriff in den 50er Jahren im amerikanischen Sprachraum bekannt geworden. Als Vorreiter des Risikomanagements gelten größere amerikanische Unternehmen, die mit Absicherungspolitik gegen Risiken mittels Versicherungen den Ursprung des Risikomanagement setzten (KRAUSE 2007, FIEGE 2006, WOLF UND RUNZHEIMER 2003). Aus diesem historischen Wirkungsfeld des Risikomanagements heraus entwickelte sich das Konzept des Speziellen Risikomanagements, welches bezüglich der Aufgaben und Wirkungstiefe in Abgrenzung zum Generellen Risikomanagement steht. Mit diesen beiden Ansätzen können die grundsätzlichen Konzeptionen eines Risikomanagements wiedergegeben werden.

#### **5.2.1 Spezielles Risikomanagement**

Aus den Anfängen des Risikomanagements, worunter in erster Linie eine versicherungsmäßige Abdeckung betrieblicher Risiken zu verstehen ist, entwickelte sich das Spezielle Risikomanagement. Die Entwicklung beinhaltet, dass neben der Beschäf-

tigung mit dem reinen Risiko und der daraus folgenden Auswahl eines entsprechenden Versicherungsangebotes zum einen Maßnahmen zur Schadensregulierung, zum anderen systematische Risikoanalysen zu Bestandteilen des Speziellen Risikomanagements wurden (MIKUS 2001, SAUERWEIN UND THURNER 1998). Damit besteht die Aufgabe des Risikomanagements nicht mehr nur in der Sicherung von Rahmenbedingungen gegen negative Veränderungen, sondern auch in der Identifikation, Analyse und anschließenden Bewertung von Risiken (MIKUS 2001, SAUERWEIN UND THURNER 1998). Trotz der methodischen Erweiterungen betrachtet das Spezielle Risikomanagement ausschließlich versicherbare Risiken. Die ausschließliche Fokussierung auf die versicherbaren Risiken führt dazu, dass das Spezielle Risikomanagement auch als Insurance-Management oder Risikomanagement im engeren Sinne betrachtet wird (FIEGE 2006, MIKUS 2001).

### **5.2.2 Generelles Risikomanagement**

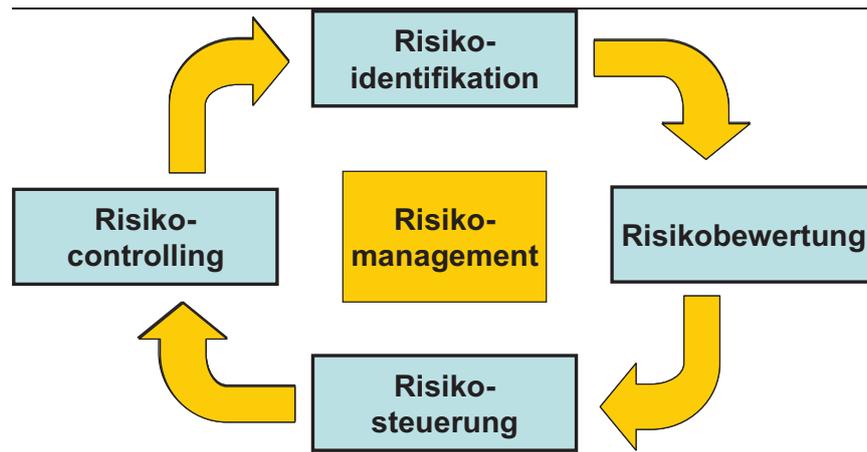
Das Generelle Risikomanagement trennt sich von der ausschließlichen Betrachtung reiner Risiken und berücksichtigt auch spekulative Risiken. DENK UND EXNER-MERKELT (2005) sehen in dem ganzheitlichen Management von Risiken, d.h. der Berücksichtigung aller betrieblichen Risiken inklusive ihrer Wechselwirkung, auch die Integration des Risikomanagements in die Unternehmensführung. FIEGE (2006: 52) definiert unter Generellem Risikomanagement den Umgang mit allen Risiken, „die aus dem Führungsprozess und den Durchführungsprozessen in einem Unternehmen entstehen können“. Damit ist im Gegensatz zum Speziellen Risikomanagement das Generelle Risikomanagement untrennbar mit den Aufgaben und Zielen des Führungsprozesses eines Unternehmens verbunden. Aus der Verbindung mit dem Führungsprozess ergibt sich, dass Generelles Risikomanagement ebenfalls als ein kontinuierlicher, sich wiederholender Prozess zu verstehen ist, der aus verschiedenen operativen Tätigkeiten besteht, auf die noch eingegangen wird. Die grundsätzliche Aufgabe eines so definierten Risikomanagements besteht unter Einbeziehung von Chancen und Risiken darin, eine Abweichung von den von der Unternehmensführung formulierten Unternehmenszielen zu verhindern (MIKUS 2001, FIEGE 2006). Durch die Einbeziehung von Chancen wird im Generellen Risikomanagement der Grundsatz einer möglichen Einflussnahme auf die Risikosituation eines Unternehmens verdeutlicht. Ein so geartetes Risikomanagement zielt somit nicht nur mehr auf die Risikobeseitigung ab, sondern dient ebenfalls durch kalkuliertes Eingehen von Risiken dem Ausnutzen von Chancen (FIEGE 2006, BRAUN 1984, HALLER 1986). Ge-

nerelles Risikomanagement wird auch als Risikomanagement im weiteren Sinne beschrieben (FIEGE 2006, EISELE 2004).

Die Bedeutung und Wirkungstiefe des Risikomanagements unterliegt einer starken Veränderung. Dies manifestiert sich im Wandel des Risikomanagements von einem lediglich versicherbare Risiken berücksichtigenden Ansatzes hin zu einem umfassenden und eng mit der Unternehmensführung verbundenen Managementprozesses. Eine Abwägung der Ansätze in der Literatur führt zum Vorzug des Generellen Risikomanagements gegenüber dem Speziellen Risikomanagement. Die dabei vorgebrachten Gründe werden im Folgenden kurz wieder gegeben: Nach MIKUS (2001) beruht der Vorzug des generellen Ansatzes auf der Berücksichtigung des großen Einflusses spekulativer Risiken auf die Unternehmensziele. Das Einbeziehen aller für die Erreichung der Unternehmensziele bedeutenden Risiken, verringert die Gefahr von Fehlentscheidungen und bedingt den Einsatz eines Generellen Risikomanagements (MIKUS 2001, FASSE 1995). MIKUS (2001) und WEBER ET AL. (2001) weisen darauf hin, dass eine Beschränkung auf reine Risiken im Rahmen des Risikomanagements zwar die Risikovermeidung zur Folge hätte, aber auch den Verzicht auf das Nutzen von Chancen bedeutet. Dadurch, dass nach dem generellen Ansatz das Risikomanagement als integrativer Bestandteil des Managements verstanden wird und sich somit auf nahezu alle Ebenen und Bereiche eines Unternehmens erstreckt, bewirkt dieses eine Stärkung des Risikobewusstseins über den Personenkreis der Risikomanager hinaus (MIKUS 2001). Die Berücksichtigung dieser Vorteile und die hier angewandte Arbeitsdefinition des Risikobegriffes bedingen, dass diese Arbeit den konzeptionellen Ansätzen des Generellen Risikomanagements folgt.

### 5.2.2.1 Konzeptionsphasen des Generellen Risikomanagements

Am häufigsten wird in der Literatur das Risikomanagement als ein dynamischer Prozess verstanden (WOLKE 2008), der dementsprechend einer ständigen Wiederholung unterliegt. Dabei kann der Prozess als eine gezielte Anwendung und Abfolge von Prozessphasen verstanden werden, um ein umfassendes und systematisches Vorgehen beim Umgang mit Risiken zu gewährleisten. Die Prozessphasen des Risikomanagements sind in Abbildung 2 wiedergegeben.



**Abbildung 2: Prozessphasen des Risikomanagement**

Quelle: eigene Darstellung

Aus der Abbildung 2 ist zu sehen, dass der fortlaufende Prozess des Risikomanagements aus den Phasen

- 1) Risikoidentifikation
- 2) Risikobewertung
- 3) Risikosteuerung
- 4) Risikocontrolling

besteht (WOLF UND RUNZHEIMER 2003, WOLKE 2008), die im nachfolgenden kurz beschrieben werden.

#### 5.2.2.1.1 Risikoidentifikation

Ein erfolgreicher Risikomanagementprozess beginnt mit der Phase der Risikoidentifikation. Ziel dieser Phase ist eine strukturierte Erfassung aller Risiken, die Einfluss auf das Erreichen der Unternehmensziele nehmen können (SCHIERENBECK UND LISTER 2002). Dies beinhaltet auch die Evaluierung wechselseitiger Beziehungen zwischen den Einzelrisiken (WOLF 2003). Die Qualität und Identifikationstiefe der Risikerkennung bestimmt die Effektivität und den Sinn der nachgelagerten Prozessphasen und ist somit maßgeblich für den Erfolg des Risikomanagements verantwortlich. Um einer strukturierten Risikoerfassung gerecht zu werden, bedarf es im Rahmen der Risikoidentifikation der Systematisierung der möglichen Risiken (MOTT 2001, WOLKE 2008). Dabei unterliegt jedoch die Gestaltung keinem einheitlichen Schemata, da eine Kategorisierung der relevanten Risiken abhängig von der Fragestellung und dem Betrachtungsgegenstand des Risikomanagement ist (WOLKE 2008). Insgesamt

vier Ansprüche kennzeichnen die Anforderungen an den Prozess der Risikoidentifikation (WOLF UND RUNZHEIMER 2003, IMBODEN 1983):

- 1) Vollständigkeit
- 2) Aktualität der Informationen
- 3) Wirtschaftlichkeit
- 4) geringer Widerstand

Das Postulat der Vollständigkeit beinhaltet die bereits beschriebene Forderung, möglichst alle relevanten Risiken zu identifizieren. Ein geringer Aufwand zur Risikobehaltung ist unter anderem von einer frühen Risikoerkennung abhängig, was am ehesten unter Verwendung aktueller Informationen zu erreichen ist. Die Identifikation von Risiken hat sich somit ständig den dynamischen Veränderungen der Umwelt anzupassen. Im Widerspruch zur geforderten vollständigen Erfassung der relevanten Risiken steht die Wirtschaftlichkeit (WOLF 2003). Somit dürfen die Kosten für die Risikoidentifikation den dadurch zu erwartenden Nutzen nicht übersteigen. SAUKA (2007) und WOLF UND RUNZHEIMER (2003) weisen darauf hin, dass das Gebot der Wirtschaftlichkeit oft den Betrachtungsrahmen der Risiken einschränkt. WIEBEN (2004) attestiert der Praxis ein häufiges Wahrnehmungsproblem und Widerstand gegen das Risikomanagement. Da jedoch die Qualität der Risikoidentifikation im erheblichen Maße von dem Risikobewusstsein der durchführenden Organisation abhängt, muss der Anspruch bestehen, die Widerstände gegen ein Risikomanagement (in der Literatur wird von organisatorischen und psychologischen Widerständen gesprochen (siehe z.B. WOLF UND RUNZHEIMER 2003, GRUNDMANN 2008)), so gering wie möglich zu halten.

Die in der Literatur dargestellten Instrumente zur Risikoidentifikation sind zahlreich. Die Abbildung 3 zeigt einen umfassenden Überblick.



**Abbildung 3: Instrumente zur Risikoerkennung**

Quelle: FIEGE 2006

Die Betrachtung der Abbildung 3 verdeutlicht, dass die Instrumente der Risikoidentifikation in der Gestaltung von einfachen Checklisten bis hin zu komplexen Modellen reichen. Neben den in der Abbildung 3 erwähnten Analysemodellen zur Risikoerkennung ist noch die Optimierung als ein ebenfalls bekanntes Analysemodell zu erwähnen.

Welches Instrument zur Identifikation von Risiken herangezogen wird, hängt ab von der Komplexität des Betrachtungsgegenstandes, der gewünschten Identifizierungstiefe und ob instrumentenspezifische Aufwendungen mit dem zu erwarteten Nutzen zu rechtfertigen ist.

#### 5.2.2.1.2 Risikobewertung

Das Bewerten von Risiken sieht WOLKE (2008) als Kern des gesamten Risikomanagements, da nur Risiken zu planen und zu steuern sind, die erfasst und bewertet worden sind. Daraus lässt sich das Ziel dieser Prozessphase ableiten, nämlich die im vorausgehenden Schritt identifizierten Risiken hinsichtlich ihrer Wirkung auf eine Zielgröße zu bewerten (WEBER ET AL. 2001) und die ursächlichen Faktoren und Interdependenzen der Risiken transparent darzustellen (s. DENK UND EXNER-MERKELT 2005, WOLF UND RUNZHEIMER 2003). Während die Literatur in diesem Zusammenhang zum Teil nur von einer Quantifizierung von Risiken spricht (vgl. WEBER ET AL. 2001, SCHULTE 1996), merken z.B. GÖTZE UND MIKUS (2007), SITT (2003), WOLKE (2008) und DENK UND EXNER-MERKELT (2005) an, dass Bewertung von Risiken sowohl in einer quantitativen Form (z.B. Euro), aber auch in einer qualitativen Form (bspw. hoch / niedrig) erfolgen kann.

In der Literatur herrscht generelle Einigkeit darüber, dass Risiken erst durch Nennung von Tragweite und Eintrittswahrscheinlichkeit ausreichend bestimmt sind. SITT (2003) geht davon aus, dass in der Praxis die Risikobewertung häufig dann auch anhand dieser Kriterien stattfindet, wohingegen DENK UND EXNER-MERKELT (2005) die Tragweite und Eintrittswahrscheinlichkeit auf einen weiteren Wirkungskreis bezieht, in dem er davon ausgeht, dass in allen Unternehmen die Risikobewertung zumindest diese beiden Kriterien umfasst. Hier ist Denk zu widersprechen, da in der Literatur auch Kennzahlen zur Risikomessung (Risikomaße) ausgewiesen werden, die zum Teil den Aspekt der Eintrittswahrscheinlichkeit vernachlässigen. So zählt beispielsweise Wolke Volatilität und Sensitivität zu den Risikomaßen (WOLKE 2008). Dass in der Praxis und in Unternehmen Risikobewertungen auch anhand solcher „einfachen“ Maßzahlen vorgenommen werden, ist beispielsweise mit einem Verweis auf die zahlreichen Sensitivitätsanalysen im Biogasbereich zu belegen. Da die Messung und Bewertung von Risiken ein zentraler Gegenstand dieser Arbeit ist, ist eine Auseinandersetzung mit dem Risikomaß unumgänglich, die jedoch aus didaktischer Sicht im Rahmen der Risikoanalysen dieser Arbeit vorgenommen wird.

Oftmals wird in der Literatur die Risikoidentifikation und die Risikobewertung zusammenfassend als Risikoanalyse oder, SITT (2003) weist darauf hin, als „Risk Assessment“ bezeichnet.

### *5.2.2.1.3 Risikosteuerung*

Unter der Prämisse, dass unter Risiko grundsätzlich auch Chancen zu verstehen sind, bedeutet Risikosteuerung, identifizierte und bewertete Risiken dahingehend zu beeinflussen, dass unter Wahrung von Chancen die Risiken gemindert werden (WEBER ET AL. 2001). Die verschiedenen Steuerungsansätze werden zum Teil in der Literatur auch als Risikobewältigungsstrategien bezeichnet (vgl. DENK UND EXNER-MERKELT 2005, SCHIERENBECK UND LISTER 2002).

Die Literatur unterteilt die Möglichkeiten der Risikosteuerung in ursachenbezogene und wirkungsbezogene Maßnahmen (EISELE 2004, FASSE 1995).

Ursachenbezogene Risikosteuerung ist als Eingreifen in den Entstehungsprozess eines Risikos zu verstehen, um so die Wahrscheinlichkeit des Risikoeintritts zu verringern. (FASSE 1995, FIEGE 2006, DENK UND EXNER-MERKELT 2005, WOLF UND RUNZHEIMER 2003). Die Handhabung von Risiken, die zum Zeitpunkt des Risikosteuerungsprozesses noch nicht eingetreten sind, wird auch als präventive oder aktive Risikosteuerung bezeichnet (DENK UND EXNER-MERKELT 2005).

Bei wirkungsbezogenen Steuerungsmaßnahmen wird nicht die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos beeinflusst, sondern vielmehr die Wirkung eines Risikoeintritts für den Unternehmenserfolg verändert. Die Fokussierung auf die Risikowirkung beinhaltet auch, dass Risiken für die Anwendung dieses Steuerungsansatzes bereits eingetreten sein müssen und somit die Instrumente dieses Ansatzes nicht präventiver, sondern korrigierender Art sind. Daher wird in diesem Zusammenhang auch von korrektiver oder passiver Risikosteuerung gesprochen (DENK UND EXNER-MERKELT 2005).

Den Versuchen, Steuerungsmöglichkeiten von Risiken zu klassifizieren, wird in der Literatur (s. FIEGE 2006) oft Kritik entgegengebracht. Hauptkritikpunkt ist die nicht zweifelsfreie Zuordnung einiger Steuerungsinstrumente in ursachen- bzw. wirkungsbezogenen Maßnahmen. BRAUN (1984) schildert am Beispiel von einem Maschinenausfall, dass bezüglich einer Risikoposition Maßnahmen wirkungsbezogenen Charakter haben können, die jedoch durch Wirkungszusammenhänge der Risiken für andere Risikopositionen ursachenbezogen sind. Auch DENK UND EXNER-MERKELT (2005) und FASSE (1995) schreiben präventiven Risikosteuerungsmaßnahmen, wie zum Beispiel der Risikoverminderung, sowohl einen ursachen- als auch wirkungsbezogenen Wirkungszusammenhang zu. IMBODEN (1983) stellte einen hohen Differenzierungsgrad sowohl in der Breite als auch in der Tiefe zwischen den Klassifizierungsversuchen in der Literatur fest. Diese gilt uneingeschränkt auch bei der Betrachtung neuerer Literatur, da auch hier keine allgemein anerkannte Klassifizierung von Steuerungsinstrumenten vorliegt (VGL. WEBER ET AL. 2001, SAUERWEIN 1994), wobei die Ansätze nicht extrem voneinander abweichen. Im Bewusstsein der berechtigten Kritik an der Klassifizierung und unter Beachtung der verschiedensten Klassifizierungsansätze in der Literatur, sei der dominierende Ansatz hier wiedergegeben:

### Ursachenbezogene Instrumente der Risikosteuerung

Ursachenbezogene Instrumente der Risikosteuerung bestehen aus den Handlungsmöglichkeiten der

- 1) Vermeidung
- 2) Verminderung
- 3) Begrenzung

von Risiken (WOLF UND RUNZHEIMER 2003, SAUERWEIN 1994)

### Risikovermeidung

Unter den Möglichkeiten zur Risikosteuerung stellt die Risikovermeidung den Extremfall dar. Eine wirtschaftliche Aktivität wird aufgegeben, um die Risiken zu eliminieren, die mit dieser Aktivität verbunden sind (SAUERWEIN 1994). Damit wird die Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikoeintritts auf Null herabgesetzt. Dies impliziert den gleichzeitigen Verzicht auf Chancen, weshalb dieses Instrument lediglich dann Anwendung finden sollte, wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit eines als Existenz gefährdend eingeschätzten Risikos hoch ist und eine Risikoabsicherung gar nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich ist (FASSE 1995, DENK UND EXNER-MERKELT 2005).

### Risikoverminderung

SAUERWEIN (1994) bezeichnet das Instrument der Risikominderung als wichtigstes Instrument der Risikosteuerung. Die Umsetzung dieses Instrumentes erfolgt durch einen bewussten und vorbeugenden Umgang mit Risikoquellen, so dass diese völlig oder teilweise ausgeschaltet werden können. Nach SAUERWEIN (1994) ist Risikoverminderung ein in Unternehmen laufend eingesetztes Steuerungsinstrument und lässt sich umsetzen, indem beispielsweise personelle Maßnahmen menschliches Fehlverhalten verringern, Produktionsabläufe entsprechend der Sicherheitsauflagen Umsetzung finden und ständige Kommunikation über Sicherheitsfragen auf allen Ebenen Gegenstand der Unternehmenskultur ist. Neben diesen Maßnahmen, die an der Ursache der Risikoentstehung anknüpfen, sind im Rahmen der Risikoverminderung auch Handlungen denkbar, die an der Wirkung von Risiken anknüpfen. Daher wird, wie bereits erwähnt, von einigen Autoren (DENK UND EXNER-MERKELT 2005, BRAUN 1984, FASSE 1995), die Risikoverminderung als Instrument sowohl den ursachen- als auch wirkungsbezogenen Maßnahmen zugerechnet.

### Risikobegrenzung

Die Maßnahme der Risikobegrenzung setzt sich aus der Risikosteuerung zusammen (Fasse 1995). Einige Autoren, darunter SAUERWEIN (1994) und WOLF UND RUNZHEIMER (2003), fügen der Risikobegrenzung noch das Instrument der Risikoüberwälzung (ohne Versicherungen) hinzu. Hiervon ist jedoch Abstand zu nehmen,

da nach Meinung des Autors Instrumente der Risikoüberwälzung wie „Allgemeine Geschäftsbedingungen“ im Grunde durch das Vertragswerk einen versicherungstechnischen Charakter haben und in der Regel erst nach Eintritt eines Risikos herangezogen werden. Die Risikostreuung bezieht sich auf das Ausnutzen von Risikodiversifikationseffekten durch Aufteilen einer Aktivität in mehrere Teilaktivitäten und basiert damit auf der von Markowitz entwickelten Portfoliotheorie (SAUERWEIN 1994, WOLF UND RUNZHEIMER 2003).

### Wirkungsbezogene Instrumente der Risikosteuerung

Zu den Instrumenten der wirkungsbezogenen Risikosteuerung gehören die Instrumente

- 1) Risikoüberwälzung
- 2) Selbsttragen von Risiken

#### Risikoüberwälzung

Ziel der Risikoüberwälzung ist, die Wirkung eines Risikos bereits vor dem Eintritt auf andere Wirtschaftssubjekte zu übertragen (FASSE 1995). Dieses Instrument sollte nach DENK UND EXNER-MERKELT (2005) bei Risiken Anwendung finden, die zum einen die Stabilität von Ergebnissen gefährden, zum anderen dann, wenn die Risikowirkung die Finanzkraft des Unternehmens übersteigt. Neben der wohl bekanntesten Maßnahme dieses Steuerungsinstrumentes, der Versicherung, kann die Überwälzung von Risiken auch durch Vertragsklauseln bezüglich Konventionalstrafen und Schadensersatzpflichten (GÖTZE UND MIKUS 2007) oder Hedging (DENK UND EXNER-MERKELT 2005) (Absicherung von Geschäften auf den Kapitalmarkt) stattfinden. Das Überwälzen von Risiken auf einen Versicherungsgeber ist für den Versicherungsnehmer in aller Regel mit dem Bezahlen einer Risikoprämie verbunden. Insgesamt haben Versicherungen den Vorteil, dass sowohl Nutzen und Kosten von einem Versicherungsnehmer klar zu definieren ist und die Risikoprämie als konstante Größe Eingang in das betriebliche Rechnungswesen findet.

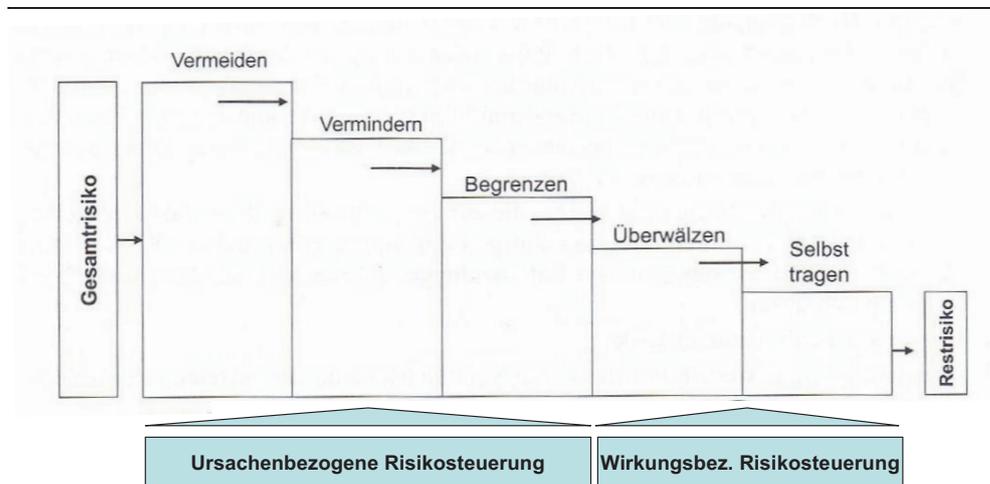
#### Selbsttragen von Risiken

Das bewusste Akzeptieren von möglichen Zielverfehlungen und den sich daraus ergebenden Konsequenzen unter Verzicht auf eine Einflussnahme in die Eintritts-

wahrscheinlichkeit oder den Wirkungsprozess eines Risikos, wird als Selbsttragen von Risiken bezeichnet (IMBODEN 1983, FASSE 1995). Das Selbsttragen kommt dann zum Einsatz, wenn die Risikoprämie einer Versicherung subjektiv zu hoch ist (SAUERWEIN 1994), wenn Eintrittswahrscheinlichkeiten und Wirkung von Risiken gering eingeschätzt werden oder wenn lediglich die Alternativen „Risikovermeidung“ oder „Selbsttragen von Risiken“ bestehen und sich im Rahmen der kaufmännischen Wagnis für letztere entschieden wird (WEBER ET AL. 2001).

In der Literatur wird das Selbsttragen von Risiken in einen aktiven und passiven Prozess eingeteilt. Aktives Selbsttragen kann als Sicherungsprozess verstanden werden, indem Reserven oder Rückstellungen zur Risikoabdeckungen gebildet werden (FASSE 1995, DENK UND EXNER-MERKELT 2005, GÖTZE UND MIKUS 2007). Demgegenüber Verzicht das passive Selbsttragen von Risiken auf das Anlegen von Rückstellungen und Reserven.

Die Steuerung von Risiken stellt im Risikomanagement einen eigenen Prozess dar, der als Abfolge von ursachen- und wirkungsbezogenen Instrumenten gesehen werden kann, wie in der Abbildung 4 zusammenfassend dargestellt wird.



**Abbildung 4: Instrumente und Prozess der Risikosteuerung**

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an DENK UND EXNER-MERKELT 2005

Die Abbildung 4 zeigt, dass ausgehend vom Gesamtrisiko mit jeder Inanspruchnahme eines Risikosteuerungsinstrumentes das verbleibende Risiko verringert wird, bis nach Durchlaufen des Prozesses lediglich ein Restrisiko bleibt.

#### 5.2.2.1.4 Risikocontrolling

Der Standpunkt, dass das Risikocontrolling ein wesentlicher Bestandteil des Risikomanagements ist, ist die vorherrschende Auffassung in der Literatur (s. WOLKE 2008,

WOLF UND RUNZHEIMER 2003). Jedoch werden auch Sichtweisen vertreten, die das Risikocontrolling losgelöst vom Risikomanagement und somit als eigenständigen Prozess betrachten (vgl. HAGEN UND JAKOBS 1996). Da das Risikocontrolling in wechselseitigen Beziehungen zu den anderen Prozessphasen des Risikomanagements steht, wird sich der mehrheitlichen Meinung angeschlossen und es als grundsätzliche Phase des Risikomanagementprozesses betrachtet. Diese Phase des Risikomanagementprozesses bezieht sich neben der Überwachung von Risiken auch auf das Risikoreporting, mit dem eine Rückkopplung zum Risikomanagementprozess und der Unternehmensführung gewährleistet werden soll. Diesen Aufgaben wird das Risikocontrolling durch seine planenden, kontrollierenden, informierenden und koordinierenden Funktionen gerecht (WOLF UND RUNZHEIMER 2003, WOLKE 2008).

Die planende Funktion des Risikocontrollings versucht, ausgegebene Unternehmensziele mit den möglichen zukünftigen Risiken zu versehen. Mit der Berücksichtigung von Risiken in Unternehmenszielen wird eine Unternehmensplanung qualitativ verbessert (WOLKE 2008). Die zweite Funktion des Risikocontrollings, die Kontrolle von Risiken, hat ihren Ursprung in einem Vergleich zwischen dem geplanten und dem tatsächlich erreichten Risikolimit. Neben der Überwachung von Risikolimits kommen der kontrollierenden Funktion zusätzlich die Aufgaben von Ursachenanalysen und dem Initiieren von Gegensteuerungsmaßnahmen hinzu (WOLF UND RUNZHEIMER 2003). Die Berichtserstattung von Risikosituationen und Steuerungsmaßnahmen an die Unternehmensführung und an die wesentlichen Geschäftsfelder ist Gegenstand der informierenden Funktion des Risikocontrollings (DENK UND EXNER-MERKELT 2005). Der Koordinierungsfunktion wird die bedeutende Aufgabe der Koordinierung von Risikomessungs- und Steuerungsaktivitäten zwischen der Unternehmensführung, den betroffenen Geschäftsfeldern und möglichen externen Personen und/oder Institutionen zugeteilt (WOLKE 2008). Dabei folgt die Risikokoordinierung dem Ziel, Messungen und Methoden im Bereich des Risikomanagements unternehmensweit auf einheitliche und transparente Standards zu bringen.

### **5.2.3 Arbeitsdefinition des Risikomanagements**

Die vorgestellte Systematik zeigt, dass Risikomanagement ein in sich greifender Prozess ist, dem in jeder Phase entsprechend viele Instrumente zur Verfügung stehen. Dem Risikomanagement ist eine Zielsetzung vorzugeben, nach der sich die einzelnen Prozessphasen ausrichten können. Die Verbindung von Risikomanagement und Zielsetzung wird auch als Risikomanagement-System (RMS) bezeichnet.

Die Zielstellung dieser Arbeit, eine ganzheitliche Risikoanalyse zur Verbesserung der Entscheidungsgrundlage für oder gegen eine Biogasanlageninvestition im Rahmen einer langfristigen Unternehmensstrategie und –sicherung, kann auch dem Risikomanagement vorgegeben werden. Somit ist Risikomanagement in erster Linie eine Beschäftigung mit Maßnahmen, die zur Folge haben, dass den Ergebnissen unternehmerischer Entscheidungen eine höhere Sicherheit zukommt.

Diese Untersuchung fügt dem Generellen Risikomanagement neue Aspekte hinzu. Zum einen ist dies durch die Arbeitsdefinition des Risikos vorgegeben (spekulative Risiken), zum anderen kann die Berücksichtigung aller betrieblichen Risiken, inklusive der Wechselwirkungen zu anderen Inputrisiken einer Biogasanlage und der Wechselwirkungen mit dem betrieblichen Portfolio, nur dem Ansatz des Generellen Risikomanagements dienlich sein.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit kommt es nicht zu einer völlig neuen Konzeption des landwirtschaftlichen Risikomanagements. Vielmehr werden den einzelnen Prozessphasen neue Aspekte hinzugefügt. Schwerpunktmäßig, dies geht aus der Problem- und Zielstellung hervor, liegt der Focus zum einen auf den Phasen der Risikoidentifizierung und Risikobewertung (Risikoanalyse) und zum anderen in der Steuerung des gesamtbetrieblichen Risikos. Aus der Forschungsfrage ergibt sich keine zwangsläufige Berücksichtigung der Prozessphase des Controllings, weshalb sie in dieser Betrachtung unberücksichtigt bleibt. Dennoch sei hier darauf hingewiesen, dass die Prozessphase des Risikocontrollings für den Erfolg eines Risikomanagements von Bedeutung ist.

Abgrenzungs- und Qualitätsmerkmal ist in der Phase des Risikomanagements die Herausarbeitung und explizite Berücksichtigung von wechselseitigen Beziehungen der Risiken untereinander. Von den in der Abbildung 3 vorgestellten Instrumenten zur Risikoidentifikation kommen hier hauptsächlich Simulationsmodelle und weitere computerbasierende Analysemethoden zur Anwendung. Um eine sehr hohe Identifikationstiefe zu gewährleisten, ist eine tief differenzierte und Interdependenzen berücksichtigende Datengrundlage Voraussetzung.

Die Bewertung von Risiken erfolgt quantitativ. D.h. dass Risiken oder Risikopotenziale sich auf die monetäre Tragweite (in Euro) oder auf die Veränderung einer ökonomischen Kennzahl beziehen. Die Gefahr- und Chancenanalyse von Einzelrisiken beruft sich auf das Risikopotenzial der Investitionsinputs und kommt daher ohne Bestimmung von Eintrittswahrscheinlichkeiten aus. Andere Risikobewertungen dieser

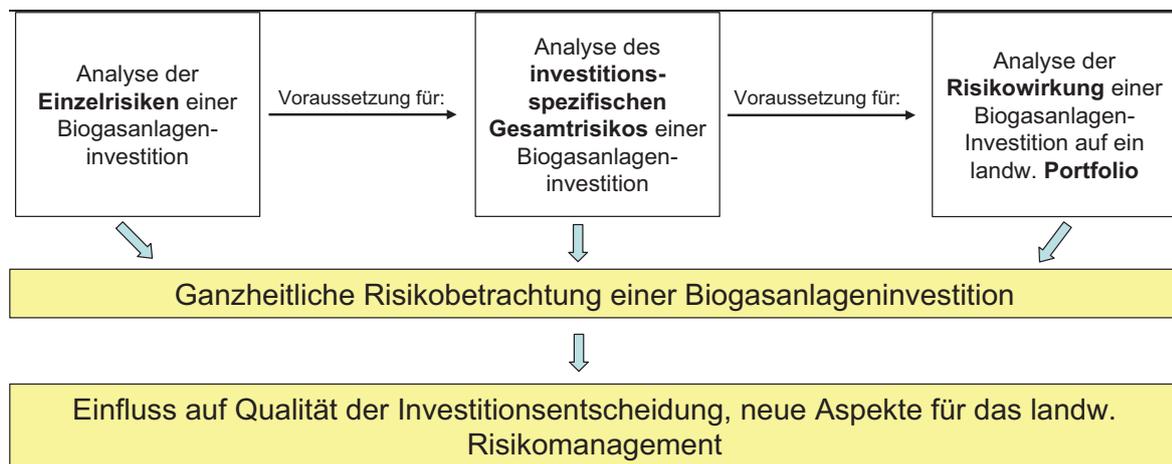
Arbeit beinhalten sowohl die Tragweite als auch die Eintrittswahrscheinlichkeit. Dadurch, dass sich die zeitliche Dimension auf den Zeitpunkt der Investitionsentscheidung bezieht, erfolgt die Steuerung des gesamtbetrieblichen Risikos dadurch, in welchen Maße eine Biogasanlageninvestition umgesetzt wird. Dies beinhaltet eine rein ursachenbezogene Steuerungsmaßnahme. Aber auch nach einer Investition können die Risikoanalysen dieser Arbeit einem Investor weitere Erkenntnisse zur ursachenbezogenen Risikosteuerung geben. Dies geschieht beispielweise durch Kritische Werte, deren Annäherung zum Einleiten präventiver Maßnahmen veranlassen. Der Aspekt einer wirkungsbezogenen Risikosteuerung wird in dieser Untersuchung dahingehend tangiert, dass ein Investor aus dem Risikoprofil einer Biogasanlage Bestandteile definieren kann, die seiner investorspezifischen Meinung nach einer wirkungsbezogenen Risikosteuerung bedürfen. Alle Risiken, die nicht identifiziert und bewertet werden, fallen zwangsläufig dem Steuerungsinstrument des „Selbstragens von Risiken“ zu.

Zum Abschluss dieses Gliederungspunktes ist festzuhalten, dass die Investitionsentscheidung durch neue Aspekte der Risikoidentifikation, -bewertung und der Risikosteuerung auf ein neues, umfassend Risiko berücksichtigendes Qualitätsniveau gehoben werden soll. Insgesamt wird Risikomanagement als genereller Ansatz und konzeptioneller Bestandteil der Betriebsführung verstanden. Dies beinhaltet, dass die Analyse und mögliche Steuerung von Risiken sowohl Einzelheiten eines Investitionsobjektes fokussiert, gleichzeitig aber auch alle betrieblichen Aktivitäten berücksichtigt. Daher wird Risikomanagement als Konzept verstanden, welches die strategische Dimension von Entscheidungen berücksichtigt und somit kurz- und langfristig zur Absicherung von Risiken beiträgt und insgesamt der Entwicklungs- und Existenzfähigkeit des Betriebes dient.

## 6 Konzeption der ganzheitlichen Risikobetrachtung

### 6.1 Aufbau der Risikoanalysen

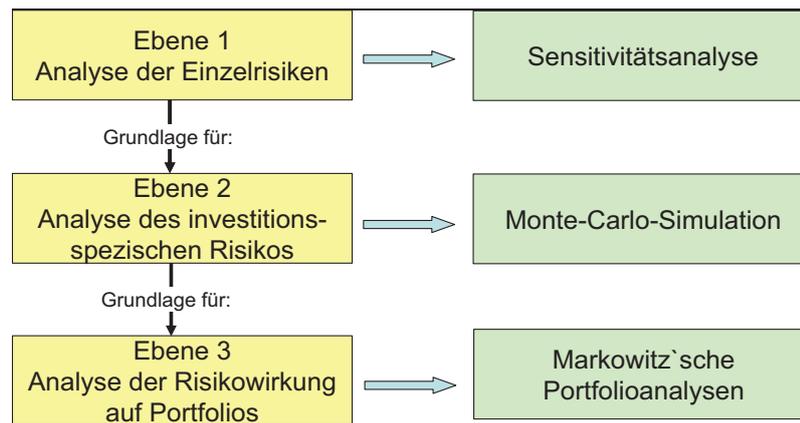
Die einzelnen Risikoanalysen dieser Arbeit stellen eine ganzheitliche Risikobetrachtung einer Biogasanlageninvestition dar. Ganzheitlich bedeutet in dieser Untersuchung, dass dem Risiko auf Ebene der Investitionsinputs (Einzelrisikenanalyse) und auf Ebene des Zusammenspiels dieser (investitionsspezifisches Gesamtrisiko) begegnet wird. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wird die Risikoanalyse auf die gesamtbetriebliche Ebene ausgeweitet, indem die Risikowirkung einer Biogasanlageninvestition auf das landwirtschaftliche Portfolio untersucht wird. Die Abbildung 5 skizziert die Zusammensetzung der ganzheitlichen Risikoanalyse und die Verwendung der Teilergebnisse.



**Abbildung 5: Konzeption der Risikoanalysen**

Quelle: eigene Darstellung

In jeder der in der Abbildung 5 gezeigten Analyseebenen kommen, dem zu untersuchendem Risiko und den damit verbundenen Forschungsfragen entsprechend, spezifische Modelle zur Anwendung. Jedes dieser Modelle liefert Erkenntnisse, die Voraussetzung zur Durchführung einer Risikoanalyse auf der nachfolgenden Ebene sind. So liefert die Analyse der Einzelrisiken wertvolle Erkenntnisse darüber, welche dieser Risiken in ihrem Zusammenspiel bei der Betrachtung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos Beachtung finden sollten. Kennzahlen, die das investitionsspezifische Gesamtrisiko einer Biogasanlageninvestition beschreiben, sind Grundlage für landwirtschaftliche Portfolioanalysen mit der Fokussierung auf Biogas. Die Abbildung 6 zeigt die jeweiligen Risikoanalyseebenen und die angewandten Methoden.



**Abbildung 6: Analyseebenen und verwendete Methoden**

Quelle: eigene Darstellung

Bevor sich den einzelnen Risikoebenen zugewendet wird, wird das in den Analyseebenen gültige Risikomaß und die gültige Erfolgskennzahl bestimmt und das Betrachtungsobjekt „Biogasanlage“ abgegrenzt.

## 6.2 Risikomaß und Erfolgskennzahl

### 6.2.1 Risikomaß

Auf der Ebene der Einzelrisikenanalyse einer Biogasanlageninvestition wird sich vornehmlich mit dem Risikopotenzial einzelner Investitionsinputs beschäftigt. Das Potenzial wird dort anhand der Veränderung einer Erfolgsgröße taxiert, die aufgrund von Inputvariationen eintritt. Zur Messung des Risikos auf den weiterführenden Analyseebenen bedarf es Risikomaße, die neben der Schaden- bzw. Nutzenhöhe auch die entsprechende Wahrscheinlichkeit des Eintritts berücksichtigen. Im Folgenden wird unter den zahlreichen Risikomaßen das für diese Arbeit passende Risikomaß ausgewählt und die Auswahl begründet.

Die Definition des Risikobegriffes dieser Arbeit beinhaltet sowohl die negative Abweichung als Risiko als auch die positive Abweichung in Form der Chance. Dies bedeutet für die Auswahl eines Risikomaßes, dass die so genannten „downside“ –Maße wie Semivarianz, Lower Partial Moments (LPM) oder Value at Risk (VaR), die sich lediglich auf den unteren, negativen Bereich einer Verteilung konzentrieren, in dieser Arbeit keine Anwendung finden können.

Daher kommen symmetrische Risikomaße in Betracht. Symmetrische Risikomaße können im Grunde als eine Gesamtbetrachtung des Risikos gelten, da sie sowohl negative als auch positive Ergebnisabweichungen einer Handlung erfassen. Die Maßzahlen, die dieser Kategorie zuzuordnen sind, lauten:

- $\beta$ -Faktor
- Tracking Error
- Varianz
- Standardabweichung

Das Konzept des  $\beta$ -Faktors findet bei Renditen von Aktientiteln Anwendung. Es wird benutzt, um das Änderungsrisiko eines Aktientitels zu bestimmen, wenn die Rendite eines Referenzsystems (Markt) um einen gewissen Betrag steigt oder fällt. Der Zusammenhang zwischen der Rendite eines Aktientitels und des Referenzsystems wird durch Renditekorrelationen zwischen beiden Größen dargestellt (s. BRUNS UND MEYER-BULLERDIEK 2008). Das durch den  $\beta$ -Faktor angegebene Risiko ist das systematische Risiko eines Investments, also ein Risiko das durch Anlagendiversifikation nicht weiter differenziert werden kann (SCHIERENBECK UND LISTER 2002) und auch als Marktrisiko bezeichnet wird. Der  $\beta$ -Faktor stellt insgesamt ein sehr interessantes Risikomaß dar, jedoch muss eine weitere Anwendung in dieser Arbeit aus zweierlei Gründen ausgeschlossen werden. Zum einen ist der  $\beta$ -Faktor durch die ausschließliche Bewertung systematischer Risiken lediglich als partielles Risikomaß zu bezeichnen. Zum anderen würde die Ausprägung des  $\beta$ -Faktors ausschließlich auf der Korrelationseinschätzung einer Expertenbefragung beruhen, da historische Zeitreihen zur genauen Quantifizierung nicht vorliegen.

Das symmetrische Risikomaß Tracking Error basiert auf dem Konzept der Volatilität. Der Tracking Error bezieht sich auf die Differenz der Renditen zweier Portfolios und misst die Standardabweichung der Renditedifferenz zwischen Portfolio und Benchmark. Dabei werden sowohl negative als auch positive Renditeverfehlungen berücksichtigt (s. BRUNS UND MEYER-BULLERDIEK 2008). Ein Risikomaß wie der Tracking Error, basierend auf der Differenz einer Portfoliorendite und der Rendite einer zuvor festgelegten Benchmark, kommt aus zweierlei Gründen in dieser Arbeit nicht zur Anwendung. Zum einen kann mit der Standardabweichung der Differenz zweier Renditen nicht die Streuung einer Einzelrendite beschrieben werden, sondern lediglich die Volatilität im Vergleich zur Benchmark. Zum anderen ist die Definition einer „richtigen“ Benchmark vor dem Hintergrund der vielfältigen landwirtschaftlichen Betriebsausrichtungen als problematisch und stets diskussionswürdig anzusehen. Den in dieser Arbeit gestellten Anforderung an eine Maß zur Messung des Risikos werden am ehesten die Streuungsparameter Varianz und Standardabweichung gerecht. Definitionsgemäß beschreibt die Varianz als Risikomaß die durchschnittliche quadratische Abweichung einer Erfolgsgröße vom Erwartungswert (s. PFINGSTEN ET AL. 2006), was positive und negative Abweichungen beinhaltet. Die Standardabweichung

ergibt sich aus der Quadratwurzel der Varianz und ist somit zwangsläufig ebenfalls ein symmetrisches Risikomaß, welches auch als Volatilität bezeichnet wird. Die Standardabweichung besitzt gegenüber der Varianz den Vorteil, dass sie die gleiche Einheit besitzt wie die Größe, deren Streuung sie beschreibt. Die Varianz und die Standardabweichungen gelten als die am meisten verbreiteten Risikomaße (s. WEGMANN 2009 und FRANKE UND HAX 1999). Trotz oder gerade wegen dieser enormen Verbreitung werden beide Risikomaße zum Teil kritisch gesehen. Nach SERF (1995) liegt ein Kritikpunkt darin, dass in die Berechnungen zur Varianz sowohl negative als auch positive Abweichungen vom Erwartungswert eingehen. Das bedeutet, dass durch eine Beschränkung der Varianz oder der Standardabweichung auch positive und erwünschte Abweichungen vom Erwartungswert Einschränkungen erfahren können. Einen weiteren Kritikpunkt sehen PFINGSTEN ET AL. (2006) und GLEIBNER (2006a) eher in der Abhängigkeit zu einer normalverteilten Erfolgsgröße. Liegt eine nicht normalverteilte Erfolgsgröße vor, so müssen zur exakten Verteilungsbeschreibung eines Ergebnisses neben dem Erwartungswert und der Standardabweichung als Risikomaß weitere Momente der Verteilung herangezogen werden.

Insgesamt ist deutlich geworden, dass es mehrere Risikomaße gibt, die alle, je nach Entscheidungskontext, ihre Berechtigung haben (s. KÜRSTEN ET AL. 2004). Dieser Entscheidungskontext, der bestimmte Risikomaße präferieren oder verbieten kann, ist auch hier für die Auswahl nicht unbedeutend. Trotz der nicht unberechtigten Kritik werden in dieser Arbeit dennoch die Varianz und die Standardabweichung als Risikomaß herangezogen. Zum einen gelten sie als symmetrische Risikomaße, was konform mit der Risikodefinition dieser Arbeit ist. Zum anderen stellen sie kein partielles Risikomaß wie den Beta Faktor dar, sondern implizieren als Risikomaße das Gesamtrisiko aus Marktrisiken und diversifizierbaren (unsystematischen) Risiken. Die Varianz wird hauptsächlich in den Berechnungen Anwendung finden. Zur Illustration von Risiken ist die Standardabweichung der Varianz vorzuziehen, da sie die gleiche Dimension wie die Rendite aufweist und deshalb nach STAHL (2005) und KLEEBERG (1995) ein intuitiv verständlicheres Risikomaß darstellt und somit der Vorteil einer leicht kommunizierbaren Interpretation gegeben ist.

Eine Ausweitung der Interpretation von Varianz und Standardabweichung wird in der Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos durchzuführen sein. Die Fragestellung nach der Wahrscheinlichkeit der Unterschreitung festgelegter Zielgrößen

(siehe Zielstellung dieser Arbeit) ist Teil des Risikomaßes Lower Partial Moments (untere partielle Momente). Lower Partial Moments (LPM) beziehen sich nur auf einen Teil der Verteilung und erfassen die negativen Abweichungen zu einer Zielgröße bzw. Schranke. Da dieses Risikomaß die Verfehlung von vorher festgelegten Zielen in den Vordergrund stellt, werden LPM auch als Shortfall-Risikomaß bezeichnet (s. WEGMANN 2009 und GLEIBNER 2006b).

### 6.2.2 Erfolgsgröße

Die Anforderungen an die Erfolgsgröße dieser Arbeit sind vielfältig. Zum einen muss die Erfolgsgröße gewährleisten, dass sie für Entscheidungsträger im Biogasbereich verständlich ist, so dass Investoren und die landwirtschaftliche Praxis die damit verbundenen Aussagen richtig bewerten können. Mit dieser Anforderung geht eine, wahrscheinlich ohnehin schon stattgefundene, Verankerung der zu wählenden Erfolgsgröße in der Praxis einher. Des Weiteren muss gewährleistet sein, dass für die Erfolgsgröße ausreichend Datenmaterial zur Verfügung steht. Das heißt, dass der Erfolg eines jeden in die Arbeit aufgenommenen Betriebszweiges (mit Ausnahme von Biogas) anhand dieser Größe aus amtlichen Statistiken heraus gemessen werden kann und diese Kennzahl für weitere Berechnungen auch Bestandteil historischer Zeitreihen ist. Darüber hinaus sollte die Erfolgsgröße betriebszweigspezifische Besonderheiten wie beispielsweise Pachtverhältnisse bereits berücksichtigen, damit unterschiedliche Betriebszeiggrößen und –ausgestaltungen sich in ihr wiederfinden können. Ein weiterer Anspruch ergibt sich aus der geplanten Zusammenführung der einzelnen Analyseergebnisse zu einem ganzheitlichen Risikobild. Daraus ist abzuleiten, dass es einer möglichst konsistenten Erfolgsgröße bedarf, die in allen Analyseebenen widerspruchsfrei zur Anwendung kommen kann.

Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen ist die Eigenkapitalrendite sowohl als Betriebszweig- als auch Portfolioerfolg für die Zielstellung dieser Untersuchung anderen Erfolgskennzahlen vorzuziehen. Zum einen geht es bei landwirtschaftlichen Investoren vornehmlich um die Frage, wo und wie vorhandenes Eigenkapital mit welchen Konsequenzen investiert werden kann. Die Fokussierung auf Eigenkapital ist begründet im Eigenkapitalanteil, den viele Investitionen sozusagen als „Eintrittskarte“ zur Investitionsmöglichkeit voraussetzen. Das legt als Erfolgsgröße die Eigenkapitalrendite nahe, da ohnehin Renditekennzahlen in der Praxis nach wie vor eine hohe Attraktivität besitzen (s. SCHÄFER 1999, KRUSCHWITZ 2005). Insgesamt kann daher von einem völligen Verständnis und von einer hohen Akzeptanz dieser Erfolgskenn-

zahl in der Praxis ausgegangen werden. Zudem ist die Eigenkapitalrendite Bestandteil der Erfolgskennzahlen in der Statistik des Testbetriebsnetzes (s. BMELV 2008), was eine hohe Datendichte für jeden einzelnen in die Arbeit aufgenommenen Betriebszweig impliziert, die nicht nur punktuell vorliegt, sondern auch für einen längeren Betrachtungszeitraum zu erhalten ist. Unter den dort angegebenen Renditekennzahlen tut sich, auch nach Meinung von BUHRMESTER (2008), vor allem die Eigenkapitalrentabilität als die für einen Investor relevante Kennzahl hervor, da sie bereits eventuell bestehende Pachtverhältnisse, Forderungen und Verbindlichkeiten berücksichtigt (s. Methodische Erläuterungen der Testbetriebsstatistik). Lediglich bei der Analyse der Einzelrisiken kommt neben der Eigenkapitalrendite auch der Investitionsendwert zur Anwendung. Da sich die Aussagen beider Erfolgsgrößen kongruent zueinander verhalten, geschieht die Hereinnahme aus didaktischen Gründen.

Dem Autor ist bewusst, dass auch andere klassische Erfolgskennzahlen wie bspw. Gewinn, Gesamtkapitalrendite, Cash Flow oder Standarddeckungsbeitrag in Risikobetrachtungen durchaus ebenfalls brauchbare Erfolgskennzahlen darstellen können. Doch nach Betrachtung des Anforderungsprofils an die Erfolgsgröße in dieser Arbeit stellt schlussendlich die Eigenkapitalrendite eine auf allen Analyseebenen sinnvolle Erfolgskennzahl dar, so dass gegen eine durchgängige und konsistente Anwendung in dieser Arbeit nichts einzuwenden ist.

### **6.3 Definition und Abgrenzung des Begriffs Biogasanlage**

Gemeinhin wird unter dem Begriff „Biogasanlage“ eine Anlage zur Erzeugung, Lagerung und Verwertung von Biogas aus der Vergärung organischer Stoffe verstanden. Da jedoch Biogasanlagen, die organischen Abfall vergären, so genannte „Abfallanlagen“, in dieser Arbeit keine Berücksichtigung finden, ist es notwendig, den Begriff „Biogasanlage“ weiter abzugrenzen.

Für den Begriff „landwirtschaftliche Biogasanlage“ liegt keine einheitliche Definition vor. Von verschiedenen Personen und Institutionen wird der Wortsinn unterschiedlich interpretiert. Die einzige Begriffsbestimmung lässt sich im Einkommenssteuergesetz finden (s. BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN 2009). Dort wird die Erzeugung von Biomasse der Urproduktion und die Erzeugung von Biogas der 1. Verarbeitungsstufe zugerechnet. Dies wird als landwirtschaftliche Betätigung gesehen. Als zweite Bearbeitungsstufe gilt die Umwandlung von Biogas zu Strom, die je nach Betriebsform und Verwendung sowohl landwirtschaftlichen als auch gewerblichen Charakter haben kann. Da in dieser Arbeit der Aspekt der Verstromung mit integriert ist, greift die

begriffliche Abgrenzung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage nach dem Einkommenssteuergesetz zur Verwendung innerhalb des Untersuchungsrahmens zu kurz. Des Weiteren ist es geläufig, dass die „landwirtschaftliche Biogasanlage“ über die eingesetzten Substrate definiert wird. Dieser Ansatz impliziert, dass ausschließlich, im Sinne des EEGs, Wirtschaftsdünger und bonusfähige, landwirtschaftliche nachwachsende Rohstoffe eingesetzt werden. Ob und in welchem Maße eine Biogasanlage in Kombination zu anderen Betriebszweigen steht und überhaupt in ein landwirtschaftliches Unternehmen integriert ist, wird aus der Begriffsbestimmung über die eingesetzten Substrate nicht deutlich. Da in dieser Arbeit unter anderem die Risikowirkung einer Biogasanlage auf bereits bestehende Betriebszweige eines landwirtschaftlichen Unternehmens untersucht wird, ist diese Definition ebenfalls nicht zu verwenden. Da die vorliegenden Begriffsbestimmungen nicht einheitlich sind und zur Verwendung nicht ausreichen, wird die „Biogasanlage“ begrifflich folgendermaßen abgegrenzt:

- Nach der Handhabung im Einkommenssteuergesetz ist sowohl die erste Verarbeitungsstufe (Biogaserzeugung) als auch die zweite Verarbeitungsstufe (Erzeugung Biostrom) beinhaltet.
- In der Biogasanlage werden nur „NaWaRo-Bonus“-fähige Substrate im Sinne des EEGs eingesetzt. NaWaRo steht im Biogasbereich für die Abkürzung nachwachsende Rohstoffe. Für den Einsatz dieser nachwachsenden Rohstoffe, in der Regel sind dies organische Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft, sieht das EEG in Form des „NaWaRo-Bonus“ eine Erhöhung der Grundvergütung vor.
- Die Biogasanlage ist in ein oder mehrere landwirtschaftliche Unternehmen, gleich welcher Rechtsform, integriert, welche als Eigentümer oder auch als Beteiligte auftreten können.

### **6.4 Biogasanlagentyp im Simulationsmodell**

Der Betrachtung des Risikos einer Biogasanlageninvestition auf mehreren Ebenen, liegt in dieser Arbeit immer der gleiche Anlagentyp zugrunde. Um eine hohe Relevanz in der Aussage und somit auch für die Praxis zu gewährleisten, ist eine 500 kW NaWaRo-Anlage in die Untersuchung eingegangen. Diese Größenordnung kann als eine weit verbreitete und typische NaWaRo-Anlagengröße bezeichnet werden (DA COSTA GOMEZ 2007). Die grundsätzliche Konzeption der Modellanlage zeigt die Tabelle 1.

**Tabelle 1: Konzeption der Modellanlage**

<b>KenngroÙe</b>	<b>Ausprägung</b>
AnlagengroÙe	500 kW
Fermentationstyp	nass
Fermentationsstufen	2
Substrate	Maissilage, Weizen
Co-Substrat	Rindergülle
Wärmeconcept	Ja

Quelle: eigene Darstellung

Mit den in der Tabelle 1 gezeigten Eckdaten der Modellkonzeption wird man nicht nur einer häufigen AnlagengroÙe gerecht, sondern auch einem durchaus üblichen Verfahren der Biogasgewinnung.

Jede Analyseebene wird im Folgenden geschlossen für sich betrachtet. Dabei werden die Datengrundlage und die hinter den einzelnen Methoden stehenden Berechnungsmodelle erläutert und die daraus resultierenden Ergebnisse aufgezeigt. In jeder Modellbeschreibung wird herausgearbeitet, welche Bedeutung die Ergebnisse für das Modell der nächst höheren Risikoanalyseebene haben. Abschließend werden die Ergebnisse jeder Analyseebene zusammengeführt, woraus die gesamte Modellkonzeption und ein ganzheitliches Risikobild einer Biogasanlageninvestition ersichtlich werden.

## 7 Analyse der Einzelrisiken

### 7.1 Datengrundlage

Zunächst wird auf die verwendeten Daten und auf die Methode zur Bestimmung der Einzelrisiken eingegangen. Die Einzelrisikenanalyse schließt mit der Ergebnispräsentation.

#### 7.1.1 Leistungsdaten und Bezugsrahmen der Biogasanlageninvestition

Bevor die verschiedensten Inputs einer Biogasanlageninvestition zu monetären Positionen verrechnet werden, ist es notwendig dem bereits bekannten Anlagentyp Leistungsdaten zuzuordnen. Um der hohen Nutzungsdauer einer Biogasanlageninvestition gerecht zu werden, finden auch Überlegungen bezüglich des zukünftigen Verlaufs der Inputausprägungen stattfinden.

Die Ausprägungen der wichtigsten Leistungsdaten sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

**Tabelle 2: Leistungsdaten der Modellanlage**

Input	Inputausprägung
BHKW	
Elektrische Nennleistung	500 kW
Thermische Nennleistung	452 kW
Elektrischer Wirkungsgrad	41,0 %
Thermischer Wirkungsgrad	34,5 %
Stromkennzahl	1,188
Auslastung h/Jahr	7800
Eigenwärmebedarf in % der Gesamtwärme	25 %
Tatsächlich veräußerbare Wärme KWH/Jahr	1.000.000 kWh
Arbeitszeitbedarf h/Tag	4
Höhe der Auslastung im 1 Jahr	90 % der Auslastung
Extraaufwand zum Anwärmen der Anlage	20.000 €

Quelle: eigene Darstellung

Die Angaben über die elektrische und thermische Nennleistung und über den jeweiligen Wirkungsgrad des verwendeten Gasmotors entstammen den Angaben eines großen BHKW- Herstellers (DEUTZ<sup>2</sup>) und sind direkt als Inputgröße in das Modell eingeflossen. Der Quotient aus dem elektrischen und dem thermischen Wirkungsgrad liefert die Stromkennzahl. Diese wird gemäß der Vergütung im EEG benötigt, um die KWK-Bonus-fähige Wärmemenge zu bestimmen. Der KWK-Bonus (KWK =

<sup>2</sup> DEUTZ TCG 2016B V12

Kraft-Wärme-Kopplung) wird dann einer Biogasanlage gewährt, wenn während der Stromerzeugung die dabei anfallende Wärmeenergie einer energetischen Nutzung zugeführt wird. Eine weitere technische Vorgabe ist der Eigenbedarf der Biogasanlage an Wärme. Diese limitiert die maximal veräußerbare Wärmemenge. In der Tabelle 2 sind Inputs enthalten, die auf das Jahr der Inbetriebnahme bezogen sind. Zum einen ist das Anheizen der Biogasanlage mit einem enormen Energieaufwand verbunden, zum anderen führen so genannte „Anlaufschwierigkeiten“ zu der Annahme, dass im ersten Jahr nur 90 % der durchschnittlichen Anlagenauslastung erreicht werden.

Der durch die Biogasanlage erzeugte Strom und die Wärme werden gemäß der Vorgabe des § 8 im EEG vergütet. Die in der Tabelle 3 angegebenen Vergütungshöhen berücksichtigen bereits die jährliche Degression auf die im Gesetz festgeschriebenen Grundvergütungsklassen. Im Gegensatz zu vielen Sensitivitätsanalysen, die eine Mehr- oder Minderleistung stark vereinfachend mit 0,16 €/kWh bewerten, sind die Vergütungsklassen nach dem Grundsatz der äquivalenten Leistung in das Modell eingeflossen.

**Tabelle 3: Vergütungssystem der Modellbiogasanlage nach EEG**

Input	Inputausprägung
Grundvergütungsklassen	
0 – 150 kW	0,1083 €/kW
150 – 500 kW	0,0932 €/kW
500 – 5000 kW	0,0838 €/kW
NaWaRo Bonus	
0 – 500 kW	0,06 €/kW
> 500 kW	0,04 €/kW
KWK Bonus	0,02 €
Technologiebonus	(Anlagentyp erfüllt Voraussetzungen nicht)
Erlös für Wärme	0,025 €/kWh

Quelle: eigene Darstellung

Einzelne Komponenten des EEG- Boni-Systems werden von der Modellbiogasanlage in Anspruch genommen. Darunter fällt der Bonus für die Verwendung nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo-Bonus) und ein Bonus für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Bonus). Die Voraussetzungen für eine Inanspruchnahme des Technologiebonus, vornehmlich wegen dem Nassvergärungsverfahren des Modellkonzeptes, ist nicht gegeben.

Aufgrund der dynamischen Modellkonzeption, soviel sei an dieser Stelle bereits vorweggenommen, ist es notwendig, dass ein Investor den Ausprägungsverlauf einzelner Inputgrößen antizipiert. Dieser Verlauf wird in dieser Arbeit mit Inflationsfaktoren nachgebildet. Bei der Analyse betreffender Statistiken ist dafür Sorge getragen worden, dass eine Vielzahl von Inflationsfaktoren einen möglichst inputspezifischen Verlauf gewährleisten. Die in der Tabelle 4 gezeigten Prozentsätze stehen für, ausgehend vom Jahr der Inbetriebnahme (2008), den jährlichen Anstieg des Preisniveaus der auf der linken Tabellenseite gezeigten Inputgrößen.

**Tabelle 4: Inflationsfaktoren**

Input	Inputausprägung
Arbeit	1,62 % <sup>3</sup>
Energie (alle Energieaufwendungen, Wärme)	5,30 % <sup>4</sup>
Maschinen	1,22 % <sup>5</sup>
Verbraucherpreissteigerung (allgem. Inflation)	2,30 % <sup>6</sup>
Landwirtschaftliche Substrate, Gülle, Gärrest	1,50 %
Versicherung	2,00 %

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Durch diese sechs Inflationsfaktoren werden die verschiedenen Komponenten des Zahlungsstromes einer Biogasanlage inflationiert. Die einzelnen Komponenten setzen sich wiederum aus mehreren Inputgrößen zusammen. Die Ausprägung der Inflationsfaktoren ist mit Hilfe historischer Preisindizeszeitreihen des Statistischen Bundesamtes ermittelt worden. Dies gilt jedoch nicht für die letzten beiden in der Tabelle 4 gezeigten Inflationsfaktoren, sie beruhen auf einer Annahme des Autors.

Nachdem die Leistungsdaten und das Vergütungssystem der Biogasanlageninvestition bekannt sind, sowie Annahmen über den zukünftigen Verlauf verschiedener Investitionsparameter getroffen wurden, werden die Ausprägungen der Investitionsinputs vorgestellt. Dabei können aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle Inputgrößen dargestellt werden, die Eingabemaske enthält über 100 Inputgrößen. So weit

<sup>3</sup> Statistisches Bundesamt: Index der tariflichen Stundenlöhne in der Landwirtschaft in Deutschland

<sup>4</sup> Statistisches Bundesamt: Preise. Verbraucherpreisindizes für Deutschland. Revisionsbericht 2006. Wiesbaden 2007

<sup>5</sup> Statistisches Bundesamt: Fachserie 17 Reihe 2. Index der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Inlandsabsatz) nach dem Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 2002 (GP 2002). Lange Reihen von Januar 1995 bis August 2007. Wiesbaden 2007

<sup>6</sup> Statistisches Bundesamt: Fachserie 17 Reihe 7 August 2007. Preise. Verbraucherpreisindizes für Deutschland – Monatsbericht – August 2007. Wiesbaden 2007

es geht, wird jedoch die Verrechnung der Inputs vorgestellt. Zum einen um dem Leser die tiefe Differenzierung der Inputdaten im Modell aufzuzeigen, zum anderen um einen ersten Eindruck über die Komplexität einer Biogasanlageninvestition zu bekommen.

Alle aufgeführten monetären Positionen sind Nettogrößen. Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit in diesem Modell erfolgt auf nominaler Vorsteuerebene. Die Vorsteuer-ebene ist in diesem Modell vorzuziehen, da das Ergebnis des Wirtschaftlichkeitsmodells in weiterführenden Analysen mit anderen Betriebszweigvorsteuerrenditen der amtlichen Statistik kombiniert wird. Der nominalen Betrachtungsebene wird gegenüber der Realebene der Vorzug gegeben, da nominales Denken banküblich und praxismäßig ist und die zukünftigen monetären Auswirkungen eines Investitionsvorhabens aus nominalen Zahlungsströmen unmittelbar ablesbar sind (SCHEUERLEIN 1997).

### 7.1.2 Monetäre Positionen der Biogasanlageninvestition

Aus den Investitionsinputs und deren Verrechnung bilden sich insgesamt 13 übergeordnete Einzahlungs- und Auszahlungsgrößen, die zu einem Zahlungsstrom zusammengefasst und einer Bestimmung der Wirtschaftlichkeit zugeführt werden. Sie lassen sich, wie in Tabelle 5 gezeigt, in „Einzahlungen“ und „Auszahlungen“ unterteilen.

**Tabelle 5: Gliederung der monetären Positionen nach Ein- und Auszahlungen**

Einzahlungen	Auszahlungen
Vergütung Strom, NaWaRo- und KWK-Bonus	Anschaffung und Ersatz BGA, Nahwärme
Erlös für Wärme	Extraaufwand
Erlös für Gärrest	Bezug pfl. Substrate
	Bezug Gülle
	Grenzentfernung pfl. Substrate
	Aufwand für Reparatur und Wartung
	Variable Kosten der Verstromung
	Arbeit
	Versicherung
	Versicherung

Quelle: eigene Darstellung

Nachfolgend wird auf die Inputzusammensetzung der einzelnen Stromgrößen eingegangen. Die drei Stromgrößen, die sich den „Einzahlungen“ zuteilen lassen, werden zunächst berücksichtigt, bevor auf die zehn Stromgrößen der „Auszahlung“ fokussiert wird. Zur Übersicht ist im Anschluss der komplette Zahlungsstrom enthalten.

Vergütung Strom, NaWaRo- und KWK-Bonus

Die Vergütung für Strom aus Biomasse ist im novellierten EEG 2004 sehr exakt geregelt. Der Gesetzestext enthält eine Degressionsvorschrift, die sich auf die Höhe der Vergütung bezieht. Die Vergütung wird jährlich für neu in Betrieb genommene Anlagen um 1,5 %, auf zwei Kommastellen gerundet, gesenkt. Geht eine Biogasanlage erstmalig in Betrieb, so sind die in dem Jahr der Inbetriebnahme gültigen Vergütungen die nächsten zwanzig Jahre für diese Biogasanlage fixiert. Im Simulationsmodell gilt die Annahme, dass das Jahr der Inbetriebnahme 2008 ist, so dass die in der Tabelle 3 ausgewiesenen Vergütungshöhen für diese Arbeit gelten.

Die für die Vergütung maßgebliche Leistung richtet sich nicht nach der elektrischen Wirkleistung der Biogasanlage, sondern nach einem Quotienten, der sich aus den jährlich eingespeisten Kilowattstunden und der Summe der Zeitstunden eines Kalenderjahres ergibt.

Die Berechnung der Leistungsvergütung wird für die Modellanlage mit den dazugehörigen Inputausprägungen an einem Beispiel verdeutlicht.

$$\begin{aligned}
 \text{Anlagenleistung} &= \frac{\text{Jahresstromertrag}}{\text{Jahresstunden}} \\
 &= \frac{3.900.000 \text{ kWh}}{8.760 \text{ h}} \\
 &= 445,21 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Der Quotient aus dem Jahresertrag der Biogasanlage in kWh (3.900.000) und den Zeitstunden eines Jahres (8.760) ergibt in der Modellkalkulation 445,2 kW. Er beschreibt die durchschnittliche Einspeiseleistung pro Stunde, wenn die Biogasanlage eine Auslastung von 100% (8.760) Stunden hätte. Die 445,2 kW entsprechen der durchschnittlichen Leistung bei Vollauslastung (8.760 h) und sind somit das Äquivalent zu der tatsächlich über das Jahr ungleichmäßig anfallenden Leistung der Biogasanlage. Deshalb wird die im EEG festgeschriebene Berechnungsmethode auch in der Literatur als „Vergütung nach äquivalenter Leistung“ bezeichnet.

Der aus dem Quotienten ermittelte Betrag wird nun nach den in der Tabelle 3 gezeigten Klassen vergütet. Zu vergüten sind demnach:

150 kW * 8.760 h * 0,1083 €	=	142.306 €
295,21 kW * 8.760 h * 0,0932 €	=	241.019 €
<u>(445,2 kW)</u> Summe	=	383.325 €

Die Art der verwendeten Substrate berechtigt zur Inanspruchnahme des NaWaRo-Bonus. Ähnlich der Stromvergütung orientiert sich die Bonushöhe auch an Vergütungsklassen und der äquivalenten Leistung. Die Höhe des NaWaRo-Bonus beträgt für die Modellanlage demnach:

$$445,2 \text{ kW} * 8.760 \text{ h} * 0,060 \text{ €} = 233.997 \text{ €}$$

Die Tabelle 6 zeigt die Vergütung die aus der Einspeisung des Stroms resultiert.

**Tabelle 6: Vergütung der Stromeinspeisung**

Position	Euro
Vergütung nach äquivalenter Leistung	383.326 €
Vergütung durch NaWaRo-Bonus	233.997 €
<b>Summe</b>	<b><u>617.323 €</u></b>

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die Vergütung von Kraft-Wärme-Kopplungsstrom beruht auf außerhalb der Biogasanlage verwerteter Nutzwärme. Zur Berechnung der Bonushöhe sind neben der Nutzwärme die Stromkennzahl und die Vergütung in € pro kWh von Bedeutung. Nutzwärme in Sinne § 3 Absatz 6 des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes „ist die aus einem KWK - Prozess ausgekoppelte Wärme, die außerhalb der KWK-Anlage für die Raumheizung, die Warmwasserbereitung, die Kälteerzeugung oder als Prozesswärme verwendet wird.“ (KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGSGESETZ 2009). Die Stromkennzahl hingegen ist eine technische Eigenschaft des BHKWs und beschreibt den Quotienten aus dem elektrischen und dem thermischen Wirkungsgrad. Mit ihr lässt sich ausrechnen, wie viel Strom erzeugt werden musste, um die gemessene Wärmemenge auszukoppeln. Der so errechnete KWK-Strom wird mit der im EEG § 8 Absatz 3 festgeschriebenen Vergütungshöhe (0,02 €) vergolten. In der Modellanlage gilt die Annahme, dass jährlich 1.000.000 kWh Nutzwärme veräußert werden können (weitere Informationen siehe „Erlös für Wärme“). Der Quotient aus dem elektrischen und dem thermischen Wirkungsgrad liefert die Stromkennzahl von 1,1884, die zur Bestimmung der KWK-Bonus fähigen Wärmemenge benötigt wird. Somit beträgt die Bonushöhe aus Kraft-Wärmekopplung in der Modellanlage:

$$1.000.000 \text{ kWh} * 1,1884 * 0,020 \text{ €} = 23.768 \text{ €}$$

Die Höhe der jährlichen Einzahlungen der Modellanlage aus der Vergütung des eingespeisten Stromes und des NaWaRo- und KWK-Bonus beträgt insgesamt 641.091 €.

Für das Jahr der Inbetriebnahme 2008 gilt die Annahme, dass nur 90 % der durchschnittlichen Auslastung erreicht werden und somit auch die Vergütung aus Stromspeisung und NaWaRo-Bonus bei 90 % im Jahr 2008 liegt. Dies gilt allerdings nicht für den KWK-Bonus, da hier die Annahme gilt, dass die im Vergleich zur maximalen Menge recht geringe Wärmemenge von 1,0 Mio. kWh (siehe nachfolgend „Erlös für Wärme“) auch im Jahr der Startschwierigkeiten bereitgestellt werden kann.

#### Erlös für Wärme

Laut Angaben des Herstellers lässt sich mit dem in diesem Modell verwendeten BHKW eine thermische Nennleistung von 452 kW erzielen. Die sich daraus ergebende maximal zu veräußernde Wärmemenge ist abhängig von der Auslastung des BHKWs und dem Eigenbedarf der Biogasanlage für die Prozessenergie.

Mit der im Grundmodell unterstellten jährlichen Auslastung (7.800 h) und den technischen Daten des BHKW wird insgesamt eine jährliche Wärmemenge von ca. 3,53 Millionen kWh produziert. Die im Modell implizierte Annahme, dass 25 % der produzierten Wärmeeinheiten für den Eigenbedarf der Biogasanlage benötigt werden, lässt die maximal jährlich zu veräußernde Wärmemenge auf ca. 2,64 Millionen kWh sinken. Im Simulationsmodell wird davon ausgegangen, dass die jährlichen eine Million kWh zu jeweils 0,025 € an Wohneinheiten oder andere Einrichtungen (landwirtschaftliche Bauten wie Ställe, gewerbliche Bauten wie Schwimmbäder, Holz Trocknungsanlagen usw.) veräußert werden können. Somit beträgt die Einnahme aus dem Wärmeverkauf (ohne KWK-Bonus) für das Jahr 2008 25.000 €. Die Beträge für die Jahre bis zum Ende der Nutzungsdauer werden mittels des Inflationsfaktors „Energie“ (5,30 %) ermittelt. Der Inflationsfaktor kann als Ausgestaltung einer Preisgleitklausel, wie sie in Lieferverträgen für Wärme üblich ist, gesehen werden.

#### Erlös für Gärrest

Der anfallende Gärrest der Biogasanlage kann im Simulationsmodell als Dünger veräußert werden. Dass Abnehmer für den Gärrest gefunden werden, ist praxisnah.

Zum einen ist in den Gärresten im Vergleich zu den Ausgangssubstraten ein erhöhter Ammoniumanteil, bezogen auf den Gesamtstickstoff, vorhanden, zum anderen empfiehlt sich Gärrest als schnell pflanzenverfügbare Stickstoffdünger (PERETZKI ET AL. 2005). Die Berechnungsmethode zur Bestimmung der Nährstoffe im Gärrest folgt dem Schema der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (s. PERETZKI ET AL. 2005). Die ökonomische Bewertung des Gärrestes erfolgt über den Substitutionswert.

Eine rechnerische Methode zur Bestimmung der Nährstoffe im Gärrest ist insofern wichtig, da bei Variation der Substrate und der Ration die Zusammensetzung der Nährstoffe im Gärrest nicht immer erneut durch Laboranalysen getestet werden muss.

Die Methode zur rechnerischen Ermittlung der Nährstoffgehalte im Gärrest geht davon aus, dass der Trockensubstanz-Gehalt (TS-Gehalt), der organische Trockensubstanzgehalt (oTS-Gehalt) und die Nährstoffgehalte pro kg Frischmasse bekannt sind. Tabelle 7 zeigt die in diesem Simulationsmodell zugrunde gelegten Daten:

**Tabelle 7: Gehalte im Ausgangssubstrat und Abbau der oTS**

Art	Gehalte im Ausgangssubstrat (kg/t FM)					Unterstellter Abbau der oTS %
	TS	oTS	N	P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	
Silomais	300	285	3,8	1,6	4,5	80
Weizen	850	807	18,1	8,0	6,0	93
Rindergülle	67	54	3,7	1,5	5,1	40

Quelle: PERETZKI ET AL. 2005, KTBL 2004

Während der Vergärung vermindern sich durch den Abbau der organischen Substanz die Trockenmassegehalte der eingesetzten Substrate. Um die nicht vergärte TS im Gärrest zu ermitteln, muss folglich ein substratspezifischer Abbaugrad unterstellt werden. Dem unterstellten Abbaugrad der organischen Trockensubstanz (oTS) und die Trockensubstanzmenge im Gärrest zeigt Tabelle 8.

**Tabelle 8: Abbaugrad der oTS und TS-Menge im Gärrest**

Art	Abbau der oTS %	Abbaumenge (kg oTS)	TS-Menge im Gärrest (kg TS)
Silomais	80	228	(300-228) = 72
Weizen	93	751	(850-751) = 99
Rindergülle	40	22	(67-22) = 45

Quelle: eigene Berechnung

Aus den wie in der Tabelle 8 errechneten TS-Mengen lässt sich, mit Hilfe eines un-

terstellten Trockensubstanzgehaltes im Gärrest, die Gärrestmenge bestimmen, die aus einer Tonne eingesetzten Substrat resultiert. Der unterstellte Trockensubstanzgehalt ist in dieser Arbeit 6 %, da sich tendenziell feststellen lässt, dass der Trockensubstanzgehalt in Gärresten zwischen 4 und 6 % beträgt (LFL 2007). Die errechneten TS-Mengen im Gärrest basieren auf einen Trockensubstanzgehalt im Gärrest von sechs %. Somit lässt sich der anfallende Gärrest aus den einzelnen Substraten, wie in der Tabelle 9 gezeigt, bestimmen:

**Tabelle 9: Gärrestmenge bei sechs Prozent Trockensubstanzgehalt**

Art	TS-Menge im Gärrest (kg TS)	Anfallende Gärrestmenge (kg)	„Mengenfaktor“
Silomais	72 kg (= 6 % TS-Gehalt)	$((72 \text{ kg}/6 \%) * 100 \%) = 1.200 \text{ kg}$	<b>1,2</b>
Weizen	99 kg (= 6 % TS-Gehalt)	$((99 \text{ kg}/6 \%) * 100 \%) = 1650 \text{ kg}$	<b>1,65</b>
Rindergülle	45 kg (= 6 % TS-Gehalt)	$((45 \text{ kg}/6 \%) * 100 \%) = 750 \text{ kg}$	<b>0,76</b>

Quelle: eigene Berechnung

Nach der von der LfL eingeführten Methode zur rechnerischen Bestimmung der Gärrestmenge entstehen kalkulatorisch zum Beispiel „aus einer Tonne Maissilage mit 30%t TS etwa 1,2 Tonnen Gärrest, wenn dort sechs % TS enthalten sind und ein oTS-Abbau von 80 % unterstellt wird.“ (PERETZKI 2005: 42-44)

Da sich der Gesamtstickstoffgehalt während der Fermentation nicht verringert und die weiteren wertbestimmenden Bestandteile der Substrate wie Phosphor und Kalium durch den biologischen Prozess in ihrer Masse nicht verändert werden (HANDREICHUNG BIOGASGEWINNUNG UND NUTZUNG 2004), kann der Nährstoffgehalt mittels des Mengenfaktors, der sich aus dem Mengenverhältnis der eingesetzten Substrate und dem daraus resultierenden Gärrest ableitet, wie in Tabelle 10 bestimmt werden.

**Tabelle 10: Nährstoffgehalte im Substrat und Gärrest**

	Nährstoffgehalte im Substrat (kg/t FM)			„Mengenfaktor“	Nährstoffgehalte im Gärrest (kg/t FM)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O
Silomais	3,8	1,6	4,5	<b>1,20</b>	3,2	1,3	3,8
Weizen	18,1	8,0	6,0	<b>1,65</b>	10,9	4,8	3,6
Rindergülle	3,7	1,5	5,1	<b>0,76</b>	4,9	2,0	6,8

Quelle: eigene Berechnung, KTBL 2004

Um von den Nährstoffgehalten der Ausgangssubstrate zu den Konzentrationen im Gärrest zu gelangen, werden die Nährstoffgehalte durch den jeweiligen Mengenfaktor dividiert. Mit Hilfe der jährlichen Ration kann nun die gesamte anfallende Menge an N, P und K errechnet werden.

**Tabelle 11: Gesamtmenge der Nährstoffe im Gärrest**

	Ration t/a	Mengenfaktor	Gärrest t/a
Silomais	8.150	<b>1,20</b>	9.780
Weizen	440	<b>1,66</b>	730
Rindergülle	2.750	<b>0,76</b>	2.081

Quelle: eigene Berechnung

Die Multiplikation der Gärrestmengen aus Tabelle 11 mit den jeweiligen Nährstoffgehalten aus Tabelle 10 ergibt die jährlich anfallende Nährstoffmenge. Auf dieser Nährstoffmenge beruht die Wertermittlung für den Gärrest wie in der Tabelle 12.

**Tabelle 12: Wertermittlung für den Gärrest**

Nährst. (kg) / cbm			
Substrat	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O

Gärrest	49.109	20.685	53.340
	↓ 50%	↓ 100%	↓ 100%

Substrat	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Gärrest	24.555	20.685	53.340
€/kg Nährstoff	0,85 €	0,75 €	0,67 €
€ Summe	20.871 €	15.514 €	35.738 €

Summe der Nährstoffwerte	<b>72.123 €</b>
Abschlag für Kaufanreiz -10 %	<b>-7.212 €</b>
<b>Einzahlungen durch Verkauf Gärrest</b>	<b>64.911 €</b>

Quelle: eigene Berechnung, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2009

Aus der ermittelten Nährstoffmenge fließen Phosphor und Kali zu hundert % in die Wertermittlung ein. Beim Stickstoff hingegen gilt die Annahme, dass aufgrund von Lagerungs- und Ausbringungsverluste 50% des Gesamtstickstoffs als anrechenbarer Stickstoff vorliegen (s. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2009). Für die Wertermittlung ergeben sich so ca. 25 Tonnen Stickstoff, ca. 21 Tonnen Phosphor und ca. 53 Tonnen Kali. Im Sinne des Substitutionswertes werden diese Mengen zu Marktpreisen (basierend auf dem Ende 2007 gültigen Marktniveau) bewertet. Daraus folgt, dass der im Gärrest enthaltene Substitutionswert von Stickstoff 20.871 €, der von Phosphor 15.514 € und der von Kali 35.738 € beträgt. Die Summe daraus bildet den Gärrestwert und beträgt 70.549 €. Als Kaufanreiz gegenüber minerali-

schem Dünger ist ein Abschlag von 10 % enthalten, so dass sich die monetären Einzahlungen durch den Gärrestverkauf auf 64.911 € belaufen. Bei der Bestimmung der Stromgröße für jedes Jahr der Nutzungsdauer ist der Inflationsfaktor „landwirtschaftliche Substrate“ (1,50 %) unterstellt.

Der Bereich der Ausgaben gestaltet sich mit neun Stromgrößen weitaus umfangreicher als der Bereich der Einzahlungen. Im Folgenden wird ihre Zusammensetzung vorgestellt.

### Anschaffung und Ersatz

Die Kosten aus Anschaffungen orientieren sich an Angeboten namhafter Hersteller aus dem Biogas-, Heizungs- und Technikbereich. Die Anschaffungskosten lassen sich in drei Blöcke gliedern. Den finanziell bedeutendsten Block bilden die Anschaffungskosten für die Biogasanlage mit den Komponenten Gärtechnik, Gebäude, Leitungen und Pumpen, Anlagensteuerung, BHKW, Bauarbeit sowie Bau- und Peripheriekosten. Des Weiteren werden Anschaffungskosten durch ein Nahwärmenetz und einen Teleskoplader verursacht. Im „Nahwärmenetz“ sind das Heizungssystem, die Notheizung, das Leitungssystem, die Anlagensteuerung und die Erdarbeiten enthalten. Da die einzelnen Komponenten wie Motor und Generator, aber auch bauliche Anlagen wie Waage und Siloplatte unterschiedliche in der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu berücksichtigende Nutzungsdauern besitzen, ist der Block „Anschaffung und Ersatz“ tief differenziert. Die Mehrheit der Komponenten ist mit einer Nutzungsdauer von zwanzig Jahren kalkuliert. Die Komponenten „Feststoffdirekteintrag“, „Vorbehälter“, „Leitungsnetz und Pumpentechnik“, „BHKW“ und „Teleskoplader“ werden gemäß Vorgaben aus der Praxis und der Hersteller nach zehn Jahren ersetzt. Die dann zu zahlenden Anschaffungspreise sind mittels des spezifischen Inflationsfaktors „Maschinen“ in Höhe von 1,22 % ermittelt worden und fließen in das Simulationsmodell mit ein. Es wird angenommen, dass der Restwert der angeschafften baulichen Anlagen, der Technik und der Maschinen sich auf Höhe der Entsorgungskosten für die Biogasanlage beläuft. Aus diesem Grund geht nach zwanzig Jahren Nutzungsdauer der Biogasanlage kein Restwert in das Simulationsmodell ein.

Für eine genauere Betrachtung dieser Inputgrößen ist auf das Simulationsmodell, befindlich im Anhang, zu verweisen. Einen weiteren Block innerhalb der Anschaffungskosten bildet das Nahwärmenetz. Hierzu sind Heizungen, Leitungen,

Übergabestationen und Erdarbeiten nötig, die diesen Anschaffungsblock speisen. Die Anschaffungskosten werden durch einen Teleskoplader komplettiert. Die Tabelle 13 zeigt die wichtigsten Inputausprägungen der Anschaffungskosten.

**Tabelle 13: Inputausprägung "Anschaffungskosten"**

Input	Inputausprägung
Anschaffung BGA gesamt	1.519.795 €
Anschaffung Nahwärmenetz	170.000 €
Anschaffung Teleskoplader	60.000 €
<b>Summe:</b>	<b><u>1.749 795 €</u></b>

Quelle: eigene Berechnung

Da vor der Inbetriebnahme einer Biogasanlage die Substrate (gilt im Speziellen für die pflanzlichen Substrate) bereitstehen müssen, geht das Simulationsmodell davon aus, dass sich die zu finanzierende Summe aus der Biogasanlage, dem Wärmekonzept, dem Teleskoplader aber eben auch den Substraten für das erste Produktionsjahr bildet. Es gilt die Annahme, dass dem Investor 350.000 € Eigenkapital bereitstehen. Um die Konditionenvielfalt am Kapitalmarkt exakt zu erfassen und auch aus anderen, später ausführlich zu erläuternden Gründen, wird die Wirtschaftlichkeit mit der Methode des Vollständigen Finanzplanes ermittelt. Daher wird in der Tabelle 14 neben einem Fremdkapitalzins auch ein Kontokorrent und Habenzins ausgewiesen. Ausführlichere Informationen zu der Konditionenvielfalt und zur Herleitung der in der Tabelle 14 gezeigten Größen befinden sich in der Ausgestaltung des Vollständigen Finanzplanes.

**Tabelle 14: Finanzierung**

Input	Inputausprägung
Darlehnlaufzeit in Jahren	20
Fremdkapitalzins	6,40 %
Kontokorrent	13,00 %
Habenzins	4,75 %

Quelle: eigene Darstellung

#### Extraaufwand

Zum „Extraaufwand“ gehören die zum Anfahren einer Biogasanlage benötigten Aufwendungen. In der Praxis werden unter „Anfahren einer Biogasanlage“ die Beschaffung eines so genannten Impfsubstrates und die Erwärmung des Fermenterinhalt auf Prozesstemperatur verstanden. Hierfür werden 20.000 € angesetzt, die nur im Jahr der Inbetriebnahme anfallen.

### Rationsgestaltung

Die Ration der Biogasanlage besteht aus Rindergülle und Silomais. Zur Feinsteuerung des Gärprozesses wird auch Winterweizen eingesetzt, so wie es häufig in der Praxis zu finden ist. Diese drei Inputparameter können nur innerhalb des Rahmens verändert werden, der eine gute fachliche Praxis definiert und somit Prozessstabilität seitens der eingesetzten Substrate gegeben ist. Eine modellinterne Akzeptanz findet die gewählte Ration nur dann, wenn die daraus erzeugbare Strommenge höher ist als die, die sich aus der jährlichen Auslastung ergibt. Wird diese Voraussetzung nicht erfüllt, erscheint eine ERROR-Meldung und die zusätzlich benötigte Ration (Grenzration) wird angezeigt. Welche Substrate die Ration des Ausgangsmodells bilden, zeigt Tabelle 15.

**Tabelle 15: jährliche Ration der Biogasanlage**

Input	Inputausprägung
Rindergülle m <sup>3</sup> pro Jahr	2.750
Silomais in t FM pro Jahr	8.150
Winterweizen in t FM pro Jahr	440

Quelle: eigene Berechnung

Die in der Tabelle 15 gezeigte Ration stellt sicher, dass die sich aus der jährlichen Auslastung des Grundmodells ergebende Strommenge realisiert werden kann. Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung befindet sie sich im Rahmen der fachlichen Praxis. Die Inbetriebnahme der Modellanlage findet im Jahr 2008 statt. Da zu diesem Zeitpunkt bereits Substrate vorhanden sein müssen, beginnt der Bezug im Jahr vor der Inbetriebnahme (Vorfinanzierung der Substrate) und endet folglich im vorletzten Jahr der Nutzungsdauer. Zunächst wird der Bezug pflanzlicher Substrate erläutert und anschließend der Bezug von Rindergülle.

### Bezug pflanzliche Substrate

Die Stromgröße „pflanzliche Substrate“ besteht aus den Beschaffungskosten der Biogasanlage für Silomais und Winterweizen. Hierfür eventuell zu beantragende Energiepflanzenprämie wird im Grundmodell nicht berücksichtigt, da

- a) die beihilfefähige Fläche in Höhe von 2. Mio. Hektar bereits im Jahr 2007 überschritten wurde und in diesem Zuge die Energiepflanzenprämie mit Hilfe eines Berichtigungskoeffizienten auf ca. 70 % der ursprünglichen Höhe korrigiert wurde.

- b) die Energiepflanzenprämie im Jahr 2009 letztmalig ausgezahlt wird (s. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN 2009<sup>7</sup>).

Zunächst sind für beide Kulturen mit den KTBL Datensammlungen Betriebsplanung Landwirtschaft (KTBL 2004 und KTBL 2006) Deckungsbeiträge errechnet worden. Dabei wurde mit einem Weizenertrag von 81 dt./ha und einen Silomaisertrag von 450 dt./ha nach Silierverlust kalkuliert. Um Praxisnähe zu gewährleisten, gilt im Simulationsmodell der Grundsatz, dass der Betriebszweig Ackerbau bzw. pflanzliche Substrate liefernde Landwirte durch diese Tätigkeit nicht schlechter als durch Lieferung der besten Opportunität an den Markt gestellt werden dürfen. Die Beschaffungskosten für einen Hektar Winterweizen bzw. 81 dt. im Jahr 2007 ergeben sich somit aus dem Hektarertrag und dem Marktpreis von 15,50 € je Doppelzentner (s. OECD-FAO 2007) und betragen 1255,5 €. Die Berechnung der Beschaffungskosten für einen Hektar, bzw. 450 dt. Silomais gestaltet sich deutlich schwieriger, da Silomais als nicht marktgängiges Gut zu charakterisieren ist und somit kein allgemeines Preisniveau vorhanden ist. Silomais wird vom Betriebszweig Ackerbau oder von landwirtschaftlichen Betrieben nur dann für die Biogasanlage bereitgestellt, wenn der Preis eine ausreichende Entlohnung der Produktionsfaktoren gewährleistet. In diesem Sinne orientiert sich die Preisfindung für die Bereitstellung von Silomais an der Opportunität mit der höchsten Vorzüglichkeit, nämlich dem Anbau von Winterweizen. Um als Landwirt indifferent zwischen dem Anbau von Silomais und dem Anbau von Winterweizen zu sein, müssen dem Landwirt folgende Zahlungen zukommen:

1. variable Kosten des Maisanbaus
2. Deckungsbeitrag der Frucht mit der höchsten Vorzüglichkeit
3. Differenz der Arbeitsentlohnung

Wenn Flächeninhaber die variablen Kosten durch den Maisanbau, den Deckungsbeitrag der entgangenen Opportunität (Winterweizen) und einen Ausgleich für eine eventuell entstehende Differenz bei der Entlohnung der Arbeit zugestanden bekom-

---

<sup>7</sup> Die Energiepflanzenprämie wurde 2003 im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik eingeführt. Sie sollte als Anreiz zum verstärkten Anbau von Biomasse und Biobrennstoffen dienen. Bereits im Jahr 2007 kam es zu einer Überschreitung der förderfähigen Höchstfläche von 2. Mio. Hektar, was zu Prämienkürzungen führte. Im Jahr 2009 wird die Prämie ein letztes Mal ausgezahlt.

men, dann sind sie durch den Anbau von Silomais nicht schlechter gestellt, als es beim Anbau der vorzüglichsten Frucht (Winterweizen) der Fall wäre. In absoluten Zahlen ausgedrückt, setzt sich der Betrag für einen ha Silomais frei Biogasanlage für das Jahr 2007 wie folgt zusammen:

**Tabelle 16: Zusammensetzung der Beschaffungskosten für Silomais (2007)**

Parameter	Betrag in €/ha
variable Kosten Silomaisanbau	933 €
Opportunität DB-Winterweizen	373 €
Δ - Arbeitsentlohnung	26 €
<b>Beschaffungskosten 1 ha (450dt.) Silomais</b>	<b>1.332 €</b>

Quelle: eigene Berechnung

Aus der Tabelle 16 geht hervor, dass die variablen Kosten des Anbaus für Silomais 933 € betragen. In diesem Betrag sind die Kosten für ein Lohnunternehmen, welches die Erntearbeit übernimmt, als Vollkosten bereits enthalten. Durch den Anbau von Silomais entgeht dem Anbauer in diesem Simulationsmodell der Deckungsbeitrag der besten Alternative, die hier der Anbau von Winterweizen sein soll.

Darüber hinaus muss die Differenz der Arbeit, die zusätzlich durch den Maisanbau entsteht, mit 26 € (1,7 h\*15,55 €) entgolten werden. Diese Differenz ist mit 1,7 Stunden pro Hektar sehr gering, da die Arbeitsstunden der Häckselkette Bestandteil der variablen Kosten sind.

Die Summe von 1.332 € für die Bereitstellung von einem Hektar Silomais mit dem bereits genannten Hektarertrag lässt den Anbau von Silomais genauso lohnend sein wie den Anbau von Winterweizen. Im Simulationsmodell ist für diese Summe Silomais zu beziehen, eventuell anfallende, betriebsspezifisch zu bewertende Fruchtfolgeeffekte oder Vorfruchtwerte werden nicht weiter berücksichtigt. Wenn die Futterration für die Biogasanlage, der Hektarertrag und die Bezugskosten für einen Hektar bekannt sind, können die Kosten für die pflanzlichen Bestandteile der Futterration wie in Tabelle 17 bestimmt werden.

**Tabelle 17: Rationskosten aus Silomais und Winterweizen**

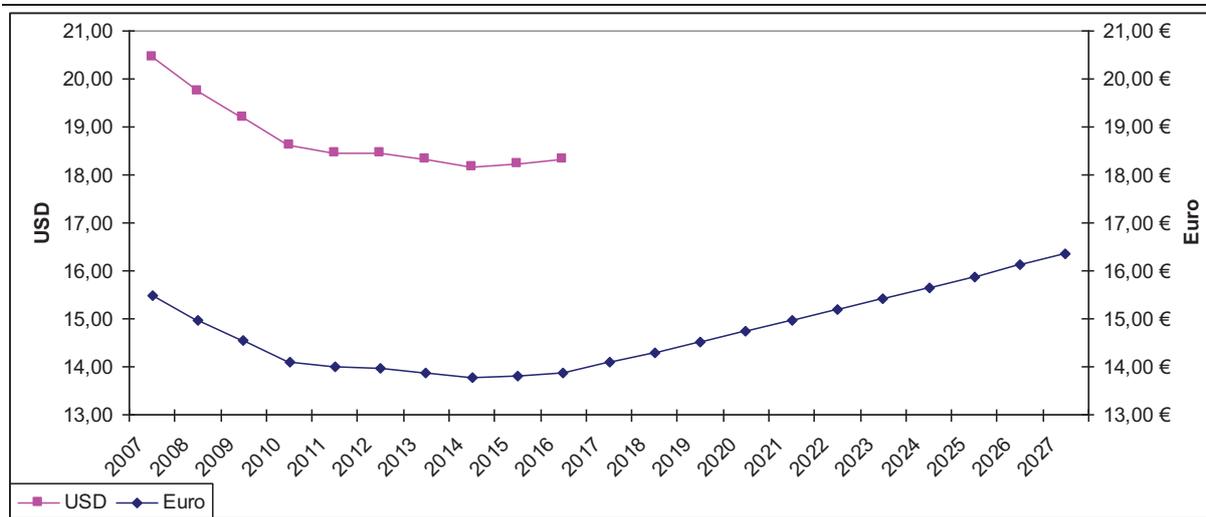
Substrat	Ration t FM	kalk. ha-Ertrag	Bedarf an ha	€/ha	Summe
Silomais	8.150 t	45,0 t	181,1 ha	1.332 €	241.263 €
Winterweizen	440 t	8,1 t	54,3 ha	1.256 €	68.200 €
<b>Beschaffungskosten für pflanzliche Substrate</b>					<b>309.463 €</b>

Quelle: eigene Berechnung

Für die Ration der Biogasanlage im Ausgangsmodell werden 8.150 t Silomais und 440 t Winterweizen benötigt, was unter der Maßgabe der genannten Erträge 181,1 bzw. 54,3 Hektar entspricht. Werden die benötigten Flächen mit den Beschaffungskosten pro Hektar multipliziert, erhält man die in Tabelle 17 hervorgehobenen Rationskosten aus Silomais und Winterweizen in Höhe von 309.463 Euro.

Die Ausrichtung des Simulationsmodells ist eine dynamische, daher ist es unabdingbar, die Beschaffungskosten für die eingesetzten pflanzlichen Substrate für die gesamte Nutzungsdauer der Biogasanlage zu taxieren. Da die Beschaffungskosten für Winterweizen unmittelbar und die Beschaffungskosten für Silomais (durch die Entlohnung der Opportunität Winterweizen) mittelbar vom Weizenpreis abhängen, orientiert sich der zukünftige Kostenverlauf am zukünftigen Weizenpreis. Prognosedaten über den Weizenpreisverlauf liefert die OECD-FAO im Agricultural Outlook 2007 – 2016 (OECD-FAO 2007) bis zum Jahr 2016. Für die Folgejahre bis zum Ende der Nutzungsdauer 2027 wird die Preisprognose mit Hilfe der Teuerungsrate landwirtschaftlicher Substrate ermittelt.

Die nominale Preisprognose der OECD bis zum Jahr 2016 und die über diesen Zeitraum hinaus in die Kalkulation einfließenden Weizenpreise sind in der Abbildung 7 zu sehen.



**Abbildung 7: Weizenpreisprognose in USD und in Euro**

Quelle: OECD-FAO 2007 und eigene Berechnung, eigene Darstellung

Die obere Linie der Abbildung 7 zeigt die nominale Preisprognose der OECD-FAO in USD pro Doppelzentner bis zum Jahr 2016. Um aus den Prognosedaten in USD Werte in Euro zu erhalten, ist der Weizenpreis des Jahres 2007 in Höhe von 20,45 USD pro Doppelzentner mit Hilfe der Devisenkursstatistik (Deutsche BUNDESBANK 2007a) auf 15,50 Euro transformiert worden. Von 2007 bis zum Jahr 2016 unterliegt

der Weizenpreis in Euro den gleichen prognostizierten Schwankungen wie der Preis in USD und verhält sich somit paritätisch zum USD. Für den Zeitraum 2016 bis 2027 liegen keine dem Autor bekannten Prognosedaten vor. Daher passt sich die Preisänderung für diesen Zeitraum der durchschnittlichen Teuerungsrate für landwirtschaftliche Substrate in Höhe von 1,50 % an. Für jedes Jahr der Nutzungsdauer der Biogasanlage steht folglich ein spezifischer Weizenpreis zur Verfügung, der direkten Einfluss auf den Weizenpreis und indirekten Einfluss auf den Preis für Silomais nimmt und für die Ausprägung der jährlichen pflanzlichen Substratkosten Verantwortung trägt. Die Aneinanderkettung der jährlichen Positionen ergibt eine nominale Zahlungsfolge, die Eingang in das Simulationsmodell findet.

Weiterführende Daten und Berechnungen zu den pflanzlichen Substraten sind dem im Anhang beigefügten Simulationsmodell zu entnehmen.

### Bezug Gülle

Wie beim Gärrest wird auch der Wert der Gülle durch das Mineraldüngeräquivalent beschrieben. Mineraldünger ist das Substitut zum Gärrest und zur Gülle. Die Preisfindung folgt dem so genannten Substitutionsansatz, in dem für die Gülle die Alternative (Substitut) Mineraldünger zu Marktkonditionen beschafft wird. Die Tabelle 18 zeigt die Rechenschritte.

**Tabelle 18: Wertermittlung Gülle**

Nährst. (kg) / cbm			
Substrat	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O

Rindergülle	3,7	1,5	5,1
	↓	↓	↓
Anrechenbarer Nährstoff	50%	100%	100%

Substrat	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Gärrest	1,85	1,5	5,1
€/kg Nährstoff	0,85 €	0,75 €	0,67 €
€ Summe	1,57 €	1,13 €	3,42 €

Nährstoffwert pro Kubikmeter	<b>6,11 €</b>
Benötigte Kubikmeter	<b>2.750</b>
<b>Substratkosten Gülle</b>	<b>16.814 €</b>

Quelle: eigene Berechnung, LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2009

Um von den Nährstoffgehalten in der Rindergülle (KTBL 2004) zu den anrechenbaren Nährstoffgehalten zu gelangen, wird auch hier die Annahme getätigt, dass bei dem Nährstoff N ein fünfzigprozentiger Verlust durch Lagerung und Ausbringung eintritt (s. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2009). Die Marktpreise zur Bewertung der anrechenbaren Nährstoffgehalte N, P und K sind sowohl bei der Rindergülle als auch bei der Gärrestbewertung von gleicher monetärer Ausprägung. Bei der Rindergülle ergibt sich somit ein Wert von 6,11 Euro pro Kubikmeter. Multipliziert mit der jährlich benötigten Menge von 2.750 Kubikmetern ergeben sich Kosten für die Bereitstellung von Gülle in Höhe von ca. 18.814 €. Die unterstellte Inflation dieser Stromgröße ist die Rate der „landwirtschaftlichen Substrate“ in Höhe von 1,5 %.

### Grenzentfernung pflanzliche Substrate

In welcher Höhe Transportkosten für die Bereitstellung pflanzlicher Substrate frei Biogasanlage anfallen, ist in dem Simulationsmodell abhängig von der durchschnittlichen Feldentfernung. Mit Hilfe von Daten des BUNDESVERBANDES LOHNUNTERNEHMEN konnten monetäre Größen für die unterschiedlichsten Feldentfernungen gewonnen werden. Dabei geht der Verband davon aus, dass bis zu einer durchschnittlichen Feldentfernung von drei Kilometern keine Grenztransportkosten anfallen. Die auf dieser Distanz anfallenden Transportkosten werden im Rahmen der Deckungsbeitragsrechnung berücksichtigt. Die dort aufgeführten Positionen zur Arbeitserledigung durch ein Lohnunternehmen decken diese Entfernung mit ab. Nach Aussage des Verbandes werden in der Regel erst oberhalb von drei Kilometern Feldentfernung Grenztransportkosten seitens des Lohnunternehmers in Rechnung gestellt. Die Verfahrenskosten für die Silomaisernte in Abhängigkeit zur Feldentfernung sind in Tabelle 19 dargestellt.

**Tabelle 19: Grenztransportkosten der pflanzlichen Substrate**

<b>Ø Feldentfernung</b>	<b>Gespanne</b>	<b>Verfahrenskosten €/t</b>	<b>Grenztransportkosten €/t</b>
<i>0 – 3 Km</i>	<i>3 bis 4</i>	<i>5,98 €</i>	<i>0,00 €</i>
4 km	5	6,43 €	0,45 €
5 km	5	6,72 €	0,74 €
6 km	6	7,14 €	1,16 €
7 km	6	7,18 €	1,20 €
8 km	6	7,59 €	1,61 €
9 km	7	7,84 €	1,86 €
10 km	7	7,86 €	1,88 €
15 km	9	9,24 €	3,26 €
20 km	10	10,57 €	4,59 €
25 km	12	11,95 €	5,97 €
30 km	14	13,51 €	7,53 €
35 km	16	15,41 €	9,43 €

Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: BUNDESVERBAND LOHNUNTERNEHMEN (BLU)

Die erste Spalte der Tabelle 19 beschreibt die durchschnittliche Feldentfernung. Für jeden der Kilometer drei bis zehn liegen Daten vor. Ab dem zehnten Kilometer erhöht sich das Betrachtungsintervall auf fünf Kilometer. Die Spalte rechts daneben enthält die Anzahl der Abfahrtespanne, die für die jeweilige Feldentfernung benötigt werden. Die Spalte Verfahrenskosten €/t enthält die Vollkosten der Silomaisenernte durch ein Lohnunternehmen.

Die Differenz aus den Verfahrenskosten oberhalb von drei Kilometern und den Verfahrenskosten, die bei einer Feldentfernung von null bis drei Kilometer anfallen, ergeben die Grenztransportkosten. Diese Rechenoperation ist insoweit möglich, da nach Aussage des Bundesverbandes Lohnunternehmen ansteigende Verfahrenskosten lediglich aus dem Zunehmen der durchschnittlichen Feldentfernung resultieren. Die Grenztransportkosten unterliegen der allgemeinen Inflation in Höhe von 2,3 %.

Für alle eingesetzten pflanzlichen Substraten treten im Simulationsmodell Grenztransportkosten auf, sobald eine durchschnittliche Feldentfernung größer als drei Kilometer gewählt wird. Für die Gülle und für den Gärrest gilt dies nicht. Hier gilt modellintern die Annahme, dass sowohl Gülle als auch Gärrest nahe der Biogasanlage bezogen bzw. ausgebracht werden können.

#### Aufwand für Reparatur, Wartung und Unterhalt

Der Aufwand für Reparatur, Wartung und Unterhalt für die Biogasanlage, das Wär-

menetz und den Teleskoplader leitet sich von den jeweiligen Anschaffungskosten  $A_0$  ab und ist in allen Fällen mit zwei % taxiert.

**Tabelle 20: Berechnung des Reparatur-, Wartungs- und Unterhaltungsaufwand**

	Biogasanlage und Teleskoplader	Wärmenetz
Anschaffungskosten	1.579.795 €	170.000 €
Reparaturaufwand von $A_0$	2,00 %	2,00%
Betrag	<b>31.596 €</b>	<b>3.400 €</b>

Quelle: eigene Berechnung

Die monetäre Entwicklung des Aufwandes für Reparatur, Unterhalt und Wartung der Biogasanlage und des Wärmenetzes folgt der Inflation „Maschinen“ (1,22 %).

#### Variable Kosten der Verstromung

Zu den variablen Kosten der Verstromung werden Positionen gezählt, die im engeren Sinne erst durch den Betrieb der Biogasanlage auftreten. Diese Positionen bestehen in diesem Simulationsmodell aus dem Eigenstrombedarf, Verbrennungskosten des BHKWs und durch die Beschickung der Biogasanlage mit einem Teleskoplader anfallenden variablen Kosten. Weitere Positionen, die sich dem Charakter nach dieser Größe zuordnen lassen, wie zum Beispiel Reparatur oder Arbeit, erfahren aufgrund ihrer Bedeutung eine explizite Berücksichtigung an anderer Stelle.

Die Ausprägung der für den Betrieb nötigen verschiedenen Treib- und Schmierstoffe sowie die Ausgestaltung von Wechselintervallen und Eigenstrombedarf zeigt Tabelle 21.

**Tabelle 21: Treib- und Schmierstoffe, Prozessenergie**

Input	Inputausprägung
Diesel €/l	1,00 €/l
Schmieröl €/l	3,00 €/l
Ölwechselintervall BHKW (h)	500 h
Ölverbrauch pro Wechselintervall (l)	25 l
Eigenstrombedarf in % der BHKW Leistung	6,33 %

Quelle: eigene Darstellung

Aus der Praxis sind Werte für die Höhe des Eigenstrombedarfes zwischen 4 % und 12 % der erzeugten Strommenge bekannt (GRUNDMANN ET AL. 2006). In diesem Simulationsmodell beträgt die Grundannahme 6,3 %, was einer Jahresmenge von 247.000 kW entspricht und von einer Praxisanlage herrührt. Die Prozessenergie wird nicht von der Biogasanlage bereitgestellt, sondern aus dem öffentlichen Stromnetz

zu einer gängigen Tarifhöhe von 0,15 €/kWh bezogen. Die Kosten für den Eigenstrombedarf betragen 37.050 Euro. Der Bezug aus dem öffentlichen Stromnetz ist insofern sinnvoll, da somit Versorgungssicherheit gewährleistet werden kann.

Die jährliche Auslastung des BHKWs (7.800 h) und das seitens des Motorenherstellers vorgegebene Ölwechselintervall (500 h) bestimmen die Häufigkeit des Ölwechsels pro Jahr (15,6). Bei jedem Intervall sind nach Datenblatt des BHKWs 25 Liter Öl zu ersetzen, dessen Bezugskosten auf 3 € pro Liter taxiert sind. Mit diesen Daten belaufen sich die variablen Kosten des Ölwechselintervalls auf 1.170 €.

Die variablen Kosten, die durch den Gebrauch eines Teleskopladers entstehen (Beschicken der Biogasanlage, Abdecken des Silostocks, Reinigen der Arbeitsflächen usw.), sind dem KTBL (2004) entnommen, bereinigt um den dort enthaltenen Reparaturansatz. Es wird mit einer jährlichen Auslastung von 730 Stunden kalkuliert, was einer durchschnittlichen Einsatzzeit von 2 Stunden am Tag entspricht. Jede Maschinenstunde verursacht variable Kosten in Höhe von 8,10 €, so dass sich ein Gesamtbetrag von 5.913 € ergibt.

Die Summe aus diesen Positionen beträgt für das Jahr 2008 44.133 €. Alle drei Positionen dieser Stromgröße unterliegen im Zeitraum der Nutzungsdauer der Inflationsrate „Energie“ (5,30 %).

### Arbeit:

Im Simulationsmodell gilt die Grundannahme, dass für das Führen der Anlage im Durchschnitt 4 Stunden täglich benötigt werden. Der für die Substratbereitstellung (Häckseln, Festfahren usw.) benötigte Arbeitsaufwand ist hier nicht enthalten, da es nicht unmittelbar zum Führen der Anlage gehört und diese Position bereits in den Substratbereitstellungskosten berücksichtigt wird. Für das Führen der Biogasanlage werden somit jährlich 1.460 Stunden kalkuliert, die im Simulationsmodell mit 15,55 Euro (s. STATISTISCHES JAHRBUCH ÜBER ERNÄHRUNG LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 2007) pro Stunde entlohnt werden. Der Lohnaufwand fließt mit einer jährlichen Steigerung von 1,62 %t in das dynamische Simulationsmodell ein.

### Versicherung

In dem Simulationsmodell ist die Höhe der Prämie abhängig von den Anschaffungskosten der Biogasanlage. Ca. 0,5 % des Anschaffungswertes aus Biogasanlage, Nahwärmenetz und Teleskoplader ergeben eine Prämie in monetärer Höhe von 8.000 Euro. Die jährliche Teuerungsrate der Prämie beträgt 2,00 %.

Nach Aussage eines im Biogasbereich tätigen Versicherungsmaklers liegen Prämien für eine umfassende Sachdeckung (Maschinen- und Betriebsunterbrechungsversicherung, Feuerversicherung usw.) richtungsweise zwischen 13 und 17 €/kW installierter Leistung, sodass sich die Modellannahme mit 16 €/kW durchaus im Rahmen des Praxisüblichen bewegt.

Alle der erläuterten Einzahlungen und Auszahlungen fließen im Simulationsmodell zu einem Zahlungsstrom zusammen, deren Summe in den Vollständigen Finanzplan einfließt. Die komplette Zahlungsfolge, die die finanzielle Ausprägung der Stromgrößen über die gesamte Nutzungsdauer der Biogasanlage enthält, ist in Abbildung 8 zu sehen.

Jahr	Stromeinspeisung	KWK-Bonus	Wärmeverkauf	Verkauf Gärrest	A <sub>0</sub> und Ersatz	Extraaufwand	pfli. Substrate	Bezug Gülle	Grenzentf.	Reparatur ges.	v. K. Verstromung	Arbeit	Versicherung	Zahlungsfolge
2007	0 €	0 €	0 €	0 €	-1.749.795 €	-20.000 €	-309.463 €	-16.815 €		0 €	0 €	0 €	0 €	-2.076.073 €
2008	557.573 €	23.768 €	25.000 €	64.911 €			-299.341 €	-17.067 €		-34.996 €	-44.133 €	-22.703 €	-8.000 €	225.012 €
2009	617.321 €	23.768 €	26.325 €	65.884 €			-291.054 €	-17.323 €		-35.424 €	-46.472 €	-23.070 €	-8.160 €	311.796 €
2010	617.321 €	23.768 €	27.720 €	66.873 €			-282.785 €	-17.583 €		-35.858 €	-48.935 €	-23.443 €	-8.323 €	318.755 €
2011	617.321 €	23.768 €	29.189 €	67.876 €			-280.713 €	-17.847 €		-36.296 €	-51.529 €	-23.822 €	-8.490 €	319.458 €
2012	617.321 €	23.768 €	30.736 €	68.894 €			-280.484 €	-18.114 €		-36.740 €	-54.260 €	-24.207 €	-8.659 €	318.254 €
2013	617.321 €	23.768 €	32.365 €	69.927 €			-278.500 €	-18.386 €		-37.190 €	-57.135 €	-24.598 €	-8.833 €	318.740 €
2014	617.321 €	23.768 €	34.081 €	70.976 €			-276.519 €	-18.662 €		-37.645 €	-60.164 €	-24.996 €	-9.009 €	319.151 €
2015	617.321 €	23.768 €	35.887 €	72.041 €			-277.412 €	-18.942 €		-38.106 €	-63.352 €	-25.400 €	-9.189 €	316.616 €
2016	617.321 €	23.768 €	37.789 €	73.121 €			-278.682 €	-19.226 €		-38.572 €	-66.710 €	-25.811 €	-9.373 €	313.626 €
2017	617.321 €	23.768 €	39.792 €	74.218 €	-576.639 €		-282.654 €	-19.514 €		-39.044 €	-70.246 €	-26.228 €	-9.561 €	-288.787 €
2018	617.321 €	23.768 €	41.901 €	75.331 €			-286.686 €	-19.807 €		-39.522 €	-73.969 €	-26.652 €	-9.752 €	301.934 €
2019	617.321 €	23.768 €	44.122 €	76.461 €			-290.779 €	-20.104 €		-40.005 €	-77.889 €	-27.083 €	-9.947 €	295.866 €
2020	617.321 €	23.768 €	46.460 €	77.608 €			-294.932 €	-20.406 €		-40.495 €	-82.017 €	-27.521 €	-10.146 €	289.641 €
2021	617.321 €	23.768 €	48.923 €	78.772 €			-299.148 €	-20.712 €		-40.990 €	-86.364 €	-27.966 €	-10.349 €	283.256 €
2022	617.321 €	23.768 €	51.515 €	79.954 €			-303.428 €	-21.022 €		-41.492 €	-90.941 €	-28.418 €	-10.556 €	276.702 €
2023	617.321 €	23.768 €	54.246 €	81.153 €			-307.771 €	-21.338 €		-41.999 €	-95.761 €	-28.877 €	-10.767 €	269.975 €
2024	617.321 €	23.768 €	57.121 €	82.371 €			-312.180 €	-21.668 €		-42.513 €	-100.836 €	-29.344 €	-10.982 €	263.067 €
2025	617.321 €	23.768 €	60.148 €	83.606 €			-316.654 €	-21.983 €		-43.034 €	-106.181 €	-29.819 €	-11.202 €	255.972 €
2026	617.321 €	23.768 €	63.336 €	84.860 €			-321.196 €	-22.313 €		-43.560 €	-111.808 €	-30.301 €	-11.426 €	248.682 €
2027	617.321 €	23.768 €	66.693 €	86.133 €			0 €	0 €		-44.093 €	-117.734 €	-30.791 €	-11.654 €	589.643 €

Abbildung 8: Zahlungsstrom der Biogasanlageninvestition

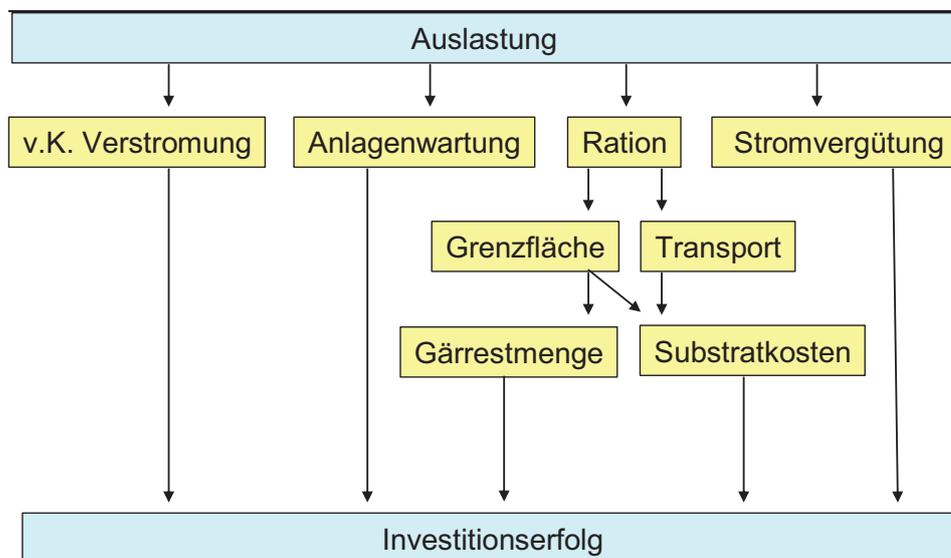
Quelle: eigene Berechnung

Mit der Auflistung der wichtigsten Inputs und deren Ausprägungen, die in das Simulationsmodell einfließen, ist zum einen ein erster Überblick über die Komplexität, zum anderen ein Eindruck über die Basisdaten des Modells geschaffen worden. Die in den Tabellen 1 bis 21 vorgestellten Inputausprägungen können als Basisdaten bezeichnet werden, da sie das Ausgangsmodell, welches zur Sensitivitätsanalyse herangezogen wird, charakterisieren.

### 7.1.3 Inputinterdependenzen im Simulationsmodell

Ein Großteil der Betrachtungen, die sich mehr oder weniger mit dem Risiko einer Biogasanlageninvestition beschäftigen, kann wissenschaftlichen Maßstäben nicht standhalten, da eine notwendige Berücksichtigung von Interdependenzen nicht stattfindet. Dabei ist „es für realitätsadäquate Planungen und Prognosen unabdingbar, Interdependenzbeziehungen der Variablen im Ursache-Wirkung-Zusammenhang zu berücksichtigen“ (ROMEIKE UND MÜLLER-REICHART 2005: 189). Auch WACK (2007) stellte fest, dass ein Modell zur Risikoanalyse, welches das Bestehen von Abhängigkeiten zwischen Risiken ignoriert, nicht immer die Gegebenheit der Realität wiedergibt. Darüber hinaus werden die durch Abhängigkeit verursachten Risikokompensationseffekte oder wechselseitige Verstärkung der Risiken nicht erfasst (DENK ET AL. 2006). Die kausalen Zusammenhänge können technischer oder physikalischer Art sein. Anhand der Beispiele von „Auslastung“, „elektrischer Wirkungsgrad“ und „Hektarertrag“ wird die Existenz von Interdependenzen dargestellt. Die Abbildungen 9 und 10 stellen die Beispiele grafisch dar.

#### Beispiel Auslastung:



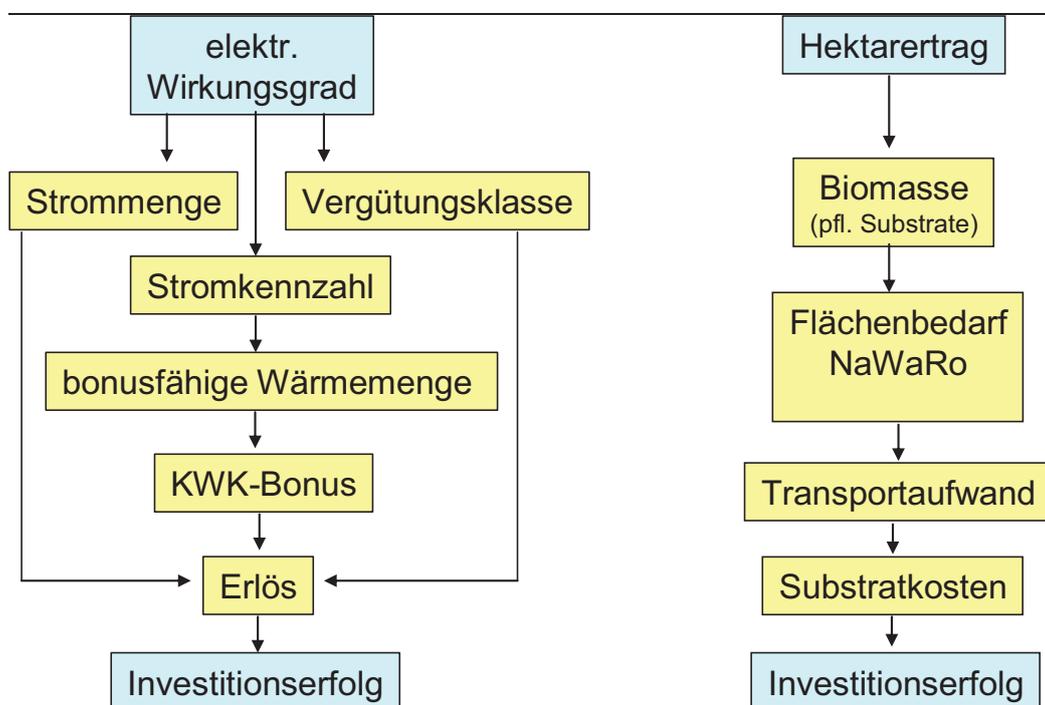
**Abbildung 9: Interdependenzen zwischen "Auslastung" und anderen Inputs**

Quelle: eigene Darstellung

**Auslastung:** Die Höhe der Auslastung bestimmt zum Beispiel den Verbrauch an Eigenstrom und Schmierstoffen und gibt zusätzlich die Häufigkeit von Wartungsarbeiten vor, so dass ein unmittelbarer Einfluss auf den Wartungsaufwand und auf die variablen Kosten der Verstromung besteht. Ein kausaler Zusammenhang der Inputgröße „Auslastung“ besteht auch zur Futterration. Die Ration muss bei jeder Auslastungsvariation die dann benötigte Gasmenge bereithalten, sodass modellintern die Futterration der Auslastung automatisch angepasst wird. Der kausale Zusammenhang zwischen der Auslastung und der dafür benötigten Ration hat indirekt Auswirkungen auf die Anbaufläche für die Substrate und kann zu einem zusätzlichen Transportaufwand führen. Variationen in der Fläche wirken sich auf die veräußerbare Gärrestmenge und auf die Substratkosten aus, die den Erfolg einer Biogasanlageninvestition mitbestimmen.

Ein weiterer Wirkungszusammenhang besteht zwischen der Auslastung und der Stromvergütung. Dieser zunächst banal klingende Zusammenhang gewinnt durch die Vergütung nach Leistungsklassen an Bedeutung, da sich dadurch die Stromvergütung nicht linear zur Veränderung der Auslastung verhält.

#### **Beispiel elektrischer Wirkungsgrad und Hektarertrag**



**Abbildung 10: Interdependenzen von "elektrischer Wirkungsgrad" und "Hektarertrag"**

Quelle: eigene Darstellung

**Elektrischer Wirkungsgrad:** Interdependenzen des elektrischen Wirkungsgrades bestehen mit der erzeugten Strommenge, der Stromkennzahl und den Vergütungs-

klassen. Die vom elektrischen Wirkungsgrad beeinflusste Strommenge wird nach dem im EEG vorgesehenen Leistungsklassen vergütet. Da jedoch auf Basis der äquivalenten Leistung nach unterschiedlichen Vergütungsklassen vergütet wird, verschiebt sich bei Variation des Inputs „elektrischer Wirkungsgrad“ die Strommenge innerhalb einzelner Vergütungsklassen. Die Stromkennzahl, das Verhältnis vom elektrischen Wirkungsgrad zum thermischen Wirkungsgrad, ist ein wichtiger Bestandteil zur Errechnung der KWK-Bonus fähigen Strommenge, welches ebenfalls Einfluss auf die Erfolgsgröße nimmt.

**Hektarertrag:** Der Hektarertrag wirkt sich unmittelbar auf die Höhe der Anbaufläche zur Substratbereitstellung und dadurch auch auf den Transportaufwand aus. Insgesamt sind die Substratkosten von einer Variation des Hektarertrages betroffen, die auch Einfluss auf den Investitionserfolg nehmen.

Zwingend zu berücksichtigende Interdependenzen zwischen verschiedenen Inputs gibt es bei einer Biogasanlageninvestition zahlreiche, die jedoch auf Gründen der Übersichtlichkeit an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden. Die in den Beispielen dargestellten kausalen Zusammenhänge zeigen die tiefe Wirkung der Interdependenzen und die Notwendigkeit ihrer Berücksichtigung auf. Die Wirkungszusammenhänge zwischen Investitionsinputs sind in dem Modell zur Analyse der Wirtschaftlichkeit durch kausale Verknüpfungen in Form von Ausprägungsbedingungen (Ist-Gleich-Bedingung, Wenn-Dann-Sonst-Bedingung, Wenn-Und/Oder-Dann-Sonst-Bedingungen usw.) enthalten. Somit werden sie automatisch bei Inputvariation berücksichtigt.

## ***7.2 Methode zur Bestimmung der Einzelrisiken***

### **7.2.1 Methodenwahl zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit**

Um die ökonomischen Wirkungen von Inputänderungen auf den Output zu untersuchen, bedarf es einer Wirtschaftlichkeitsberechnung. Solchen Berechnungen können unterschiedlichste Methoden zugrunde gelegt sein. Aus der Fülle der Methoden ist diejenige zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit heranzuziehen, die

- die Begebenheiten der Realität / Praxis im hohen Maße berücksichtigt
- von der Konzeption her grundsätzlich Inputänderungen ermöglicht

Das Erstellen eines Kalkulationsmodells ist der Ausgangspunkt für die Durchführung einer Investitionsrechnung (JASPERSEN 1997). KRUSCHWITZ (1998), definiert Investitionsrechnungen als „Methoden, mit denen die erwarteten Konsequenzen von Investitionen in Bezug auf quantifizierbare Interessen beurteilt werden können.“ Nach PERRIDON UND STEINER (1995) ist es aufgrund von zahlreichen Gemeinsamkeiten mit der Kostenrechnung notwendig, diese voneinander abzugrenzen. Obwohl grundsätzlich unter Verwendung von Plan- oder Sollzahlen Kostenrechnungen auch zukunftsbezogen sein können, beinhalten sie doch eher eine Kontrollaufgabe eines bestehenden oder gewesenen Leistungsprozesses, während die Investitionsrechnung der Hilfestellung zur Investitionsentscheidung dient (vgl. DÄUMLER 1994). Da Investitionsrechnung ein übergeordneter Begriff für verschiedenste Verfahren ist, ist es nötig die Vorgehensweisen herauszustellen und auf Eignungsfähigkeit für die Grundlage eines Simulationsmodells zu prüfen.

### 7.2.1.1 Statische und dynamische Verfahrensweisen:

Die Literatur unterteilt die Investitionsrechnungen in statische und dynamische Verfahren. Bei statischen Investitionsrechnungen wird zwischen folgenden Verfahren unterschieden:

- Kostenvergleichsrechnung
- Gewinnvergleichsrechnung
- Rentabilitätsvergleichsrechnung
- Amortisationsvergleichsrechnung

Die dynamischen Investitionsrechnungen lassen sich hingegen in die Verfahren

- Kapitalwertmethode
- Interne-Zinsfuß-Methode
- Annuitätenmethode
- Dynamische Amortisationsrechnung
- Vermögensendwertmethode
- Sollzinssatzmethode
- Vollständigen Finanzpläne

einteilen (vgl. JASPERSEN 1997, BLOHM UND LÜDER 1988, PERRIDON UND STEINER 1995).

Die statischen und dynamischen Verfahren der Investitionsrechnungen unterscheiden sich im wesentlichen darin, dass bei den dynamischen Verfahren „zeitlich unterschiedlich anfallende Zahlungen auch wertmäßig unterschiedlich zu berücksichtigen

sind“ (JASPERSEN 1997: 26) und dies bei den statischen Verfahren eben nicht geschieht. BLOHM UND LÜDER (1988) beschreiben diese „wertmäßige Berücksichtigung“ mit der Tatsache, dass bei dynamischen Verfahren „alle mit einem Investitionsprojekt verbundenen Zahlungen auf einen bestimmten Zeitpunkt aufgezinnt (wenn sie vor diesem Zeitpunkt anfallen) bzw. abgezinst (wenn sie nach diesem Zeitpunkt anfallen)“ (BLOHM UND LÜDER 1988: 49-50) werden.

Bei der für statische Verfahren üblichen Bildung von Durchschnittsgrößen kommt es nicht auf den zeitlichen Anfall der Kenngröße an. „So wird eine Investition mit anfangs geringen und später steigenden Überschüssen genauso wie der entgegengesetzte Fall bewertet.“ (PERRIDON UND STEINER 1995: 55). Neben dieser im Denkansatz verborgenen Fehlerquelle der statischen Verfahren bietet der Ansatz der dynamischen Investitionsrechnungen noch den Vorteil, sich anstatt mit Pauschalannahmen mit einer Abschätzung der zukünftigen Erwartungen zu beschäftigen (DÄUMLER 1994).

In dieser Arbeit kommt eine dynamische Investitionsrechnung zur Anwendung. Die Gründe, sich für ein dynamisches Kalkulationsmodell zu entscheiden, liegen in der beschriebenen Schwäche der statischen Verfahren und darin, dass unter dem Gesichtspunkt der Exaktheit „dynamische Verfahren den statischen zweifellos vorzuziehen“ (BLOHM UND LÜDER 1988: 50) sind. „Für die Vorteilhaftigkeitsbestimmung von Investitionen sind auch in der dynamischen Investitionsrechnung unterschiedliche Methoden entwickelt worden, und es herrscht in der Literatur und Praxis keine Einigkeit darüber, welche der Methoden die geeignetste darstellt.“ (ROLFES 1998: 9). Daher kommt der Methodenwahl eine hohe Bedeutung zu. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Methoden im Hinblick auf die Anforderungskriterien dieser Arbeit untersucht und die geeignete Methode bestimmt.

### 7.2.1.2 Methoden der dynamischen Investitionsrechnung

In Theorie und Praxis sind die Kapitalwertmethode, die Annuitätenmethode und die Interner Zinsfuß-Methode schon lange bekannt (BLOHM ET AL. 2006). In der Literatur werden sie deshalb auch den traditionellen bzw. klassischen Verfahren zugerechnet (vgl. PERRIDON UND STEINER 1995, KRUSCHWITZ 2005). Die Methode der dynamischen Amortisationsrechnung, auch Pay-off-Periode Methode genannt, wird in der Literatur entweder als Spielart der Kapitalwertmethode beschrieben oder aber als eigenständige Methode unter den klassischen Methoden der Investitionsrechnung geführt (vgl. GROB 2006, BLOHM ET AL. 2006, JASPERSEN 1997). Die Dominanz der Kapitalwert- und

---

der Internen Zinsfuß-Methode in der Verbreitung der dynamischen Modelle ist bei BLOHM ET AL. (2006) eindrucksvoll durch Auflistung der Ergebnisse nationaler und internationaler Untersuchungen dargestellt.

Erweiterungen der dynamischen Verfahren führten zu den bereits genannten „neuen“, als nicht klassisch zu bezeichnenden Methoden der Investitionsrechnung. Diese „neuen“ Verfahren bestehen aus der Vermögensendwert-, der Sollzinssatzmethode und aus der Methode der vollständigen Finanzpläne (VOFI).

#### Analyse der Annuitäten- und Kapitalwertmethode und der dynamischen Amortisationsrechnung auf Eignungsfähigkeit

Da sich die Annuität einer Investition von dem Kapitalwert ableitet, setzt die Annuitätenmethode konsequenterweise die Kenntnis des Kapitalwertes voraus (PERRIDON UND STEINER 1995). Analog zur Kapitalwertmethode werden bei der dynamischen Amortisationsrechnung Über- und Unterschüsse der Investition auf den Investitionszeitpunkt abgezinst, bis eine Wiedergewinnung des Kapitals erfolgt ist. Die damit nahe liegende Verwandtschaft unter den drei Methoden macht es möglich, die drei dynamischen Modelle aus dem gleichen Grund, nämlich der Abhängigkeit vom Kalkulationszins, abzulehnen. Der über die Kapitalwertmethode ermittelte Totalerfolg, der über die Annuitätenmethode ermittelte Periodenerfolg und die über die dynamische Amortisationsrechnung ermittelte „Pay-off“-Periode sind stark abhängig vom Kalkulationszinssatz  $i$ . Dieser ist sowohl bei der Kapitalwertmethode als auch bei der dynamischen Amortisationsrechnung im Abzinsungsfaktor, bei der Annuitätenmethode im Annuitätenfaktor enthalten. Anwendungsvoraussetzung für die Durchführung der Kapitalwertmethode ist ein vollkommener Kapitalmarkt (KRUSCHWITZ 2005). Der vollkommene Kapitalmarkt setzt die Identität des Soll- und Habenzinses voraus und stellt somit „eine vereinfachende Pauschalannahme über alle alternativen Investitions- und Finanzierungsprojekte“ (WALZ UND GRAMLICH 1997: 45) dar. Der vollkommene Kapitalmarkt als Voraussetzung für die Anwendung der Annuitäten- und der Kapitalwertmethode und der dynamischen Amortisationsrechnung ist zugleich der größte Kritikpunkt dieser Modelle. „Die Annahme eines vollkommenen Kapitalmarktes, auf dem beliebige Beträge zu einem einheitlichen Zinssatz angelegt und aufgenommen werden können, ist nicht realistisch“ (ZIMMERMANN 2003: 272). KRUSCHWITZ (2005) und WALZ UND GRAMLICH (1997) beschreiben den Sachverhalt des vollkommenen Kapitalmarktes ebenfalls als realitätsfern. Diese

Realitätsferne im Kalkulationszins bewirkt, dass sowohl die Kapitalwert-, die Annuitätenmethode als auch die dynamische Amortisationsrechnung in dieser Arbeit keine Verwendung finden.

### Analyse der Internen Zinsfuß-Methode auf Eignungsfähigkeit:

Auch die Interne Zinsfuß - Methode ist eng mit der Kapitalwertmethode verwandt. In der Literatur wird festgestellt, dass sich der interne Zinsfuß  $r$  unmittelbar aus der Kapitalwertformel ableiten lässt (vgl. LÜDER UND BLOHM 1988). Dennoch besteht ein Unterschied darin, dass der Kalkulationszins keinen Einfluss auf den internen Zinsfuß besitzt (ZIMMERMANN 2003). Die Verwandtschaft zur Kapitalwertmethode und die Unabhängigkeit vom Kalkulationszinssatz wird bei der Ermittlung des internen Zinsfußes deutlich: Der interne Zinsfuß einer Investition „wird ermittelt, indem man den Kalkulationszinssatz  $i$  durch die Variable  $r$  ersetzt, die Kapitalwertfunktion gleich null setzt und nach  $r$  auflöst.“ (JASPERSEN 1997: 54).

Das Kriterium „Abhängigkeit vom Kalkulationszins“, welches zum Ausschluss der Kapitalwert- und Annuitätenmethode führte, kann hier nicht als Nachteil angeführt werden. Die Ablehnung dieser Methode für die Wirtschaftlichkeitsberechnung liegt zum einen an der impliziten Wiederanlageprämisse, nach der sich Reinvestitionen zum internen Zinsfuß verzinsen, zum anderen an der nicht unbedingt gegebenen Eindeutigkeit des Ergebnisses. KRUSCHWITZ (1998) führt an, dass die Berechnung des internen Zinsfußes eine Polynomgleichung  $n$ -ten Grades ist. Solche Gleichungen können jedoch bis zu  $n$  verschiedene Lösungen aufweisen und so eine eindeutige Bestimmung eines internen Zinssatzes nicht gewährleisten.

Dieses „Phänomen“ wird in der Literatur mehrfach beschrieben und anhand von kleinen Zahlungsstrombeispielen nachgewiesen (vgl. BLOHM UND LÜDER 1988, KRUSCHWITZ 2005, JASPERSEN 1997). GROB (GROB2006) bezeichnet die Interne Zinsfuß-Methode aufgrund der dargestellten Schwächen sogar als *enfant terrible* der Investitionsrechnung.

### Analyse der Vermögensendwertmethode, der Sollzinssatzmethode und der Methode der vollständigen Finanzpläne auf Eignungsfähigkeit:

Prämissen, die zur Abwahl der klassischen Methoden zur Investitionsrechnung führten, können mit den erweiterten Methoden zum Teil ausgeräumt werden. Sowohl die Vermögensendwertmethode, bei der „sämtliche Zahlungen einer Investition auf das Ende des Planungszeitraums (...) bezogen werden“ (BLOHM ET AL. 2006: 76), als

---

auch die Methode der vollständigen Finanzpläne, eine erweiterte Form der Vermögensendwertmethode, sowie die Sollzinssatzmethode, die den Sollzinssatz beschreibt, bei dem der Vermögensendwert Null wird, lassen einen gespalteten Kapitalmarktzins zu und sind somit nicht mehr der realitätsfernen Prämisse des vollkommenen Kapitalmarktes ausgesetzt (vgl. BLOHM ET AL. 2006, PERRIDON UND STEINER 1995, GÖTZE 2006).

Die Vermögensendwertmethode scheidet ebenfalls als Methode für die Anwendung in der Investitionsrechnung aus, da für die Investition unterstellt werden muss, dass kein Anfangsvermögen im Zeitraum  $t_0$  vorhanden ist (s. BLOHM ET AL. 2006, SCHÄFER 1999). Zwar beinhaltet die Vermögensendwertmethode ein negatives und ein positives Vermögenskonto, die sich zum jeweils relevanten Zins (Haben- bzw. Sollzins) verzinsen, doch kann aufgrund des nicht vorhandenen Anfangsvermögens in  $t_0$  kein Eigenkapitalanteil in der Finanzierung ausgewiesen werden.

„Zwischen der Sollzinssatzmethode und der Vermögensendwertmethode besteht eine ähnliche Beziehung wie zwischen der Interne-Zinssatz-Methode und der Kapitalwertmethode.“ (BLOHM ET AL. 2006: 96). Da die Ermittlung des Sollzinssatzes durch „Nullwerdung“ des Vermögensendwertes geschieht (s. GÖTZE 2006, BLOHM ET AL. 2006), beinhaltet dies, dass die Sollzinssatzmethode auf den Berechnungsgrundsätzen der Vermögensendwertmethode aufbaut und somit ebenfalls kein Anfangsvermögen in der Investitionsrechnung zulässig ist. Analog zur Vermögensendwertmethode scheidet die Sollzinssatzmethode ebenfalls aus diesem dargestellten Grund für diese Arbeit aus.

Die Methode der Vollständigen Finanzpläne wird in der Literatur abkürzend als VOFI-Methode bezeichnet. Die VOFI-Methode berücksichtigt alle mit einer Investition verbundenen Zahlungen und stellt diese explizit heraus (SCHÄFER 1999). Bei der VOFI-Methode werden die „monetären Konsequenzen finanzieller Dispositionen“ (Götze, 2006: 119), sprich die Form der Finanzierung, mit berücksichtigt. Das heißt, dass die Reaktionen eines Investors auf Salden-Überschuss oder Salden-Unterschuss für jede Investitionsperiode explizit dargestellt und methodisch berücksichtigt werden. Im Finanzplan werden nicht nur die originären Zahlungen, sondern auch derivate Zahlungen der Investition berücksichtigt. Dadurch lassen sich die Prämissen der klassischen Investitionsrechnungsmethoden (vollkommener Kapitalmarkt, Wideranlage zum Kalkulationszins) aufheben. Fremdkapitalkonditionen und Reinvestitionsrenditen werden individuell festgelegt. Neben der Aufhebung dieser Prämissen stellt Götze

noch folgende andere Punkte fest, die mit der VOFI-Methode differenziert erfasst werden können, wie z.B.

- „inwieweit eine Finanzierung durch Fremd- und Eigenkapital erfolgt,
- inwieweit in bestimmten Zeitpunkten Schulden aus Einzahlungsüberschüssen getilgt und Auszahlungsüberschüsse aus vorhandenem Guthaben finanziert werden (Kontenausgleich),
- daß die Anlage des dem Investitionsobjekt zu Beginn des Planungszeitraums zugerechneten Eigenkapitals, die sog. Opportunität, mit einer anderen Rendite (zum sog. Opportunitätskostensatz) erfolgt als die Reinvestition zukünftiger Finanzmittelüberschüsse (...), und
- daß verschiedene Fremdfinanzierungsobjekte mit unterschiedlichen Verzinsungen, Tilgungsverläufen und Laufzeiten existieren (Konditionenvielfalt)“ (GÖTZE 2006: 120).

Die Prüfung auf Eignungsfähigkeit der dynamischen Methoden der Investitionsrechnung für die in dieser Untersuchung gestellten Anforderungen kommt zwangsläufig zu dem Schluss, dass die Methode der vollständigen Finanzpläne aufgrund der Aufhebung von Prämissen der klassischen Investitionsrechnungsmethoden und durch die Möglichkeit der expliziten Darstellung von Finanzierungsanteilen für diese Arbeit die am besten geeignete ist. Daher ist es notwendig, das methodische Konzept des Vollständigen Finanzplanes zu erläutern.

### **7.2.2 Vollständiger Finanzplan**

Das auf HEISTER (1962) basierende Konzept des Vollständigen Finanzplanes wurde von GROB (1989) in seiner Habilitationsschrift „Investitionsrechnung mit vollständigen Finanzplänen“ weiterentwickelt.

#### **7.2.2.1 Definition der VOFI-Methode**

Mit der VOFI-Methode „werden sämtliche einem Investitionsobjekt verursachungsgerecht zurechenbaren monetären Konsequenzen tabellarisch erfasst.“ (GROB 2006: 104). Der VOFI ermöglicht die Darstellung sämtlicher Zielgrößen, die für die Ermittlung der Güte der Investition denkbar sind, wie End-, Anfangs- und Entnahmegrößen sowie die Darstellung spezifischer Renditen. GROB (2006) definiert den Endwert einer Investition als den natürlichen Zielwert des VOFIs. daher wird diese Kennzahl als

Erfolgsgröße übernommen. Um der bereits beschriebenen Affinität der landwirtschaftlichen Praxis gegenüber Renditekennzahlen gerecht zu werden, wird zum Teil auch die aus dem Endwert resultierende durchschnittliche Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals mit angegeben. Dies wird sowohl Investoren gerecht, die Bewertungen anhand von Vermögenspositionen präferieren, als auch Entscheidungsträgern, die Renditekennzahlen bevorzugen.

#### 7.2.2.2 Ausgestaltung und Interpretation der VOFI-Methode

Ein VOFI wird in tabellarischer Form dargestellt. GROB (1989) weist drauf hin, dass es sinnvoll ist, die Modellelemente der VOFI-Methode zu standardisieren. Bei Betrachtung der Literatur fällt auf, dass alle Autoren dies umgesetzt haben und mit sehr ähnlichen, standardisierten Tabellen arbeiten. Die Tabelle 22 zeigt das standardisierte Grundmodell eines Vollständigen Finanzplanes.

**Tabelle 22: Grundmodell eines Vollständigen Finanzplanes**

Zeitpunkt $t$		0	1	2	3	4
<b>Zahlungsebene</b>						
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>						
	<b><u>Eigene Mittel</u></b>					
+	Anfangsbestand					
-	Entnahme					
+	Einlage					
	<b><u>Kredit</u></b>					
+	Aufnahme					
-	Tilgung					
-	Sollzinsen					
	<b><u>Reinvestition</u></b>					
-	Anlage					
+	Auflösung					
+	Habenzinsen					
<b>Finanzierungssaldo</b>		0	0	0	0	0
<b>Bestandsebene</b>						
	<b><u>Bestandsgrößen</u></b>					
	Finanzbestand					
	Kreditbestand					
	<b><u>Bestandssaldo</u></b>					

Quelle: eigene Darstellung nach GROB 2006, GÖTZE 2006, SCHULTE 1999

Um auf mögliche Liquiditätsengpässe während der Nutzungsdauer reagieren zu können, ist in dieser Arbeit das VOFI-Grundmodell durch Berücksichtigung der Konditionenvielfalt am Kapitalmarkt dahingehend weiter spezifiziert worden, dass die Aufnahme eines Kontokorrent-Kredites möglich ist.

In der „Zahlungsebene“ werden die durch die Investition verursachten Zahlungsströme eingetragen, dazu gehören die Zahlungsfolge der Investition und die Veränderung der monetären Bestände während der Nutzungsdauer. Bei den eigenen Mitteln ist einzutragen, wann welcher Betrag an eigenen Mitteln von außen hinzugegeben oder aus der Investition entnommen wird. Die monetären Positionen des Fremdkapitals sind Aufnahme, Tilgung und Zinszahlungen (Sollzins). Darunter sind die Veränderungen des Eigenkapitals für die Positionen der Anlage, Auflösung und Verzinsung einzutragen.

Das Finanzierungssaldo ist folglich immer Null, da alle Mittelherkünfte im VOFI berücksichtigt werden. Die Bestandsebene enthält den Finanz- und Kreditbestand und das daraus resultierende Saldo. Dieser Saldo stellt am Ende der Nutzungsdauer den Endwert der Investition dar (GÖTZE 2006).

Ein Blick auf dieses Grundmodell verdeutlicht, dass die Aufstellung eines VOFIs sowohl die Zahlungsfolge der Investition, als auch die zur Verfügung stehenden liquiden Mittel, sowie die Konditionen von eventuell benötigten Krediten und Anlagemöglichkeiten als bekannt voraussetzt und dass die Nutzungsdauer zeitlich erfasst werden kann (GROB 2006).

Für die Anwendung der VOFI-Tabelle stellt Schulte folgende „Bedienungsanleitung“ heraus:

1. „Eintragung der Zahlungsfolge in die VOFI-Tabelle
2. Eintragung der in  $t = 0$  vorhandenen eigenen Mittel sowie des zur Finanzierung der Anschaffungsauszahlung aufzunehmenden Kreditbetrages
3. Eintragung des aufgenommenen Kredites als Bestandsgröße
4. Eintragen einer eventuell vorgesehenen Entnahme in  $t = 1$
5. Berechnen der Zinsen vom Bestand der Vorperiode und Eintragen in  $t = 1$
6. Prüfung, ob unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte der Kredit getilgt oder erweitert werden muss oder ob eine Geldanlage durchgeführt werden kann. Es ist zu beachten, daß in  $t = 1$  ein Finanzierungssaldo von Null erreicht wird.
7. Die Schritte 4 bis 6 sind für jede Periode bis zum Ende der Nutzungsdauer zu wiederholen.“ (SCHULTE 1999: 139)

Wie bereits darauf hingewiesen, wird durch sukzessive Fortschreibung des „Be-

standssaldos“ der Endwert zum Ende der Nutzungsdauer erreicht. Dieser Endwert der Investition wird bei GROB (1989) als  $EW^M$  bezeichnet. Er definiert sich „als der Überschuss der liquiden Mittel über den Kreditstand am Ende der Nutzungsdauer“ (SCHÄFER 1999: 213).

Die VOFI-Eigenkapitalrendite entsteht aus der Ermittlung desjenigen Zinsfußes, der unter Berücksichtigung von Zinseszinsseffekten das Eigenkapital (EK) in  $t = 0$  auf die Höhe des Endwertes der Investition  $EW^M$  in  $t = n$  wachsen lässt (GROB 2006). Daraus wird ersichtlich, dass aus der Formel für das Aufzinsen des Eigenkapitals in  $t = 0$  auf die Höhe des Endwertes der Investition  $EW^M$  in  $t = n$  der relevante Zinssatz isoliert und wie folgt bestimmt werden kann:

$$EK * (1 + i_V^M)^n = EW^M$$

Der in der Formel enthaltene Zins  $i_V$  stellt die VOFI-Eigenkapitalrendite dar, das hochgestellte  $M$  soll verdeutlichen, dass sich die ermittelte VOFI-Eigenkapitalrendite auf das eingesetzte Eigenkapital und den Endwert der Investition bezieht.

Die Auflösung der Gleichung nach dem Aufzinsungsfaktor ergibt:

$$(1 + i_V^M)^n = \frac{EW^M}{EK}$$

Die VOFI Eigenkapitalrendite, dargestellt durch  $i_V^M$ , ist demnach:

$$i_V^M = \sqrt[n]{\frac{EW^M}{EK}} - 1$$

Dieser Zinssatz, die VOFI-Eigenkapitalrendite, drückt die Rendite des Eigenkapitals in der Investition durch die Verzinsung einer fiktiven finanziell äquivalenten Anlage des Eigenkapitals aus (GROB 1989) und steht für die durchschnittliche Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals während der Nutzungsdauer. Die VOFI-Eigenkapitalrendite basiert auf den VOFI-Endwert und somit auf einer Kenngröße, die Konditionenvielfalt, den Zeitpunkt von Zahlungen und den Kontenausgleich berücksichtigt.

Bei der Betrachtung des Wurzelausdruckes fällt auf, dass die auf diesem Wege ermittelte VOFI-Eigenkapitalrendite nur für Endwerte, die größer gleich Null sind, gilt. Ist ein negativer Endwert gegeben, d.h. neben dem Totalverlust des Eigenkapitals bestehen noch Verbindlichkeiten, so verweist GROB (2006) auf folgende Formel:

$$i_v^M = -\sqrt[n]{1 + \frac{-EW^M}{EK}}$$

Der Endwert und die Eigenkapitalrendite sind wie folgt definiert; bei einem Totalverlust des in die Investition eingesetzten Eigenkapitals ergibt sich ein Endwert der Investition von Null, sodass die Rendite -100 % aufweist. Ist das in  $t = 0$  eingesetzte Eigenkapital in  $t = n$  nominal erhalten, so ist  $EW^M = EK$ . In diesem Fall ist der Wurzelausdruck gleich 1 und es ergibt sich daraus eine VOFI-Eigenkapitalrendite von Null. Für den Fall, dass  $EW^M > EK$  ist, kann eine positive VOFI-Eigenkapitalrendite bestimmt werden (GROB 2006, GROB 1989).

Ob bei Inputvariation die Biogasanlageninvestition noch immer vorteilhaft gegenüber einer alternativen Verwendung des Eigenkapitals ist, wird durch einen Vergleich der Endwerte zwischen der Biogasanlage und der Opportunität ermittelt. Ein Vorteil der Investition gegenüber der Opportunität ist dann gegeben, wenn der Endwert der Investition  $EW^M$  größer als der Endwert der Opportunität  $EW^O$  ist. In diesem Fall ist auch die durchschnittliche Eigenkapitalverzinsung der Biogasanlageninvestition ( $i_v^M$ ) größer als die der Opportunität ( $i_v^O$ ), so dass  $i_v^M > i_v^O$  gilt. Die Opportunität der Investition wird durch eine mögliche anderweitige Verwendung des in der Investition eingesetzten Eigenkapitals ausgedrückt. Um den Endwert der Opportunität zu ermitteln, kann hierfür ein eigener Vollständiger Finanzplan gebildet werden. Für den Fall eines periodisch konstanten Opportunitätskostensatzes kann dieser auch durch Aufzinsung der eingesetzten eigenen Mitteln wie folgt gewonnen werden (nach GROB 2006):

$$EW^O = EK * (1 + i_0)^n$$

wobei gilt, dass:

$$\begin{array}{ll} EW^O & = \text{Endwert der Opportunität} & EK & = \text{Eigenkapital (eigene Mittel)} \\ i_0 & = \text{Opportunitätskostensatz} & n & = \text{Anlagedauer} \end{array}$$

Da sowohl das Endwertkonzept als auch das Renditekonzept von den gleichen im

VOFI enthaltenen Finanzierungs- und Reinvestitionsdaten ausgehen, sind ihre Aussagen zur Investitionsentscheidung kongruent (GROB 2006). Das bedeutet, wenn

$$\sqrt[n]{\frac{EW^M}{EK}} - 1 > \sqrt[n]{\frac{EW^O}{EK}} - 1$$

ist, dann ist auch  $EW^M > EW^O$ .

### 7.2.2.3 Ausgestaltung zwingend notwendiger Voraussetzungen für die VOFI-Methode

Für die Aufstellung eines VOFIs bedarf es neben den bereits beschriebenen Zahlungsstrom der Biogasanlage auch Kenntnisse über die Höhe der zur Verfügung stehenden liquiden Mittel, über die Konditionen am Kapitalmarkt und über die Nutzungsdauer der Investition. Da alle genannten Punkte für das Ergebnis der Wirtschaftlichkeit und somit auch für die Einzelrisikensanalyse von Bedeutung sind, ist eine Erläuterung der Ausgestaltung dieser Punkte unentbehrlich.

#### Zu den liquiden Mitteln:

Unter der Annahme, dass landwirtschaftliche Biogasanlagen aufgrund der Investitionshöhe selten vollständig mit Eigenmitteln finanziert werden, wird in der vorliegenden Investitionsrechnung von einer Mischfinanzierung ausgegangen. Eine Eigenschaft der VOFI-Methode ist die explizite Darstellung der Fremd- und Eigenkapitalanteil in der Finanzierung. Daher muss zunächst das Verhältnis zwischen eingesetztem Eigen- und Fremdkapital und die Höhe der Zinssätze für Soll- und Habenzinsen bestimmt werden. Auf Nachfrage bei der DZ-BANK AG<sup>8</sup> liegen die Eigenkapitalanteile bei der Finanzierung von Biogasanlagen in der Regel zwischen 10 und 25%, dabei sind jedoch teilweise starke Abweichungen festzustellen. Im Grundmodell dieser Investitionsrechnung wird die Anschaffungsausgabe in  $t = 0$  mit 350.000 Euro Eigenkapital finanziert, was 16,96% der Anschaffungsausgaben entspricht.

#### Zu den Konditionen am Kapitalmarkt

Die VOFI Methode erlaubt die Darstellung wie überschüssiges Kapital angelegt wird. Der in der Anlageform enthaltene Habenzins soll der gleiche Habenzins sein, mit

<sup>8</sup> DZ-Bank AG, VR-Mittelstand, Gertrudenstr.3 20095 Hamburg, Ansprechpartner Herr Weinknecht

---

dem der Endwert (und die Rendite) der Opportunität  $EW^O$  ermittelt wird. Die Anlagemöglichkeit von Überschüssen während der Nutzungsdauer soll eine risikoarme Anlageform sein. Besonders eignen sich Bundesschatzbriefe und Bundesanleihen, wobei der Bundesanleihe der Vorzug gegeben wird. Bundesanleihen sind börsengetradet und unterliegen einem Kursrisiko, jedoch kann eine Anleihe mit ähnlicher Restlaufzeit wie die Nutzungsdauer der Biogasanlage gewählt werden. Die ausgewiesene Effektivverzinsung einer Bundesanleihe drückt die zukünftigen Zinserwartungen bis zum Ende der Laufzeit aus. Die Möglichkeit, Laufzeitharmonie zwischen Biogasanlage und Opportunität herzustellen, und die Sicherheit des Emittenten Bundesrepublik Deutschland prädestinieren die Bundesanleihe zur Darstellung der Opportunität. Vereinfachend wird unterstellt, dass die Effektivverzinsung der Bundesanleihe auch für Kapital gilt, welches während der Nutzungsdauer als Überschuss aus der Investition angelegt wird<sup>9</sup>. Die Opportunität der Eigenkapitalverwendung und die Anlage von Überschüssen werden in dieser Arbeit durch die Bundesanleihe „6,500 Bund 97“ mit der International Securities Identification Number (ISIN) DE000 113504 und Fälligkeit am 04.07.2027 ausgedrückt. Der Internetseite der Deutschen Bundesbank (DEUTSCHE BUNDESBANK 2007b) ist zu entnehmen, dass diese Anleihe eine Nominalverzinsung von 6,5% und am 16.07.2007 einen überpaarigen Kurswert von 122,32 aufweist. Ein Halten der Bundesanleihe bis zur Endfälligkeit vorausgesetzt, ergibt sich eine Effektivverzinsung von 4,75%.

Nun folgt die Betrachtung der Kosten für die Benutzung von Fremdkapital. Der Effektivzins eines Darlehens deckt den Realzins, die Inflationsrate und eine Risikoprämie für einen Kreditausfall sowie den Gewinnanspruch des Kreditinstitutes ab. Eine verbreitete Form der Finanzierung stellt die Finanzierung über die Landwirtschaftliche Rentenbank dar. Biogasanlagen fallen bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank in das aktuelle Sonderkreditprogramm „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ mit der Gültigkeit ab dem 01.01.2007. Ein Kredit mit einer Laufzeit von 20 Jahren, 10 Jahren Zinsbindung, 0 tilgungsfreie Jahre, halbjährlichen Raten und mit ausgeschlossener Sondertilgung wird dort mit 5,40% als Zins für den Endkreditnehmer angeboten, bei Wahlfreiheit zwischen Annuitäten und Ratendarlehen (s. RENTENBANK 2007). Die Kreditkonditionen des Programms „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ erlauben der Hausbank, eine einmalige Bearbeitungsgebühr in Höhe von 1% einzubehalten, eine

---

<sup>9</sup> Diese Vereinfachung kann nur aufgehoben werden, wenn Habenzinsen für jeden Zeitraum der Nutzungsdauer exakt zu bestimmen sind. Dieses kann nur durch die Aufstellung eines Festgeldkontos geschehen, dessen Konditionen abhängig vom Verhandlungsgeschick des Investors sind und sich somit betriebspezifisch ausdrücken.

Bereitstellungsgebühr für nicht ausbezahlte Teilbeträge zu verlangen und je nach Besicherung und Bonität einen Zinsaufschlag von bis zu 1 % aufzuschlagen. Um diese Kosten im Effektivzins mit zu berücksichtigen, wird der Effektivzins für den Investor von 5,4% (Rentenbank) auf 6,4% (finanzierende Bank) erhöht. Es wird angenommen, dass nach Ende der Zinsbindungsdauer das Prolongationsangebot das gleiche Effektivzinsniveau besitzt wie während der Zinsbindungsdauer. Diese Annahme kann mit dem zurzeit beobachtbaren flachen Zinsstrukturverlauf untermauert werden. Da in dieser Kalkulation die Periodengröße ein Jahr beträgt, wurde die halbjährliche Ratenzahlung auf jährliche Ratenzahlung umgestaltet. Sondertilgung ist in diesem Programm ausgeschlossen, d.h. dass Überschüsse der Investition nicht mit der sicheren Rendite des FK-Zinses zur Tilgung eingesetzt werden dürfen, sondern als Anlage in der Investition berücksichtigt werden. Da die Darlehensart frei wählbar ist, wird ein Annuitätendarlehen unterstellt. Beim Auftreten von Liquiditätsengpässen besteht zudem die Möglichkeit einen Kontokorrentkredit mit einem Sollzins von 13% aufzunehmen.

### Zur Nutzungsdauer der Investition

Über die Nutzungsdauer von landwirtschaftlichen Biogasanlagen liegen noch keine gesicherten Erfahrungen vor, was mit der Neuheit dieser Technik auf dem Gebiet der Stromerzeugung zu tun hat. Nach den amtlichen AfA-Tabellen für den Wirtschaftszweig „Landwirtschaft und Tierzucht“ (s. BUNDESSTEUERBLATT 1996) ist unter der laufenden Nummer 2.6.1 zu entnehmen, dass Biogasanlagen steuerlich auf 16 Jahre abgeschrieben werden. Dies gilt natürlich nicht für alle Komponenten, die eine Biogasanlage ausmachen, sondern vielmehr für die wesentlichen Komponenten, wie z.B. Fermenter, Gärproduktlager und Gebäude. Einer prognostizierbaren Nutzungsdauer von 16 Jahren ist die garantierte Vergütungsdauer entgegenzusetzen. Der Paragraph §12 Absatz 3 des Gesetzes zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich beinhaltet, dass die Mindestvergütungen „vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme an jeweils für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres zu zahlen“ (BUNDESGESETZBLATT 2004) sind. Dieser Gesetzestext lässt die Deutung zu, dass seitens der Urheber des Gesetzes mit einer wirtschaftlichen Nutzungsdauer von 20 Jahren gerechnet wird. In der Praxis hat sich die Annahme einer zwanzigjährigen Nutzungsdauer für Investitionen durchgesetzt, so gibt z.B. das KTBL (2004) für Komponenten, die weder Technik noch Motor sind, eine Nutzungsdauer von 20 Jahren vor. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer für die

technischen Komponenten und den Motor lehnen sich an den Daten des KTBL und an Daten des Angebotes für eine Biogasanlage eines namhaften Anlagenherstellers an. Sie sind den Kalkulationsdaten zu entnehmen.

Für die Investitionsrechnung in dieser Arbeit wird für die Investition „Biogasanlage“ aufgrund dieser Erkenntnisse eine Gesamtnutzungsdauer von 20 Jahren unterstellt.

#### 7.2.2.4 Dynamische Konfiguration des vollständigen Finanzplanes

Der Vollständige Finanzplan ist ein starres Konzept, indem die jährlichen monetären Ereignisse eingetragen und zu einer Erfolgsgröße verrechnet werden können. Da in diesem Simulationsmodell verschiedenste Umweltzustände abgebildet werden sollen, ist es notwendig, den VOFI zu konfigurieren. Dies geschieht dadurch, dass die einzelnen Zellen des Finanzplanes Restriktionen unterzogen werden. Diese Restriktionen tragen dafür Sorge, dass bei Inputänderungen automatisch die richtige und ökonomisch zwingend logische Verrechnung der monetären Größen vollzogen wird. Mit diesen Restriktionen wird das starre Konzept des Vollständigen Finanzplanes an die Anforderungen eines Simulationsmodells angepasst. Diese Restriktionen lauten:

##### Kontokorrent Aufnahme:

Erst wenn der Finanzbestand Null ist, dann ist das Finanzierungssaldo durch Belastung des Kontokorrents auszugleichen.

##### Reinvestition Anlage:

Wenn nach Abzug aller Zahlungsverpflichtungen von der Zahlungsfolge (Tilgungen, Zinsen) ein positiver Wert bleibt, dann wird dieser angelegt. Ist dies nicht der Fall, ist eine Anlage nicht möglich.

##### Reinvestition Auflösung:

Wenn nach Abzug der Zahlungsverpflichtungen ein negativer Wert vorhanden ist und dieser Wert größer als der Finanzbestand zum Ende der Vorperiode ist, dann ist der Finanzbestand der Vorperiode bis zur Höhe von Null aufzulösen und gegebenenfalls das Finanzierungssaldo durch Aufnahme eines Kontokorrentkredites auszugleichen.

Wenn nach Abzug der Zahlungsverpflichtungen ein negativer Restwert vorhanden ist und dieser Wert kleiner als der Finanzbestand ist, dann ist nur die entsprechende Summe vom Finanzbestand aufzulösen, bis das Finanzierungssaldo Null ist.

Wenn nach Abzug der Zahlungsverpflichtungen ein positiver Wert vorhanden ist, dann ist der Finanzbestand nicht entsprechend auflösen, sondern anzulegen.

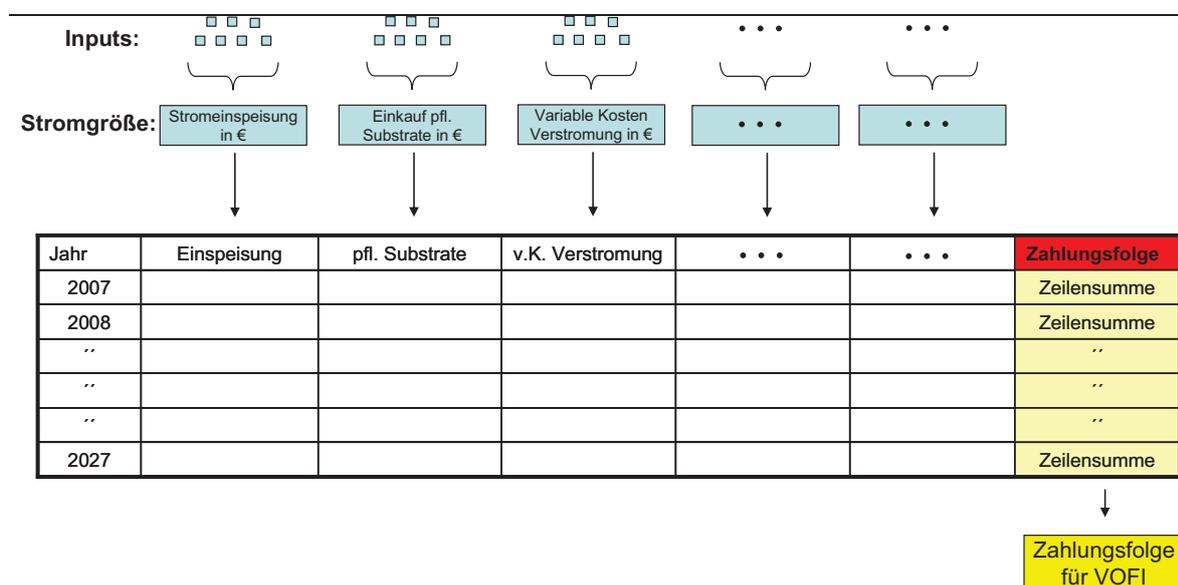
##### Bestandsgrößen Finanzbestand:

Wenn nach Abzug der Zahlungsverpflichtungen ein positiver Wert vorhanden ist,

dann bildet sich der aktuelle Finanzbestand aus dem Finanzbestand der Vorjahres und den Überschüssen. Ansonsten bildet sich der Finanzbestand aus dem Finanzbestand des Vorjahres, korrigiert um die Höhe der Auflösung.

### 7.2.3 Zusammenfassung der Verrechnung von Inputdaten

Die in der Datengrundlage gezeigten Inputs und deren Ausprägungen werden herangezogen, um die monetären Positionen einer Biogasanlageninvestition zu berechnen. Sie bilden einen Zahlungsstrom und werden deshalb als Stromgrößen bezeichnet. Sie drücken Wertbewegungen in Form von Auszahlungen und Einnahmen während der Investition aus (SCHIERENBECK 1998). Kausale Zusammenhänge unterschiedlicher Art, die sich zwischen einzelnen Inputs ergeben und bei Inputvariation zu Interdependenzen führen können, sind im Simulationsmodell berücksichtigt. Da in dieser Arbeit ein dynamisches Modell zugrunde gelegt wird, werden die Stromgrößen entsprechend der Nutzungsdauer einer Biogasanlage mit einem spezifischen Faktor inflationiert. Die Summe, die sich aus den Größen jährlich ergibt, bildet die Zahlungsfolge, die in den Vollständigen Finanzplan (VOFI) eingeht. Die Abbildung 11 zeigt das Vorgehen graphisch:



**Abbildung 11: Verrechnung der Daten bis zum Vollständigen Finanzplan**

Quelle: eigene Darstellung

### 7.2.4 Sensitivitätsanalyse

Mit dem Aufstellen einer verknüpften Datengrundlage wird der weiteren Verrechnung zu einer Zahlungsfolge, die wiederum in einen konfigurierten Vollständigen Finanzplan Eingang findet, ist ein auf der dynamischen Investitionsrechnung fußendes Simulationsmodell generiert worden. DÄUMLER (1996) weist bereits darauf hin, dass

Unsicherheit, welche ein Risiko darstellt, zwar nicht durch investitionsrechnerische Maßnahmen beseitigt werden kann, jedoch kann die Auswirkung der Unsicherheit explizit dargestellt und quantitativ erfasst werden. Für eine signifikante und nachvollziehbare Aussage bedarf es eines methodischen Vorgehens. Unter den Methoden zur Berücksichtigung von Unsicherheit bei Investitionsentscheidungen tun sich vor allem Sensitivitätsanalysen hervor. Sie lösen zwar nicht das Problem der Entscheidung bei Unsicherheit, „sie vermitteln jedoch einen Einblick in die Struktur eines Investitionsprojektes und zeigen die Auswirkungen der Unsicherheit.“ (BLOHM ET AL. 2006: 237). Sensitivitätsanalysen müssen als Ergänzung zur Investitionsrechnung gesehen werden, nämlich dahingehend, dass mögliche Abweichungen der Erwartungen explizit in der Investitionsentscheidung Berücksichtigung finden können.

Nach BLOHM ET AL. (2006) zählt die Sensitivitätsanalyse zu den häufig in der Praxis anzutreffenden Verfahren.

### 7.2.4.1 Definition Sensitivitätsanalyse

Mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse werden Zusammenhänge zwischen Input und Output einer Investition bestimmt. Dem Investor wird die Sensibilität der Ausgangsdaten auf das Ergebnis aufgezeigt (SCHULTE 1999). Hinsichtlich der Investitionsrechnung können durch die Anwendung einer Sensitivitätsanalyse zwei Fragestellungen beantwortet werden:

- „Wie ändert sich der Wert der Outputgröße bei vorgegebener Abweichung einer oder mehrerer Inputgrößen vom ursprünglichen Wertansatz?“
- „Wie weit darf der Wert einer oder mehrerer Inputgrößen vom ursprünglichen Wertansatz abweichen, ohne dass die Outputgröße einen vorgegebenen Wert über- oder unterschreitet?“ (BLOHM ET AL. 2006: 232)

Die Ermittlung der Veränderung einer Outputgröße bei vorgegebener Änderung von Inputgrößen wird bei BLOHM ET AL. als „Verfahren zur Ermittlung der Outputänderung bei vorgegebener Inputänderung“ (BLOHM ET AL. 2006: 234) bezeichnet. Die Bestimmung der maximal zulässigen Abweichungen von einzelnen Inputwerten, ohne dass ein vorgegebener Wert über- oder unterschritten wird, wird in der Literatur auch als „Verfahren der kritischen Werte“ bezeichnet (s. BLOHM ET AL. 2006, SCHULTE 1999, GÖTZE 2006).

In der Literatur ist der Begriff „Sensitivitätsanalyse“ nicht genormt, er wird sinngleich oft mit Sensibilitätsanalyse, vereinzelt mit Empfindlichkeitsanalyse beschrieben.

Als erstes wird am Vollständigen Finanzplan das „Verfahren zur Ermittlung der Outputänderung bei vorgegebener Inputänderung“ durchgeführt. Danach wird am Vollständigen Finanzplan das „Verfahren der kritischen Werte“ angewendet. Die Vorgehensweise in den dargestellten Schritten und der Hintergrund für die Wahl dieser Verfahren soll im Folgenden kurz erklärt bzw. begründet werden.

### 7.2.4.2 Verfahren „Outputänderung bei gegebener Inputänderung“

Der erste Schritt dieses Verfahrens besteht darin, dass zunächst die Inputgrößen bestimmt werden müssen, die variiert werden sollen. Anschließend muss die Höhe der Abweichung der Inputwerte festgelegt werden. Darauf aufbauend wird dann die Veränderung der Erfolgsgrößen bei Abweichung der Inputgrößen ermittelt.

Mit Hilfe der Wirtschaftlichkeitsberechnung der Biogasanlageninvestition ist es möglich, viele das Ergebnis beeinflussende Inputgrößen variieren zu lassen. Da aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle Inputgrößen in das Verfahren einfließen können, werden die monetär bedeutsamen Inputgrößen berücksichtigt. Die Inputgrößen, die dem Verfahren zur Ermittlung der Outputänderung bei gegebener Inputänderung unterworfen werden, sind:

- elektrischer Wirkungsgrad
- Auslastung BHKW
- Reparaturaufwand BGA
- Inflationsrate für Energie
- Eigenstrombedarf
- Erlös für Gärrest
- Transportentfernung
- Hektarerträge
- Methanausbeute
- Erlös für Wärme
- KWK-Bonus
- Fremdkapitalzins
- Fremdkapitalanteil
- Weizenpreis
- thermischer Wirkungsgrad
- Reparaturaufwand Nahwärme
- Anschaffungskosten ges. BGA
- Lohnaufwand
- Gülleankauf
- Pflanzliche Substratkosten
- Versicherungsaufwand
- Gaserträge
- Verkauf Wärme
- Anschaffungskosten Nahwärme
- NaWaRo-Bonus
- Habenzins
- Eigenkapitalanteil
- Substratkosten gesamt

Bei der Bestimmung der Abweichungshöhe wird üblicherweise ein griffiger Prozentsatz gewählt. BLOHM ET AL (2006) schreiben, dass dieser häufig bei 10 % liegt. Um das Wirkungsverhalten von Inputrisiken umfassend zu ermitteln wird in dieser Arbeit neben der Abweichungshöhe von  $\pm 10$  % auch eine Abweichung von  $\pm 20$  und  $\pm 30$  % des Ausgangswertes berücksichtigt.

Eine Besonderheit unter den Inputs stellen der NaWaRo- und der KWK-Bonus dar, da deren Ausgestaltung von der Politik abhängt. Durch Veränderung der Inputausprägung von  $\pm 30$  % kann das Risikopotenzial der politischen Involvierung in die Vergütung von Strom und Wärme aus Biogasanlagen nicht umfassend dargestellt werden. Das Risikopotenzial des Investitionsinput „Transportentfernung“ kann ebenfalls nicht mit den gewählten Inputabweichungen vollständig beschrieben werden. Aus diesem Grund sind die Investitionsinputs „NaWaRo-Bonus“, „KWK-Bonus“ und „Transportentfernung“ als Dummy-Variable in das Modell eingeflossen. Um unterschiedlichen Politikrisiken bezüglich der Fortschreibung des Bonisystems im EEG gerecht zu werden, werden die Boni abgeschafft, verdoppelt und jeweils um die Hälfte ihrer derzeitigen Ausprägung erhöht bzw. verringert. Das Risikopotenzial der Transportentfernung wird bis zu einer Feldentfernung von 35 Kilometern bemessen. Um die Auswirkungen einzelner Inputgrößen auf den VOFI-Endwert vergleichen zu können, wird das Verfahren unter *ceteris paribus* (c.p.) Bedingungen durchgeführt. Mit dem Verfahren zur Ermittlung der Outputänderung bei gegebener Inputänderung wird die Bedeutung einzelner Inputs für die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlageninvestition bestimmt. Die Inputs können so in einem Ranking platziert werden. Mit diesem Schritt erhält ein Investor Verständnis über die Risikostruktur einer Investition in eine Biogasanlage und Erkenntnisse darüber, bei welchen Inputgrößen besonderes Augenmerk auf die zukünftige Entwicklung dieser gelegt werden muss.

### 7.2.4.3 Verfahren „Kritischen Werte“

Mit diesem Verfahren wird geprüft, wie hoch die maximal zulässige Abweichung einzelner Inputwerte unter c.p. Bedingungen sein darf, so dass die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage die gleiche Güte wie die Opportunität hat. Die Ermittlung kritischer Werte muss als Partialanalyse erfolgen, da bei gleichzeitiger Variation von mehr als zwei Inputgrößen die Ergebnisse für die Beurteilung der Unsicherheit nicht mehr brauchbar sind (BLOHM ET AL. 2006). Auch hier müssen zunächst die Inputgrößen bestimmt werden, die vom Ausgangswert abweichen sollen. Parallel zum vorangegangenen Gliederungspunkt werden die gleichen Überlegungen und Auswahlkriteri-

en angelegt, so dass die zu variierenden Inputs für beide Verfahren identisch sind. Indem die kritischen Werte gefunden und mit den Ausgangsdaten in Relation gesetzt werden, werden weitere Kenntnisse zur Risikostruktur einer Investition in eine Biogasanlage geschaffen.

### **7.3 Ergebnisse**

Zunächst wird das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung vorgestellt, da es die Basis für die Einzelrisikensanalyse stellt. Alle bewerteten Risiken beziehen sich auf Abweichungen zu den in dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung festgestellten Erfolgsgrößen. Im nächsten Schritt folgt die Vorstellung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse. Anhand dieser Ergebnisse wird die Signifikanz einzelner Investitionsinputs für den Investitionserfolg aufgezeigt und es werden die ursächlichen Faktoren eines Risikopotenzials bestimmt. Anschließend werden aus den Ergebnissen Verhaltensweisen der Risikowirkung eines Investitionsinputs bei unterschiedlicher Ausprägung dieser Größe festgestellt. Die Ergebnisse der Einzelrisikensanalyse werden durch die Darstellung der Kritischen Werte komplettiert.

#### **7.3.1 Wirtschaftlichkeit der Modellbiogasanlage**

Die vorgestellte Konzeption und Datengrundlage der Modellbiogasanlage führt zu dem Vollständigen Finanzplan der Abbildung 12.



Aus der ersten Spalte des Finanzplanes geht hervor, dass aus der Anschaffung der Biogasanlage, der Nahwärme und der Substrate ein Finanzbedarf von ca. 2 Mio. Euro besteht. Dieser wird durch 350.000 € Eigenkapital und einer Fremdkapitalaufnahme von 1.726.073 € gedeckt. In jeder Periode sieht ein Investor, welche Überschüsse respektive Unterschüsse aus der Zahlungsfolge der Biogasanlage kommen, welche Verbindlichkeiten bestehen und welche Konsequenzen sich daraus für das Kapital ergeben. Abgesehen von dem zehnten Jahr der Nutzungsdauer ergeben sich nach den Daten und den Annahmen der Modellkonzeption jährlich Überschüsse, die zum Bedienen von Sollzinsen und Tilgung verwendet werden. Ferner ist dem VOFI zu entnehmen, dass im Ausgangsmodell die Überschüsse für Sollzins und Tilgung reichen, um jährlich einen positiven Betrag dem Finanzbestand zuzuführen. Eine Ausnahmestellung während der Nutzungsdauer nimmt das Jahr 2017 ein. Hier kommt es aufgrund von Ersatzinvestitionen (BHKW und andere technische Einrichtungen) zu einem negativen Betrag in der Zahlungsfolge in Höhe von 268.789 €. Um das Finanzierungssaldo auszugleichen (Zahlungsstrom, Kapitaldienst), wird in dem betreffenden Jahr neben den anfallenden Habenzinsen in Höhe von 77.448 € auch eine Auflösung des Finanzbestandes in Höhe von 346.751 € notwendig. Da der Finanzbestand über ausreichend Kapitaldeckung verfügt, kommt es in diesem Fall nicht zur Aufnahme eines Kontokorrent, sondern lediglich um eine Abschmelzung des Finanzbestandes auf 1.283.741 €.

Aus dem Vollständigen Finanzplan der Abbildung 12 ist ein Endwert der Biogasanlageninvestition in Höhe von 3.879.436 € zu entnehmen. Die sich daraus ergebende durchschnittliche Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals beträgt 12,781 %.

### **7.3.2 Outputänderung bei gegebener Inputänderung**

Das Risikopotenzial eines Investitionsinputs bezieht sich auf die Outputänderung des Vollständigen Finanzplanes bei gegebener Inputänderung. Die Abbildung 13 zeigt die Veränderung des Endwertes für Inputänderungen von  $\pm 10\%$ ,  $\pm 20\%$  und  $\pm 30\%$ .

Investitionsinput	absolute Veränderung VOFI-Endwert			Ausgangswert	absolute Veränderung VOFI-Endwert		
	-30%	-20%	-10%		+10%	+20%	+30%
elektr. Wirkungsgrad	-7.721.157 €	-3.709.206 €	-1.798.170 €	41,0%	1.798.170 €	3.333.587 €	4.777.185 €
Methanausbeute	-4.508.662 €	-2.322.300 €	-1.020.242 €	RG 60/SM 52,5MWW48	1.908.943 €	3.550.497 €	5.100.233 €
Auslastung BHKW	-2.673.899 €	-1.782.599 €	-891.300 €	7800 h	799.503 €	979.297 €	/
Hektarertrag Silomais in FM	-3.339.727 €	-1.942.609 €	-863.382 €	500 dt	706.403 €	1.295.073 €	1.793.177 €
NaWaRo-Bonus	-2.243.882 €	-1.495.921 €	-747.961 €	0,06 € bzw 0,04 €	747.961 €	1.495.921 €	2.243.882 €
Erlös für Gärrest	-708.771 €	-472.514 €	-236.257 €	64.911 €	236.257 €	472.514 €	708.771 €
Verkauf Wärme	-610.550 €	-407.033 €	-203.517 €	1000000 kWh	203.517 €	407.033 €	610.550 €
Habenzins	-521.041 €	-357.967 €	-184.510 €	4,75%	196.274 €	405.067 €	627.180 €
Erlös für Wärme	-380.910 €	-253.940 €	-126.970 €	0,025 / kWh	126.970 €	253.940 €	380.910 €
Hektarertrag in FM von SM und WW	-463.618 €	-270.444 €	-120.197 €	500 dt. / 85 dt.	98.343 €	180.296 €	249.641 €
Eigenkapitalanteil	-304.468 €	-202.978 €	-101.489 €	350.000 €	101.489 €	202.978 €	304.468 €
KWK Bonus	-229.640 €	-153.093 €	-76.547 €	0,02 €	76.547 €	153.093 €	229.640 €
Reparaturaufwand von Ao Nahwärme	36.283 €	24.189 €	12.094 €	2,00%	-12.094 €	-24.189 €	-36.283 €
Versicherungsaufwand	91.097 €	60.731 €	30.366 €	-8.000 €	-30.366 €	-60.731 €	-91.097 €
Inflationsrate f. Energie	129.767 €	89.103 €	45.904 €	5,30%	-48.789 €	-100.655 €	-155.803 €
Anschaffungskosten Nahwärme	193.018 €	128.679 €	64.339 €	-170.000 €	-64.339 €	-128.679 €	-193.018 €
Gülleankauf	194.192 €	129.461 €	64.731 €	-16.815 €	-64.731 €	-129.461 €	-194.192 €
therm. Wirkungsgrad	328.057 €	191.367 €	85.052 €	34,5%	-69.588 €	-127.578 €	-176.646 €
Lohnaufwand	298.753 €	199.169 €	99.584 €	15,55 €	-99.584 €	-199.169 €	-298.753 €
Reparaturaufwand von Ao BGA	337.175 €	224.784 €	112.392 €	2,00%	-112.392 €	-224.784 €	-337.175 €
Reparaturaufwand von Ao gesamt	373.459 €	248.972 €	124.486 €	2,00%	-124.486 €	-248.972 €	-373.459 €
Eigenstrombedarf	564.508 €	376.339 €	188.169 €	6,33%	-188.169 €	-376.339 €	-564.508 €
Fremdkapitalzins (Darlehn+Kontokorrent)	738.994 €	498.954 €	252.552 €	6,4% / 13,0%	-258.479 €	-522.657 €	-792.302 €
Fremdkapitalanteil	1.501.524 €	1.001.017 €	500.507 €	-1.726.073 €	-500.507 €	-1.001.017 €	-1.014.889 €
Anschaffungskosten gesamt	1.986.716 €	1.324.477 €	662.239 €	-1.749.795 €	-662.239 €	-1.324.477 €	-1.986.716 €
Substrataufwendungen gesamt	2.473.145 €	1.648.763 €	824.382 €	-251.498 €	-824.382 €	-1.648.763 €	-2.473.145 €
Weizenpreis	2.845.871 €	1.897.247 €	948.624 €	15,50 €	-948.624 €	-1.897.247 €	-2.845.871 €
Pflanzliche Substratkosten	2.987.724 €	1.991.816 €	995.908 €	-309.463 €	-995.908 €	-1.991.816 €	-2.987.724 €
Transportentfernung				1 - 3 km	-261.507 €	-1.152.044 €	-2.109.724 €

Abbildung 13: Outputänderung bei gegebener Inputänderung

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die in Abbildung 13 gezeigten Investitionsinputs unterliegen einem Ordnungssystem, das sich an dem Risikopotenzial orientiert. Von oben nach unten ordnen sich die Inputs vom höchsten negativen Risikopotenzial (elektr. Wirkungsgrad) zum höchsten positiven Risikopotenzial (pflanzliche Substratkosten) bei einer Inputabweichung von -10 %.

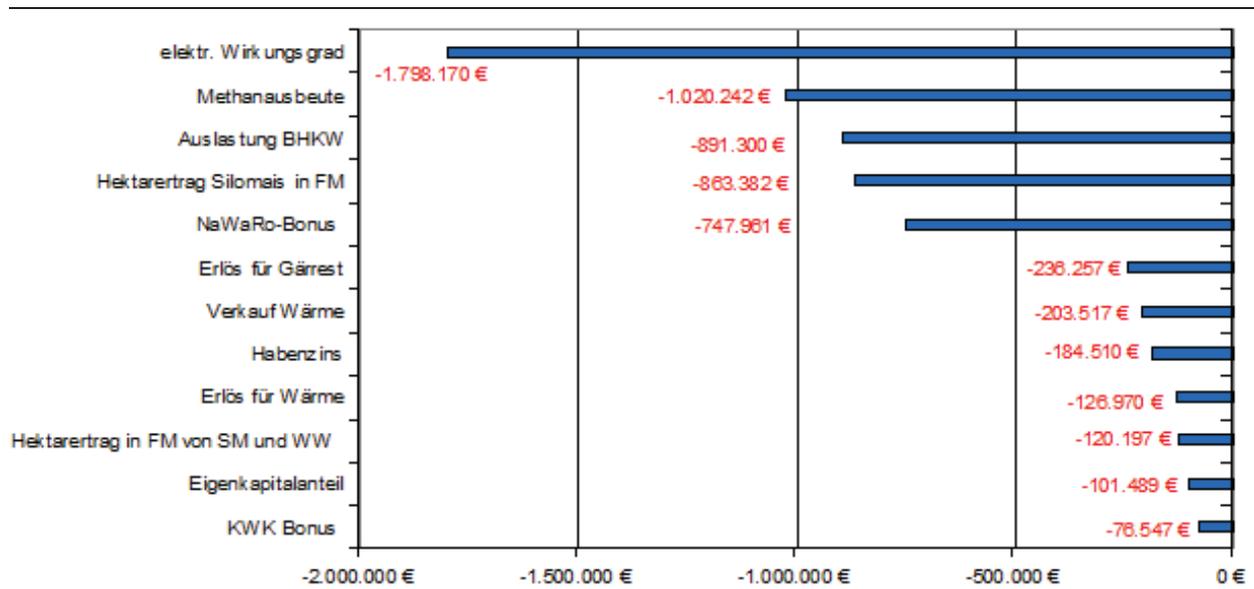
Der horizontale Trennstrich der Abbildung 13 teilt die Investitionsinputs nach dem grundsätzlichen Einfluss auf die Erfolgsgrößen in Abhängigkeit von der Richtung der Inputabweichung. Inputs oberhalb des Trennstriches besitzen bei negativer Inputabweichung eine negative Wirkung und bei positiver Inputabweichung einen positiven Einfluss auf den Investitionserfolg. Für die unterhalb des Trennstriches angeordneten Inputs verhält es sich gegenteilig. Zur besseren Illustrierung und Übersicht ist eine negative Investitionsbeeinflussung rot und eine positive Beeinflussung in schwarzer Schriftfarbe dargestellt. Die Erläuterung des horizontalen Aufbaus der Abbildung 13 beginnt mit der Spalte „Ausgangswerte“, in der die Inputausprägungen im Grundmodell enthalten sind. Links und rechts dieser Spalte sind die Outputänderungen bei negativer bzw. positiver Inputänderung aufgeführt. Auffällig ist ein fehlender Wert bei dreißigprozentiger Steigerung der Auslastung des BHKWs. Eine dreißig, aber auch zwanzigprozentige Steigerung der Auslastung liegt oberhalb der Jahresstunden (8760). Daher ist in der Spalte „+20 %“ der Wert für eine Auslastung von 8760 Stunden eingetragen, die Zelle links daneben bleibt leer, da eine Auslastung über 100% nicht gegeben sein kann. Ähnlich verhält es sich bei der Inputgröße „Fremdkapitalanteil“. Eine dreißigprozentige Erhöhung hätte ein Fremdkapital oberhalb der Anschaffungskosten zur Folge. Aus diesem Grund ist in der Spalte „+30 %“ der Wert für einen Fremdkapitalanteil von 100 % angegeben.

Das Potenzial, den Investitionserfolg in positiver oder negativer Weise zu beeinflussen, wird anhand der Änderung des Investitionswendwertes bei einer Inputänderung von -10 % dargestellt. Darauf aufbauend werden für Abweichungen oberhalb von 500.000 € die ursächlichen Faktoren herausgearbeitet. Aus Gründen der Übersicht wird sich bei Abweichungen unterhalb von 500.000 € auf die Darstellung eventueller Besonderheiten bezüglich der ursächlichen Faktoren beschränkt. Zunächst werden die Inputs mit einem negativen Einfluss (oberhalb des Trennstriches) auf den Investitionserfolg analysiert und anschließend die Inputs mit positiver Erfolgsbeeinflussung.

#### 7.3.2.1 Inputs mit negativer Risikowirkung

Bei der gegebenen Abweichungshöhe von -10% des Ausgangswertes weisen insge-

samt zwölf Inputs einen negativen Einfluss auf den Investitionserfolg auf. Die Abbildung 14 zeigt die Veränderung des Endwertes vom Ausgangswert (3.879.436 €).



**Abbildung 14: negative Beeinflussung des Endwertes bei Inputabweichung von -10%**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Fünf der in Abbildung 14 gezeigten Inputs bewirken eine Änderung des Endwertes oberhalb von 500.000 €, die übrigen sieben Inputs bewirken eine Endwertänderung unterhalb von 500.000 €. Im Folgenden wird auf die Ausprägung und die dafür ursächlichen Faktoren eingegangen.

**Elektrischer Wirkungsgrad:** Mit einer Veränderung der Endwertes um -1.796.170 € besitzt das Investitionsinput „elektrischer Wirkungsgrad“ das höchste negative Risikopotenzial. Eine Verringerung des Endwertes um diesen Betrag verursacht eine Abschmelzung der durchschnittlichen Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals um 3,46 Prozentpunkte auf 9,32 %. Ein beträchtlicher Teil des hohen Potenzials ist durch den unmittelbaren Einfluss auf die jährlich erzeugbare Strommenge zu erklären. Eine Reduzierung des elektrischen Wirkungsgrades verringert die äquivalente Leistung der BGA. Insgesamt kann somit weniger Strom vergütet werden. Unmittelbaren Einfluss nimmt der elektrische Wirkungsgrad auch auf die Stromkennzahl (Quotient aus elektrischem und thermischem Wirkungsgrad). Eine Abnahme des elektrischen Wirkungsgrades verringert die Stromkennzahl, die wiederum reduziert die KWK-Bonus-fähige Strommenge, so dass sich schlussendlich die Höhe des KWK-Bonus absenkt. Somit liegen die ursächlichen Faktoren für das hohe Risikopo-

tenzial dieses Investitionsinputs in der unmittelbaren Auswirkung auf die Strommenge, aber auch in den kausalen Verknüpfungen zur Höhe des KWK-Bonus. Diese Beziehung zum KWK-Bonus wirkt sich in beiden Variationsrichtungen verstärkend auf das Risikopotenzial aus.

**Methanausbeute:** Die Methanausbeute aus dem Biogas hat für den Investitionserfolg eine entscheidende Bedeutung. Eine Abschmelzung der Methangehalte aus dem Biogas von allen eingesetzten Substraten um 10 % reduziert den Endwert um ca. 1 Millionen Euro. Aus diesem Endwert ergibt sich eine Verringerung der durchschnittlichen Eigenkapitalverzinsung um 1,71 Prozentpunkte. Um die Auslastung der Biogasanlage zu gewährleisten, geht mit verringerten Methangehalten ein erhöhter Bedarf an Substraten einher. Daraus resultiert ein erhöhter Flächenbedarf zur Sicherstellung der benötigten Gasmengen und führt zur Erhöhung der Rationskosten, was schließlich ursächlich für das Risikopotential ist.

**Auslastung BHKW:** Eine Verringerung der jährlichen Auslastung um 10 % führt zu einer Endwertverringerung um 891.300 € auf ca. 2.990.000 €. Daraus ergibt sich eine Veränderung der Eigenkapitalverzinsung um -1,462 Prozentpunkte auf 11,32 %. Die vielfältigen kausalen Zusammenhänge zwischen der Auslastung eines BHKWs und anderen Investitionsinputs sind bereits bei der Beschäftigung mit dem Vorliegen von Interdependenzen im Rahmen der Modellkonzeption vorgestellt worden. Das Risikopotenzial der BHKW-Auslastung ist zum großen Teil durch die unmittelbare Verknüpfung mit der eingespeisten Strommenge und der sich daraus ergebenden Vergütung bestimmt. Dass kein höheres Risikopotenzial vorliegt, ist ursächlich auf das Bestehen von Interdependenzen zu anderen Investitionsinputs zurückzuführen. Diese Wechselwirkungen weisen in ihrer Gesamtheit und im Einzelnen einen kompensatorischen Effekt auf das Risikopotenzial auf. So geht zum Beispiel mit der Verringerung der Auslastung konsequenterweise eine Verringerung des Rationsbedarfs einher. Damit geht auch eine Verringerung des zu veräußernden Gärrestes einher, was den Kompensationseffekt aus der Veränderung des Rationsbedarfes ein wenig abschwächt. Leichte Ausgleichseffekte des Risikopotenzials zeigen auch einzelne Komponenten der variablen Kosten der Verstromung. Eine Reduzierung der jährlichen Auslastung verringert die Anzahl jährlich durchzuführender Wartungsintervalle, was Einfluss auf den Bedarf an Treib- und Schmierstoffen nimmt.

---

**Hektarertrag Silomais:** Unter den eingesetzten Substraten ist Silomais mit 8.150 Tonnen im Ausgangsmodell das mengenmäßig Bedeutendste. Kommt es zu einer um 10 % geringeren Ertragsleistung des Silomaises, so weicht der Endwert um 863.382 € ab, die durchschnittliche Eigenkapitalverzinsung sinkt um 1,41 Prozentpunkte. Die geringere Ertragsleistung wird durch zusätzlichen Flächenbedarf ausgeglichen. Bei Variation des Inputs „Hektarertrag Silomais“ kommt es modellintern zu keiner zwangsläufigen Änderung des Weizenertrages (als Opportunität), da dies aufgrund unterschiedlicher Standortansprüche nicht unbedingt gegeben sein muss. Indem der Weizenertrag nicht an den Silomaisertrag gebunden ist, kommt es hier auch nicht zu einem Kompensationseffekt durch geringere Beschaffungskosten pro Hektar Silomais.

**NaWaRo-Bonus:** Mit einer Vergütung in Höhe von 0,06 € bis zur äquivalenten Leistung von 500 kW und 0,04 € für darüber liegende Leistungen trägt dieser Bonus einen enormen Anteil an der gesamten Einspeisevergütung. Dies zeigt sich in der nicht unerheblichen Endwertränderung um -747.961 € auf 3.131.475 €, wenn es zu einer zehnpromtente Abschmelzung des Bonus kommt. Die sich aus dieser Verringerung ergebene Absenkung der durchschnittlichen Eigenkapitalverzinsung beträgt 1,20 Prozentpunkte auf 11,58 %. Die Höhe des NaWaRo-Bonus steht lediglich mit der erzeugten Strommenge in einem kausalen Zusammenhang, so dass keine durch wechselseitige Beziehungen verursachten Kompensations- oder Verstärkungseffekte bezüglich des Risikopotenzials vorliegen.

Die verbleibenden Inputs der Abbildung 14 zeigen ein geringes Risikopotenzial, da sie eine Veränderung des Endwertes unterhalb von 500.000 € bewirken. Da jedoch die Investitionsinputs „Verkauf Wärme“, „Erlös für Wärme“, „Hektarertrag in FM von SM und WW“ (Hektarertrag in Frischmasse von Silomais und Winterweizen) und der „Eigenkapitalanteil“ bezüglich ihres Risikopotenzials Besonderheiten aufweisen, werden die für die Risikowirkung ursächlichen Faktoren für diese Inputs ebenfalls erläutert.

**Verkauf Wärme und Erlös für Wärme:** Eine Auffälligkeit ist das unterschiedliche Risikopotenzial zwischen den Inputs „Verkauf Wärme“ (-203.517 € Abweichung) und „Erlös für Wärme“ (-126.970 € Abweichung). Obwohl der Verkauf der Wärmemenge

und der Erlös für eine Kilowattstunde Wärme um 10 % reduziert werden, besitzt die verkaufte Wärmemenge das höhere Risikopotenzial. Dies liegt an dem Einfluss der verkauften Wärmemenge auf die zuschlagsfähige Strommenge. Diese wiederum ist bedeutend für die Berechnung der Höhe des auszuzahlenden KWK-Bonus. Sinkt die verkaufte Wärmemenge, so reduzieren sich nicht nur die Einzahlungen aus dem Wärmeverkauf, sondern auch der KWK-Bonus. Steigt hingegen die verkaufte Wärmemenge, erhöhen sich neben den Einzahlungen aus dem Wärmeverkauf auch die Einzahlungen aus dem KWK-Bonus. Somit stellt für das Risikopotenzial des Inputs „Verkauf Wärme“ die Interdependenz zum KWK-Bonus einen verstärkenden Effekt dar.

**Hektarertrag in FM von Silomais und Winterweizen:** Ein ausgesprochen niedriges und wahrscheinlich nicht der Mehrheit der Erwartungen entsprechendes Risikopotenzial zeigt der Hektarertrag von Silomais und Winterweizen. Der Endwert verringert sich lediglich um 120.197 €, woraus eine Verringerung der durchschnittlichen Eigenkapitalverzinsung um 0,18 Prozentpunkte auf 12,60 % resultiert. Ursächlich für dieses geringe Potenzial ist der Hektarertrag Winterweizen, indem er auf die beschriebene Risikowirkung des Silomaisertrages einen enormen kompensatorischen Risikoeffekt ausübt. Mit einer Verringerung des Hektarertrages von Silomais und Winterweizen geht zum Ausgleich der Biogasration ein Anstieg des Flächenbedarfs für diese beiden Kulturen einher. Die damit verbundene Erhöhung der Substratkosten wird durch verringerte Bezugskosten der pflanzlichen Substrate pro Hektar kompensiert (geringeres Ertragsniveau). Eine Variation des Weizenertrages wirkt sich auf die Opportunitätskosten bei der Ermittlung der Bereitstellungskosten für Silomais aus. Die Risikowirkung geringerer Hektarerträge (bspw. geringeres Ertragsniveau in einer Region) wird folglich gebremst durch niedrigere Opportunitätskosten, da der Weizen-ertrag und somit der Deckungsbeitrag des Winterweizens ebenfalls sinkt.

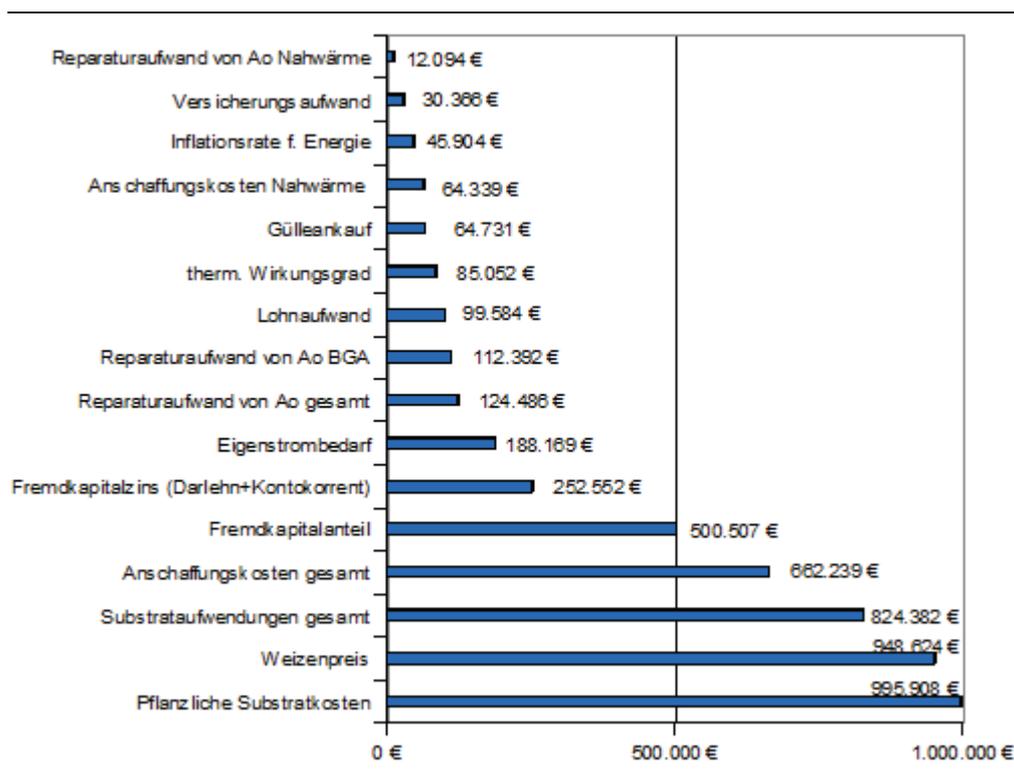
**Eigenkapitalanteil:** Eine Verringerung des Eigenkapitalanteils reduziert den Endwert um 101.489 € auf 3.777.946 €. Erstaunlicherweise geht damit eine Erhöhung der durchschnittlichen Verzinsung des um 10 % reduzierten Eigenkapitals einher. Sie steigt von 12,781 auf 13,23 %. So reduziert eine Verringerung des Eigenkapitalanteils den Endwert, erhöht jedoch gleichzeitig die durchschnittliche Verzinsung des Eigenkapitals; d.h., dass ein zunehmender Verschuldungsgrad sich positiv auf die

Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals auswirkt. Somit weist die Biogasanlageninvestition einen Leverage-Effekt auf. Die Ursache solch eines Effektes liegt darin, dass die Rendite des Gesamtkapitals größer ist als der Zins in der Fremdkapitalfinanzierung.

Die Investitionsinputs Gärrest, Habenzins und KWK-Bonus besitzen ein nur sehr geringes Risikopotenzial und weisen auch keine risikoverstärkenden oder abmildernden Effekte auf.

### 7.3.2.2 Inputs mit positiver Risikowirkung

Insgesamt 16 der untersuchten Inputs zeigen bei einer Abweichung in Höhe von -10 % einen positiven Effekt auf die Eigenkapitalrendite der Investition auf. Sie sind in der Abbildung 15 dargestellt.



**Abbildung 15: positive Beeinflussung des Endwertes bei Inputabweichung von +10%**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

**Pflanzliche Substratkosten:** Den bedeutendsten positiven Effekt auf den Endwert weisen die pflanzlichen Substratkosten auf. Wenn für die Bezugskosten für Mais und Winterweizen um 10 % niedrigere Werte angesetzt werden, so ändert sich der Endwert um 995.908 €. Dies ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Verzinsung des Eigenkapitals um 1,30 Prozentpunkte. Der starke Ein-

fluss auf den wirtschaftlichen Erfolg hängt unmittelbar mit der monetären Bedeutung der Stromgröße „pflanzliche Substrate“ im Zahlungsstrom der Biogasanlageninvestition zusammen. Aus dem Zahlungsstrom in der Abbildung 8 geht hervor, dass von allen Positionen die pflanzlichen Substrate die mit Abstand höchsten jährlichen Kosten verursachen.

**Weizenpreis:** Ein ebenfalls sehr hohes Risikopotenzial zeigt der Weizenpreis, da er bei gegebener Abweichungshöhe den Endwert der Investition um 948.624 € erhöht. Zum einen wirkt sich der Weizenpreis direkt auf die Bezugskosten für Winterweizen aus, zum anderen beeinflusst ein erhöhter Weizenpreis die Opportunitätskosten bei der Berechnung für die Bezugskosten für einen Hektar Silomais. Dieser „doppelte“ Einfluss auf die Substratkosten ist ursächlich für das hohe Risikopotenzial.

**Substrataufwendungen gesamt:** Die gesamten Substrataufwendungen ergeben sich aus den Bezugskosten für Rindergülle und pflanzliche Substrate, bereinigt um den Erlös für den aus den Substraten entstehenden Gärrest. Eine Verringerung dieser Positionen um 10 % erhöht den Endwert um 824.382 auf 4.703.817 €. Aus diesem Endwert leitet sich eine durchschnittliche Verzinsung des Eigenkapitals in Höhe von 13,87 % ab. Dass die gesamten Substrataufwendungen ein geringeres Risikopotenzial als die pflanzlichen Substratkosten besitzen, liegt daran, dass der Gärrestverkauf den Güllezukauf kompensiert und somit insgesamt einen Risiko mindernden Effekt aufweist. Der hohe Kompensationseffekt des Gärrestes rührt unter anderem daher, dass Biogasanlagen auch als „Düngerfabrik“ bezeichnet werden (s. PERETZKI ET AL. 2005 und monetäre Positionen der Biogasanlageninvestitionen im Kapitel 7.1.2).

**Anschaffungskosten gesamt:** Die gesamten Anschaffungskosten (BGA, Wärmenetz, Teleskoplader) stellen sich mit einer Beeinflussung des Investitionsendwertes in Höhe von 662.239 € ebenfalls als bedeutend dar. Ursächlich für das geringe Risikopotenzial ist, dass die Anschaffungskosten nicht kontinuierlich während der Nutzungsdauer anfallen, sondern nur einmalig am Investitionsbeginn erfolgen. Abweichungen bezüglich der Anschaffungskosten „verlieren“ sich somit in der im dynamischen Modell ausgewiesenen Nutzungsdauer. Ein verstärkender Effekt im Hinblick auf das Risikopotenzial liegt in der Verknüpfung der Anschaffungskosten mit den

Aufwendungen für Versicherung, Reparatur und Wartung. Ihre Ausprägung verändert sich in die gleiche Richtung, in der die Abweichung der Anschaffungskosten erfolgt.

**Fremdkapitalanteil:** Eine Verringerung des Fremdkapitalanteils erhöht den Endwert um ca. 500.000 €. Parallel zum Eigenkapitalanteil greift auch beim Fremdkapital der Leverage-Effekt.

Der Einfluss aller anderen in der Abbildung 15 gezeigten Inputs auf die Eigenkapitalrendite ist gering und beträgt weniger als 500.000 €. Da der Lohnaufwand, der thermische Wirkungsgrad und die Inflationsrate für Energie Besonderheiten bezüglich des Risikopotenzials aufweisen, werden die hierfür ursächlichen Faktoren dennoch aufgeführt.

**Lohnaufwand:** Der Lohnaufwand besitzt mit einer Abweichung des Endwertes in Höhe von 99.584 € bzw. eine Verringerung der durchschnittlichen Verzinsung um 0,14 Prozentpunkte ein geringes Risikopotenzial. Eine Besonderheit besteht hier darin, dass eine Variation des Lohnaufwandes nicht nur zur Änderung der Arbeitskosten für die Betriebsführung der Anlage führt, sondern auch Einfluss auf die Substratkosten nimmt. Die Verknüpfung zu den Substratkosten ergibt sich aus dem finanziellen Ausgleich für Mehrarbeit im Rahmen der Bereitstellung von Silomais (siehe Konzeption der Modellbiogasanlage).

**Thermischer Wirkungsgrad:** Eine Abweichung des thermischen Wirkungsgrades um -10 % beeinflusst den Endwert nur gering (85.052 €). Eine Variation des thermischen Wirkungsgrades beeinflusst die Ausprägung der Stromkennzahl. Diese wiederum hat Auswirkungen auf die Höhe des KWK-Bonus. Je niedriger der thermische Wirkungsgrad, desto höher ist die Stromkennzahl und somit steigt die Vergütung durch den KWK-Bonus. Somit sind die Verknüpfungen zum KWK-Bonus ursächlich für das Risikopotenzial des thermischen Wirkungsgrades.

**Inflationsrate für Energie:** Die Inflationsrate für Energie weist gleichzeitig kompensatorische und verstärkende Effekte bezüglich des Risikopotenzials auf. Kommt es zu einer Verringerung der Inflationsrate, so fallen die Aufwendungen für den Eigenstrombedarf (dieser wird aus Gründen der Versorgungssicherheit extern bezogen)

und für Treib- und Schmierstoffe geringer aus, was eine positive Änderung der Eigenkapitalrendite bewirkt. Diese Abweichung wird jedoch durch einen geringeren Wärmeerlös, der sich ebenfalls an der Inflationsrate für Energie orientiert, kompensiert. Die Beeinflussung des Endwertes beträgt 45.904 €, somit fällt das Risikopotenzial der Inflationsrate für Energie insgesamt moderat aus.

Die verbleibenden Inputs weisen im Hinblick auf die Bestimmungsgründe ihres ohnehin geringen Risikopotenzials keine Besonderheiten auf.

### 7.3.2.3 Risikopotenzial der politischen Willkür und der Transportentfernung

Durch Veränderung der Inputausprägung von  $\pm 30\%$  kann das Risikopotenzial der politischen Involvierung in die Vergütung von Strom und Wärme aus Biogasanlagen und die Transportentfernung nicht umfassend dargestellt werden. Aus diesem Grund sind die Investitionsinputs „NaWaRo-Bonus“, „KWK-Bonus“ und „Transportentfernung“ als Dummy-Variable in das Modell eingeflossen.

**Politische Willkür:** Die Tabelle 23 zeigt die Konsequenzen für den Endwert einer Biogasanlageninvestition, wenn der NaWaRo- und der KWK-Bonus jeweils abgeschafft, um die Hälfte verringert, um die Hälfte erhöht oder gar verdoppelt werden.

**Tabelle 23: Endwertänderung bei Änderung der Bonushöhe**

	Veränderung am Bonushöhe um			
	-100 %	-50 %	+50 %	+100 %
NaWaRo-Bonus	-12.778.328 €	-3.939.818 €	3.739.803 €	7.479.606 €
KWK-Bonus	-765.467 €	-382.734 €	382.734 €	765.467 €

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Sowohl eine Auflösung des NaWaRo-Bonus als auch eine Halbierung der Bonushöhe auf 0,03 € bewirken eine enorme negative Änderung des Endwertes. Beide Abweichungen sind mit 12.778.328 € bzw. 3.939.818 € höher als der Endwert des Ausgangsmodells (3.879.436 €), so dass zum Ende der Nutzungsdauer das gesamte eingesetzte Eigenkapital verbraucht ist und darüber hinaus noch ein negativer Kreditbestand zu verzeichnen ist. Eine Erhöhung des NaWaRo-Bonus um 50 % und 100 % hat einen bedeutenden Einfluss auf den Endwert, da dieser um 3.739.802 € bzw. 7.479.606 € gesteigert wird. Dies ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Verzinsung des Eigenkapitals von 12,781% auf 16,65 % bzw. 19,00 %. Auffällig bei der Variation des Bonus ist, dass eine Abschmelzung in diesem Modell erheblich höhere monetäre Konsequenzen verursacht als eine Bonuserhöhung. Um

ein ausgeglichenes Finanzierungssaldo zu erhalten, weist der Vollständige Finanzplan bei beiden Bonusabschmelzungen die Inanspruchnahme des Kontokorrents auf. Somit muss im Gegensatz zur Bonuserhöhung auf eine höhere Finanzierungsebene zurückgegriffen werden, was ursächlich für die ungleichen monetären Konsequenzen ist.

Im Gegensatz zum NaWaRo-Bonus fällt das Risikopotenzial durch politisch gewollte Veränderungen der KWK-Bonus-Vergütung gering aus. Sowohl eine Erhöhung als auch eine Reduzierung um 50 % der Bonushöhe von 0,02 € bewirkt eine Änderung des Endwertes in Höhe von 382.734 €. Die Auflösung oder Verdoppelung des KWK-Bonus verändert den Endwert um 765.467 €. Der Einfluss einer Veränderung des KWK-Bonus auf den Investitionserfolg ist grundsätzlich von der Bedeutung der zuschlagfähigen Strommenge (ergibt sich aus verkauften Wärmeeinheiten und der Stromkennzahl) am Gesamtkonzept der Biogasanlageninvestition abhängig. Die im Ausgangsmodell zugrunde gelegte Bonushöhe von 23.768 € entspricht der landwirtschaftlichen Praxis. Insgesamt kann somit dem KWK-Bonus für die Modellkonzeption dieser Arbeit, aber auch für Biogasanlagen mit vergleichbaren Wärmekonzepten, ein weitaus geringeres Risikopotenzial als dem NaWaRo-Bonus zugeteilt werden kann.

**Transportentfernung:** Bis zu einer durchschnittlichen Feldentfernung von drei Kilometern fallen im Ausgangsmodell keine zusätzlichen Transportkosten an. Über diese Entfernung hinaus fallen Grenztransportkosten an, die, wie bereits beschrieben, auf Kalkulationsdaten des Bundesverbandes Lohnunternehmen beruhen. In der Tabelle 24 wird der Einfluss einer Ausweitung der Transportentfernung auf den Endwert gezeigt. Da dies ein vielfach diskutiertes Thema ist, sind zur Veranschaulichung der Konsequenz auch die Grenztransportkosten für das erste Jahr mit angegeben, deren Ausprägung sich für die Folgejahre an der allgemeinen Inflation orientiert.

**Tabelle 24: Endwertabweichung und Grenzkosten durch zunehmende Transportentfernung**

	Durchschnittliche Feldentfernung						
	5 km	10 km	15 km	20 km	25 km	30 km	35 km
Abweichung	-265.507 €	-664.369 €	-1.152.044 €	-1.622.049 €	-2.109.724 €	-2.661.463 €	-3.336.355 €
Grenzkosten	-6.357 €	-16.149 €	-28.003 €	-39.428 €	-51.282 €	-64.683 €	-81.004 €

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Eine Änderung der durchschnittlichen Entfernung auf fünf Kilometer verringert den Endwert um -265.507 € und verursacht Grenztransportkosten in Höhe von 6.357 €.

Bis zu einer Feldentfernung von 15 km bleibt der Einfluss auf die durchschnittliche Verzinsung des Eigenkapitals unterhalb von zwei Prozentpunkten, da mit der Endwertänderung um -1.152.044 € eine Veränderung der durchschnittlichen Eigenkapitalverzinsung um -1,97 Prozentpunkte von 12,781 % auf 10,81 % einhergeht. Darüber liegende Distanzen verursachen weitaus bedeutendere Konsequenzen. So verursacht bspw. eine Entfernung von 20 km Grenzkosten in Höhe von knapp 40.000 € und eine Veränderung des Endwertes um -1.622.049 €. Zu einer extremen Beeinflussung des Investitionserfolges kommt es bei Feldentfernungen von 30 bzw. 35 Kilometer. Hier werden Grenzkosten in Höhe von 64.683 € bzw. 81.004 € verursacht und der Investitionserfolg um ca. 2,6 Mio. bzw. 3,3 Mio. Euro negativ beeinflusst. Die sich aus diesen Werten ergebenden durchschnittlichen Verzinsungen des eingesetzten Eigenkapitals drücken ebenfalls den Einfluss sehr hoher Transportentfernungen aus: So halbiert eine durchschnittliche Feldentfernung von 30 km die durchschnittliche Verzinsung auf 6,34 %, bei einer Entfernung von 35 Kilometern beträgt die Verzinsung lediglich noch 2,22 %. Insgesamt ist für das Ansteigen der Transportentfernung ein zunehmender Grenzverlust festzustellen; d.h., dass sich die Konsequenzen bezüglich des Endwertes nicht linear, sondern überproportional zur Ausweitung der durchschnittlichen Feldentfernung verhalten.

### 7.3.3 Verhaltensweisen potenzieller Risiken

Für die meisten der gezeigten Inputs gilt, dass eine gleich hohe Abweichung im Plus/Minus-Bereich den Investitionsendwert um den gleichen Betrag verändert. Einige Inputs zeigen jedoch bezüglich der Entwicklung des Endwertes und somit des Risikopotenzials ein davon abweichendes Verhalten. Entweder zeigen sie bei Erhöhung und Verringerung einen nicht paritätischen Einfluss auf den Endwert, oder es liegen Effekte vor, die bei zunehmender Variationshöhe einen verstärkenden oder mindernden Einfluss auf das Risikopotenzial ausüben.

Am deutlichsten sind diese Besonderheiten bei den Investitionsinputs „elektrischer Wirkungsgrad“ und „Auslastung BHKW“ zu beobachten. In Abhängigkeit zur Höhe der  $\pm$ -Variation des Ausgangswertes zeigen beide Investitionsparameter eine unterschiedliche Beeinflussung des Endwertes.

Ab einer bestimmten Variationshöhe des Ausgangswertes führt eine negative Inputänderung zu erheblicheren monetären Konsequenzen als eine positive Inputänderung. Der Grund hierfür ist, dass beide Investitionsparameter direkten Einfluss auf die äquivalente Leistung der Modellbiogasanlage nehmen. Die äquivalente Leistung wird

Vergütungsklassen zugeteilt, wobei grundsätzlich gilt, dass in der unteren Klasse (0-150 kW bei der Stromeinspeisung und 0-500 kW beim NaWaRo-Bonus) eine höhere Vergütung pro kWh erfolgt als in den darüber liegenden Kategorien (s. Kapitel 7.1.1). Variationen der äquivalenten Leistung innerhalb einer Vergütungsklasse führen zu den gleichen monetären Konsequenzen, wie es bspw. bei einer Abweichung des elektrischen Wirkungsgrades um  $\pm 10\%$  zu beobachten ist. Führt jedoch eine Inputvariation dazu, dass die äquivalente Leistung aus einer Vergütungsklasse herausfällt oder in eine höhere hineinwächst, so kommt es zu zunehmenden Grenzverlusten bzw. abnehmenden Grenzerträgen.

Dass Effekte vorliegen müssen, die das Risikopotenzial eines Inputs stärker beeinflussen als das anderer Inputs, zeigt ein Blick auf die Abbildung 13. Würde das in den Abbildungen 14 und 15 aufgezeigte Ranking nicht nach der Risikowirkung bei zehnpromzentiger Inputänderung erfolgen, sondern auf den Ergebnissen der zwanzigprozentigen Inputverringierung basieren, so würden bspw. die Inputs „Auslastung BHKW“ und „Hektarertrag Silomais“ ihre Positionen tauschen. Offensichtlich wirkt bei abnehmender Inputausprägung ein stärkerer Einfluss auf das Risikopotenzial vom „Hektarertrag Silomais“, als es beim Input „Auslastung BHKW“ der Fall ist. Das Risikopotenzial wächst beim „Hektarertrag Silomais“ stark an, da von Variationshöhe zu Variationshöhe ein zunehmender Grenzbedarf an Anbaufläche besteht. Wird der Ertrag um  $10\%$  verringert, so wächst die benötigte Fläche zur Bereitstellung des Silomaises um  $20,13\text{ ha}$  von  $181,11\text{ ha}$  auf  $201,24\text{ ha}$  bzw. um  $11,11\%$ . Bei einer weiteren Absenkung des Ertragsniveaus auf  $80\%$  des Ausgangswertes müssten bereits  $226,39\text{ ha}$  Silomais zur Substratversorgung angebaut werden. Ausgehend von  $181,11\text{ ha}$  im Grundmodell ist dies bereits eine Steigerung um  $45,28\text{ ha}$ , was einer Flächenausweitung um ca.  $25\%$  entspricht. Diese nichtlineare Entwicklung setzt sich bei weiterer Inputverringierung fort, so dass insgesamt das Risikopotenzial des „Hektarertrages Silomais“ im Verlauf einer Inputabsenkung stärker beeinflusst wird als es bei „Auslastung BHKW“ der Fall ist.

#### **7.3.4 Kritische Werte:**

Welche Inputausprägungen zu einem Mindesterfolg der Investition führen, wird dem Investor durch Kritische Werte angezeigt. Die in der Tabelle 25 angegebenen Kritischen Werte führen zu einem Endwert von  $885.419\text{ €}$  bzw.  $4,75\%$  durchschnittlicher Eigenkapitalverzinsung. Die Investitionsalternative Bundesanleihe führt ebenfalls zu diesem Erfolg, so dass im Kritischen Wert aus monetärer Sicht die Biogasanlagenin-

vestition die gleiche Vorzüglichkeit besitzt wie die beschriebene Bundesanleihe.

**Tabelle 25: Kritische Werte der Investitionsinputs**

	Ausgangswert	kritischer Wert	Änderung in %
Reparaturaufwand von Ao Nahwärme	2,00%	51,465%	2473,25%
Versicherungsaufwand	-8.000 €	-86.883 €	986,04%
Anschaffungskosten Nahwärme	-170.000 €	-960.041 €	464,73%
Gülleankauf	-16.815 €	-94.509 €	462,06%
Lohnaufwand	15,55 €	62,26 €	300,41%
Reparaturaufwand von Ao BGA	2,00%	7,323%	266,15%
Inflationsrate f. Energie	5,30%	18,89%	256,43%
Reparaturaufwand von Ao gesamt	2,00%	6,806%	240,29%
Eigenstrombedarf	6,33%	16,41%	159,11%
Fremdkapitalzins (Darlehn+Kontokorrent)	6,40%	13,17%	105,79%
Hektarertrag in FM von SM und WW	100% (500/85)	26,574% (133/23)	-73,43%
Anschaffungskosten gesamt	-1.749.795 €	-2.539.838 €	45,15%
Substrataufwendungen gesamt	-251.498 €	-356.100 €	41,59%
NaWaRo-Bonus	0,0600 €	0,0360 €	-39,99%
Weizenpreis	-15,50 €	-20,38 €	31,50%
Pflanzliche Substratkosten	-309.463 €	-402.329 €	30,01%
Hektarertrag Silomais in FM (dt)	500 dt	361 dt	-27,78%
Methanausbeute	100%	75,68%	-24,32%
Auslastung BHKW	7800 h	6440 h	-17,43%
elektr. Wirkungsgrad	41,0%	34,18%	-16,63%
therm. Wirkungsgrad	34,50%	<b>Kein kritischer Wert erreichbar</b>	
Wärmeverkauf	1.000.000	<b>Kein kritischer Wert erreichbar</b>	
Erlös für Gärrest	64.911 €	<b>Kein kritischer Wert erreichbar</b>	
KWK-Bonus	0,0200 €	<b>Kein kritischer Wert erreichbar</b>	
Vergütung Nahwärme	0,0250 €	<b>Kein kritischer Wert erreichbar</b>	
Habenzins	4,75%	<b>Kein kritischer Wert erreichbar</b>	
Eigenkapitalanteil	350.000 € (16,86%)	<b>Kein kritischer Wert erreichbar</b>	
Fremdkapitalanteil	1.726.073 € (83,14%)	<b>Kein kritischer Wert erreichbar</b>	

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die in der rechten Spalte der Tabelle 25 gezeigten prozentualen Abweichungen zum Erreichen des Kritischen Wertes nehmen von oben nach unten ab. Um den monetären Investitionserfolg auf das Niveau der Bundesanleihe zu reduzieren, muss zum Teil eine enorme Abweichung der Inputausprägung vom Ausgangswert erfolgen. So erhöht sich bspw. der Reparaturaufwand für das Nahwärmesystem von 2 auf über 50 % der Anschaffungskosten, womit sich der Ausgangswert um über 2400 % erhöht. Dass auch Inputs wie Versicherungsaufwand, Anschaffungskosten für das Nahwärmesystem, Gülleankauf oder Lohnaufwand auffällig hohe Veränderungen des Ausgangswertes von über 300 % aufweisen, ist insofern nicht überraschend, da sie zum einem vom Betrag her in der Gesamtinvestition von geringer Bedeutung sind und zum anderen keine das Risikopotenzial verstärkenden Interdependenzen zu anderen Inputs aufweisen. Für einen Investor spielen sie daher eine untergeordnete Rolle, da

ein Eintreten solch hoher Abweichungen schwer denkbar ist. Eine genauere Betrachtung bei der Investitionsentscheidung müssen diejenigen Inputs erfahren, deren Kritischer Wert bereits bei geringer Inputabweichung erreicht ist. Hierzu gehören die Inputs von „Anschaffungskosten gesamt“ bis zum „elektrischen Wirkungsgrad“ der Tabelle 25, die zur Übersichtlichkeit farbig unterlegt sind. Sie alle benötigen bis zum Erreichen ihres Kritischen Wertes lediglich eine Inputabweichung von unter 50 % des Ausgangswertes. Aufgrund der relativen Nähe zwischen dem Kritischen Wert und den Ausgangsannahmen sollte diesen Inputs von dem Investor bei Festlegung einer Inputausprägung erhöhte Aufmerksamkeit entgegengebracht werden. Bereits eine Reduzierung des elektrischen Wirkungsgrades um lediglich 16,6 % führt zu einem Endwert der Investition von 885.419 €, respektive einer Eigenkapitalverzinsung von 4,75 %, und ist somit nur noch so erfolgreich wie die Investition in eine Bundesanleihe. Ähnliches gilt für die Auslastung des BHKWs, die Methanausbeute und für den Hektarertrag Silomais. Ihr Kritischer Wert ist bereits bei einer Veränderung des Ausgangswertes um weniger als 30 % erreicht. Ein interessanter und nicht nur zu Zeiten hoher Rohstoffpreise auf den Agrarmärkten aktueller Aspekt einer Biogasanlageninvestition ist der Kritische Wert des Weizenpreises. Unter den Prognosedaten der OECD für Weizenpreisschwankungen bis 2016 und den anschließenden unterstellten Preisanstieg von jährlich 1,5 % führt bereits ein Weizenpreis von ca. 20 €/dt. dazu, dass der Endwert auf 885.419 € zurückgeführt wird und eine durchschnittliche Verzinsung des Eigenkapitals von lediglich 4,75 % möglich ist. Auch den Substratkosten, den Anschaffungskosten und dem NaWaRo-Bonus sind geringe Inputabweichungen zum Erreichen ihrer Kritischen Werte zu bescheinigen, weshalb auch bei ihnen die Ausprägung mit Bedacht bestimmt werden muss. Leichte Ausprägungsänderungen haben erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung und somit auf die Entscheidungsgrundlage.

Aus der Beschäftigung mit dem Einfluss der durchschnittlichen Transportentfernung auf den Wirtschaftlichkeitserfolg geht hervor, dass bei einer durchschnittlichen Feldentfernung von 30 km der Investitionserfolg noch oberhalb der Investitionsalternative Bundesanleihe liegt. Dies ist jedoch bei einer Transportentfernung von 35 km bereits nicht mehr gegeben, woraus ein Kritischer Wert zwischen 30 und 35 km geschlossen werden kann.

Für die Inputs, die keinen Kritischen Wert erreichen können, gilt, dass keine mögliche Inputausprägung zu einem Erfolg der Biogasanlageninvestition unterhalb des Oppor-

tunitätserfolges führt.

### **7.3.5 Fazit**

Mit Hilfe des Vollständigen Finanzplanes erlangt ein Investor für die Investitionsentscheidung wertvolle Informationen darüber, welche Finanzströme aus einer geplanten Biogasanlage resultieren würden. So kann im Vollständigen Finanzplan der Biogasanlageninvestition eine Auffälligkeit im zehnten Jahr der Nutzungsdauer gezeigt werden, die von besonderer Bedeutung ist. Zum einen kommt es zu erheblichen Ersatzinvestitionen, zum anderen können die jährlichen Überschüsse das Investitionsvolumen nicht decken, weshalb zum Ausgleich des Finanzierungssaldos der Finanzbestand zum Teil aufgelöst werden muss. Den größten Einfluss auf den Investitionserfolg und damit auch das höchste Risikopotenzial besitzen die Inputs, die die Bereitstellungskosten für pflanzliche Substrate direkt oder zumindest indirekt beeinflussen. Somit sind diesem Block neben der technischen Komponente „elektrischer Wirkungsgrad“ und den Anschaffungskosten einer Biogasanlage die bedeutendsten Einflüsse auf den Investitionserfolg zuzuschreiben. Demgegenüber weisen andere Inputs ein Risikopotenzial unterhalb der gängigen Erwartung auf, bspw. besitzen die Kapitalkonditionen in Form von Soll- und Habenzinsen einen geringen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.

Zwischen Investitionsinputs können Interdependenzen bestehen, die einen verstärkenden oder kompensatorischen Effekt auf das Risikopotenzial ausüben. Das Risikopotenzial verstärkender Effekte konnte bspw. beim elektrischen Wirkungsgrad durch die Verbindung zum KWK-Bonus oder bei der Auslastung durch die Interdependenz zum Versicherungs- und Wartungsaufwand gezeigt werden. Kompensatorische Effekte liegen unter anderem beim Hektarertrag durch die Verbindung zu den Opportunitätskosten vor. Der Einfluss eines Inputs auf den Investitionserfolg muss nicht linear zur Veränderung des Ausgangswertes erfolgen. Die Analyse des Verhaltens von Risikopotenzialen in Abhängigkeit zur Veränderung der Ausgangsgrößen zeigt, dass bezüglich des Endwertes zunehmende Grenzverluste aber auch abnehmende Grenzerträge bei Ausweitung der Variationshöhe des Ausgangswertes vorliegen. Gerade Investitionsparameter, die die zu vergütende Strommenge beeinflussen, zeigen diesen Effekt. Einige der Investitionsinputs können keinen Kritischen Wert erreichen. Bei der „Auslastung BHKW“ und beim „elektrischer Wirkungsgrad“ reichen hingegen geringe Inputvariationen zum Erreichen der Kritischen Werte.

## **8 Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos**

Das investitionsspezifische Gesamtrisiko einer Biogasanlageninvestition ergibt sich aus dem Zusammenspiel der vorhandenen Einzelrisiken. Die Aggregation der Einzelrisiken ermöglicht die quantitative Bewertung des Gesamtrisikos der Investition.

### **8.1 Datengrundlage**

#### **8.1.1 Modellübertragung**

Eine zwingend erforderliche Anforderung an ein Modell zur Risikoanalyse ist, dass es die zu berücksichtigenden Risikofaktoren (Inputvariablen, die als unsicher angesehen werden) und eine Zielgröße enthält (DENK ET AL. 2006). Eine weitere Modellanforderung ergibt sich aus dem Anspruch, Abhängigkeiten, sprich Interdependenzen, zwischen den Risiken zu erfassen. Beiden Anforderungen wird das Simulationsmodell zur Analyse der Einzelrisiken gerecht. Fußt die Risikoanalyse auf diesem Modell, ist sichergestellt, dass Interdependenzen zwischen den einzelnen Investitionsinputs Berücksichtigung finden und so von vornherein der Gefahr entgegengewirkt wird, Kompensations- oder Wachstumseffekte aus dem Zusammenspiel der Einzelrisiken nicht zu erfassen. Darüber hinaus sichert eine Modellübertragung auch die weiteren bereits beschriebenen Modellvorteile wie den dynamischen Ansatz und die explizite Berücksichtigung verschiedener Kapitalmarktkonditionen für die Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos. Die Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos trifft Aussagen zur Risikosituation auf Basis der Aggregation von Einzelrisiken. Daher ist es für den Gehalt und die Interpretierbarkeit der Ergebnisse sinnvoll, dass sich das investitionsspezifische Gesamtrisiko und die Einzelrisiken auf das gleiche Modell zur Risikoanalyse beziehen. Aus den genannten Gründen kommt das Analysemodell zur Bestimmung von Einzelrisiken auch bei der Bestimmung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos zur Anwendung.

Aus didaktischen Gründen werden die für die Risikoanalyse relevanten Parameter und ihre Wahrscheinlichkeitsverteilung im Rahmen der Modellkonzeption vorgestellt.

#### **8.1.2 Untersuchungsrahmen**

Aus der gezeigten Ergebnisverteilung können die Wahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Investitionsergebnisse abgeleitet werden. Gemäß der Vorgabe aus der Zielstellung beinhaltet die Untersuchung der Ergebnisverteilung das Totalverlustziel, Anspruchsniveautil und das Intervallziel. Wie ein Totalverlust definiert ist, welchen

Ansprüchen eine Investition aus monetärer Sicht genügen muss und welches Ergebnisintervall von besonderem Interesse ist wird investorspezifisch unterschiedlich bewertet. Daher muss die Ausgestaltung der Untersuchungsziele konkretisiert werden.

Beim Totalverlustziel beinhaltet die Verteilungsuntersuchung die Wahrscheinlichkeiten für verschiedene negative Investitionsergebnisse. Es wird untersucht, mit welcher Wahrscheinlichkeit am Investitionsende

- das eingesetzte Eigenkapital verloren ist und Verbindlichkeiten bestehen
- das eingesetzte Eigenkapital lediglich nominal erhalten bleibt
- das eingesetzte Eigenkapital real erhalten bleibt (Verzinsung nach Inflationsrate).

Das Anspruchsniveauziel gibt die Mindestanforderungen eines Investors an eine Investition wieder. Im Rahmen des Anspruchsniveauziels wird untersucht, mit welcher Wahrscheinlichkeit

- zumindest der Investitionserfolg der Opportunität erreicht wird (risikoloser Zins)
- die Investition zu einer zweistelligen durchschnittlichen Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals führt
- der Investitionserfolg über dem der Modellkalkulation liegt.

Das Intervallziel untersucht die Spannweite der Investitionserfolge für ein bestimmtes Intervall. Welche Spannbreite 50% und 90 % aller Ergebnisse um den Mittelwert einnehmen, ist Untersuchungsgegenstand des Intervallzieles dieser Arbeit.

## **8.2 Methode zur Bestimmung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos**

### **8.2.1 Methodenwahl zur Aggregation der Einzelrisiken**

Um das Zusammenspiel von Einzelrisiken zu quantifizieren, etabliert sich zunehmend das Konzept des Value-at-Risk (ODENING UND MUSSHOFF 2001). In der Literatur werden drei unterschiedliche Bewertungsansätze der VaR-Konzeption genannt (ODENING UND HINRICHS 2003). Die Varianz-Kovarianz-Methode, die historische Simu-

lation und die Monte-Carlo-Methode. Im Folgenden werden diese in aller Kürze vorgestellt und auf Konformität mit der Zielstellung dieser Arbeit untersucht.

Die Varianz-Kovarianz-Methode zählt zu den parametrischen VaR-Verfahren, die unter Verwendung von Volatilitäten und Korrelationskoeffizienten das Risiko misst (JARETZKE 2007). Dabei werden historische Daten, die zur Ermittlung der Volatilität und der Korrelationskoeffizienten der Inputvariablen dienen, in die Zukunft übertragen. Um den Varianz-Kovarianz-Ansatz durchführen zu können, muss für alle Inputvariablen eine Varianz-Kovarianz-Matrix erstellt werden, mit denen die Stochastik der Risikofaktoren beschrieben wird. Dies ist mit der in dieser Arbeit verwendeten Position (Biogasanlage) und den dazugehörigen, sehr objektspezifischen Inputvariablen nicht möglich, da für einen Großteil der Inputvariablen keine Varianzen und auch Korrelationen vorliegen und für die Fülle der verwendeten Variablen eine Varianz-Kovarianz Matrix nicht zu erstellen ist. Darüber hinaus sehen ODENING UND MUSSHOFF (2001) die Anwendung der Varianz-Kovarianz-Methode im Agribusiness hinsichtlich der Anpassung der Volatilität als problematisch.

Bei der historischen Simulation werden historische Änderungen der Risikofaktoren (Inputvariablen) herangezogen, um das Risiko zu ermitteln. Zunächst werden dafür die aktuellen Ausprägungen der Risikofaktoren bestimmt. Die Veränderungen, die die Inputvariablen erfahren sollen, werden anhand eines historischen Analysezeitraumes bestimmt (JARETZKE 2007). Durch die Implementierung der historischen Parameteränderung kann ein Risiko oder eine Chance berechnet werden. Je mehr Werte aus historischen Zeitreihen ermittelt werden, desto größer ist folglich das Szenariobündel. Um eine VaR Aussage zu machen, werden die erzeugten Ergebnisse „in aufsteigender Reihenfolge sortiert und der VaR dem Konfidenzniveau entsprechend abgelesen“ (WILKENS UND VÖLKER 2001: 420). Der Vorteil der historischen Simulation liegt in der völligen Unabhängigkeit von subjektiven Annahmen über die Parameterverteilung. Um aktuelle Marktentwicklungen in der historischen Simulation verstärkt berücksichtigen zu können, schlagen WILKEN UND VÖLKER (2001) Modifikationen am Grundmodell dahingehend vor, dass das Ergebnis der Analyse der Zeitreihe dem zukünftigen Marktverhalten mittels Gewichtungsfunktion angepasst wird. Solche korrigierenden Modellannahmen negieren jedoch den Anspruch der historischen Simulation frei von Modellannahmen zu sein. Des Weiteren wird es schwierig sein, für einige Inputs ausreichend lange historische Zeitreihenanalysen zu erstellen. Bei der Monte-Carlo-Simulation (MCS) handelt es sich um ein numerisches Verfah-

ren, das mit Hilfe eines Zufallszahlengenerators Inputausprägungen gemäß den vorgegebenen Verteilungsparametern simuliert. Die Verteilungsparameter werden aus der Annahme heraus gewonnen, dass die Verteilungen der Inputvariablen für die Zukunft objektiv oder subjektiv prognostizierbar sind. Genau diese Flexibilität bezüglich der Verteilungsannahmen bezeichnen ODENING UND MUSSHOFF (2001) als größten Vorteil des Ansatzes. Die gleichzeitige Simulation der gewählten Inputs wird in so hoher Anzahl durchgeführt, bis sich die für die Marktwertänderung ergebende Verteilung stabilisiert“ (WILKENS UND VÖLKER 2001: 419). Um eine VaR-Aussage tätigen zu können, müssen die simulierten Ergebnisse analog zur historischen Simulation in aufsteigender Reihenfolge sortiert werden. Je nach Konfidenzniveau kann dann der entsprechende Wert abgelesen werden.

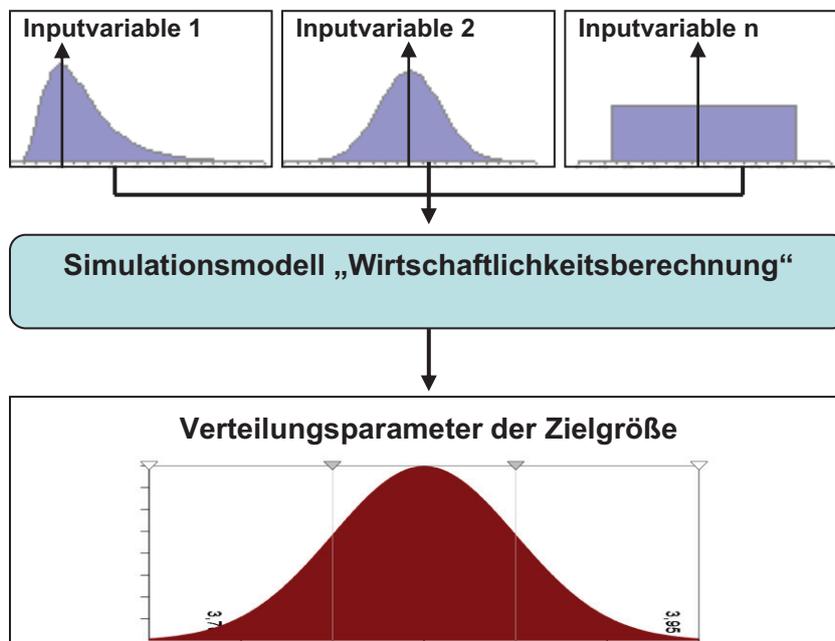
Die Monte-Carlo-Simulation kommt in dieser Arbeit zur Anwendung, da keine historischen Daten zur Ermittlung der Inputverteilung vorliegen müssen. Darüber hinaus sind Verteilungen, basierend auf historischen Daten, für die meisten Investitionsinputs gar nicht oder nur mit erhöhtem Aufwand zu bestimmen. Der Charme einer Monte-Simulation liegt darin, dass die benötigten Informationen sehr leicht zugänglich sind (investorspezifische Annahmen anstatt historischer Daten), was die Voraussetzung für einen routinemäßigen Einsatz ist. Gleichzeitig ist sie „die flexibelste, umfassendste und potentiell genaueste Methode der Risikoquantifizierung“ (JARETZKE 2007: 45).

### **8.2.2 Monte-Carlo-Simulation**

Mit der Monte-Carlo-Simulation wird das stochastische Zusammenwirken von zufallsbedingten Merkmalsausprägungen, in der Stochastik auch Realisierungen genannt, der Inputvariablen in ihrer Gesamtwirkung auf den Investitionserfolg sichtbar gemacht. Der Ausdruck „Monte Carlo“ wurde von den Mathematikern J. v. Neumann und S. Ulam (s. HOLTON 2004) eingeführt und soll als Codewort für geheime Forschungsarbeiten in Los Alamos während des zweiten Weltkrieges (s. RUBINSTEIN 1981) verwendet worden sein. Da sich die Wissenschaftler mit zufälligen Verbreitungen von radioaktiven Teilchen befassten (WIESKE, D. 2006) und beim Roulettespiel das Generieren von Zufallszahlen von zentraler Bedeutung ist, verwundert es nicht, dass der für sein Spielcasino berühmte Stadtteil Monte Carlo Namenspate sowohl für das Codewort als auch für die Methode ist.

### 8.2.2.1 Modelkonzeption

Für die Investitionsinputs, die als Zufallsvariablen in die Monte-Carlo-Simulation einfließen, müssen zunächst Wahrscheinlichkeitsverteilungen vorgenommen werden, die entweder durch Abschätzung oder auf Basis historischer Daten ermittelt werden können. Mittels Zufallsziehungen werden für alle relevanten Investitionsinputs mehrere Werte (im Rahmen ihrer zuvor bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilung) realisiert. Die zustande gekommene Ausprägung der Erfolgsgröße wird festgehalten und mit der nächsten Zufallsziehung begonnen. Wird der Schritt der zufälligen Realisierung von Inputvariablen hinreichend oft wiederholt, lässt sich aus den Ergebnissen eine Verteilungsfunktion und eine Dichtefunktion für die Erfolgsgröße ableiten. Die Abbildung 16 zeigt die Risikoaggregation mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation.



**Abbildung 16: Funktionsweise der Monte-Carlo-Simulation**

Quelle: eigene Darstellung

Die Durchführung der MCS folgt einem vorgegebenen Schema, welches in der Literatur mit einer leicht variierenden Anzahl von Prozessschritten beschrieben wird. In Anlehnung an OBERMAIER 2002, ODENING UND MUSSHOFF 2001, KOSMIDOU UND ZOPOUNIDIS 2008, RAUH ET AL. 2008 wird die Simulation in dieser Arbeit in folgenden Schritten vollzogen:

1. Erstellen eines Modells zur Risikoanalyse
2. Bestimmung der unsicheren Parameter
3. Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen

4. Realisierung der Zufallsvariablen und Berechnung der Zielgröße (Erfolgsgröße)
5. wiederholte Neuberechnungen des Modells

Welche Ausgestaltung die einzelnen Schritte zur Anwendung der MCS in dieser Arbeit im Detail erfahren haben, wird im Folgenden erläutert.

### 8.2.2.2 Erstellen eines Modells zur Risikoanalyse

Wie bereits erwähnt fußt die Monte-Carlo-Simulation auf dem Modell zur Risikoanalyse, welches bei der Bestimmung der Einzelrisiken zur Anwendung gekommen ist.

### 8.2.2.3 Bestimmung der unsicheren Parameter:

Zahlreiche Einflussfaktoren wirken sich positiv oder negativ auf den Betrieb einer Biogasanlage aus, was in der vorangegangenen Analyse von Einzelrisiken gezeigt worden ist. Daher enthält das Modell zur Risikoanalyse weit über hundert Investitionsinputs, die in die Berechnung der Erfolgsgröße mit einfließen (siehe Konzeption der Modellanlage). Im Gegensatz zum Ansatz von RAUH ET AL. (2008), der eine Ex-post-Betrachtung zur Investitionsentscheidung in Biogasanlagen durchführt und somit Inputs wie z.B. Investitionssumme und Zinshöhe in ihrer tatsächlichen Ausprägung bereits vorliegen und als fix zu betrachten sind, sind in dieser Betrachtung grundsätzlich alle Investitionsinputs geeignet, als Zufallsvariable in die MCS einzufließen. Der Betrachtungszeitpunkt dieser Arbeit liegt vor dem Investitionszeitpunkt<sup>10</sup>. Dennoch wird die Anzahl der Zufallsvariablen aus folgenden Gründen begrenzt:

- Eine Monte Carlo Simulation als Hilfestellung zur Investitionsentscheidung für oder gegen eine Biogasanlage sollte für den Entscheidungsträger übersichtlich und nachvollziehbar gestaltet sein. HOSSENFELDER (2005) sieht das Verständnis der (Risiko-)Informationen als notwendige Voraussetzung für eine Entscheidungsorientierung an. Gerade vor dem Hintergrund, dass Monte-Carlo-Simulationen noch nicht zum festen Bestandteil des landwirtschaftlichen Risikomanagements gehören, sollte die Simulationskonzeption die Entscheidungsträger (in aller Regel Landwirte) nicht überfordern (vgl. WACK 2006). LINNERTOVA UND REUSE (2009) be-

---

<sup>10</sup> Dies ergibt sich zwangsläufig aus dem Anspruch dieser Arbeit, nämlich eine Hilfestellung zur Investitionsentscheidung zu sein.

merken in diesem Zusammenhang, dass die Monte Carlo Methode in einer „komplexen Form nur schwer und nicht intuitiv nachvollziehbar“ ist.

- Für jedes Investitionsinput, welches als Zufallsvariable in die MCS eingeht, ist es notwendig, Verteilungsannahmen zu treffen. Daher kommen nur Investitionsinputs in die Auswahl, bei denen davon auszugehen ist, dass der Entscheidungsträger oder zumindest ein Berater in der Lage ist, eine Vorstellung über die stochastische Verteilung zu entwickeln (siehe ADAM 1996).

Neben den sich daraus ableitenden Forderungen an die Inputabgrenzung muss darüber hinaus gewährleistet sein, dass alle zufällig erzeugten Kombinationen von Investitionsinputs in der Realität möglich sind und sich aufgrund von kausalen Zusammenhängen technischer und anderer Art nicht gegenseitig ausschließen (vgl. ADAM 1996, LIEBL 1992, WIESKE 2006). Diese Bedingung wirft unmittelbar die Frage nach der Berücksichtigung von Abhängigkeit zwischen Investitionsinputs in der MCS auf. Dabei ist sie von derart zentraler Bedeutung, dass hier eine ausführliche Diskussion angebracht erscheint:

Die Literatur behandelt die Betrachtung von Abhängigkeiten im Zusammenhang mit der Aggregation von Risiken bisher unzureichend. Die Annahme von vollständiger stochastischer Unabhängigkeit zwischen Inputrisiken trifft nicht immer die Gegebenheiten der Realität (WACK 2007). Für die Realitätsnähe kann es jedoch notwendig sein, Zufallsvariablen mit in ein Simulationsmodell aufzunehmen, die nicht unabhängig voneinander sein können (LIEBL 1992).

Mit dem Bestehen von Abhängigkeiten in einem Modell geht einher, dass die Kombination von Ausprägungen zwischen abhängigen Variablen nicht beliebig ist. Die Berücksichtigung von Abhängigkeiten in einem Modell setzt jedoch voraus, dass Kenntnisse über die bedingten Wahrscheinlichkeitsverteilungen vorliegen. Hier liegt das Hauptproblem der Berücksichtigung von Abhängigkeiten im Simulationsmodell: Sowohl WACK (2007) als auch ADAM (1996) geben zu bedenken, dass Entscheidungsträger und/oder Verantwortliche aufgrund fehlender Erfahrung bei der Bestimmung der Verteilung überfordert sein könnten und somit keine fundierten Aussagen zu den Abhängigkeiten zwischen den Risiken machen können. Aus diesem Grunde ist die Annahme der stochastischen Unabhängigkeit zwischen Investitionsinputs

regelmäßig in der Literatur zur Risikoanalyse zu finden. (z.B. LINNERTOVA UND REUSE 2009, ADAM 1996, RAUH ET AL. 2008, WACK 2007). Die fehlende explizite Berücksichtigung von Abhängigkeiten wird dabei in aller Regel mit einem der beiden folgenden Argumente begründet:

- Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen sind mit Hilfe von Experten gewonnen worden. Sie können zwar die Abhängigkeit zwischen Investitionsinputs nicht genau quantifizieren, doch aufgrund ihres Erfahrungsschatzes berücksichtigen Expertenmeinungen indirekt bestehende Abhängigkeiten (vgl. WACK 2007).
- Bei nicht oder nur schlecht vorhandener Datengrundlage, die keine Aussagen über die Wahrscheinlichkeitsverteilungen abhängiger Variablen zulassen, ist es besser bestehende Korrelationen nicht zu berücksichtigen. Dies wirkt von vornherein der Gefahr entgegen, aufgrund schlecht geschätzter Abhängigkeiten zu falschen Aussagen zu kommen. FARWICK UND KRÄMER (2008) weisen in diesem Zusammenhang auf Aggregationsfehler hin, die stets bei der Interpretation von Simulationsergebnissen Berücksichtigung finden müssen.

Die vollständige Ignoranz von Abhängigkeiten zwischen Investitionsinputs kann dazu führen, dass Kompensationseffekte oder Verstärkungen aus dem Zusammenspiel zweier oder mehrerer Risiken heraus nicht erfasst werden. Soll ein Entscheidungsträger mit Hilfe der MCS fundierte Aussagen zum investitionsspezifischen Gesamtrisiko erhalten, so impliziert dies eine Simulation, welche die Begebenheiten des Real-systems Biogasanlage möglichst exakt berücksichtigen muss. Daher, und vor dem Hintergrund eines bereits bestehenden Risikomodells mit explizit herausgearbeiteten Wechselwirkungen zwischen Investitionsinputs, muss den Abhängigkeiten eine hohe Bedeutung eingeräumt werden. Der Exkurs verdeutlicht die Schwierigkeiten bei der Berücksichtigung von Abhängigkeiten, welche auch auf diese Arbeit zutreffen:

- die Nennung von Verteilungsgesetzten abhängiger Variable durch den Entscheidungsträger
- ansteigende Komplexität der Risikoanalyse zum Nachteil von Nachvollziehbarkeit und Übersichtlichkeit seitens des Entscheidungsträgers

Die Berücksichtigung von Interdependenzen, die explizit im Modell zur Wirtschaftlichkeitsberechnung herausgearbeitet worden sind, basieren alle auf logischen Bedingungen, welche in Form von technischen, physikalischen oder anderen Kausalitäten vorgegeben sind. Diese Bedingungen, beispielsweise, dass mit zunehmender Auslastung der Rationsbedarf steigen muss, sind leicht nachvollziehbar und können von einem Entscheidungsträger selbst formuliert werden. Er kann aufgrund von Erfahrung oder anderweitig angeeignetem Fachwissen wahrscheinlich auch zahlreiche Abhängigkeiten zwischen den Inputs einer Biogasanlageninvestition benennen. Sollen jedoch Verteilungsgesetze zwischen abhängigen Variablen seitens des Entscheidungsträgers quantifiziert und formuliert werden, so droht die von LINNERTOVA UND REUSE (2009) und WACK (2007) beschriebene Gefahr der Überforderung und die Komplexität des Modells steigt zudem an. Da keine Verteilungsgesetze für die zahlreichen und untereinander verknüpften Investitionsparameter vorliegen und um das Modell weiterhin nachvollziehbar und übersichtlich zu belassen, werden bestehende Abhängigkeiten, Wechselwirkungen und Interdependenzen auf der Ebene der logischen Bedingung berücksichtigt. Diese Gegebenheit hat für die Inputauswahl direkte Folgen. Damit alle Kombinationen von Inputausprägungen real möglich sind und nicht in logische Widersprüche führen, werden solche Inputgrößen als Zufallsvariablen gewählt, die die Bedingung der stochastischen Unabhängigkeit zu den anderen ausgewählten Zufallsvariablen erfüllen. Die Zufallsvariable  $x$  und  $y$  sind stochastisch unabhängig, wenn gilt:

$$w(x_i \cap y_j) = w(x_i) \times w(y_j) \quad (i, j \in \{1, \dots, n\}) \quad (\text{BLOHM ET AL. 2006}).$$

Das heißt, dass die Wahrscheinlichkeit  $w$ , dass sowohl das Ereignisse  $x_i$  als auch das Ereignis  $y_i$  eintreten, gleich der Wahrscheinlichkeit  $w$  aus dem Produkt der Einzelwahrscheinlichkeiten ist. Weiter muss die Benennung der Zufallsvariablen gewährleisten, der Risikosituation umfassend gerecht zu werden und dass keine Risikoeffekte durch die Auswahl negiert werden. Folgende Inputgrößen fließen daher als Zufallsvariable in die Monte-Carlo-Simulation ein:

---

• Anschaffungskosten gesamt	• Hektarertrag Mais	• Versicherungsaufwand
• Eigenkapitalanteil	• Weizenpreis	• Reparaturaufwand
• Zinsniveau	• Verkaufte Wärme	• Lohnansatz
• Elektrischer Wirkungsgrad	• Eigenstrombedarf	• Methangehalt
• Auslastung	• Vergütung pro Wärmemenge	• Preisniveau Nährstoffe

---

Die gezeigten Inputgrößen bilden die exogenen Variablen des Modells. Alle anderen Investitionsinputs werden als deterministische oder quasi-deterministische Variable in der Simulation berücksichtigt. Quasi-deterministisch deshalb, da sie wie die deterministischen Variablen vom Entscheidungsträger eindeutig bestimmt und frei von zufälligen Einflüssen sind, jedoch ihre Ausprägungen aufgrund logischer Verknüpfungen im Laufe der Simulation variieren.

Ein Vergleich der ausgewählten Zufallsvariablen mit den untersuchten Investitionsparametern bei der Einzelrisikenanalyse zeigt hohe Übereinstimmung. Die gewählten Inputs bestimmen maßgeblich das Risikoprofil einer Biogasanlageninvestition, so dass die Risikosituation mit der MCS vollständig erfasst wird. Die Zufallsvariablen sind untereinander unabhängig und nicht miteinander logisch bedingt. Alle im Modell eingebauten Interdependenzen bleiben jedoch erhalten, da bei der Simulation die logischen Bedingungen zwischen Zufallsvariablen und deterministischen Variablen, aber auch innerhalb der Deterministischen bestehen bleiben.

#### 8.2.2.4 Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung

Die Monte-Carlo-Methode realisiert mit Hilfe eines Zufallszahlengenerators Inputausprägungen gemäß den vorgegebenen Verteilungsparametern. Diese Verteilungsparameter werden aus der Annahme heraus gewonnen, dass Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Inputvariablen für die Zukunft objektiv oder subjektiv prognostizierbar sind. Objektive Wahrscheinlichkeit liegt dann vor, wenn die relative Häufigkeit des Eintretens eines Ereignisses bekannt ist (WOLLENHAUPT 1982). Als Beispiel wird hier in der Literatur gerne das Würfeln verwendet (vgl. FAHRMEIR ET AL. 2004, MOSLER UND SCHMID 2004). Die Bestimmung von objektiven Wahrscheinlichkeiten ist im Investitionsbereich (BLOHM ET AL. 2006), im realen Wirtschaftsleben und in realen Entscheidungssituationen selten möglich (LAUX 1990), was dazu führt, dass die Verteilungen der Zufallsvariablen in dieser Arbeit subjektiver Art sind. Subjektive Wahrscheinlichkeiten beruhen

auf dem „Grad des vernünftig persönlichen Glaubens an das Eintreten eines Ereignisses“ (WOLLENHAUPT 1982: 13) Mögliche Realisierungen der Zufallsvariablen werden mit Hilfe von Erfahrung und speziellen Informationen über die Variable beurteilt und deren Verteilung subjektiv abgeschätzt.

In der Praxis liegen vorwiegend stetige Zufallsvariablen vor (RAUH ET AL. 2008, HAFNER 2000). Die gewählten Zufallsvariablen können innerhalb eines Intervalls jeden beliebigen Wert annehmen und sind daher als stetig zu charakterisieren. Eine stetige Zufallsvariablen liegt dann vor, wenn es eine Funktion  $f(x) \geq 0$  gibt, so dass für jedes Intervall  $[a, b]$

$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x) dx \text{ gilt (LITZ 2003).}$$

Für die subjektive Verteilungsbestimmung bedeutet dies, dass ein Entscheidungsträger keine Einzelwahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses benennen kann, sondern seine Einschätzung in Form einer Dichtefunktion formuliert. Über die Verteilungsfunktion, welche sich aus Integration der Dichtefunktion ergibt, wird die Wahrscheinlichkeit  $P$  für das Eintreten eines Ereignisses  $X$   $P(a \leq X \leq b)$  im Intervall  $[a, b]$  bestimmt. Je nach Betrachtungsgegenstand kann die Dichtefunktion verschiedenste Modelle der stetigen Verteilung enthalten, wobei die Dichtekurve der Normalverteilung der bekannteste und wichtigste stetige Verteilungstyp ist (s. LINDGREN ET AL. 1978, HARNETT, D. L. 1970, FAHRMEIR ET AL. 2004). In dieser Arbeit werden die subjektiven Einschätzungen ebenfalls durch normalverteilte Dichtefunktionen beschrieben, da viele Zufallsvariablen, die in der Praxis beobachtet werden können, exakt oder zumindest annähernd normalverteilt sind (s. STIEFL 2006 und KRÜGER 1974) und sich so durch eine Normalverteilung sehr gut wiedergeben lassen.

Ein weiterer Vorzug der Normalverteilung ist, dass dem bereits beschriebenen Problem einer möglichen Überforderung beim Formulieren von Verteilungen seitens des Entscheidungsträgers mit diesem Verteilungstyp am ehesten entgegenzuwirken ist. Zum einen ist die Normalverteilung mit der Nennung von Erwartungswert  $E(X)$  und Standardabweichung  $\sigma$  (erstes und zweites Moment der Verteilung) hinreichend genau bestimmt (s. FAHRMEIR ET AL. 2004), LOCAREK-JUNGE UND BÜCH 2006, STAEHLE 2005). Zum anderen sind diese Termini einer breiten Öffentlichkeit bekannt, so dass Vertrautheit mit diesen Verteilungsparametern vorausgesetzt werden kann. Die Tabelle 26 zeigt die Verteilung der Variablen:

Tabelle 26: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Inputvariablen

Inputvariable	Einheit	Erwartungswert	Std.-Abw.	Min/Max
Anschaffungskosten gesamt	€	1 749 795	131 235,0	1,34/2,01 Mio.
elektr. Wirkungsgrad	%	41,0	1,0	38 / 44
Auslastung BHKW	Std.	7800	200	6000 / 8400
Weizenpreis	€/dt.	15,5	3,0	9 / 22
Hektarertrag Silomais	dt.	500	50	400 / 600
Verkauf Wärme	kWh	1 000 000,0	150 000,0	0,5 / 1,5 Mio.
Erlös für Wärme	€/kWh	0,025	0,005	0,02 / 0,04
Eigenstrombedarf	%	6,33	1,0	3,00 / 9,66
Versicherungsaufwand v. $A_0$	%	0,46	0,10	0,20 / 0,71
Reparaturaufwand v. $A_0$	%	2,0	0,2	1,5 / 2,5
Eigenkapitalanteil	in tsd. €	350	100	150 / 550
Lohnansatz	€/Std.	15,55	1,5	10 / 20
<b>Inputvariablen mit „Multiplikatorverteilung“</b>				
Multiplikatorverteilung				
Inputvariable	Einheit	Erwartungswert	Std.-Abw.	Min/Max
Methangehalt*	%	1	0,1	0,9 / 1,1
Nährstoffpreisniveau**	€/kg	1	0,1	0,75 / 1,25
Zinsniveau***	%	1	0,075	0,8 / 1,2

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Durch den Multiplikator unterliegen die einzelnen Parameter der gleichen zufälligen Merkmalsausprägung

\* Methangehalte; Rindergülle 60 %, Silomais 52,5 %, GPS 55 %, Weizen 48 %

\*\* Preis pro Kg Reinnährstoff; N = 0,85 €, P = 0,75 €, K = 0,67 €

\*\*\* Zinsniveau; Habenzins = 4,75 %, Sollzins = 6,4 %, Kontokorrent = 13,0 %

Die erste Spalte der Tabelle 26 zeigt die ausgewählten Investitionsinputs, in der darauf folgenden Spalte werden die dazugehörigen Einheiten wiedergegeben. Die Spalte 3 der Tabelle 26 zeigt die jeweiligen Erwartungswerte  $E(X)$ . Die Erwartungswerte sind aus dem Modell zur Analyse der Einzelrisiken übernommen. Die Standardabweichung  $\sigma$  gilt als Maß für die Streuung um den Erwartungswert und gibt dessen durchschnittliche Abweichung an. Des Weiteren sind die Inputvariablen mit Ober- und Untergrenzen (Min/Max) versehen, d.h. bestimmte Merkmalsausprägungen können ausgeschlossen werden. Die festgesetzten Ober- und Untergrenzen sind der letzten Spalte der Tabelle 26 zu entnehmen. Mit den Verteilungsgrößen Erwartungswert  $E(X)$  und Standardabweichung  $\sigma$  sowie mit Hilfe von Ober- und Untergrenzen können die subjektiven Vorstellungen über die Wahrscheinlichkeit bestimm-

ter Ausprägungen der Zufallsvariablen konkret und passend in einer Dichtefunktion abgebildet werden.

Eine Besonderheit bilden die „Inputvariablen mit Multiplikatorverteilung“, die im unteren Teil der Tabelle 26 zu sehen sind. Um die Simulation übersichtlich zu gestalten, vereinen diese Variablen mehrere Inputgrößen in sich. So besteht die Zufallsvariable Methangehalt aus den jeweiligen Methangehalten der eingesetzten Substrate, die Variable „Nährstoffpreisniveau“ vereint die Nährstoffpreise für N, P und K und das Zinsniveau bezieht sich auf die Höhe des Eigen- und Fremdkapitalzinses. Die Inputvariablen sind über einen Multiplikator mit den ihnen zugeordneten Inputgrößen verknüpft, so dass alle der Inputvariablen zugeordneten Größen der gleichen Verteilung unterliegen. Durch Variation der Multiplikatorausprägung wird die Ausprägung aller Inputvariablen geändert, die dem Multiplikator zuzuordnen sind. Mit diesem Beitrag zur Übersichtlichkeit des Modells geht die Annahme einher, dass durch die Verknüpfung mit einem Multiplikator alle Inputgrößen, die zu einer „Inputvariablen mit Multiplikatorverteilung“ zusammengefasst sind, bei Simulation eine gleichgerichtete Inputausprägung zeigen.

Die hier gezeigten Verteilungen beruhen auf dem Erfahrungsstand, der Informationssituation und den daraus gezogenen Rückschlüssen des Autors. Sie geben das subjektive Wahrscheinlichkeitsurteil für die Ausprägungen der Zufallsvariablen wieder.

### 8.2.2.5 Realisierung der Zufallsvariablen und Berechnung der Zielgröße

Der mögliche Erfolg einer Biogasanlageninvestition wird in dieser Arbeit mit dem Investitionsendwert und der Eigenkapitalverzinsung aus dem Vollständigen Finanzplan ermittelt, daher sind sie auch die Zielgröße der Monte-Carlo-Simulation. Das Risiko wird mit der Varianz bzw. der Standardabweichung der Erfolgsgröße ausgewiesen. Varianz bzw. Standardabweichung stellen die am weitesten verbreiteten Risikomaße dar (SERF 1995).

Zentraler Bestandteil der Berechnung ist die Realisierung von Zufallsvariablen mit Hilfe von Zufallsgeneratoren. Dazu werden im ersten Schritt mittels Pseudo-Zufallszahlengenerator Pseudo-Zufallszahlen erzeugt. In einem zweiten Schritt werden diese Zufallszahlen auf die Verteilungsfunktion der Zufallsvariable übertragen. Die einzelnen Schritte werden im Nachfolgenden näher erläutert.

Generell wird zwischen „echten“ Zufallszahlen und Pseudo-Zufallszahlen unterschieden. Echte Zufallszahlen werden aus Zufallsexperimenten gewonnen, wie z.B. Würfeln oder Roulette. Jedoch ist die Erzeugung einer hohen Anzahl von Zufallszahlen

mit Hilfe solcher „echten“ Zufallsmechanismen extrem aufwendig (siehe AFFLERBACH 1986 und RONNING 2005). Daher werden heutzutage nahezu ausschließlich so genannte Pseudo-Zufallszahlen-Generatoren verwendet (HÄRTEL 1994, RONNING 2005), die Pseudo-Zufallszahlen erzeugen. Sie erhalten den Zusatz „Pseudo“, da sie ohne echte Zufallsmechanismen entstanden sind. In dieser Arbeit werden ausschließlich Pseudo-Zufallszahlen erzeugt. Die Ausdrücke Pseudo-Zufallszahlen-Generator und Pseudo-Zufallszahl werden der Lesbarkeit halber als Zufallsgenerator und Zufallszahl titulierte.

An Zufallsgeneratoren werden hinsichtlich ihrer Qualität bestimmte Anforderungen gestellt. Die Wichtigsten, die an einen Zufallsgenerator gestellt werden (AFFLERBACH 1986), sind:

- Zufallszahlen müssen in ihren Eigenschaften „echten Zufallszahlen“ folgen
- möglichst große Periodenlänge des Generators

Das erste Qualitätsmerkmal ist zugleich die bedeutendste Anforderung an einen Zufallsgenerator (GLASSERMAN 2004). Sie besteht darin, dass die erzeugten Zufallszahlen die Gesetzmäßigkeiten des Zufalls gut nachvollziehen. Das heißt, dass die Reihenfolge, in der die Zahlen erzeugt werden, die statistischen Eigenschaften echter Zufallszahlen aufweisen muss. Sollte einem das Verfahren zur Erzeugung von Zufallszahlen nicht bekannt sein oder erscheint es einem undurchsichtig, so sind zur Qualitätsbewertung aufwendige und zeitintensive Testverfahren auf Zufälligkeit nötig. Eine extrem lange Periodenlänge von Zufallszahlen ist für Zufallsgeneratoren essentiell (L'ECUYER 2006). Damit sich die Zahlenfolge während einer Simulation nicht ungewollt wiederholt, sind lange Perioden erforderlich. Dies gilt auch für diese Arbeit. Um die investorspezifischen Wahrscheinlichkeitsurteile vollständig abzubilden, erfordert die Simulation eine große Anzahl von Zufallszahlen. Der hier verwendete Zufallsgenerator des Softwareprogramms @RISK erfüllt nach Angaben des Herstellers die genannten Forderungen, so dass eine Überprüfung auf Zufälligkeit und Periodenlänge bewusst unterbleibt.

In dieser Arbeit ist der computergestützte Zufallsgenerator zur Durchführung von

Monte-Carlo-Simulationen des Simulationsprogramms @Risk zur Anwendung gekommen. Aus dem Handbuch des Simulationsprogramms geht hervor, dass es sich dabei um einen Zufallsgenerator für Gleichverteilung handelt, da er Zufallszahlen zwischen 0 und 1 generiert, „wobei die Auftretenswahrscheinlichkeit für jede Zahl in diesem Bereich gleich ist“ (Online Handbuch @Risk).

Die Realisierung von Zufallsvariablen mit Hilfe dieser Zufallsgeneratoren kann dabei in zwei Schritte unterteilt werden (s. L'ECUYER 2006):

- (1) Generieren von unabhängigen, gleichverteilten Zufallszahlen im Intervall  $[0,1]$
- (2) Übertragung der Zufallszahlen auf die Verteilungsfunktion, um eine Realisierungen der Zufallsvariablen gemäß ihrer Verteilung zu realisieren

Der erste Schritt besteht darin, dass ein so genannter *uniform-pseudo-random-number-generator* (Generator zur Erzeugung gleichverteilter Zufallszahlen) basierend auf einem deterministischen Algorithmus unabhängige Zufallszahlen im Intervall  $[0,1]$  generiert, wobei alle möglichen Ausprägungen in diesem Intervall die gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen. (Eine mathematische Definition des dazugehörigen Algorithmus liefern ROBERT UND CASELLA 2004). Um Ausprägungen einer Zufallsvariablen in Abhängigkeit zu ihrer Verteilungsfunktion zu realisieren, werden im zweiten Schritt die generierten unabhängigen und gleichverteilten Zufallszahlen aus dem Intervall  $[0,1]$  auf die Verteilungsfunktion übertragen.

Für den zweiten Schritt müssen Verteilungsfunktionen der Zufallsvariablen vorliegen. Daher ist es zunächst nötig, die auf investorspezifischen Wahrscheinlichkeitsurteilen beruhenden Dichtefunktionen in Verteilungsfunktionen zu transformieren.

Die Dichte- und Verteilungsfunktion stehen, beschrieben durch den Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung, in der Beziehung  $F(x) = \int f(x)$  zueinander. Die Verteilungsfunktion ist folglich die Stammfunktion der Dichtefunktion und ergibt sich durch Integration dieser.

Die Dichte der vorliegenden Dichtefunktionen  $f(x)$  ist für

jedes  $x \in R$  durch

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)} \quad (\text{Quelle: DÜRR UND MAYER 2008})$$

definiert. Damit  $f(x)$  eine Dichte beschreibt, sind zusätzlich die Bedingungen

$$\text{a) } f(x) \geq 0$$

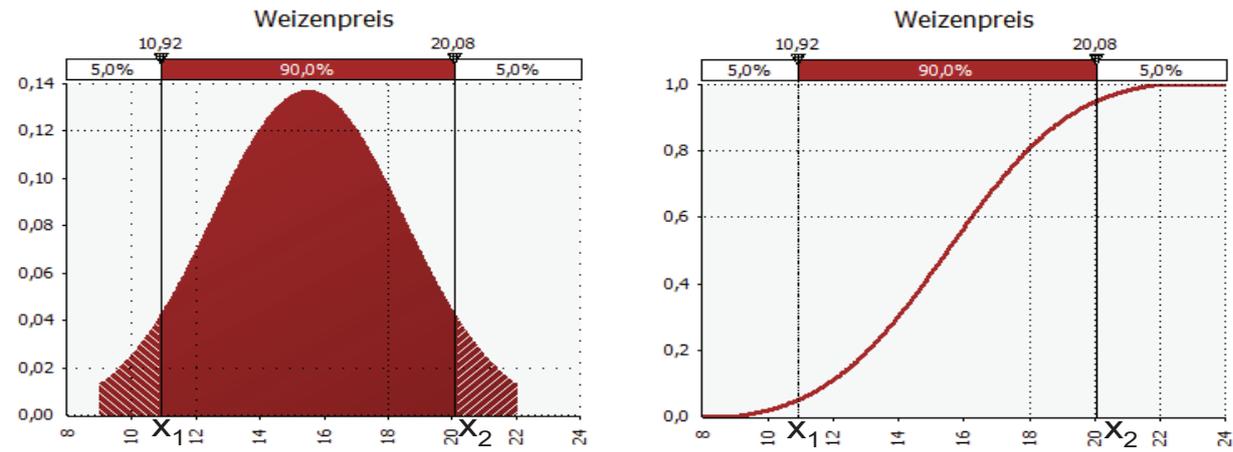
$$\text{b) } \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$$

zu erfüllen. Erstgenannte Bedingung besagt, dass die Dichtefunktion  $f(x)$  größer gleich Null sein muss, aus der Bedingung b) geht hervor, dass die Fläche zwischen  $f(x)$  und der x-Achse 1 beträgt. Diese Normierung von  $f$  (s. KRÜGER 1974, SACHS 2004) begrenzt die Summe aller Wahrscheinlichkeiten aus dem Ereignisraum auf 1. Aus ihnen lassen sich unmittelbar keine Wahrscheinlichkeiten ableiten (KRÜGER 1974, LITZ 2003, MARINELL UND SEEBER 1988). Da dies jedoch für die Realisation von Zufallszahlen gemäß ihrer Verteilung unabdingbar ist, werden die Dichtefunktionen in Verteilungsfunktionen überführt. Die Verteilungsfunktion zeigt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Werte einer Zufallsvariable angenommen werden (SACHS 2004). Sie ist definiert als

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right)} dt, \quad (\text{Quelle: DÜRR UND MAYER 2008})$$

wobei sich das Integral über den Definitionsbereich der Dichtefunktion erstreckt.

Die Dichtefunktion und die dazugehörige Verteilungsfunktion werden an dem Beispiel der Zufallsvariablen Weizenpreis gezeigt.



**Abbildung 17: Dichte- und Verteilungsfunktion der Zufallsvariable Weizenpreis**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die linke Seite der Abbildung 17 zeigt die normalverteilte Dichtefunktion der Zufallsvariablen Weizenpreis. Aus ihr geht die Dichte der Wahrscheinlichkeiten über der Geraden Weizenpreis hervor, sie liefert quasi die Beschreibung für das „Verhalten“ der Zufallsvariablen (LARSON 1973). Die gezeigte Funktion ist zum einen definiert durch den Erwartungswert  $E(X) = \mu$  in Höhe von 15,50 €/dt. Er bestimmt die Lage der Verteilung im Hinblick auf die x-Achse. Zum anderen wird die Verteilung durch die Standardabweichung  $\sigma$  von drei bestimmt, welche für die Form der Kurve verantwortlich ist. Des Weiteren sind die investorspezifischen Annahmen zu Ober- und Untergrenzen der Inputausprägung aus der Abbildung zu entnehmen, welche hier bei 22,00 € bzw. 9,00 € liegen. Sie bildet die im vorangegangenen Punkt erläuterten subjektiven Vorstellungen des Entscheidungsträgers ab.

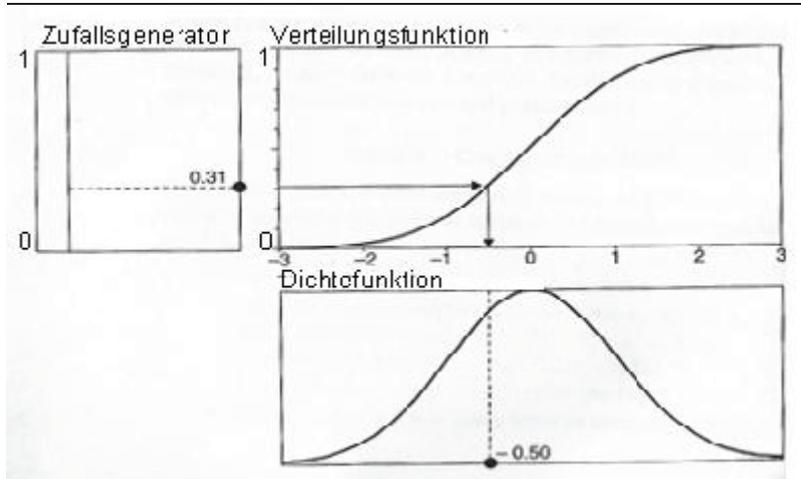
Wie bereits beschrieben, ergibt sich daraus die Verteilungsfunktion der Zufallsvariablen Weizenpreis. Hieraus kann die Zufallsvariable Weizenpreis eindeutig definiert werden. Die Variable Weizenpreis nimmt mit der durch  $F(x)$  gegebenen Wahrscheinlichkeit bestimmte Ausprägungen an. Nach KRÜGER (1974) gilt daher:

$$p(X \leq x_1) = F(x_1)$$

Die Wahrscheinlichkeit für den Weizenpreis  $X$  einen Wert kleiner oder gleich  $x_1$  anzunehmen, ist  $F(x_1)$ . Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Preis zwischen  $x_1$  und  $x_2$  liegt, ist demnach

$$p(x_1 \leq X \leq x_2) = F(x_2) - F(x_1) \quad (\text{Quelle: KRÜGER 1974}).$$

Mit der Verteilungsfunktion und den gleichverteilten Zufallszahlen aus dem Intervall  $[0,1]$  realisiert die Simulationssoftware mit Hilfe der Inversionsmethode endgültige Inputausprägungen. Die Abbildung 18 stellt das Vorgehen graphisch dar.



**Abbildung 18: Inversionsmethode**

Quelle: eigene Darstellung, nach JORION 2007

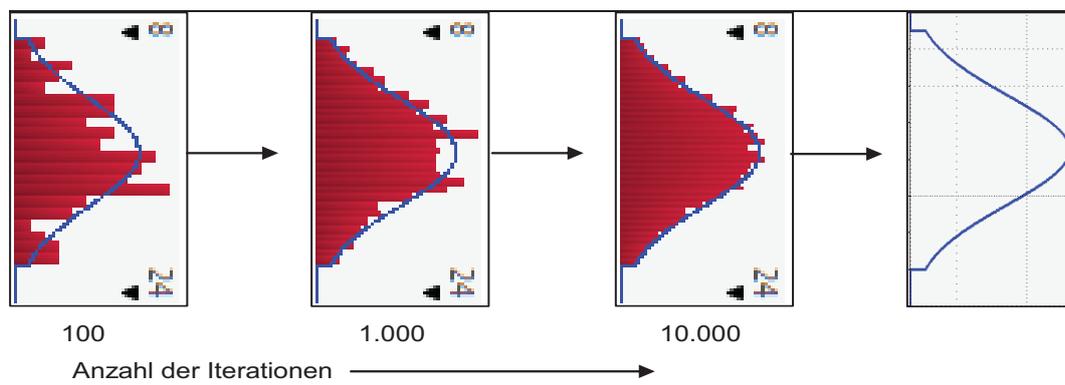
Mit Hilfe der Inversen werden aus gleichverteilten Zufallszahlen Realisierungen der Zufallsvariablen erzeugt (HÄRTEL 1994). Dabei macht man es sich zu Nutze, dass sowohl die Zufallszahlen als auch die Verteilungsfunktion einen Wertebereich zwischen Null und Eins abbilden. Eine Zufallszahl wird horizontal auf die Verteilungsfunktion übertragen. Dieser Punkt wird senkrecht auf die Dichtefunktion übertragen, an der dann die Ausprägung (im Beispiel -0,50) abgelesen werden kann. Trotz gleichverteilter Zufallszahlen entspricht die Verteilung der Inputausprägung dem investorspezifischen Wahrscheinlichkeitsurteil, welches durch die Dichtefunktion vorgegeben ist. Dies liegt daran, dass sich die Verteilungsfunktion durch Integration der normalverteilten Dichtefunktion bestimmt. Es werden normalverteilte Zufallsvariablen durch Übertragung der gleichverteilten Zufallszahlen auf die Verteilungsfunktion erzeugt. Die so realisierten zufälligen Inputausprägungen fließen in das Modell zur Risikoanalyse ein und beeinflussen den Investitionserfolg.

#### 8.2.2.6 Wiederholte Neuberechnungen des Modells

Eine Simulation setzt sich aus vielen Neuberechnungen des Modells zur Risikoanalyse zusammen. Bei jeder Neuberechnung werden Realisierungen aller Zufallsvariablen nach dem geschilderten Vorgehen neu berechnet. Der Schritt der einmaligen Neuberechnung des Modells, wird als Iteration bezeichnet (s. TEICH UND HAUBELT 2007). Somit besteht eine Simulation aus vielen Iterationen.

Mit jeder Iteration wird eine Ausprägung für die Zielgröße VOFI-Eigenkapitalrendite realisiert. Sofern dieser Vorgang ausreichend oft wiederholt wird, erhält man für die Zielgröße eine repräsentative Stichprobe, die alle möglichen Risikoszenarien des Entscheidungsträgers berücksichtigt. Eine ausreichende Zahl an Wiederholungen ist von zweierlei Bedeutung. Erstens wird dadurch sichergestellt, dass das Wahrscheinlichkeitsurteil (Dichtefunktion) des Entscheidungsträgers in seiner gesamten Bandbreite in die Simulation einfließt. Bei einer zu geringen Anzahl von Iterationen kann es zu einer Verdichtung von Zufallszahlen kommen, so dass einzelne Verteilungsbereiche über- bzw. unterrepräsentiert sind. Zweitens wird dadurch der Gefahr von Stichprobenunbeständigkeit, so genannter „sampling variability“ (s. JORION 2007), entgegengewirkt.

In dieser Arbeit beträgt der Iterationsumfang 10.000. Bei diesem Umfang konvergiert die empirische Verteilung der Zufallsvariablen gegen die Verteilung aus den Dichtefunktionen. Aus der Abbildung 19 wird diese am Beispiel des Weizenpreises ersichtlich.



**Abbildung 19: Konvergenz gegen die Dichtefunktion**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Das bedeutet, dass eine weitere Erhöhung der Iterationsumfanges zu keiner bedeutenden Veränderung der empirischen Verteilung führt. Durch zunehmende Iterationsumfänge ist der Stichprobenfehler so klein geworden, dass von weiteren Iterationen abgesehen werden kann.

Aus den Iterationsergebnissen wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zielgröße bestimmt. Sie gibt Aufschluss über die Eintrittswahrscheinlichkeiten verschiedenster Investitionsergebnisse. Sollte die Ergebnisverteilung mit den ersten beiden Momenten der Verteilung nicht vollständig beschrieben werden können, so wird das dritte und vierte Moment der Verteilung (Schiefe und Kurtosis) ebenfalls mit angegeben.

Die Schiefe  $\gamma_1$  gibt Auskunft über die Richtung und Größenordnung der Asymmetrie einer Verteilung und wird wie folgt berechnet:

$$\gamma_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma^3} \quad (\text{Quelle: JANN 2005})$$

Die Kurtosis  $\gamma_2$  beschreibt, wie steil sich die Ergebnisverteilung im Vergleich zu einer Normalverteilung darstellt. Sie wird mit folgender Formel berechnet.

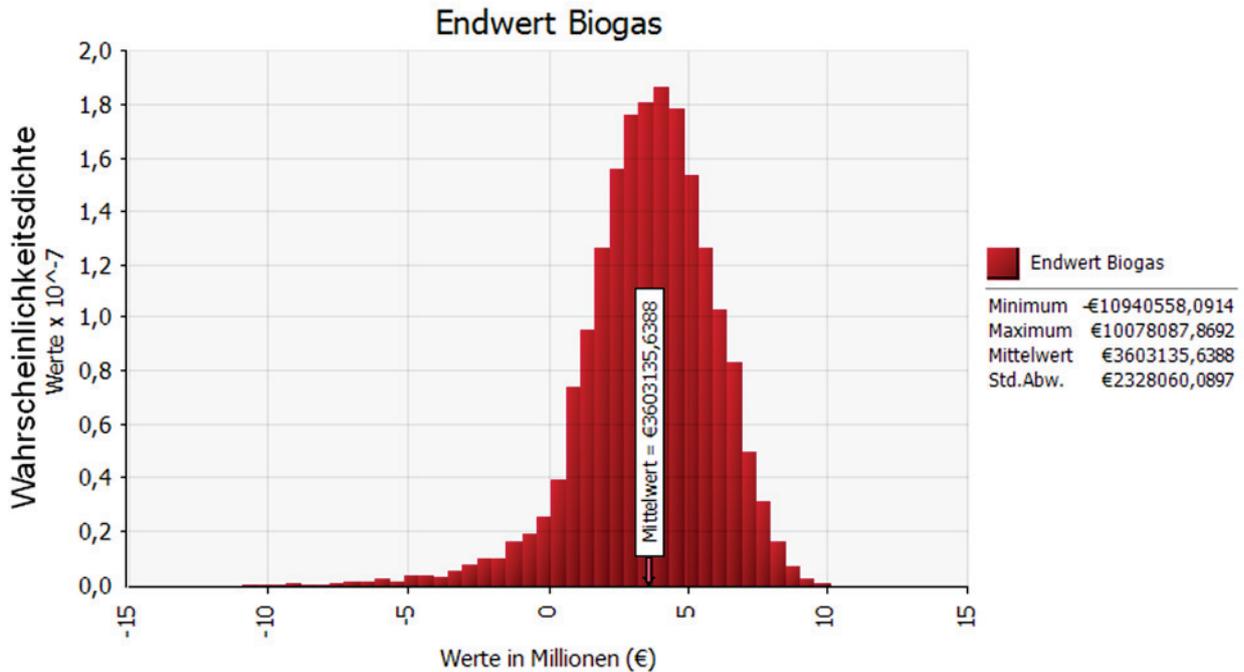
$$\gamma_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\sigma^4} \quad (\text{Quelle: JANN 2005})$$

Zur Berechnung der Schiefe und Kurtosis einer Verteilung aus  $n$  Einzelwerten wird die dritte bzw. vierte Potenz der Abweichung eines Simulationsergebnisses  $x_i$  zum Mittelwert  $\bar{x}$  verwendet. Der Nenner besteht jeweils aus der dritten bzw. vierten Potenz der Standardabweichung. Sowohl Schiefe als auch Kurtosis sind massstabsunabhängige Größen.

### **8.3 Ergebnisse**

#### **8.3.1 Ergebnisverteilung**

Mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation werden die Verteilungen für die Erfolgsgrößen der Biogasanlageninvestition berechnet. Anhand dieser Verteilungen werden die Wahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Investitionserfolge bestimmt. In der Abbildung 20 ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung für den erzielbaren Endwert der Biogasanlageninvestition angegeben.



**Abbildung 20: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Investitionsendwertes**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Auf der Abszisse der Abbildung 20 werden die Investitionserfolge (Endwerte) der Biogasanlageninvestition abgetragen. Die Skala umfasst eine Spanne von minus bis plus 15 Millionen Euro. Auf der Ordinate ist die Wahrscheinlichkeitsdichte eingetragen. Wird die entsprechende Wahrscheinlichkeitsdichte eines der in Abbildung 20 enthaltenen Balken mit seiner Breite multipliziert, so kann anhand des Ergebnisses der Anteil der Investitionsergebnisse bestimmt werden, die in den Wertebereich des Balkens gefallen sind.

Der Mittelwert der Simulationsergebnisse beträgt 3.603.136 €, dies entspricht einer durchschnittlichen Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals in Höhe von 12,36 %. Unter den zugrunde gelegten Daten und Annahmen der Modellkonzeption zeigt eine Biogasanlageninvestition eine sehr hohe Bandbreite bezüglich des Investitionsergebnisses. Zwischen dem Minimum des Endwertes (-10.940.558 €) und dem maximalen Investitionserfolg (+10.078.087 €) liegen etwas mehr als 20 Mio. Euro. Die Standardabweichung hat eine Höhe von ca. 64,4 % des Mittelwertes und beträgt ca. 2,3 Mio. € bzw. 7,98 % bezüglich der durchschnittlichen Eigenkapitalverzinsung. Obwohl es zur Bewertung von Standardabweichungen keine einheitlichen und exakt definierten Konventionen gibt und die Wirkung einer Ergebnisstreuung auf die Investitionsentscheidung abhängig von der Risikoeinstellung des Investors ist, ist die Streuung des Investitionserfolges nicht zu unterschätzen. Mit 2,3 Mio. Euro nimmt sie

eine Höhe von 64,6 % des Mittelwertes ein.

Der Mittelwert  $\pm$  einer Standardabweichung umfasst eine Spanne von 1.275.076 € bis 5.931.196 €. Eine Analyse der in der Abbildung 20 gezeigten Wahrscheinlichkeitsverteilung ergibt, dass ca. 72 % aller Investitionsergebnisse in diesem Wertebereich liegen.

Eine symmetrische Ergebnisverteilung um den Mittelwert ist nicht gegeben. Die gezeigte Verteilung ist gering linksschief (Schiefe: -0,82). Das heißt, dass Werte oberhalb des Mittelwertes häufiger zu beobachten sind als Werte unterhalb des Mittelwertes. Zudem ist bei einer linksschiefen Verteilung der Mittelwert kleiner als der Median (ca. 3,7 Mio. Euro) und der wiederum ist kleiner als der Modus (ca. 4,2 Mio. Euro).

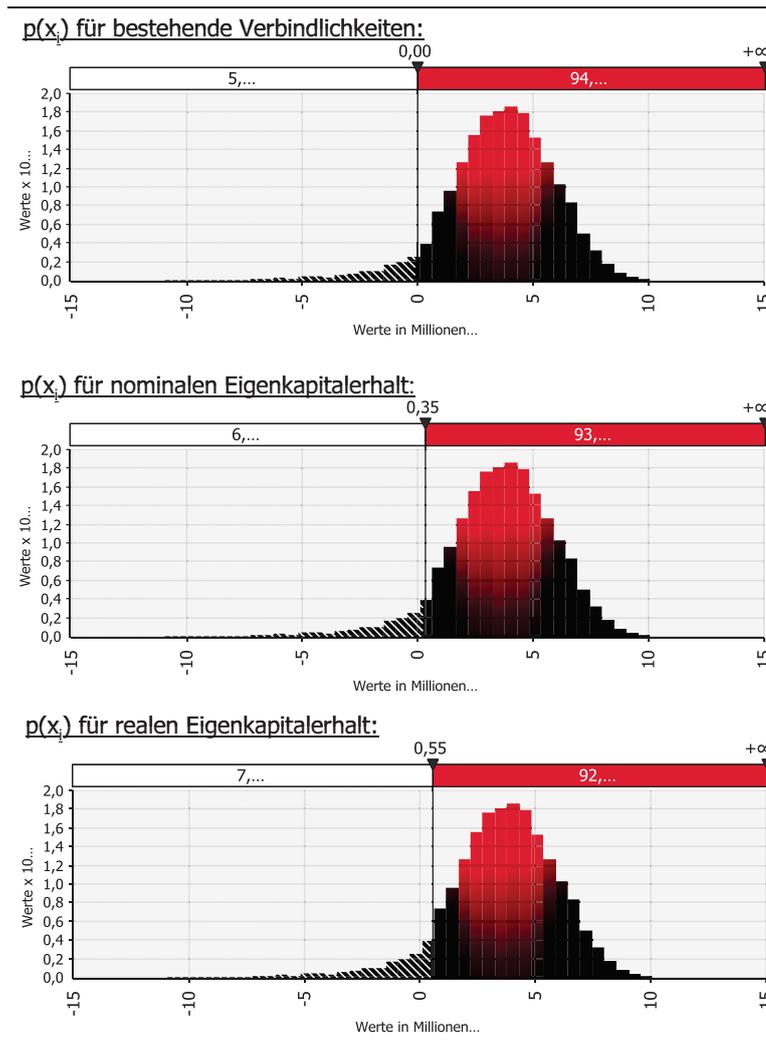
Das Analyseergebnis der Abbildung 20 besitzt eine positive Kurtosis in Höhe von 5,18 und entspricht daher einer leptokurtischen Verteilung. Durch die positive Kurtosis verläuft die Verteilungskurve der Investitionsergebnisse steiler als die Kurve einer Normalverteilung. Daher kann die Verteilung als leicht „steilgipflig“ bezeichnet werden. Für die Biogasanlageninvestition bedeutet dies, dass sich im Vergleich zu einer Normalverteilung die Ergebnisverteilung mehr im Zentrum („schmale“ Schultern der Verteilungskurve) und an den Enden konzentriert.

Eine weitere Auffälligkeit der Ergebnisverteilung einer Biogasanlageninvestition liegt in der hohen Wertespanne zwischen Mittelwert und Minimum. Sie reicht weit in negative Werte hinein und beträgt ca. 14,5 Mio. Euro. Hier findet ein Ergebnis aus der vorangegangenen Einzelrisikenanalyse erneut Bestätigung. Bei einigen Inputvariationen wirkt sich die negative Veränderung des Investitionserfolges monetär stärker aus, als es bei einer positiven Beeinflussung des Investitionserfolges zu beobachten ist. Die hierfür ursächlichen Faktoren sind in der Einzelrisikenanalyse ausführlich beschrieben.

Aus der gezeigten Ergebnisverteilung werden die Wahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Investitionsergebnisse abgeleitet. Gemäß der Vorgabe aus der Zielstellung beinhaltet die Untersuchung der Ergebnisverteilung das Totalverlustziel, das Anspruchsniveauziel und das Intervallziel. Zur besseren Illustrierung der Eintrittswahrscheinlichkeiten sind in die bekannte Ergebnisverteilung so genannte „Begrenzer“ eingetragen. Sie teilen die Investitionsergebnisse in solche, die eine bestimmte Erfolgshöhe erreichen und solche, die unterhalb dieser Hürde bleiben.

### 8.3.2 Totalverlustziel

Wie bereits erwähnt beinhaltet das Totalverlustziel die Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten für besonders negative Investitionserfolge. In der Abbildung 21 sind die Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestehende Verbindlichkeiten zum Ende der Investition und für den nominalen und realen Erhalt des eingesetzten Eigenkapitals dargestellt.



**Abbildung 21: Totalverlustziel des Investitionsendwertes**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Oberhalb jeder Graphik der Abbildung 21 ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Investitionsergebnisse in Abhängigkeit zur Position des Begrenzers dargestellt. Welchen Wert diese „Grenze“ zur Einteilung der Investitionsergebnisse annimmt, ist oberhalb der vertikalen Linie abzulesen. Die darunter liegende Abbildung entspricht der bereits vorgestellten Ergebnisverteilung. Investitionsendwerte, die kleiner sind als der jeweilige Begrenzer, sind schraffiert dargestellt.

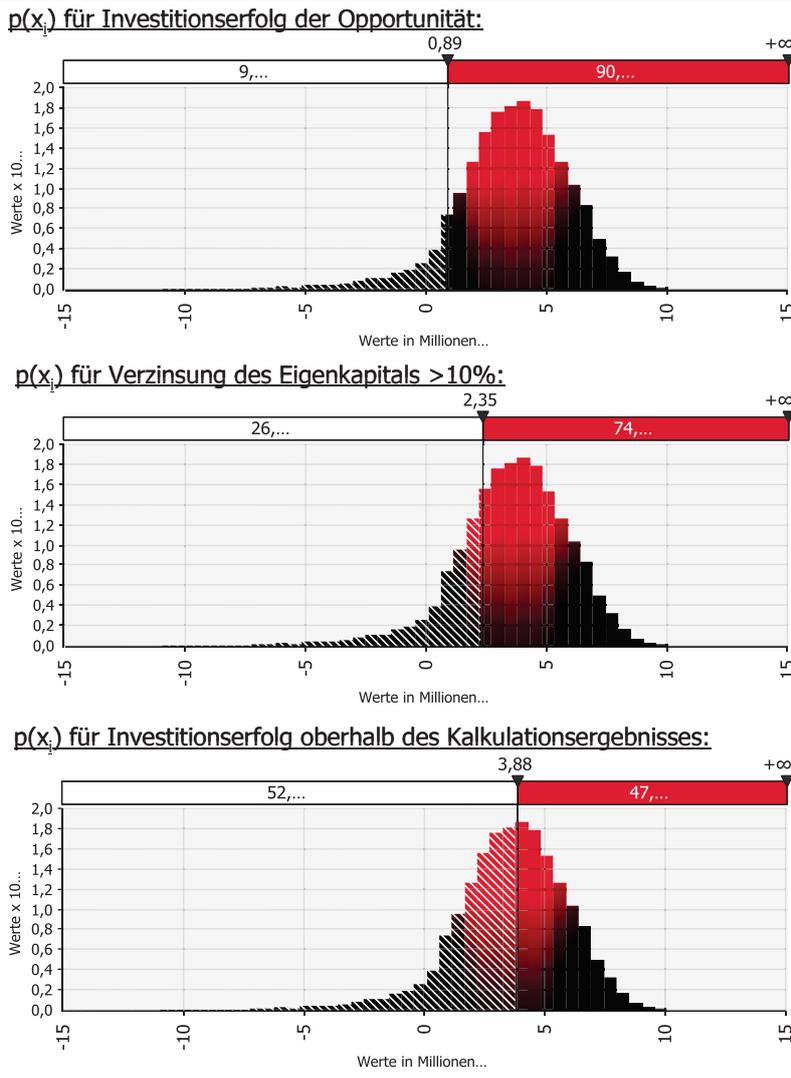
Die oberste Graphik der Abbildung 21 zeigt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass zum Investitionsende über den völligen Verlust des eingesetzten Eigenkapitals hinaus noch Verbindlichkeiten bestehen. Die Grenze, die die Ergebnisse zur Wahrscheinlichkeitsbestimmung einteilt, ist daher bei einem Endwert von 0 Euro platziert. Aus der Abbildung ist zu entnehmen, dass 5,7 % aller Investitionsergebnisse zu einem negativen Endwert führen. Dementsprechend führt eine Biogasanlageninvestition mit einer 94,3-prozentigen Wahrscheinlichkeit zu einem positiven Investitionsendwert.

Mit welcher Wahrscheinlichkeit zumindest der nominale Erhalt des Eigenkapitals zum Ende der Biogasanlageninvestition erreicht wird, zeigt die mittlere Graphik der Abbildung 21. Gemäß dem Untersuchungsziel ist der Begrenzer auf Höhe des eingesetzten Eigenkapitals (350.000 Euro) platziert. Mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 93,3% bleibt das eingesetzte Eigenkapital zumindest nominal erhalten. Mit der gleichen Wahrscheinlichkeit ergibt sich eine durchschnittliche Verzinsung des Eigenkapitals größer als Null. 6,7 % der Untersuchungsergebnisse erreichen einen Endwert unterhalb von 350.000 Euro.

Wie wahrscheinlich der reale Erhalt des eingesetzten Eigenkapitals zum Investitionsende ist, zeigt die unterste Graphik der Abbildung 21. Aus der durchschnittlichen Verzinsung des Eigenkapitals mit der bereits in der Einzelrisikenanalyse festgelegten allgemeinen Inflationsrate von 2,30% ergibt sich ein Endwert von 551.545 €. Den realen Erhalt des eingesetzten Eigenkapitals realisieren 92,3 % aller Investitionsergebnisse. Respektive bleiben 7,7% der Ergebnisse unter diesen Wert.

### **8.3.3 Anspruchsniveaueziel**

Mit welcher Wahrscheinlichkeit die Biogasanlage ein gewisses Ergebnisniveau realisiert, wird im Rahmen des Anspruchsniveauzziels untersucht. Die Abbildung 22 zeigt, mit welcher Wahrscheinlichkeit der monetäre Erfolg der Opportunität, eine durchschnittliche zweistellige Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals und das Investitionsergebnis aus der Modellkalkulation erreicht werden.



**Abbildung 22: Anspruchsniveaueziele des Investitionsendwertes**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Der Aufbau und somit die Interpretation der oben stehenden Graphiken gleicht formal denen der vorangegangenen Abbildung.

Die oberste Graphik der Anspruchsniveaueziele zeigt die Verteilung der Ergebnisse über und unter dem monetären Erfolg der Investitionsalternative. Die Bundesanleihe verzinst das eingesetzte Eigenkapital mit 4,75 % und erreicht einen Endwert von 885.419 Euro. Auf diesem Ergebnisniveau ist der Begrenzer platziert. Die Abbildung zeigt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 9,8 % der Endwert der Opportunität und somit auch dessen Eigenkapitalverzinsung nicht erreicht wird. Aus monetärer Sicht weisen dementsprechend 90,2 % aller Investitionsergebnisse einer Biogasanlageninvestition eine höhere Vorzüglichkeit als die Bundesanleihe auf.

Der mögliche Anspruch eines Investors, dass das eingesetzte Eigenkapital mindestens eine durchschnittliche Verzinsung oberhalb von 10 % aufweisen sollte, führt zu

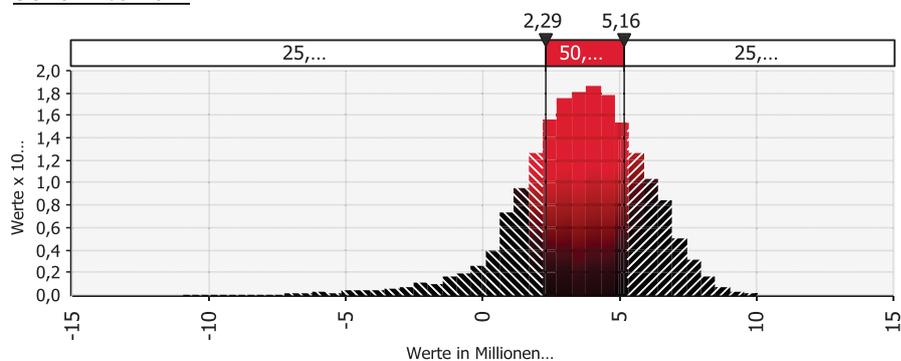
einem Investitionsendwert von 2.354.625 €. Mit welchen Wahrscheinlichkeiten dieser Anspruch über oder unterschritten wird, zeigt die mittlere Graphik der Abbildung 22. 26,0%t aller Investitionsergebnisse erreichen keine durchschnittliche Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals von über 10 % bzw. keinen Endwert über 2.354.625 €. Demnach überschreiten 74,0 % dieses Investitionsergebnis.

Die Modellkalkulation einer Biogasanlageninvestition, die ausführlich im Rahmen der Einzelrisikenanalyse vorgestellt worden ist, führt zu einem Endwert von 3.879.436 € bzw. zu einer Eigenkapitalverzinsung von 12,78 %. Auf diesem Investitionsergebnis ist der Begrenzer zu platzieren. Die unterste Graphik der Abbildung 22 zeigt, dass die Wahrscheinlichkeiten für ein Unter- oder Überschreiten des Ergebnisses fast paritätisch verteilt sind. 52,6 % aller Investitionsergebnisse bleiben unterhalb dieses Niveaus, mit einer Wahrscheinlichkeit von 47,4 % wird der Investitionsanspruch überschritten.

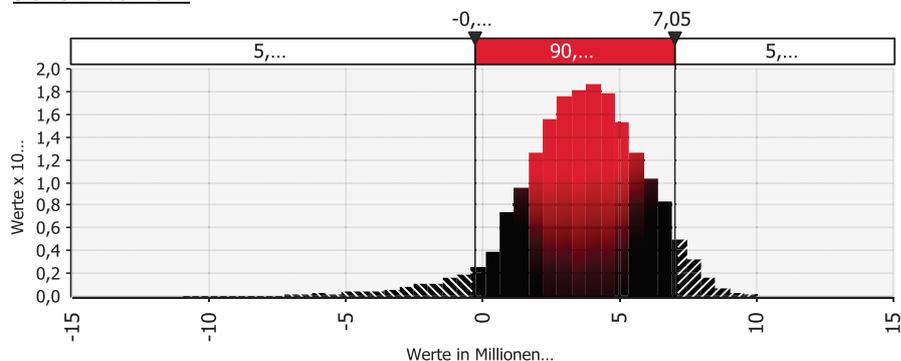
### 8.3.4 Intervallziel

Welche Spannweite der Investitionserfolg einnimmt, wenn das Intervall von 50 bzw.90 % aller Ergebnisse um den Mittelwert bestimmt wird, zeigt Abbildung 23.

#### 50% Intervall:



#### 90% Intervall:



**Abbildung 23: Intervallziele des Investitionsendwertes**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Um die Spannweite der Investitionsergebnisse in Abhängigkeit von einem Wahrscheinlichkeitsintervall zu bestimmen sind, Perzentile in die Ergebnisverteilung eingegangen.

Die oberste Graphik der Abbildung 23 zeigt ein 50 %- Intervall um den Mittelwert. Es wird nach links durch das 25%-Perzentil und nach rechts durch das 75 % -Perzentil begrenzt. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Investitionsergebnis links oder rechts des durch die Perzentile begrenzten Intervalls liegt, beträgt jeweils 25 %t. Die dargestellte Spannweite der Investitionsergebnisse bei einem 50 %- Intervall reicht von 2.287.378 € (25 %- Perzentil) bis 5.160.910 € (75 %- Perzentil). Dies ist gleichbedeutend mit einer Spanne der durchschnittlichen Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals von 9,84 % bis 14,40 %. Die untere Graphik der Abbildung 23 zeigt ein 90 %- Intervall. Das 5 %- Perzentil ist bei einem Endwert von -264.829 € platziert, das 95 %- Perzentil nimmt einen Wert von 7.045.057 € ein. Zwischen diesen Investitionsergebnissen liegen 90 % aller Fälle der Verteilung.

### 8.3.5 Fazit

Der Mittelwert der Investitionsergebnisse der Biogasanlageninvestition beträgt 3.603.136 €. Auffällig bei der Ergebnisverteilung ist die hohe Spanne von ca. 20 Mio. € zwischen dem besten und dem schlechtesten Investitionsendwert. Die Ergebnisse sind nicht normalverteilt, sondern linksschief und leptokurtisch. Die Untersuchung des Totalverlustzieles hat gezeigt, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit für eine Zahlungsunfähigkeit am Ende der Nutzungsdauer mit 5,7 % durchaus gegeben ist und andere besonders negative Investitionsergebnisse ebenfalls in diesem Wahrscheinlichkeitsbereich liegen. Die untersuchten Erfolgsansprüche an die Biogasanlageninvestition weisen eine erheblich höhere Wahrscheinlichkeit auf. So werden die Opportunität, ein zweistelliges Verzinsungsergebnis und das Kalkulationsergebnis mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 90, 74 und 47% erreicht.

Die untersuchten Intervallziele zeigen, dass ein 50 %- Intervall um den Mittelwert Investitionsendwerte zwischen 2,29 und 5,16 Mio. enthält, was einer durchschnittlichen Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals zwischen 9,8 und 14,4 % entspricht. Ein 90 %- Intervall umfasst eine weitaus größere Spanne, so dass auch negative Endwerte und damit Investitionsergebnisse mit bestehenden, aber nicht bedienbaren Verbindlichkeiten zum Investitionsende im Intervall enthalten sind.

## 9 Analyse der Risikowirkung auf landwirtschaftliche Portfolios

Die Untersuchung zur Risikodiversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage und zur Wirkung einer Biogasanlageninvestition auf unterschiedliche landwirtschaftliche Portfolios soll möglichst die Betriebszweige und Betriebsformen berücksichtigen, mit denen ein Großteil landwirtschaftlicher Betriebsaktivitäten beschrieben werden kann. Daher werden zunächst Betriebszweige und Betriebsformen definiert, anschließend wird die Analyse von Portfolios gegenüber den klassischen Optimierungsverfahren in der Landwirtschaft abgegrenzt. Nachdem der Vorstellung der Methodik schließt die Analyse des Risikopotenzials von Biogasanlagen in Abhängigkeit zum Portfolio mit der Ergebnispräsentation

### 9.1 Datengrundlage

In dieser Arbeit sind die Erfolgsgröße und das dazugehörige Risiko von landwirtschaftlichen Unternehmungen von Interesse. Unter welchen Produktionsverhältnissen und speziellen Aufwendungen diese Größen erzielt wurden, ist dabei für die Analyse landwirtschaftlicher Portfolios zweitrangig. Daher fließen anstatt Produktionsverfahren, welche die Produktion genau beschreiben, Betriebszweige in die Untersuchung ein. Sie sind durch Nennung der angebauten Frucht-, bzw. Nutztierart ausreichend bestimmt (s. STEINHAUSER ET AL. 1972 und BRANDES UND WOERMANN 1971). Der Begriff Betriebsform wird über die zu einem Betrieb zugehörigen Betriebszweige und über den Anteil dieser Betriebszweige an einer gesamtbetrieblichen Erfolgsgröße (Standarddeckungsbeitrag) definiert (BMELV 2007 und BMELV 2008). Der Begriff Betriebsform wird in der Literatur (z.B. BMELV 2007) wie auch hier mit der betriebswirtschaftlichen Ausrichtung gleichgesetzt.

Die Beschäftigung mit der Risikowirkung einer Biogasanlage auf unterschiedliche landwirtschaftliche Portfolios legt für den Untersuchungsrahmen nahe, betriebliche Ausrichtungen aufzunehmen, die sich in der Vergangenheit als typisch für Biogasanlageninvestitionen gezeigt haben. Eigene Recherche und eine vom Autor initiierte schriftliche Befragung der bedeutenden Institutionen des Biogassektors<sup>11</sup> über Betriebszweige und über die betriebliche Struktur der in Biogasanlagen investierenden

---

<sup>11</sup> Insgesamt wurden folgende Institutionen befragt: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow. Bundesverband BioEnergie, Bonn. Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig. Leipziger Institut für Energie, Leipzig. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin. Fachverband Biogas, Freising. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig

landwirtschaftlichen Betriebe machte deutlich, dass fundiertes Datenmaterial hierzu nicht vorliegt. Von den acht in der Fußnote der vorhergehenden Seite genannten Institutionen antworteten lediglich fünf auf die Befragung. Einheitlich erklärten sie, dass weder solche Daten in einer nötigen Differenzierungstiefe an ihren Einrichtungen vorliegen würden, noch würden diesbezüglich Kenntnis über eine Informationen bringende Quelle vorliegen. Daher wird der Untersuchungsrahmen dahingehend ausgeweitet, dass eine Vielzahl potenziell geeigneter Betriebsformen zur Biogasanlageninvestition Berücksichtigung finden.

Aus den verschiedensten landwirtschaftlichen Betriebszweigen lässt sich eine Vielzahl von Betriebsausrichtungen zusammenstellen. Da nicht jede mögliche Betriebsausrichtung, gemessen an der Gesamtheit aller Betriebe, einen bedeutenden Stellenwert einnimmt, liegt es nahe, die Anzahl der Betriebszweige und Betriebsformen zu begrenzen. Dieses muss derart geschehen, dass für Deutschland typische bzw. kennzeichnende Betriebsformen der Landwirtschaft der Untersuchung erhalten bleiben.

Einen interessanten Ansatz zur Auswahl und Bildung typischer Betriebe geben HEMME (2000) und FARWICK UND KRÄMER (2008) in ihren jeweiligen Arbeiten über Politikfolgen in der Landwirtschaft. Nach Hemme repräsentieren „typische“ landwirtschaftliche Betriebe „einen bestimmten Betrieb bzw. die typische ökonomische Situation eines Betriebstypus in der Region.“ (HEMME 2000: 21). Sowohl er als auch FARWICK UND KRÄMER (2008) bedienen sich dieser Definition. Beide etablieren die typische ökonomische Situation eines Betriebstyps in der Region über so genannte Paneldiskussionen, an denen neben Landwirten auch Experten der Beratung teilnahmen. Als Nachteile nennen die Autoren neben der nicht gegebenen statistischen Repräsentativität und evtl. mangelnder Motivation für Paneldiskussionen den hohen Zeitaufwand zur Bestimmung der „typischen“ Betriebe. Vielleicht ist der hohe Zeitaufwand Grund dafür, dass FARWICK UND KRÄMER (2008) und HEMME (2000) sich in ihren jeweiligen Arbeiten auf drei rinderhaltende Betriebe bzw. auf Betriebe mit der Ausrichtung Milchvieh beschränken. Dabei macht der Verweis auf den Zeitaufwand der Paneldiskussionen und die Fokussierung der Arbeiten auf Betriebe der Rinderhaltung bzw. Milchviehhaltung deutlich, dass dem interessanten Ansatz zur Abbildung typischer Betriebe in dieser Forschungsarbeit allein schon aus zeitlichen Gründen in dieser Arbeit nicht weiter nachgegangen werden.

Ein gutes Abbild der Vielfältigkeit landwirtschaftlicher Betriebsausrichtungen zeigt die

Statistik des Testbetriebsnetzes. In ihr werden zahlreiche Testbetriebe in unterschiedliche Betriebsformen eingeteilt. Sie bietet den Vorteil, dass aus ihr die in dieser Arbeit benötigten statistischen ökonomischen Kennzahlen sowohl für die Betriebszweige als auch für unterschiedliche Betriebsformen abgeleitet werden können. Die Daten basieren in der Regel auf einer großen Grundgesamtheit und sind für einen längeren Untersuchungszeitraum verfügbar. Daher werden Daten über Betriebszweige und -formen dieser Statistik entnommen. Damit geht einher, dass diese Arbeit im Vergleich zu HEMME (2000) und FARWICK UND KRÄMER (2008) weniger „typische Betriebe“ einer Region, sondern vielmehr den Durchschnittsbetrieb der verschiedenen betriebswirtschaftlichen Ausrichtungen in Deutschland berücksichtigt.

### 9.1.1 Betriebszweige

Die potenzielle Risikodiversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage wird in Abhängigkeit zu verschiedenen landwirtschaftlichen Betriebszweigen bestimmt. Daher erfolgt zunächst eine Auswahl der landwirtschaftlichen Betriebszweige, die in die Untersuchung aufgenommen werden. Im Anschluss daran sind die Portfolioparameter Erwartungswert und Standardabweichung der Betriebszweigrenditen sowie die Korrelation untereinander zu bestimmen. Dies ist nötige Voraussetzung zur Berechnung von Minimum-Varianz-Portfolios, mit deren Hilfe die potenzielle Diversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage bestimmt wird. Im Nachfolgenden werden die einzelnen Schritte ausführlich erläutert.

#### 9.1.1.1 Untersuchte Betriebszweige

Um die Risikodiversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage in Abhängigkeit zu verschiedenen Betriebszweigen analysieren zu können, werden neben der Biogasanlage folgende Betriebszweige berücksichtigt:

- Getreidebau
- Milcherzeugung
- Schweinezucht
- Rindermast
- Schweinemast

Mit diesen acht Betriebszweigen kann ein Großteil der Vielfalt landwirtschaftlicher Betriebsaktivitäten berücksichtigt werden, so dass eine umfassende Aussage zur Risikodiversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage, im Kontext zu den landwirtschaftlichen Betriebszweigen möglich ist.

### 9.1.1.2 Erwartungswerte, Standardabweichungen und Korrelationen

Die Bestimmung von Minimum-Varianz-Portfolios aus zwei oder mehreren Wertpapieren bzw. Betriebszweigen setzt Kenntnis über

- den Erwartungswert einer gewählten Erfolgsgröße
- über das dazugehörige Risiko
- Korrelationen der Betriebszweige

voraus. Auswertungen landwirtschaftlicher Betriebszweige, bei denen eine Erfolgsgröße und das dazugehörige Risiko aus einer großen Grundgesamtheit und über einen längeren Zeitraum ausgewertet worden sind, liegen nach Kenntnis des Autors nicht vor. Landwirtschaftliche Erfolgszahlen, die die genannten Anforderungen an Grundgesamtheit und Untersuchungszeitraum erfüllen, liefern die Buchführungsergebnisse der Testbetriebe. Jedoch beziehen sich die dort veröffentlichten Erfolgsgrößen nicht auf Betriebszweige, sondern auf Betriebsformen. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) verfügt jedoch über interne Statistiken, in den die erhobenen Daten über die Betriebsform hinaus in die dazugehörigen spezialisierten Betriebe zugeteilt werden. Abbildung 24 zeigt einen Ausschnitt der in der Testbetriebsstatistik veröffentlichten Betriebsformen und die dazugehörigen spezialisierten Betriebe.

Schlüssel	EU_HG Text	x9016s02 Schlüssel neu	EU_Cc Text	EU_BWA
1	Spez. Ackerbau	1	1310	Spezialisierte Getreide-(andere als Reis), Olsaaten- und Eiweißpflanzenanbaubetriebe
		2	1320	Spezialisierte Reisbetriebe
		3	1330	Getreide-, Eiweißpflanzen-, Olsaaten- und Reiskombinationsbetriebe
		4	1410	Spezialisierte Hackfruchtbetriebe
		5	1420	Getreide- und Hackfruchtverbundbetriebe
		6	1430	Spezialisierte Feldgemüsebetriebe
		7	1440	Betriebe mit verschiedenen Ackerbaugewächsen
		7	1441	Tabakbetriebe
		8	1443	Ackerbaugemischbetriebe
		9	1444	Spezialisierte Hopfenbetriebe
5	Milchvieh	26	4110	Spezialisierte Milchbetriebe
		27	4120	Spezialisierte Milchbetriebe mit Rinderaufzucht
6	sonst. Futterbau	28	4210	Spezialisierte Rinderaufzuchtbetriebe
		29	4220	Spezialisierte Rindermastbetriebe
		30	4310	Rindviehbetriebe-Milcherzeugung mit Aufzucht und Mast
		31	4320	Rindviehbetriebe-Aufzucht und Mast mit Milcherzeugung
		32	4410	Spezialisierte Schafbetriebe
		33	4420	Schaf- und Rindviehverbundbetriebe
		34	4440	Betriebe mit verschiedenem Weidevieh ohne dominante Ausrichtung
7	Veredlung	35	5011	Spezialisierte Schweineaufzuchtbetriebe
		36	5012	Spezialisierte Schweinemastbetriebe
		37	5013	Schweineaufzucht und -Mastverbundbetriebe
		38	5021	Spezialisierte Legehennenbetriebe
		39	5022	Spezialisierte Geflügelmastbetriebe
		40	5023	Legehennen- und Geflügelmastverbundbetriebe
		41	5030	Veredlungsbetriebe mit verschiedenen Verbunderzeugnissen

**Abbildung 24: Betriebsformen und dazugehörige spezialisierte Betriebe**

Quelle: BMELV (2008) Referat 426, Ertragslage und Betriebserhebung

Auf der linken Seite der Abbildung 24 sind die Betriebsformen „Spezialisierter Ackerbau“, „Milchvieh“, „sonst. Futterbau“, und „Veredlung“ enthalten. Die rechte Seite der Abbildung zeigt die spezialisierten Betriebe der einzelnen Betriebsformen. Nach Aussage des zuständigen Referates des Bundesministeriums (Referat 426 des BMELV, Herr Buhrmester) sind diese Betriebe so hoch spezialisiert, dass deren Ergebnisse als Betriebszweigergebnisse Verwendung finden können. Alle der ausgewählten Betriebszweige lassen sich in der Abbildung 24 wiederfinden und sind farbig unterlegt. Das heißt, dass die benötigten Parameter für die Betriebszweige auf der Datengrundlage des Testbetriebsnetzes erhoben werden können.

Die Statistik des Testbetriebsnetzes weist unterschiedliche Erfolgsgrößen aus. In dieser Untersuchung wird als Maß für den Erfolg von landwirtschaftlichen Betriebszweigen der Erwartungswert der Eigenkapitalrendite  $E(X) = \mu$  gewählt. Aus bereits genannten Gründen ist die Eigenkapitalrendite anderen Erfolgsgrößen vorzuziehen. Die in dem Testbetriebsnetz ausgewiesenen Renditezahlen werden um den Lohnansatz für den Betriebsleiter bereinigt. Somit können Betriebszweige kombiniert werden, ohne den Betriebsleiteransatz gleich mehrfach, entsprechend der Anzahl kombinierter Betriebszweige, zu berücksichtigen. Somit sind die Erfolgskennzahlen der Testbetriebsstatistik kompatibel mit denen der vorangegangenen Monte-Carlo-Simulation (beide entlohnen die anfallende Arbeit und berücksichtigen nicht den Ansatz für nicht entlohnte Familienarbeitskräfte). Dies ist insofern von Bedeutung, da im Testbetriebsnetz gar nicht, aber auch anderswo keine qualitativ hochwertigen mehrjährigen Auswertungen über Biogasanlagen und deren ökonomischen Erfolgsgrößen vorliegen. Daher werden die benötigten Größen von der Monte-Carlo-Simulation im vorangegangenen Teil dieser Arbeit geliefert. Aus den methodischen Erläuterungen des Testbetriebsnetzes geht hervor, dass die dort ausgewiesene Eigenkapitalrendite als Maßstab für die Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals zu sehen ist (BMELV 2008) und die Eigenkapitalrendite unter den im Testbetriebsnetz dargebotenen Erfolgsgrößen diejenige ist, die eventuell bestehende Pachtverhältnisse, Forderungen und Verbindlichkeiten berücksichtigt. Eine der beiden Erfolgsgrößen der MCS ist ebenfalls ein Maßstab zur Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals. Die Berechnung beruht auf einem Modell, welches ebenfalls Pachtverhältnisse (in Form von Nutzungskosten für die Substratfläche), Forderungen und Verbindlichkeiten berücksichtigt. Folglich sind die Erfolgskennzahlen aus der amtlichen Statistik mit denen aus dem vorangegangenen Analysemodell vereinbar. Vor

dem Hintergrund der beschriebenen notwendigen Anpassungen der Eigenkapitalrenditen aus dem Testbetriebsnetz bezüglich der Vergleichbarkeit mit der simulierten Eigenkapitalrendite der Biogasanlage, darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Höhe der verwendeten Eigenkapitalrenditen (s. Tabelle 27) aufgrund der erwähnten Lohnansatzbereinigung und einer nicht vollumfänglich durchgeführten Bereinigung um kalkulatorische Faktorkosten das derzeit niedrige Eigenkapitalrenditeniveau landwirtschaftlicher Unternehmungen nicht exakt widerspiegeln.

Wie bereits in der Darstellung der Erfolgskennzahlen und der Risikomaße erwähnt, geht die Varianz der Eigenkapitalrendite  $Var(X) = \sigma^2$  bzw. deren Standardabweichung  $\sigma = \sqrt{Var(X)}$  als Risikomaß in die Analyse ein.

Für alle untersuchten Betriebszweige, mit der Ausnahme Biogas, gilt, dass die benötigten Parameter Eigenkapitalrendite und deren Standardabweichung mit Hilfe historischer Zeitreihen aus dem Testbetriebsstatistik der Wirtschaftsjahre 1995/96 bis 2006/07 ermittelt wurden. Dabei gibt der Erwartungswert der Eigenkapitalrendite das arithmetische Mittel der Zeitreihenrenditen wieder. Aus bereits erwähntem Grunde sind der Erwartungswert und die Standardabweichung der Eigenkapitalrentabilität einer Biogasanlage mit der Monte-Carlo-Simulation der vorangegangenen Untersuchung quantifiziert worden. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 27.

**Tabelle 27: Erwartungswert und Risiko der Betriebszweigrenditen**

	<b>Erwartungswert <math>\mu</math></b>	<b>Varianz <math>\sigma^2</math></b>	<b>Standardabweichung <math>\sigma</math></b>
Biogas	12,36 %	63,7	7,98 %
Getreidebau	6,06 %	0,665	0,815 %
Milcherzeugung	5,83 %	0,948	0,974 %
Rindermast	3,08 %	0,497	0,705 %
Schweinezucht	9,08 %	21,43	4,630 %
Schweinemast	8,10 %	30,261	5,501 %

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die Berechnung der Renditekorrelationen zwischen den Betriebszweigen basiert ebenfalls auf der bereits beschriebenen Datengrundlage der Buchführungsergebnisse der Testbetriebe. Eine Ausnahme bildet wiederum der Betriebszweig Biogas. Mangels verfügbarer Daten wurden die Korrelationen zu anderen Betriebszweigen mit Hilfe einer Expertenbefragung durchgeführt. In der die dem Anhang beigefügten Befragung wurden die Befragungsteilnehmer gebeten ihre Einschätzung zur Korrelation zwischen Biogas und den anderen in der Tabelle 27 aufgeführten Betriebszwei-

gen wiederzugeben, indem sie den jeweiligen Grad der Korrelation durch Ankreuzen auf einer Skala von -1 bis +1 fixieren. Die errechneten und erfragten Korrelationskoeffizienten der Betriebszweigrenditen zeigt die Tabelle 28.

**Tabelle 28: Korrelationskoeffizienten der Betriebszweigrenditen**

	Getreidebau	Milcherzeugung	Rindermast	Schweinezucht	Schweinemast
Biogas	-0,300	-0,200	-0,200	-0,100	-0,100
Getreidebau		-0,219	-0,096	0,381	0,222
Milcherzeugung			0,760	0,079	0,005
Rindermast				0,209	-0,092
Schweinezucht					0,676

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die Expertenbefragung umfasste drei Biogasanlagenbetreiber in Nord- und Süddeutschland. Sie wurden im Rahmen einer schriftlichen Befragung um eine Einschätzung der Korrelation gebeten. Die gemittelte Korrelationseinschätzung (gerundet auf Zehntel) ist in die Risikoanalyse eingeflossen. Der Fragebogen ist dem Anhang beigefügt. Welche ursächlichen Faktoren nach Einschätzung der Experten für die Korrelation von Biogasrenditen zu anderen Betriebszweigrenditen von Bedeutung sind, soll an dieser Stelle kurz angeführt werden. Die Expertenbewertung von Renditekorrelationen zwischen einer Biogasanlage und anderen Betriebszweigen kann als recht homogen bezeichnet werden. In einer anschließenden mündlichen Befragung der Experten zu ihrer Einschätzung kristallisierten sich als entscheidende Kriterien die Abhängigkeit von Fläche und die Transportwürdigkeit benötigter Produktionsfaktoren heraus. So sahen sie ausgehend von Betriebszweigen mit Geflügel, über die Schweinehaltung, die Rinderhaltung und den Ackerbau eine zunehmende negative Korrelation der Betriebszweigrenditen. Getreidebau und Hackfrucht, aber auch Milcherzeugung und Rindermast, werden am stärksten negativ korreliert mit Biogasanlagen eingeschätzt, da sie alle Flächen zur Futterbereitstellung und zur Produktion in unmittelbarer Umgebung des Produktionsstandortes benötigen. Nimmt die Abhängigkeit zur Fläche in unmittelbarer Nähe zum Produktionsstandort ab, wird auch die Korrelation zu Biogas weniger negativ eingeschätzt, wie es bei Schweinemast und Schweinezucht der Fall ist. Hier wird die Abhängigkeit zu nah gelegenen Flächen als nicht so gravierende eingeschätzt, da Teile oder auch die Gesamtheit des Futterbedarfes überregional (Landhändler) bezogen werden können. Ein Befragter merkte an, dass die Schweinewirtschaft aufgrund des hohen industriellen Produktionsstandards am allerwenigsten von einer Biogasanlage in der Nachbarschaft betroffen wäre, da Futtermittel und andere benötigte Produktionsmittel auf weltweiten Märkten geordert

und abgesichert werden. Anderen Faktoren werden seitens der Experten keine entscheidenden Bedeutungen eingeräumt. Interessanterweise können durch die Untersuchungen von BERENZ ET AL. (2008) zur Konkurrenzbeziehung zwischen Biogasfermentation und Milchviehhaltung, Bullenmast und Schweinemast die Experteneinschätzungen tendenziell für die genannten Betriebszweige bestätigt werden, da hinsichtlich der Konkurrenzkraft Milchviehhaltung und Rindermast im Gegensatz zur Schweinemast deutlich abfallen. Offensichtlich wird seitens der Praxis der Bedarf am Produktionsfaktor Fläche in der unmittelbaren Umgebung des Produktionsstandortes als alleinige Ursächlichkeit für die Beziehung zwischen der Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage und dem wirtschaftlichen Erfolg anderer landwirtschaftlicher Betriebszweige gesehen.

Basierend auf den Korrelationskoeffizienten der Tabelle 28 wird das Vorliegen von statistisch signifikanten Zusammenhängen zwischen den Eigenkapitalrenditen der Betriebszweige analysiert. Aus der Teilnehmerzahl der Expertenbefragung zur Korrelationseinschätzung von Biogasrenditen mit anderen landwirtschaftlichen Betriebszweigen (3 Teilnehmer) resultiert ein sehr geringer Stichprobenumfang mit nur drei Werten, so dass ein auf diesen Umfang aufbauendes belastbares Analyseergebnis nicht zu erwarten ist. Vor diesem Hintergrund beschränkt sich die nachfolgende Analyse bezüglich eines statistisch signifikanten Zusammenhanges zwischen den Betriebszweigrenditen auf Korrelationskoeffizienten, die sich nicht aus einer gepaarten Stichprobe mit dem Betriebszweig Biogas ergeben.

In der Tabelle 29 sind für die entsprechenden Korrelationskoeffizienten der Tabelle 28 die t-Statistiken und die dazugehörigen p-Werte dargestellt. Dabei ist die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 0,05$ , so dass das Signifikanzniveau 95 % beträgt.

**Tabelle 29: t-Statistiken und p-Werte der Korrelationskoeffizienten**

	<b>Korrelationskoeffizient</b>	<b>t-Statistik</b>	<b>p-Wert</b>
-0,219	(Getreidebau/Milcherzeugung)	0,634596	0,54
-0,096	(Getreidebau/Rindermast)	0,272751	0,79
0,381	(Getreidebau/Schweinezucht)	1,167115	0,28
0,222	(Getreidebau/Schweinemast)	0,645017	0,54
<b>0,760</b>	(Milcherzeugung Rindermast)	<b>3,30922</b>	<b>0,01</b>
0,079	(Milcherzeugung/Schweinezucht)	0,224235	0,83
0,005	(Milcherzeugung/Schweinemast)	0,013553	0,99
0,209	(Rindermast/Schweinezucht)	0,605479	0,56
-0,092	(Rindermast/Schweinemast)	0,262596	0,80
<b>0,676</b>	(Schweinezucht/Schweinemast)	<b>2,598153</b>	<b>0,03</b>

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Zwei der berechneten Korrelationskoeffizienten sind signifikant verschieden von null, so dass zwischen diesen betrachteten Eigenkapitalrenditen ein statistisch signifikanter linearer Zusammenhang vorliegt. Die statistisch signifikanten Korrelationskoeffizienten sind in der Tabelle 29 rot unterlegt. Die Korrelationskoeffizienten von Milcherzeugung/Rindermast und Schweinezucht/Schweinemast sind bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % folglich signifikant verschieden von Null.

Zur Berechnung von Portfoliovarianzen werden Kovarianzen benötigt. Die Tabelle 30 zeigt die entsprechende Matrix.

**Tabelle 30: Kovarianzmatrix der Betriebszweige**

	Biogas	Getreidebau	Milcherzeugung	Rindermast	Schweinezucht	Schweinemast
Biogas	63,680	-1,952	-1,554	-1,126	-3,695	-4,390
Getreidebau		0,665	-0,174	-0,055	1,440	0,997
Milcherzeugung			0,948	0,522	0,356	0,026
Rindermast				0,497	0,684	-0,359
Schweinezucht					21,439	17,231
Schweinemast						30,261

Quelle: eigene Darstellung, eigene Darstellung

Kovarianzen lassen sich mit Hilfe der Standardabweichung und der Korrelationskoeffizienten berechnen. Die Kovarianz  $Cov$  der Renditegrößen  $R_A$  und  $R_B$  beträgt:

$$Cov(R_A, R_B) = \sigma_A \sigma_B \rho_{A,B} \quad \text{Quelle: (TRAUTMANN 2006)}$$

Dabei bezeichnet  $\rho_{A,B}$  den Korrelationskoeffizienten der Renditen  $R_A$  und  $R_B$ . Die Hauptdiagonale der Abbildung enthält die Betriebszweigvarianzen. Die Kovarianz kann sowohl eine positive als auch negative Ausprägung annehmen.

### 9.1.2 Betriebsformen

Eine Investition in eine Biogasanlage hat Auswirkungen auf die Rendite-Risiko-Struktur eines landwirtschaftlichen Portfolios. Zum einen sollen „typische“ Betriebsausrichtungen dahingehend überprüft werden, ob eine Biogasanlage in Bezug auf die betriebliche Rendite-Risikostruktur anderen Investitionsalternativen tatsächlich vorzuziehen ist. Zum anderen wird die Effizienz der durch eine Biogasanlage ausgelösten Renditeänderung für unterschiedliche betriebswirtschaftliche Ausrichtungen bewertet. Folglich werden zunächst die zu untersuchenden Betriebsausrichtungen bestimmt. Anschließend wird die Portfoliozusammensetzung dieser Betriebsausrich-

tungen aus dem Datenmaterial analysiert.

### 9.1.2.1 Bestimmung und Klassifikation der typischen Betriebe

Durch die betriebswirtschaftliche Ausrichtung können landwirtschaftliche Betriebe in verschiedene Betriebsformen gruppiert werden. In dieser Arbeit wird sich an dem „gemeinschaftlichen Klassifizierungssystem der landwirtschaftlichen Betriebe“ (s. BLUMÖHR ET AL. 2006) orientiert, welches unter anderem im Testbetriebsnetz und im Agrarbericht Anwendung findet. Nach diesem Klassifizierungssystem, auch EU-Typologie genannt, wird die Betriebsform durch den Anteil einzelner Betriebszweige am gesamten Standarddeckungsbeitrag des Betriebes beschrieben. Tabelle 31 zeigt die Gruppierung der Betriebsformen in spezialisierte und nicht spezialisierte Betriebe nach EU-Typologie.

**Tabelle 31: Abgrenzung der Betriebsformen nach gemeinschaftlicher Klassifizierung**

<b>Spezialisierte Betriebe</b>	<b>Ackerbau</b>
	<b>Futterbau</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Milchvieh</li> <li>• Sonstiger Futterbau</li> </ul>
	<b>Veredlung</b>
<b>Nicht spezialisierte Betriebe</b>	<b>Gemischt (Verbund)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflanzenbauverbund</li> <li>• Viehhaltungsverbund</li> <li>• Pflanzenbau-Viehhaltung</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung, BMELV 2009

Die spezialisierten Betriebe bestehen aus den Untergruppierungen Ackerbau, Futterbau und Veredlung. Im Gegensatz zur Vorlage aus dem Testbetriebsnetz sind in der Tabelle 31 unter den spezialisierten Betrieben die Gruppierungen Gartenbau und Dauerkulturen entfallen, da diese den Untersuchungsrahmen zu weit vom „typischen“ landwirtschaftlichen Betrieb entfernen. Die nicht spezialisierten Betriebe gruppieren sich in die Betriebsformen Pflanzenbauverbund und Viehhaltungsverbund sowie Pflanzenbau-Viehhaltung. In die letztgenannte Betriebsform „Pflanzenbau-Viehhaltung“ fallen all diejenigen Betriebe, die sowohl Betriebszweige des Pflanzenbaus als auch der Viehhaltung besitzen, jedoch mangels Spezialisierung keinem dieser betrieblichen Schwerpunkte zuzuordnen sind (s. BMELV 2007). Betriebsformen, die weder einem pflanzlichen noch tierischen Schwerpunkt zugeordnet werden können, werden in der weiteren Untersuchung nicht berücksichtigt. Welche betriebswirtschaftlichen Ausrichtungen der spezialisierten Betriebe und der Verbundbetriebe

im Einzelnen Berücksichtigung finden, zeigt Tabelle 32.

**Tabelle 32: Betriebsformen und dazugehörige Betriebsausrichtungen**

spez. Betriebe	Pflanzenbauverbund	Viehhaltungsverbund
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Getreidebau</li> <li>• Milcherzeugung</li> <li>• Rindermast</li> <li>• Schweinezucht</li> <li>• Schweinemast</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Getreidebau-Milcherzeugung</li> <li>• Getreidebau-Rindermast</li> <li>• Getreidebau-Schweinezucht</li> <li>• Getreidebau-Schweinemast</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Milcherzeugung-Getreidebau</li> <li>• Rindermast-Getreidebau</li> <li>• Schweinezucht-Getreidebau</li> <li>• Schweinemast-Getreidebau</li> <li>• Milcherzeugung-Rindermast-Getreidebau</li> <li>• Schweinezucht-Schweinemast-Getreidebau</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung

Die spezialisierten Betriebe sind dadurch gekennzeichnet, dass lediglich ein Betriebszweig die betriebliche Ausrichtung definiert. Wie aus Tabelle 32 zu ersehen ist, wird aus jedem neben der Biogasanlage berücksichtigten Betriebszweig ein spezialisierter Betrieb kreiert. Die Pflanzenbauverbundbetriebe kombinieren den Betriebszweig Getreidebau mit Betriebszweigen aus der Viehhaltung. Die Viehhaltungsverbundbetriebe greifen in der Tabelle 32 die betriebswirtschaftliche Ausrichtung der Pflanzenbauverbundbetriebe nominell wieder auf, nur liegt hier der betriebswirtschaftliche Schwerpunkt in der Viehhaltung und nicht im Getreidebau. Zwei sich nah stehende Betriebszweige der Viehhaltung werden in Kombination mit Getreidebau ebenfalls als betriebswirtschaftliche Ausrichtung der Viehhaltungsverbundbetriebe berücksichtigt.

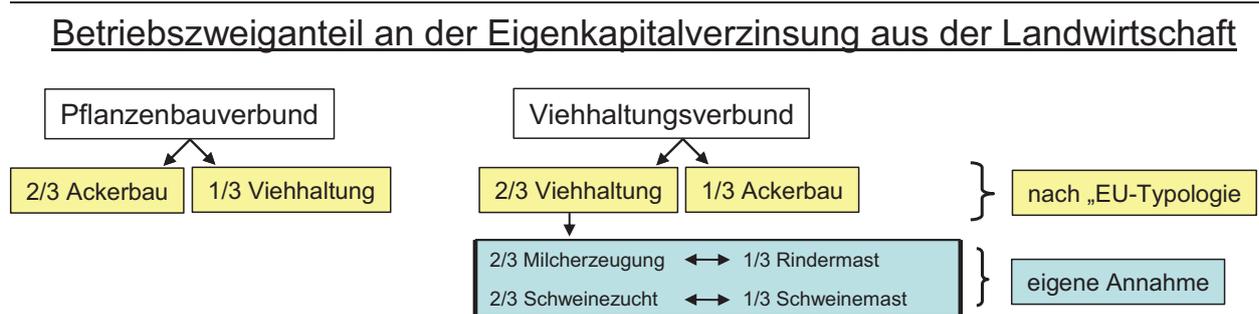
Da die Eigenkapitalrendite die Erfolgsgröße stellt, wird das Klassifizierungskriterium der EU-Typologie, nämlich der Betriebszweiganteil am gesamtbetrieblichen Standarddeckungsbeitrag (SDB), durch den Betriebszweiganteil an der gesamten Eigenkapitalverzinsung des Betriebes substituiert. Es gilt für alle betrieblichen Ausrichtungen der Pflanzenbauverbund- und Viehhaltungsverbundbetriebe folgendes Kriterium:

**Tabelle 33: Klassifikation der Verbundbetriebe**

Betriebsform	Anteil an gesamter Eigenkapitalverzinsung des Betriebes	
Pflanzenbauverbund	Ackerbau	= 2/3
	Viehhaltung	= 1/3
Viehhaltungsverbund	Viehhaltung	= 2/3
	Ackerbau	= 1/3

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 33 zeigt, dass Pflanzenbauverbundbetriebe in dieser Arbeit dadurch gekennzeichnet sind, dass 2/3 der Eigenkapitalverzinsung aus dem Ackerbau und 1/3 aus den Betriebszweigen der Viehhaltung erwirtschaftet werden. Für die Viehhaltungsverbundbetriebe gilt, dass 2/3 der erwirtschafteten Eigenkapitalverzinsung aus der Viehhaltung und 1/3 aus dem Ackerbau stammen müssen, um sie dieser Betriebsform zuordnen zu können. Die EU-Typologie und die aktuelle Datenlage geben jedoch keine Auskunft darüber, wie sich die Viehhaltung zusammensetzt, wenn diese aus mehr als einem Betriebszweig besteht. Um solche Betriebe dennoch in die Untersuchung mit aufzunehmen, wird die Annahme gesetzt, dass der Eigenkapitalbeitrag von zwei Betriebszweigen, sofern diese beide der Viehhaltung zuzurechnen sind, sich im Verhältnis 2/3 zu 1/3 verhalten. Die Abbildung 25 zeigt die bereits aus der Tabelle 33 bekannte Klassifikation der Betriebe, erweitert um die in der Abbildung 25 blau unterlegte Annahme.



**Abbildung 25: erweiterte Klassifikation der Verbundbetriebe**

Quelle: eigene Darstellung

Die gelb unterlegte Klassifikation nach der EU-Typologie wird hier der Vollständigkeit halber noch einmal wiedergegeben. Die blau unterlegten Felder zeigen die Annahme über das Verhältnis zweier Betriebszweige zueinander, wenn beide der Viehhaltung zuzurechnen sind. Daher gilt diese Annahme nur für die betrieblichen Ausrichtungen der Verbundbetriebe, die drei landwirtschaftliche Betriebszweige im Portfolio enthalten.

### 9.1.2.2 Bestimmung der Portfolioanteile

Der Anteil eines Betriebszweiges am betrieblichen Portfolio bezieht sich auf das gesamtbetriebliche Eigenkapital. Die Portfoliozusammensetzung beschreibt, wie das im Betrieb vorhandene Eigenkapital in den einzelnen Betriebszweigen verteilt ist. Da jeder Betriebszweig das eingesetzte Eigenkapital anders verzinst, sind die Portfolioanteile nicht gleich den Anteilen am Beitrag zur gesamten Eigenkapitalver-

zinsung.

Das gesamtbetriebliche Eigenkapital sowohl für die spezialisierten Betriebe als auch für die Pflanzenbau- und Viehhaltungsverbundbetriebe kann dem Testbetriebsnetz entnommen werden. Da Biogasanlageninvestitionen in aller Regel den Einsatz von Eigenkapital erfordern, gilt auch hier, wie bereits aus dem Kapitel 7.2 bekannt ist, dass die Betriebe vor der Biogasanlageninvestition über 350.000 € Eigenkapital verfügen, welches in einer „risikolosen“ Anlage zu 4,75 % verzinst wird. (Das mit 350.000 € die Anforderung an die Höhe des Eigenkapitalanteils einer Biogasanlageninvestition praxisgerecht bedient wird und welche Kapitalmarktkonditionen zu einer „risikolosen“ Anlage des Kapitals führen, ist ausführlich im Kapitel 7.2 beschrieben). Soll es zu einer Biogasanlageninvestition kommen, so muss diese Anlage zu Gunsten des erforderlichen Eigenkapitalsanteils der Investition aufgegeben werden. Somit wird gewährleistet, dass die Verwendung des Eigenkapitals mit Nutzungskosten versehen ist und dass kein bestehender Betriebszweig zu Gunsten der Biogasinvestition aufgegeben wird.

Das Eigenkapital eines Portfolios mit mehr als einem Betriebszweig, hierzu gehören die der Pflanzenbau- und Viehhaltungsverbundbetriebe, wird so auf die Betriebszweige aufgeteilt, dass es dem sich aus der Klassifikation in Tabelle 33 und Abbildung 25 ergebenden Verhältnis der Eigenkapitalgewinnung zwischen Ackerbau und Viehhaltung gerecht wird. Unter der Nebenbedingung, dass die Summe der Betriebszweiganteile 100 % ergeben muss, ist die Aufteilung des betrieblichen Eigenkapitals mittels Zielwertsuche (Excel – Solver) analysiert worden.

Das aus der Datengrundlage und den vorgestellten Restriktionen resultierende Ergebnis hinsichtlich der betrieblichen Eigenkapitalausstattungen und den dazugehörigen Portfolioanteilen zeigt Tabelle 34.

Tabelle 34: Betriebsportfolios und deren Portfoliozusammensetzung

Betriebsportfolios	Eigenkapital	Portfolioanteile				Eigenkapitalbeitrag der Betriebszweige				Summe
		BZ 1	BZ 2	BZ 3	BZ 4	BZ 1	BZ 2	BZ 3	BZ 4	
		spezialisierte Betriebe								
Getreidebau - Anlage	1.000.593 €	65,0%	35,0%			39.444 €	16.625 €			56.069 €
Milcherzeugung - Anlage	875.705 €	60,0%	40,0%			30.665 €	16.625 €			47.290 €
Rindermast - Anlage	963.591 €	63,7%	36,3%			18.887 €	16.625 €			35.512 €
Schweinezucht - Anlage	815.245 €	57,1%	42,9%			42.259 €	16.625 €			58.884 €
Schweinemast - Anlage	976.277 €	64,1%	35,9%			50.699 €	16.625 €			67.324 €
		Pflanzenbauverbundbetriebe								
Getreidebau - Milcherzeugung - Anlage	872.890 €	39,4%	20,5%	40,1%		20.861 €	10.430 €	16.625 €		47.916 €
Getreidebau - Rindermast - Anlage	872.890 €	30,2%	29,7%	40,1%		15.972 €	7.986 €	16.625 €		40.583 €
Getreidebau - Schweinezucht - Anlage	872.890 €	44,9%	15,0%	40,1%		23.769 €	11.884 €	16.625 €		52.278 €
Getreidebau - Schweinemast - Anlage	872.890 €	43,6%	16,3%	40,1%		23.065 €	11.532 €	16.625 €		51.222 €
		Viehhaltungsverbundbetriebe								
Milcherzeugung - Getreidebau - Anlage	875.474 €	40,5%	19,5%	40,0%		20.696 €	10.348 €	16.625 €		47.669 €
Rindermast - Getreidebau - Anlage	875.474 €	47,9%	12,2%	40,0%		12.900 €	6.450 €	19.350 €		38.700 €
Schweinezucht - Getreidebau - Anlage	875.474 €	34,3%	25,7%	40,0%		27.288 €	13.644 €	16.625 €		57.557 €
Schweinemast - Getreidebau - Anlage	875.474 €	36,0%	24,0%	40,0%		25.509 €	12.754 €	16.625 €		54.888 €
Milcherzeugung - Rindermast - Getreidebau - Anlage	875.474 €	22,5%	21,3%	16,2%	40,0%	11.484 €	5.742 €	8.613 €	16.625 €	42.464 €
Schweinezucht - Schweinemast - Getreidebau - Anlage	875.474 €	22,4%	12,5%	25,1%	40,0%	17.779 €	8.889 €	13.334 €	16.625 €	56.627 €

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die linke Spalte der Tabelle 34 zeigt die untersuchten Betriebsportfolios vor der Biogasanlageninvestition. Der letztgenannte Betriebszweig „Anlage“ in dieser Spalte bezeichnet die Geldanlage in Höhe von 350.000 €, welches neben den landwirtschaftlichen Betriebszweigen auch Bestandteil eines betrieblichen Portfolios ist. Nebenstehend sind die aus den Buchführungsergebnissen der Testbetriebe<sup>12</sup> errechneten Eigenkapitalausstattungen aufgeführt, einschließlich der Geldanlage. Da die Pflanzenbau- und Viehhaltungsverbundbetriebe in der Datengrundlage nicht weiter differenziert sind, besitzen alle Betriebsportfolios einer Verbundklasse mit 872.890 € bzw. 875.474 € die gleiche Eigenkapitalausstattung. Die nächste Spalte der Tabelle 34 mit der Überschrift „Portfolioanteile“, zeigt die Aufteilung des Eigenkapitals in die jeweiligen Betriebszweige. Der am weitesten rechts stehende Wert in dieser Spalte bezieht sich immer auf die risikolose Anlage in Höhe von 350.000 €. Welcher monetäre Betrag an Eigenkapital durch die Durchführung der Betriebszweige gewonnen wird, ist in der Spalte „Eigenkapitalbeitrag der Betriebszweige“ zu ersehen. Die Tabelle 34 wird am Beispiel eines Betriebsportfolios aus Getreidebau-Milcherzeugung und risikoloser Anlage verdeutlicht. Dieses Betriebsportfolio ist mit einem gesamten Eigenkapital in Höhe von 872.890 € ausgestattet. Um den Klassifikationskriterien aus dem Testbetriebsnetz gerecht zu werden, ist dieses Eigenkapital zu 39,4 % im Getreidebau, zu 20,5 % in der Milcherzeugung und zu 40,1 % in Form der risikolosen Anlage (350.000 €) gebunden. Dass dies mit den Klassifikationskriterien der Tabelle 33 und Abbildung 25 konform ist, zeigt die nächste Spalte. Mit einer Eigenkapitalrendite in Höhe von 20.861 € steht der Betriebszweig Getreidebau dem Betriebszweig Milchviehhaltung (10.430 €) im Verhältnis 2/3 zu 1/3 gegenüber. Die Eigenkapitalrendite aus der risikolosen Anlage beträgt 16.625 €, so dass dieses Betriebsportfolio insgesamt eine Eigenkapitalrendite in Höhe von 47.916 € aufweist. Die Lesart der Tabelle 34 für das hier aufgeführte Beispiel kann auf alle anderen gezeigten Betriebsportfolios übertragen werden.

### 9.1.3 Untersuchungsrahmen

Um eine erste Einschätzung zum Risikodiversifikationspotenzial einer Biogasanlage zu erhalten, werden die Minimum-Varianz-Portfolios berechnet.

Ein weiterer, wesentlicher Schritt zur Untersuchung der Portfoliowirkung einer Bio-

---

<sup>12</sup> Die Eigenkapitalausstattung beziehen sich auf das WJ 06/07. Für die Verbundbetriebe lassen sich die Daten aus dem veröffentlichten Testbetriebsstatistiken ablesen. Daten für die spezialisierten Betrieb entstammen eine nicht veröffentlichten Statistik des BMELV.

gasanlage besteht darin festzustellen, ob eine Investition in eine Biogasanlage tatsächlich, in Bezug auf das betriebliche Rendite-Risiko-Verhältnis, anderen Handlungsalternativen vorzuziehen ist. Die zu untersuchenden Handlungsalternativen bestehen zum einen aus der Option, die bisherige betriebliche Struktur zu erhalten (Investition in die vorhandenen Betriebszweige) und zum anderen aus der Investition in eine Biogasanlage. Die Investition in die vorhandenen Betriebszweige stellt insofern eine bedeutende Option dar, da Entscheidungsträger dazu neigen, diejenige Handlungsoption anderen vorzuziehen, die einen bekannten Status darstellt (VON DAVIER 2007). Auch SAMUELSON UND ZECKHAUSER (1998) bemerken, dass Entscheidungsträger bei der Beschäftigung mit unterschiedlichen Optionen die Alternative, die einen bekannten Zustand beschreibt, oft bevorzugen.

Die Investition in die bisherige Betriebsstruktur stellt die Handlungsalternative zur Biogasanlageninvestition dar. Hierbei wird das zur Investition bereitstehende Eigenkapital eines Betriebes so in die Betriebszweige aufgeteilt, dass sich ihr Verhältnis zueinander (gemessen am gebundenen Eigenkapital) nicht verändert.

Zusammenfassend werden folgende Handlungsalternativen für die Betriebsformen untersucht:

1. Investition in die bisherige Betriebsstruktur
2. Investition in eine Biogasanlage

Für jede aus den Handlungsalternativen resultierende Betriebsausrichtung wird das Portfolio bestimmt und das betriebliche Rendite-Risiko-Verhältnis taxiert. Ob, ausgehend vom „Ist-Zustand“, die Biogasanlage einer Investition in die bisherige Betriebsausrichtung vorzuziehen ist, wird anhand der Effizienz der Renditeänderung, ausgelöst durch das entsprechende Investitionsverhalten, bestimmt.

### **9.2 Methode zur Bestimmung der Risikowirkung auf landw. Portfolios**

Sowohl bei der Bestimmung der potenziellen Risikodiversifikationsfähigkeit als auch bei der Bestimmung der Portfoliowirkung einer Biogasanlageninvestition wird sich an der Portfoliotheorie orientiert. Der Ansatz der modernen Portfoliotheorie wird in der Literatur auf Harry M. Markowitz zurückgeführt (s. z.B. BREUER ET AL. 2004, SERF 1995, SCHMIDT-VON RHEIN 1996). Allgemein formuliert, beruht die Theorie auf der

Erkenntnis, dass Investoren durch geschickte Mischung risikobehafteter Wertpapiere das Risiko zu einem gegebenen Erwartungswert streuen können. Markowitz gelang es dabei, Abhängigkeiten in den Renditeentwicklungen zu messen und „den Risiko-diversifikationseffekt statistisch zu begründen und mittels Varianzen und Kovarianzen zu quantifizieren“ (SCHMIDT-VON RHEIN 1996: 223). Die beschriebenen Prinzipien haben heute einen hohen Stellenwert bei der Beurteilung von Portfolios im finanzwirtschaftlichen Bereich, speziell im Zusammenstellen von Wertpapieren (so genannte Asset-Allocation). In dieser Arbeit wird die Portfoliotheorie aus ihrem eigentlichen Anwendungsbereich heraus auf die Landwirtschaft übertragen.

### **9.2.1 Abgrenzung der Portfolioanalyse gegenüber den klassischen Optimierungsverfahren**

Die Bewertung von Portfolios nach Markowitz beruht ausschließlich auf den Kriterien Erwartungswert der Rendite und dem dazugehörigen Risiko. Hier sei erwähnt, dass die Bewertung von Portfolios anhand dieser Kriterien, in der Literatur als so genannter  $(\mu, \sigma)$ -Komplex oder  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip wiederzufinden ist (vgl. FRANTZMANN 2002, BREUER ET AL 2004, SCHMID-VON RHEIN 1996). Die ausschließliche Bewertung anhand dieser Faktoren ist ein wesentlicher Unterschied zu den klassischen Optimierungsverfahren (i.d.R. lineare Optimierung), die in aller Regel die optimale Verwendung knapper betrieblicher Faktoren unter gleichzeitiger Minimierung oder Maximierung einer Erfolgsgröße in den Bewertungsfokus stellen. Dabei werden allerdings aus Sicht des Risikos bestehende Diversifikationseffekte aus der Kombination von Betriebszweigen und betriebsformspezifische Rendite-Risiko-Strukturen nicht weiter verfolgt. Aus diesem Grund kommt in dieser Arbeit die klassische Portfoliotheorie zum Tragen und grenzt sich nicht nur durch die Zielsetzung dieser Untersuchung, sondern auch durch die Einbeziehung von Portfoliorisiken und möglichen Risikodiversifikationseffekten innerhalb eines Portfolios bewusst von der klassischen Optimierung ab.

Damit fokussiert diese Arbeit in Anlehnung an die Markowitz'sche Portfolioauswahl die Portfoliorendite und das dazugehörige Risiko als zentrale Frage zur Bewertung und Steuerung des gesamtbetrieblichen Vermögens (TEUFEL 2000). Das heißt jedoch nicht, dass eine betriebliche Anpassungsreaktion auf Portfolioänderung völlig unberücksichtigt bleibt. Die Berücksichtigung besteht darin, dass in der kalkulierten Biogasanlage alle eingesetzten Faktoren zu Marktpreisen entlohnt werden. Das heißt, dass die Risikowirkung einer Biogasanlage auf ein Betriebsportfolio unabhängig

davon ist, ob die benötigten Produktionsfaktoren innerbetrieblich bereitgestellt werden können oder am Markt beschafft werden müssen, da sie in beiden Fällen zu Marktpreisen entlohnt werden. Abweichende Ausstattungen an Produktionsfaktoren werden dahingehend egalisiert, da sowohl innerbetrieblich als auch am Markt zu beschaffende Produktionsfaktoren den gleichen monetären Bewertungsmaßstab haben.

Die Entlohnung aller eingesetzten Faktoren zu Marktpreisen bietet weitere drei Vorteile:

- Wenn alle Produktionsfaktoren einer Biogasanlage zu Marktpreisen entlohnt werden, dann besitzen einzelbetrieblich umgesetzte Biogasprojekte und Kapitalbeteiligungen an Biogasanlagen die gleichen Rendite- und Risikoparameter. Das heißt, dass auch Kapitalbeteiligungen ohne Veränderung des Modells in die Portfolioanalyse mit aufgenommen werden können.
- Durch die Entlohnung aller Produktionsfaktoren zu Marktpreisen erfährt das Ergebnis keine Verschlechterung, falls tatsächlich alle eingesetzten Faktoren in der praktischen Umsetzung zu Marktpreisen entlohnt werden. Wenn innerbetrieblich noch freie ungenutzte Produktionsfaktoren vorhanden sind, die aus innerbetrieblichen Bewertungsmaßstäben heraus eine Entlohnung unterhalb des Marktniveaus erfahren können, so kann dies das Ergebnis nur verbessern.
- Die kategorische Entlohnung aller eingesetzten Produktionsfaktoren zu Marktpreisen löst den Untersuchungsrahmen von einer einzelbetrieblichen Sichtweise.

Mit der Prämisse der Bewertung aller Produktionsfaktoren zu Marktpreisen, unabhängig von ihrer Herkunft (innerbetrieblich oder vom Markt), wird sichergestellt, dass für jede der in die Untersuchung aufgenommenen Betriebsformen eine Investition in Biogas möglich ist, da bei innerbetrieblicher Knappheit Ausgleich am Markt gefunden werden kann.

### **9.2.2 Anpassung der Portfoliotheorie an die Landwirtschaft**

Im Gegensatz zu finanzwirtschaftlichen Portfolios können landwirtschaftliche Portfo-

lios dahingehend charakterisiert werden, dass sie sich in aller Regel aus landwirtschaftlichen Betriebszweigen zusammensetzen. Jeder landwirtschaftliche Betrieb führt einen oder mehrere als landwirtschaftlich zu bezeichnende Betriebszweige durch und besitzt somit aufgrund dieser Aktivitäten ein spezifisches Betriebsportfolio. Das Betriebsportfolio besteht demnach nicht mehr aus einer Ansammlung von Wertpapieren, sondern aus einem oder mehreren Betriebszweigen. Bei der Übertragung der Portfoliotheorie aus ihrem finanzwirtschaftlichen Geltungsbereich auf die Landwirtschaft bleiben die wesentlichen Grundannahmen der modernen Portfolioanalyse wie mögliche stochastische Abhängigkeit von Renditen und die Bewertung von Portfolios anhand des Erwartungswertes der Renditen und dem entsprechendem Risikomaß erhalten. Besonderheiten des Wirtschaftsfeldes Landwirtschaft erfordern jedoch in den Punkten

- Mindestgröße und Teilbarkeit von Portfoliobestandteilen
- Leerverkauf von Portfoliobestandteilen

eine Anpassung der Portfoliotheorie.

Die Wertpapierzusammensetzung eines finanzwirtschaftlichen Portfolios unterliegt hinsichtlich der Mindestanteile einzelner Wertpapiere keinen Beschränkungen. Jedes Wertpapier kann rein technisch in einem beliebigen Umfang im Portfolio enthalten sein. In einem landwirtschaftlichen Portfolio, in dem die Portfoliobestandteile nicht Wertpapiere, sondern landwirtschaftliche Betriebszweige sind, ist die beliebige Teilbarkeit der Bestandteile nicht gegeben. Soll ein landwirtschaftlicher Betriebszweig erhalten oder in ihn investiert werden, rückt im Gegensatz zu Wertpapieren die Frage nach einer vernünftigen wirtschaftlichen Mindestgröße in den Fokus. Der Anspruch eines landwirtschaftlichen Betriebszweiges an eine wirtschaftliche Mindestgröße zeigt, dass landwirtschaftliche Betriebszweige nicht im beliebigen Umfang in einem Portfolio enthalten sein können.

Ein weiterer grundsätzlicher Unterschied zwischen dem finanzwirtschaftlichen und dem landwirtschaftlichen Portfoliomanagement liegt in der zeitlichen und räumlichen Dimension der Handelbarkeit von Portfoliobestandteilen. Der Handel mit Kapital und Wertpapieren lässt sich nahezu jederzeit von jedem Ort der Welt zu beliebigen Mengen durchführen, weshalb solche Produkte als fungibel zu bezeichnen sind. Fungibilität ist eine Voraussetzung für den Börsenhandel (s. z.B. WIERICHS UND SMETS 2007).

Gänzlich anders gestaltet sich der Handel von landwirtschaftlichen Betriebszweigen. Sie sind Bestandteil des Gütermarktes und nehmen selbst hier eine besondere Stellung ein. Benötigte Produktionsfaktoren, wie z.B. Boden und Produktionsgebäude, sind ortsgebunden. Aufgrund hoher Transaktionskosten, die bei Kauf oder Verkauf von Betriebszweigen zweifelsohne entstehen, besitzen diese, im Gegensatz zu börsenhandelbaren Finanzprodukten eine sehr geringe Fungibilität.

Unter den Aspekten der nicht vorhandenen beliebigen Teilbarkeit von Wertpapieren und der offensichtlich geringen Fungibilität landwirtschaftlicher Betriebszweige und unter Beobachtungen aus der Praxis, führt die Portfolioanalyse in dieser Arbeit zu der Restriktion, dass bestehende Betriebszweige zugunsten einer Biogasanlage weder eingeschränkt noch aufgegeben werden. Die Prämisse der nicht vorhandenen beliebigen Teilbarkeit bezieht sich auf bestehende Betriebszweige und gilt daher in dieser Arbeit nicht für die Investitionsmöglichkeit Biogas. Durch die bei einigen Fragestellungen nötige Einbeziehung der durchaus vorhandenen Möglichkeiten einer Kapitalbeteiligung (z.B. offene und geschlossene fondgestützte Anlagen, bäuerliche Gemeinschaftsanlagen) an „Biogas-Projekten“, können auch Teilmengen Berücksichtigung finden. Dies ist insbesondere bei der Bestimmung der maximalen Diversifikationsmöglichkeit in Abhängigkeit zu unterschiedlichen Betriebszweigen, aber auch zur Bestimmung optimaler Portfolios unter Einbeziehung von Kapitalbeteiligungen von Bedeutung.

Ein bestimmtes Steuerungsinstrument finanzwirtschaftlicher Portfolios kann bei der landwirtschaftlichen Portfolioanalyse keine Berücksichtigung finden. Zu nennen ist hier der Leerverkauf. Dieses Instrument ermöglicht den Verkauf von Wertpapieren, die sich nicht im Besitz des Verkäufers befinden und fügt dem Portfolio eine negative Position zu (vgl. GARZ ET AL. 1998). Übertragen auf die Landwirtschaft bedeutet dies, dass Landwirte Betriebszweige verkaufen können, die ihnen zum Zeitpunkt des Verkaufs nicht gehören. Da solch ein Sachverhalt jedoch nicht in der Praxis zu beobachten ist, beinhalten in dieser Arbeit die Portfolioanalysen das Leerverkaufsverbot.

### **9.2.3 Berechnung der Minimum-Varianz-Portfolios (MVP)**

Um das Potenzial zur Risikodiversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage in Abhängigkeit zu verschiedenen Betriebszeigen ermitteln zu können, bedarf es der Bestimmung der Minimum-Varianz-Portfolios (MVP). Das MVP beschreibt diejenige Mischung der Portfoliobestandteile, „die bei vollständigem Investitionsgrad in risikobehaftete Vermögenstitel das geringste mögliche Gesamtrisiko aufweist“ (STAEHLE

2005: 71).

Eine Besonderheit des MVPs ist, dass zur Varianzbestimmung keinerlei Renditeerwartungen bekannt sein müssen (STAEHLE 2005). So erfolgt die Auswahl und die Gewichtung der Portfoliobestandteile im MVP „nicht auf der Grundlage der erwarteten Rendite und der Standardabweichung ( $(\mu, \sigma)$ -Prinzip), sondern ausschließlich vor dem Hintergrund einer minimalen Portfoliovarianz“ (KLEEBERG 1995: 16). Das bedeutet, dass sich eine Änderung der Renditeerwartung der Portfoliobestandteile zwar auf die Renditehöhe im MVP auswirkt, doch Auswirkungen auf die Varianz bzw. Standardabweichung und Portfoliozusammensetzung im MVP nicht zu verzeichnen sind. Jeder der untersuchten Betriebszweige wird mit der Biogasanlage kombiniert. Für diese Kombinationen wird das MVP errechnet, indem die Portfoliovarianz  $VAR(\tilde{R}_p)$  unter Berücksichtigung von Restriktionen minimiert wird.

$$MVP = \min VAR(\tilde{R}_p) = \min \sigma_p^2$$

Restriktionen:

$$1. \quad \sum_i^n x_i = 1$$

$$2. \quad x_i \geq 0$$

Die erste Restriktion besagt, dass die Summe der Portfolioanteile  $x_i$  gleich 1 sein muss. Die Anlagensumme muss voll investiert sein. Durch die zweite Restriktion ist der Anteil einzelner Portfoliobestandteile immer positiv, womit die Möglichkeit von Leerverkäufen ausgeschlossen ist.

Die Berechnung erfolgt mit dem Softwareprogramm General Algebraic Modeling System (GAMS). Im Folgenden werden der Aufbau des aufzustellenden Eingabetableaus und die sich dahinter verbergenden Rechenschritte erläutert. Die Abbildung 26 zeigt das GAMS-Tableau am Beispiel der Betriebszweigungskombination Getreidebau und Biogas.

---

```

1  set i Betriebszweige /Getreide, Biogas/; alias (i,j)
2
3  parameter mean(i) Betriebszweigrendite
4      /Getreide 6.06274
5      Biogas 12.36000 /
6
7
8  Table v(i,j) Korellationsmatrix
9
10     Getreide          Biogas
11  Getreide          0.66478          -1.9519292
12  Biogas            -1.9519292          63.68040
13
14  variable x(i)          Portfolioanteile
15         varianz          Portfoliovarianz
16         standarddevison  Portfoliostandardabweichung
17         return          Portfoliorendite ;
18
19  positive variable x;
20  free variable varianz;
21  free variable standarddevison;
22  free variable return ;
23
24  equations
25     asum  Portfolioanteil
26     dvar  Definition der Portfoliovarianz
27     dstd  Definition der Portfoliostandardabweichung
28     dmean Definition der Portfoliorendite ;
29
30  asum..  sum(i, x(i)) =E= 1.0 ;
31  dvar..  sum(i, x(i)*sum(j,v(i,j)*x(j))) =E= varianz ;
32  dstd..  sqrt(sum(i, x(i)*sum(j,v(i,j)*x(j)))) =E= standarddevison ;
33  dmean..  sum(i, mean(i)*x(i)) =E= return;
34
35  model portfolio /asum, dvar, dstd, dmean/;
36  solve portfolio using nlp minimizing varianz;
37  display x.m, x.l

```

---

**Abbildung 26: Eingabetableau zur Bestimmung des MVP aus Biogas und Getreidebau**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Ohne zu sehr auf die Syntax des Programms einzugehen, lässt sich feststellen, dass das Tableau in drei Teile eingeteilt werden kann. Der erste Teil umfasst die Zeilen 1 bis 11 und beinhaltet die zu untersuchenden Betriebszweige, den Erwartungswert der Betriebszweigrenditen  $mean(i)$  und die sich daraus ergebende Kovarianzmatrix  $v(i,j)$ . Der mittlere Teil umfasst die Zeilen 13 bis 21. Hier werden die gesuchten Portfolio Größen (ausgedrückt als Variable) definiert und gegebenenfalls Restriktionen in der Ausprägung hinzugefügt. Auffällig ist die Zeile 18, welche die genannte Restriktion der positiven Portfoliobestandteile beinhaltet.

Der dritte Teil enthält die Gleichungen zur Berechnung der gesuchten Portfolio Größen und die Anweisung, die Portfoliovarianz zu minimieren. Nachfolgend wird auf die einzelnen Gleichungen eingegangen.

### Portfolioanteil

Der Portfolioanteil ist zunächst mit dem Synonym „asum“ versehen worden. Die in dem Tableau enthaltene Gleichung

$$\text{asum}.. \quad \text{sum}(i, x(i)) =E= 1.0$$

lautet, losgelöst von der programmspezifischen Syntax,

$\sum_i^n x_i = 1$ . Damit ist die Restriktion, dass die Summe der Portfoliobestandteile 1 ist, wiedergegeben. Im Ausgabeblatt der Portfoliosoftware sind die Anteile im MVP für die einzelnen Portfoliobestandteile (Betriebszweige und Biogas) aufgeführt.

### Portfoliovarianz

Aus Gründen der programmspezifischen Syntax ist auch die Gleichung für die Portfoliovarianz mit einem Synonym versehen worden, welches „dvar“ lautet. In dem Eingabetableau wird die Portfoliovarianz durch die Gleichung

$$\text{dvar}.. \quad \text{sum}(i, x(i) * \text{sum}(j, v(i,j) * x(j))) =E= \text{varianz}$$

berechnet. In gängiger mathematischer Schreibweise stellt sich die Berechnung für die Portfoliovarianz wie folgt da:

$$\text{Var}(R_p) = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \text{Cov}(R_i, R_j) \quad \text{Quelle: (TRAUTMANN 2006)}$$

Dabei beschreibt  $\text{Var}(R_p)$  die Varianz der Portfoliorendite  $R_p$  eines Portfolios mit  $n$  Portfoliobestandteilen. Die Kovarianz gibt den Grad der stochastischen Abhängigkeit der Renditegrößen wieder. Die Kovarianzmatrix der Renditen wird durch  $\text{Cov}(R_i, R_j)$  berücksichtigt.

### Portfoliostandardabweichung

Die Standardabweichung ist die Wurzel der Varianz, weshalb der Unterschied zur

vorangegangenen Gleichung lediglich im anderen Synonym und im Zusatz „sqrt“ (sqrt bedeutet square root und ist der Befehl zum Ziehen der Quadratwurzel) liegt.

```
dstd.. sqrt(sum(i, x(i)*sum(j,v(i,j)*x(j)))) =E= standarddeviation
```

Der Vollständigkeit halber sei hier die Schreibweise der Berechnung für die Portfoliostandardabweichung  $Std(R_p)$  außerhalb der Syntax des Softwareprogramms erwähnt.

$$Std(R_p) = \sigma_p = \sqrt{Var(R)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j Cov(R_i, R_j)}$$

### Portfoliorendite

Die Berechnung der Portfoliorendite, Synonym „dmean“, ist im Tableau mit der Gleichung

```
dmean.. sum(i, mean(i)*x(i)) =E= return
```

wiedergegeben. Ausgedrückt in gängiger Schreibweise bedeutet dies, dass der Erwartungswert der Portfoliorendite  $E(R_p)$  mit der Gleichung

$$E(R_p) = \mu_p = \sum_{i=1}^n x_i \mu_i \quad \text{Quelle: (TRAUTMANN 2006)}$$

berechnet wird. Es ist die Summe der gewichteten erwarteten Betriebszweigrenditen aller einzelnen Portfoliobestandteile.

Zum Abschluss wird das Modell in Zeile 34 „Portfolio“ benannt. Zeile 35 beinhaltet den Befehl zur Minimierung der Portfoliovarianz

$$Var(R_p) = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j Cov(R_i, R_j) \rightarrow \min .!$$

Die Optimierung dieses Minimierungsproblems geschieht unter Berücksichtigung der Bedingungen und Gleichungen des Modells.

### 9.2.3.1 Bestimmung der potenziellen Risikodiversifikation

Nachdem mittels Software die Lage der Minimum-Varianz-Portfolios bestimmt ist, kann das Potenzial einer Biogasanlage zur Reduktion des Portfoliorisikos in Abhängigkeit zu verschiedenen Betriebszweigen ermittelt werden. Dies geschieht, indem die Differenz aus dem Betriebszweigrisiko und dem Risiko des Minimum-Varianz-Portfolios gebildet wird. Daher ergibt sich der potenzielle Diversifikationseffekt einer Biogasanlage  $Div_{BGA}$  aus:

$$Div_{BGA} = \sqrt{\sigma_A^2} - \sqrt{\sigma_{MVP}^2}$$

Dabei steht das  $A$  in der Basis der Varianz für einen der möglichen Betriebszweige und MVP verdeutlicht das Risikoniveau im Minimum-Varianz-Portfolio. Da das Minimum-Varianz-Portfolio die geringste aller möglichen Varianzen aufweist, ist der genannte Term stets größer gleich Null.

### 9.2.3.2 Qualitätsbestimmung des Minimum-Varianz-Portfolio

Die Fragestellung, ob ein berechnetes Minimum-Varianz-Portfolio als „globales“ Minimum-Varianz-Portfolio zu bezeichnen ist, kann in aller Regel durch Betrachtung der Kurve aller möglichen  $(\mu, \sigma)$ -Kombinationen zweier Portfoliobestandteile geklärt werden. „Globale“ Minimum-Varianz-Portfolios liegen dann vor, wenn sich ohne Leerverkäufe eine Portfoliovarianz erzeugen lässt, die geringer als die Varianz des varianzärmsten Betriebszweiges ist (TRAUTMANN 2006). Die Kurve aller möglichen  $(\mu, \sigma)$ -Kombination ist gegeben durch die bereits bekannten Formeln für die Portfoliovarianz und die Portfoliorendite. Um sie näherungsweise graphisch darstellen zu können, wurden Portfoliorendite und Portfoliostandardabweichung in 2,5%-Schritten, ausgehend von 100% Betriebszweig  $A$  bis 100% Betriebszweig  $B$ , berechnet. Sollte die Gestalt der Kurve möglicher  $(\mu, \sigma)$ -Kombinationen keine eindeutige Aussage über die Art des Minimum-Varianz-Portfolios ermöglichen, wird dieses mit der Relation

$$\rho_{A,BGA} \leq \min\{\sigma_A / \sigma_{BGA}, \sigma_{BGA} / \sigma_A\}$$

Quelle: (TRAUTMANN 2006)

überprüft. Dabei beschreibt  $\rho_{A,BGA}$  den Korrelationskoeffizienten aus einem Betriebszweig A und einer Biogasanlage,  $\sigma_A$  und  $\sigma_{BGA}$  stehen für die jeweiligen Standardabweichungen der Eigenkapitalrenditen.

Der Lage des Minimum-Varianz-Portfolios auf der Kurve aller  $(\mu, \sigma)$ -Kombinationen kommt eine spezielle Bedeutung zu. Sie liegt darin, dass das Minimum-Varianz-Portfolio als Ursprung der Effizienzlinie zu betrachten ist (KLEEBERG 1995 und SCHMIDT-VON RHEIN 1996) und die effizienten von den dominierten Portfolios trennt. Unter effizienten Portfolios sind diejenigen zu verstehen, „die für ihr Risikoniveau die jeweils höchste Renditeerwartung haben“ (SPREMANN UND GANTENBEIN 2005: 230). Ein Portfolio dominiert ein anderes, wenn es bei gleichem oder geringeren Risiko eine höhere Rendite hat oder bei einer nicht geringeren Rendite ein geringeres Risiko aufweist (SPREMANN 2006). Daher können die errechneten Portfolioanteile im Minimum-Varianz-Portfolio Aufschluss über notwendige Mindest- oder Höchstanteile einer Biogasanlage geben, um effiziente Portfolios zu erhalten.

Zum Verständnis und zur Illustration werden im Ergebnisteil die berechneten Portfoliogrößen graphisch dargestellt. D. h., die Betriebszweige, das Minimum-Varianz-Portfolio und die Kurve aller möglichen  $(\mu, \sigma)$ -Kombinationen werden in einem so genannten Risk-Return-Diagramm positioniert, welches die Standardabweichung der Portfoliorendite auf der Abszisse und die Renditeerwartung auf der Ordinate abträgt.

### 9.2.4 Effizienzbestimmung mittels Rendite-Risiko-Gradienten

Im Hinblick auf die Folgen für die gesamtbetriebliche Rendite-Risiko-Struktur werden die zu untersuchenden Investitionsalternativen

- 1) Investition in die bisherige Betriebsstruktur
- 2) Investition in eine Biogasanlage

bewertet.

Bei der ersten Investitionsalternative werden die 350.000 € so in die Betriebszweige investiert, dass sich ihr Verhältnis zueinander nicht ändert. Bei der zweiten Möglichkeit werden die 350.000 € zu Gunsten einer Biogasanlageninvestition aufgelöst.

Der Vorteil einer der Alternativen wird durch den Effizienzvergleich der Renditeände-

rung, die bei Umsetzung der Investitionsalternativen geschieht, bestimmt. Um die Effizienz einer Renditeänderung in Abhängigkeit zum gesamtbetrieblichen Risiko zu ermitteln, wird der Rendite-Risiko-Gradient (RRG) eingeführt. Er beschreibt die betriebsformspezifische Wechselbeziehung zwischen erwarteter Portfoliorendite und Standardabweichung, wenn es zur Veränderung der betrieblichen Struktur kommt. Um ihn zu berechnen, muss das Rendite-Risiko-Verhältnis eines landwirtschaftlichen Portfolios  $P$ , dargestellt durch die Portfoliorendite  $\mu_P$  und die Portfoliostandardabweichung  $\sigma_P$ , sowohl vor der Investitionsmöglichkeit als auch nach Umsetzung der beiden Investitionsmöglichkeiten berechnet werden. Der Rendite-Risiko-Gradient wird für jede Handlungsalternative in Anlehnung an KOBZAR (2006) wie folgt ermittelt:

$$RRG_{BGA} = \frac{\Delta\mu_P}{\Delta\sigma_P} = \frac{\mu_{P,BGA} - \mu_{P,vor}}{\sigma_{P,BGA} - \sigma_{P,vor}} \quad \text{bzw.} \quad RRG_{Betr.} = \frac{\Delta\mu_P}{\Delta\sigma_P} = \frac{\mu_{P,Betr.} - \mu_{P,vor}}{\sigma_{P,Betr.} - \sigma_{P,vor}}$$

Sowohl der Rendite Risiko Gradient, der sich aus der Investition in eine Biogasanlage ergibt, ( $RRG_{BGA}$ ) als auch der Gradient für die Handlungsmöglichkeit, in die betriebliche Struktur zu investieren ( $RRG_{Betr.}$ ), errechnet sich aus dem Delta der Portfoliorenditen  $\Delta\mu_P$ , dividiert durch das Delta der Portfoliostandardabweichung  $\Delta\sigma_P$ . Dabei beziehen sich die Kürzel *BGA* bzw. *Betr.* auf die Renditen und das Risiko nach Umsetzung der Investitionsmöglichkeit und das Kürzel *vor* auf die betriebliche Ausgangslage, also vor Umsetzung einer der Investitionsmöglichkeiten.

Der Rendite-Risiko-Gradient beschreibt für die untersuchten Betriebsformen den Zuwachs der Portfoliorendite bei Umsetzung einer Investitionsmöglichkeit, wenn die Standardabweichung um eine Einheit erhöht wird. Somit quantifiziert der Rendite-Risiko-Gradient den Nutzen einer Veränderung der Portfoliostandardabweichung um eine Einheit (bzw. Kosten der Reduktion) und bewertet den Renditezuwachs in Abhängigkeit von der Veränderung des Portfoliorisikos. Je höher der Rendite-Risiko-Gradient, desto effizienter ist die Änderung der Portfoliorendite, die durch eine der Investitionsmöglichkeiten ausgelöst wird.

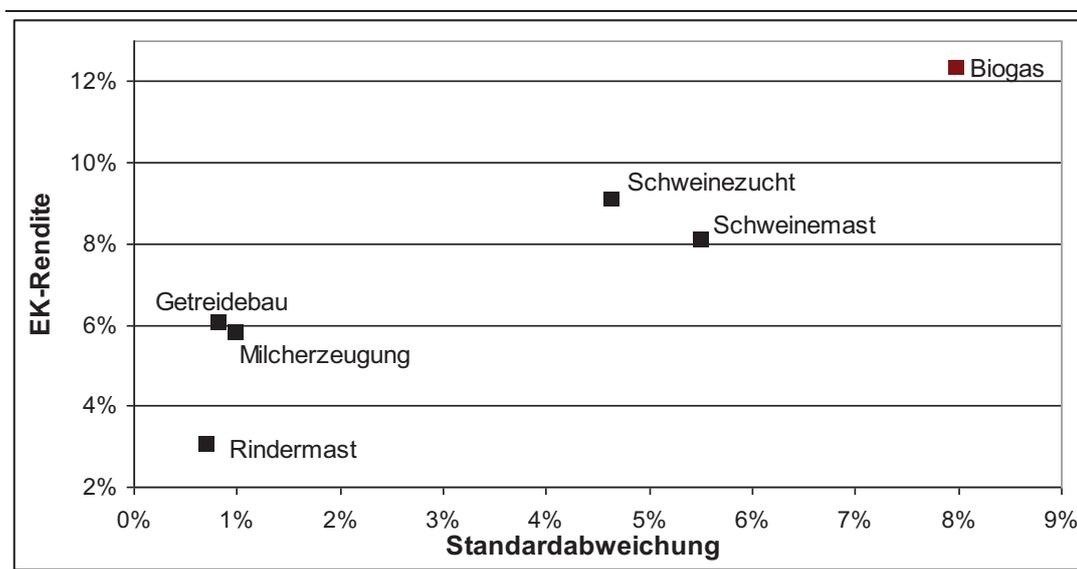
Mit Hilfe der Rendite-Risiko-Gradienten wird für jede Betriebsform der Vorteil einer der beiden Investitionsmöglichkeiten bestimmt. Die Eignungsfähigkeiten der Betriebsformen zur Biogasanlageninvestition werden durch einen Vergleich der  $RRG_{BGA}$

quantifiziert, da der  $RRG_{BGA}$  den Effekt einer Biogasanlageninvestition auf die betriebliche Rendite-Risiko-Struktur zeigt.

### 9.3 Ergebnisse

#### 9.3.1 Risikodiversifikationspotenzial einer Biogasanlage

Die in die Untersuchung eingeflossenen Betriebszweige lassen sich hinsichtlich der Positionierung in einem Risk-Return-Diagramm in zwei Gruppen teilen. Das in Abbildung 27 gezeigte Risk-Return-Diagramm stellt den erwarteten Ertrag (Ordinate) dem eingegangenen Risiko (Abszisse) gegenüber.

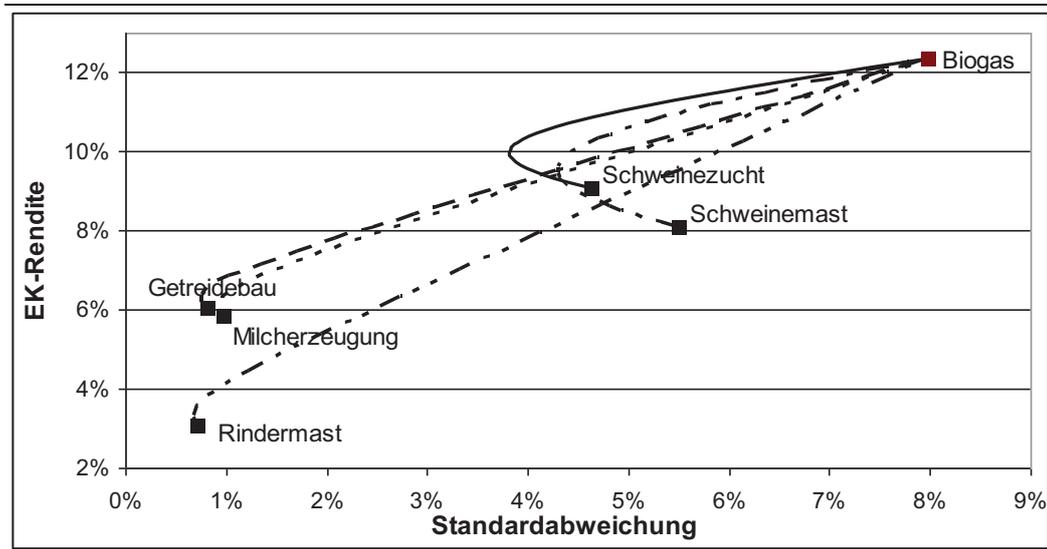


**Abbildung 27: Risk-Return-Diagramm der Betriebszweige**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die Abbildung 27 zeigt, dass sich die Betriebszweige Getreidebau, Milcherzeugung und Rindermast hinsichtlich der Eigenkapitalrendite und des dazugehörigen Risikos grundsätzlich von den Betriebszweigen Schweinezucht, Schweinemast und Biogas unterscheiden, so dass eine grobe Einteilung der Betriebszweige vorgenommen werden kann. Zum einen in Betriebszweige, die eine relativ geringe Eigenkapitalrendite und ein geringes Risiko aufweisen. Hierzu zählen Getreidebau, Milcherzeugung und Rindermast, wobei Rindermast aufgrund der geringen Rendite in Höhe von 3,08% besonders auffällt. Die übrigen Betriebszweige Schweinemast, Schweinezucht und Biogas bilden die zweite Gruppe, die sich durch hohe Renditen, verbunden mit einem höheren Risikoniveau, auszeichnet. Nicht nur innerhalb dieser Gruppe, sondern auch im Vergleich zu allen anderen gezeigten Betriebszweigen innerhalb eines Risk-Return-Diagramms besitzt Biogas mit der höchsten Rendite und dem höchsten

Risiko eine Sonderstellung. Unter diesen Betriebszweigen besitzt Biogas die höchste Eigenkapitalrendite. Aus der Kombination der einzelnen Betriebszweige mit der Investitionsmöglichkeit Biogas lassen sich unterschiedliche Portfolios darstellen. Die Abbildung 28 zeigt die Positionierung der Betriebszweige im Rendite-Risiko-Diagramm und die mit einer Biogasanlage darstellbaren Portfolios.



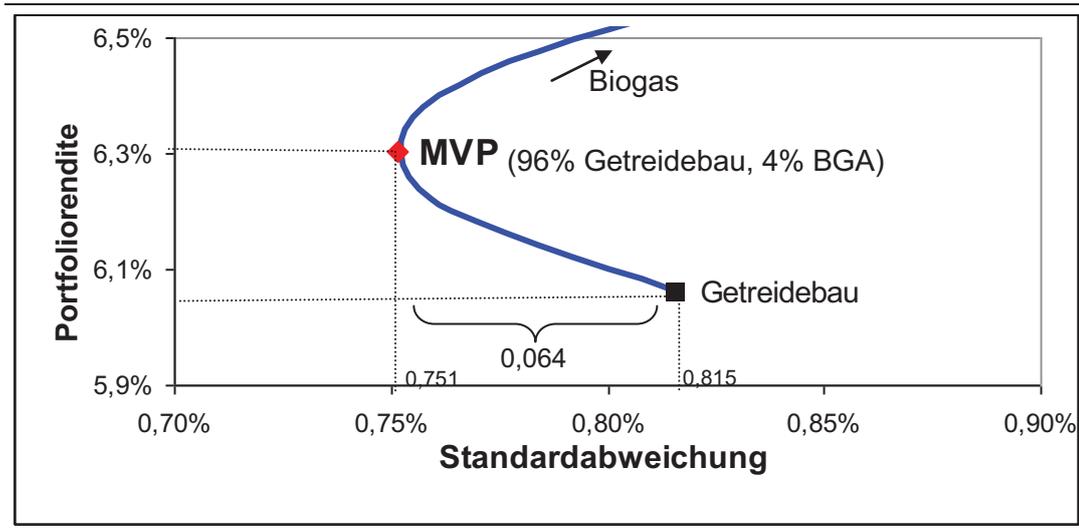
**Abbildung 28: Portfolios aus Kombination der BGA mit jeweils einen Betriebszweig**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die Hyperbelabschnitte zwischen den Betriebszweigen und der Biogasanlageninvestition zeigen die erzeugbaren Portfolios. Alle erzeugbaren  $\mu - \sigma$  Kombinationen, also Eigenkapitalrendite-Risiko-Kombinationen, einer Biogasanlage mit einem der gezeigten Betriebszweige, liegen auf diesen Verbindungen. An deren Enden sind die Betriebszweigengewichtungen immer 100 %. Die möglichen Portfolioausprägungen mit Schweinezucht und Schweinemast weisen ganz offensichtlich ein globales Minimum-Varianz-Portfolio auf, da die gezeigten Hyperbelabschnitte einen starken linksseitigen „Bauch“ aufweisen. Gleiches gilt für die Kombination einer Biogasanlage mit Getreidebau, Milcherzeugung oder Rindermast. Auch wenn es anhand der Kurvenverläufe in der Abbildung 28 nicht auf den ersten Blick ersichtlich ist, zeigen auch sie ein globales Minimum-Varianz-Portfolio, wofür u. a. der Beweis in der folgenden Ergebnisanalyse erbracht wird.

Um erste Erkenntnisse über das Potenzial zur Risikodiversifikation einer Biogasanlage in Abhängigkeit zu verschiedenen Betriebszweigen zu erlangen, wird die Differenz zwischen den Standardabweichungen der Betriebszweige und den jeweiligen Minimum-Varianz-Portfolios errechnet. Die Abbildung 29 zeigt dies beispielhaft an dem

Portfolio aus Getreidebau und Biogas.

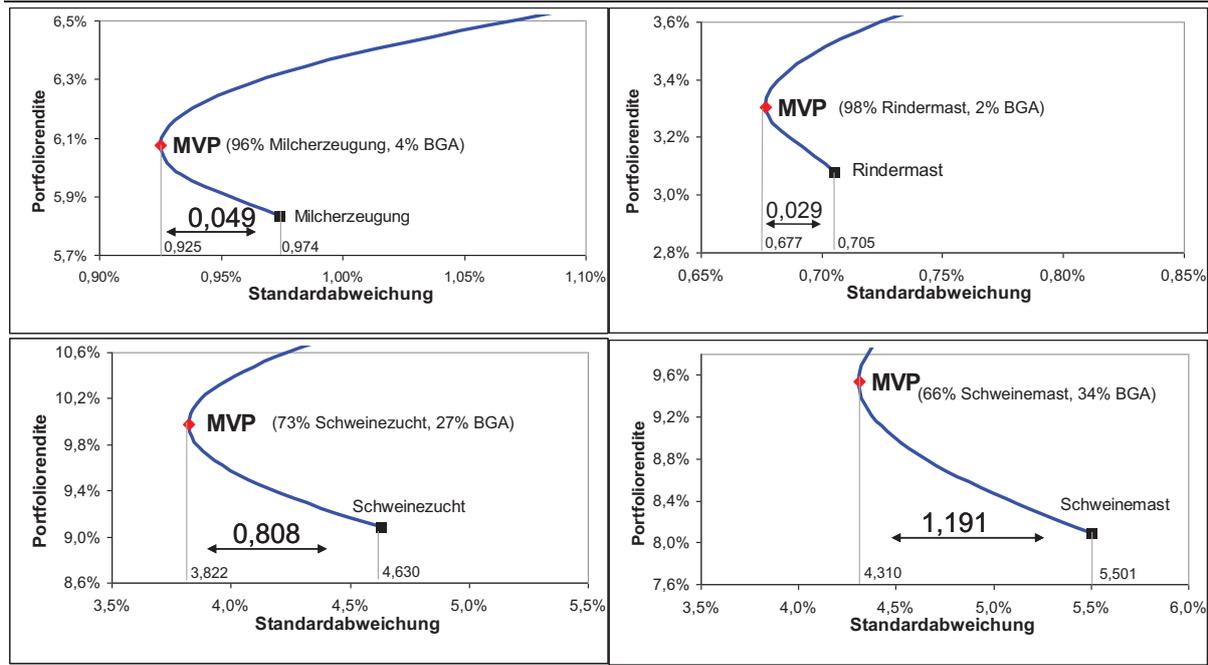


**Abbildung 29: MVP aus Getreidebau und Biogas**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die maximale Risikodiversifikationsfähigkeit in Abhängigkeit von unterschiedlichen Betriebszweigen einer Biogasanlage ist die Differenz zwischen dem Risiko eines Betriebszweiges und dem des Minimum-Varianz-Portfolios (MVP). Aus der Abbildung 29, die einen vergrößerten Ausschnitt der möglichen Portfolios aus Getreidebau und Biogasanlage zeigt, kann eine Differenz zwischen dem Betriebszweigrisiko (0,815%) und dem Punkt des MVPs (0,751%) in Höhe von 0,064 Prozentpunkten abgelesen werden. Die maximale Risikodiversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage in Abhängigkeit zum Betriebszweig Getreidebau beträgt folglich 0,064 Prozentpunkte. Die relative Veränderung des Risikoniveaus beträgt von 0,815 zu 0,751 ca. -7,85 % des Ausgangswertes. Wie die Portfoliobestandteile im Punkt des Minimum-Varianz-Portfolios gewichtet sind, ist dem Klammerausdruck der Abbildung 29 zu entnehmen. Demnach stellt sich das geringste Risiko bei einer Portfoliozusammensetzung von 96 % Getreidebau und lediglich 4 % Biogas ein.

Welches Risikodiversifikationspotenzial eine Biogasanlage in Kombination mit anderen Betriebszeigen aufweist und welche Portfoliobestandteile im Punkt des Minimum-Varianz-Portfolios bestehen, zeigt die Abbildung 30.



**Abbildung 30: Risikodiversifikationspotenzial einer Biogasanlageninvestition**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Die Abbildung zeigt die Hyperbelabschnitte, auf denen die jeweiligen Minimum-Varianz-Portfolios liegen. Es ist zu erkennen, dass durch eine Biogasanlageninvestition nicht nur bei dem Betriebszweig Getreidebau, sondern auch bei Milcherzeugung und Rindermast eine sehr geringe Risikoreduktion zu erreichen ist. Für diese Betriebszweige liegt die maximale potenziell mögliche Risikoverringerung durch eine Biogasanlageninvestition unterhalb eines zehntel Prozentpunktes. Die potenzielle Risikoreduktion ist bei den Betriebszweigen Schweinezucht und Schweinemast mit 0,808 bzw. 1,191 Prozentpunkten deutlich höher. Daraus folgt, dass eine Biogasanlage in Kombination mit den Betriebszweigen Schweinezucht und Schweinemast das absolute Risikoniveau weitaus mehr senken kann als in Kombination mit den Betriebszweigen Rindermast, Milcherzeugung und Getreidebau. Die bisherigen Analyseergebnisse beziehen sich auf die absolute Veränderung des Risikoniveaus. Die Aussagen zum Diversifikationspotenzial einer Biogasanlage sind genauso gültig, wenn sich auf eine relative Risikoänderung bezogen wird. Die Tabelle 35 stellt die absolute und die relative Risikodiversifikation einer Biogasanlage gegenüber.

**Tabelle 35: absolute und relative Änderung des Risikoniveaus**

Betriebszweige	$\sigma$ Betriebszweig	$\sigma$ MVP mit Biogas	absolute Differenz	relative Risikoänderung
Rindermast	0,705 %	0,677 %	-0,029	-4,069 %
Milcherzeugung	0,974 %	0,925 %	-0,049	-4,999 %
Getreidebau	0,815 %	0,751 %	-0,064	-7,854 %
Schweinezucht	4,630 %	3,822 %	-0,808	-17,448 %
Schweinemast	5,501 %	4,310 %	-1,191	-21,659 %

Quelle: eigene Darstellung, eigene Darstellung

Die Betriebszweige in der oben stehenden Tabelle sind nach der maximalen potenziellen Risikodiversifikation durch die Kombination mit einer Biogasanlage geordnet. Der erstgenannte Betriebszweig weist das geringste, der letztgenannte Betriebszweig das höchste Potenzial zur Risikostreuung auf. In der ersten Spalte ist der Betriebszweig angegeben, der mit einer Biogasanlage kombiniert wird. Das Betriebszweigrisiko und das Risikoniveau im Minimum-Varianz-Portfolio sind in den Spalten zwei und drei abzulesen. Die sich daraus ergebenden absoluten und relativen Änderungen des Risikoniveaus enthalten die Spalten vier und fünf. Sowohl eine Anordnung der Betriebszweige nach der absoluten als auch nach der relativen maximalen Risikodiversifikation führt zu der gleichen Rangfolge der Betriebszweige bezüglich ihres Potenziales zur Risikoverringern. Auch anhand der relativen Veränderung des Risikoniveaus lässt sich einer Biogasanlage in Kombination mit den Betriebszweigen Rindermast, Milcherzeugung oder Getreidebau nur ein geringes Diversifikationspotenzial zuschreiben. Die maximale Verringerung des Risikos beträgt bei allen drei Betriebszweigen weit weniger als 10 % des Ausgangsniveaus. In Kombination mit Schweinezucht und Schweinemast ist eine Biogasanlage jedoch in der Lage, das Risikoniveau um bis zu 17,45 bzw. 21,66 % zu verringern. Insgesamt lassen also die absolute und die relative Änderung des Risikoniveaus die gleichen Ergebnisinterpretationen zu.

Das Minimum-Varianz-Portfolio ist nicht nur der Punkt des geringsten Portfoliorisikos, sondern auch gleichzeitig die Effizienzgrenze. Alle oberhalb der jeweiligen Minimum-Varianz-Portfolios liegenden Portfoliozusammensetzungen aus der Abbildung 30 sind effiziente Portfolios. Sie dominieren die darunter liegenden, da sie bei gleichem Risikoniveau die höheren Renditen beinhalten. Aus der angegebenen Portfoliozusammensetzung im Minimum-Varianz-Portfolio können Aussagen über den Mindestanteil einer Biogasanlage getroffen werden, um ein effizientes Portfolio

zu erreichen. So wird beispielsweise bei der Betriebszweigkombination Rindermast-Biogas das Minimum-Varianz-Portfolio bereits bei einem zweiprozentigen Anteil der Biogasanlage am Portfolio erreicht. Alle Portfolios, die einen höheren Biogasanlagenanteil besitzen, sind für die Kombination aus Rindermast und Biogas als effizient zu betrachten. Auch in diesem Punkt gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Betriebszweigen. Die Abbildung 30 zeigt, dass Kombinationen mit Getreidebebau, Rindermast und Milcherzeugung nur einen Biogasananteil im Portfolio von 2 bzw. 4 % benötigen, um das Minimum-Varianz-Portfolio und den oberen, effizienten Ast der nach rechts geöffneten Hyperbeln zu erreichen. Um die Betriebszweigkombinationen einer Biogasanlage mit Schweinezucht und mit Schweinemast im effizienten Portfoliobereich zu platzieren, sind mit 27 bzw. 34 % weitaus höhere Biogasanlagenbestandteile in den Portfolios erforderlich.

Welcher monetäre Finanzeinsatz sich hinter den beschriebenen Mindestbestandteilen einer Biogasanlage verbirgt, ist allein abhängig von der Gesamtsumme, sprich der Größe, die ein Portfolio ausmacht. Zumindest für den Biogasbereich gilt, dass durch die Möglichkeit finanzieller Beteiligungen an Biogasprojekten die Prämisse einer wirtschaftlichen Mindestgröße aufgehoben werden kann, womit nahezu alle erdenklichen Portfoliobestandteile einer Biogasanlage umgesetzt werden können.

### **9.3.2 Renditeeffizienz in Abhängigkeit von der betrieblichen Ausrichtung**

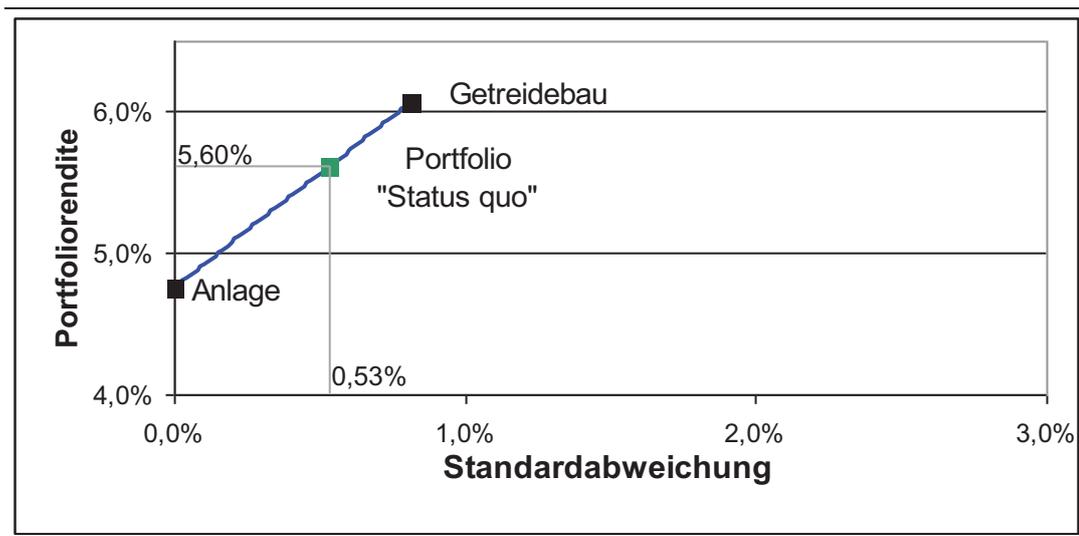
Durch die Rendite-Risiko-Gradienten (RRG) wird zum einen bestimmt ob, aus Rendite-Risiko-Sicht eine Biogasanlageninvestition einer Investition in die vorhandenen Betriebszweige vorzuziehen ist. Zum anderen kann durch einen RRG Vergleich die Effizienz der Renditeänderung für unterschiedliche Betriebsausrichtungen in einem Ranking platziert werden. Um dies zu erreichen, werden, wie bereits in den methodischen Erläuterungen erwähnt, die betrieblichen Rendite-Risiko-Verhältnisse für die Investitionsalternativen „bisherige Betriebsstruktur“ und „Biogasanlageninvestition“ bestimmt. Aus Platzgründen werden diese Alternativen in Abbildungen und Tabellen als „Betriebsstruktur“ bzw. „BGA-Investition“ bezeichnet.

Zunächst werden die Auswirkungen auf die betriebliche Rendite-Risiko-Struktur für die spezialisierten Betriebe untersucht. Anschließend folgen die Ergebnisse für die Pflanzenbau- und Viehhaltungsverbundbetriebe.

#### Spezialisierte Betriebe

Der „Status quo“ der spezialisierten Betriebe besteht aus einem Betriebszweig und

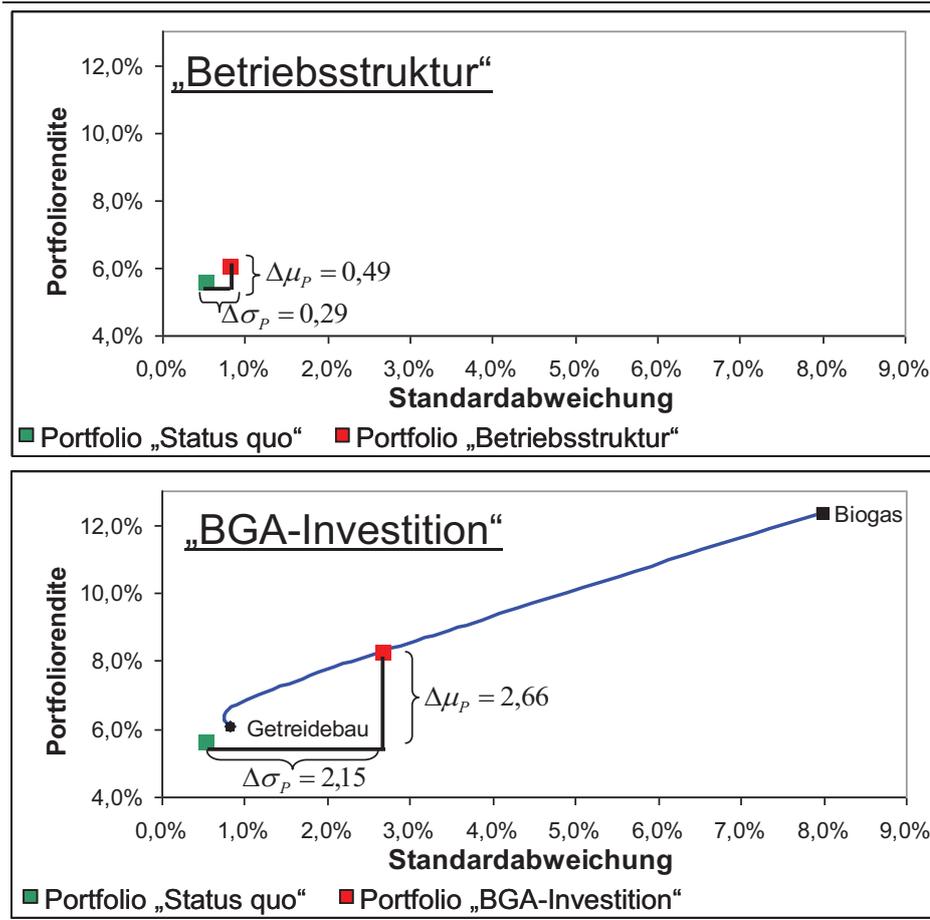
dem Eigenkapital in Höhe von 350.000 €, welches in einer risikolosen Wertanlage gebunden ist. Wie die „Status quo“-Situationen im Einzelnen finanziell ausgestattet sind, kann nicht nur für die spezialisierten Betriebsformen der Tabelle 34 entnommen werden. Der betriebliche „Status quo“ und die Veränderungen bezüglich der betrieblichen Rendite-Risiko-Struktur durch die beiden Investitionsalternativen werden am Beispiel des spezialisierten Getreidebaubetriebes gezeigt. Die Abbildung 31 zeigt den Getreidebaubetrieb in der „Status quo“ Situation.



**Abbildung 31: "Status quo" eines spezialisierten Getreidebaubetriebes**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Bei den spezialisierten Betrieben liegt das Portfolio des „Status quo“ nicht auf einer Hyperbel, sondern auf einer Geraden zwischen dem Betriebszweig und der Kapitalanlage. Ursächlich hierfür ist, dass die Kapitalanlage ein  $\sigma$  von Null aufweist und somit die Kovarianzen aus den Kombinationen mit Betriebszweigen immer Null ist. Das Portfolio des in der Abbildung 31 gezeigten Getreidebaubetriebes ist auf der Geraden zwischen den Portfoliobestandteilen positioniert und besteht aus 65,0 % Getreidebau und aus 35,0 % Kapitalanlage (siehe Portfoliozusammensetzung in der Tabelle 34). Daraus ergibt sich eine Rendite des im Portfolio gebundenen Eigenkapitals in Höhe von 5,60 %. Die dazugehörige Standardabweichung beträgt 0,53 %. Von diesem Portfolio aus wird die Veränderung des gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Verhältnisses analysiert, wenn das in der Kapitalanlage gebundene Eigenkapital entweder in die bisherige Betriebsstruktur oder in eine Biogasanlage investiert wird. In der Abbildung 32 werden die Portfolioänderungen durch die Handlungsalternativen gezeigt.



**Abbildung 32: Portfolioänderung eines spezialisierten Getreidebaubetriebes**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

In der Abbildung 32 sind für beide Investitionsalternativen das Portfolio des „Status quo“ (grün) und die aus einer Investitionsmöglichkeit resultierende Portfoliositionierung (rot) eingetragen. Die obere Graphik der Abbildung zeigt die Veränderung des betrieblichen Portfolios, wenn es zur Investition in die bisherige Betriebsstruktur kommt. Die spezialisierten Betriebe besitzen dann nur einen Betriebszweig. In diesem Fall entspricht die Platzierung des Portfolios im Risk-Return-Diagramm der Betriebszweigplatzierung. Ausgehend vom der „Status quo“-Situation verschiebt sich in diesem Fall die Eigenkapitalrendite des Portfolios um 0,49 Prozentpunkte nach oben. Das Portfoliorisiko nimmt um 0,29 Prozentpunkte zu. In der unteren Graphik sind die Folgen für das betriebliche Rendite-Risiko-Verhältnis des Getreidebaubetriebes durch eine Biogasanlageninvestition dargestellt. Alle Portfolios aus Getreidebau und Biogas liegen auf dem blauen Hyperbelabschnitt. Im Vergleich zur Investitionsalternative „Betriebsstruktur“ kommt es zu einer stärkeren Portfolioverschiebung. Aus der Abbildung 32 ist zu entnehmen, dass sich das Renditeniveau des Portfolios um 2,66 Prozentpunkte ändert, die Standardabweichung

nimmt um 2,15 Prozentpunkte zu. Die Rendite-Risiko-Gradienten betragen demnach:

$$\text{„Betriebsstruktur“}$$

$$RRG = \frac{\Delta\mu_p}{\Delta\sigma_p} = \frac{0,49}{0,29} = 1,61$$

$$\text{„BGA-Investition“}$$

$$RRG = \frac{\Delta\mu_p}{\Delta\sigma_p} = \frac{2,66}{2,15} = 1,24$$

Die aus den Handlungsalternativen resultierenden Rendite-Risiko-Gradienten beschreiben den gesamtbetrieblichen Renditezuwachs, wenn die Standardabweichung (als Maß für das gesamtbetriebliche Risiko) um eine Einheit zunimmt. Indem der Rendite-Risiko-Gradient den Renditezuwachs in Abhängigkeit von der Veränderung des Portfoliorisikos bewertet, kann der Nutzen einer Investitionsmöglichkeit taxiert werden. Somit erreicht die Investitionsmöglichkeit „Betriebsstruktur“ mit einem Rendite-Risiko-Gradienten in Höhe von 1,61 im Vergleich zur „BGA-Investition“ mit einem Rendite-Risiko-Gradienten von 1,24 eine höhere Effizienz in der Renditesteigerung und sollte deshalb aus Sicht des gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Verhältnisses der Biogasanlageninvestition vorgezogen werden. Gemäß dem gezeigten Beispiel sind die Portfoliositionierungen und die daraus resultierenden Rendite-Risiko-Gradienten für alle Betriebsformen der spezialisierten Betriebe berechnet worden. Das Ergebnis zeigt Tabelle 36:

**Tabelle 36: Portfoliositionierung und RRG der spezialisierten Betriebe**

Spezialisierte Betriebe	„Status quo“		„Betriebsstruktur“			„BGA-Investition“		
	$\mu_p$	$\sigma_p$	$\mu_p$	$\sigma_p$	$RRG$	$\mu_p$	$\sigma_p$	$RRG$
Getreidebau	5,60%	0,53%	6,06%	0,82%	<u>1,61</u>	8,27%	2,68%	1,24
Milcherzeugung	5,40%	0,58%	5,83%	0,97%	1,11	8,44%	3,13%	<u>1,20</u>
Rindermast	3,69%	0,45%	3,08%	0,71%	-2,37	6,45%	2,84%	<u>1,15</u>
Schweinezucht	7,22%	2,64%	9,08%	4,63%	0,94	10,49%	4,11%	<u>2,22</u>
Schweinemast	6,90%	3,53%	8,10%	5,50%	0,61	9,62%	4,31%	<u>3,47</u>

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Für jede Betriebsform der Tabelle 36 sind der „Status quo“ und die beiden Handlungsalternativen durch den Erwartungswert der Eigenkapitalrendite  $\mu_p$  (Portfoliorendite) und die Standardabweichung  $\sigma_p$  im Risk-Return-Diagramm positioniert. Der jeweils höhere RRG, also die effizientere Renditeänderung, ist durch einen Unterstrich hervorgehoben. Für alle Betriebsformen gilt, dass die Alternative einer Biogasanlageninvestition im Vergleich zur „Betriebsstruktur“ und zum „Status quo“ zu den höchsten Portfoliorenditen führt. Mit Ausnahme der Betriebsformen „Schweinezucht“ und „Schweinemast“ führt die Biogasanlage auch zu dem höchsten Portfoliorisiko. Bei „Schweinezucht“ und „Schweinemast“ weist die Alternative „Be-

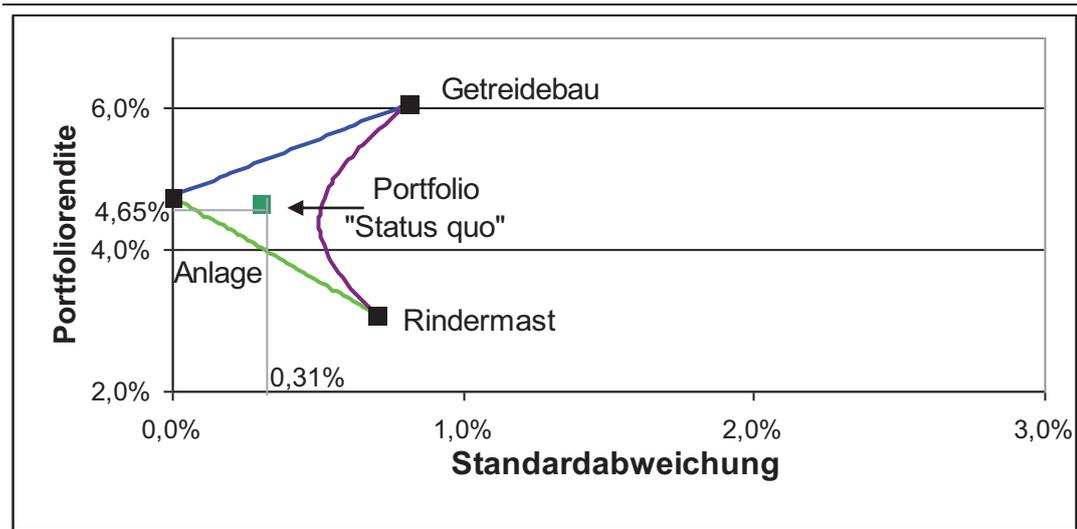
etriebsstruktur“ im Vergleich zur „BGA-Investition“ das höhere Portfoliorisiko, aber gleichzeitig die niedrigere Portfoliorendite auf. Dies liegt an dem bereits festgestellten hohen Risikodiversifikationspotenzial einer Biogasanlage in Kombination mit diesen Betriebszweigen. Eine weitere Besonderheit unter den spezialisierten Betrieben liegt in der Betriebsform „Rindermast“ vor. Für diese Betriebsform verringert eine Investition in die „bisherige Betriebsstruktur“ die Portfoliorendite, da die Kapitalanlage mit einer durchschnittlichen Verzinsung von 4,75 % zu Gunsten des Betriebszweiges Rindermast aufgegeben wird. Rindermast verzinst das eingesetzte Eigenkapital jedoch nur mit 3,08 %. Gleichzeitig kommt es im Vergleich zum „Staus quo“ zu einer Erhöhung des Portfoliorisikos. Durch die Verringerung der Rendite und dem gleichzeitigen Anstieg des Risikos führt die Alternative „bisherige Betriebsstruktur“ für den spezialisierten Rindermastbetrieb zu einem negativen RRG von -2,37.

Mit der bereits gezeigten Ausnahme des spezialisierten Getreidebaubetriebes führt bei allen gezeigten Betriebsformen die Möglichkeit einer Biogasanlageninvestition zu den höheren Rendite-Risiko-Gradienten. Für diese Betriebsformen gilt, dass eine Biogasanlageninvestition zu effizienteren Renditeänderungen führt. Daher stellt sich aus Sicht des gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Komplexes die Biogasanlageninvestition als bessere Investitionsalternative dar.

### Pflanzenbauverbundbetriebe

Da alle Verbundbetriebe in der Ausgangssituation und in den Handlungsalternativen aus mehr als einen Betriebszweig bestehen, stellt sich der Raum, in dem ein Portfolio überhaupt positioniert werden kann, anders als bei den spezialisierten Betrieben dar. Daher wird zunächst kurz auf die Lage der Betriebsportfolios im  $\mu - \sigma$ -Raum von Betriebsformen mit mehr als einem Betriebszweig eingegangen. Die unterschiedlichen Portfoliositionierungen werden am Beispiel des Pflanzenbauverbundbetriebes „Getreidebau-Rindermast“ dargestellt.

Die Abbildung 33 zeigt die mögliche Positionierung der „Status quo“-Situation für den „Getreidebau-Rindermast“-Betrieb.

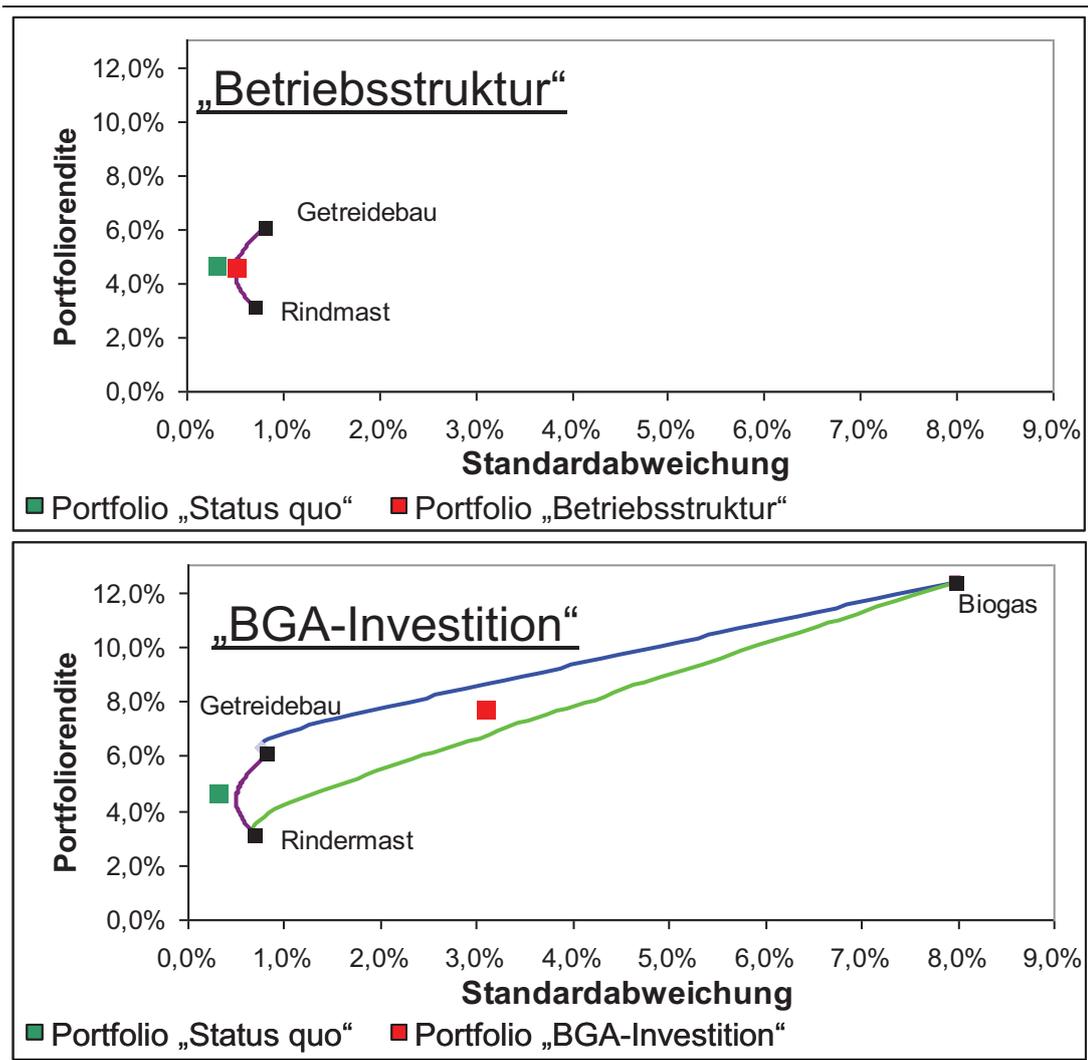


**Abbildung 33: "Status quo" eines "Getreidebau-Rindermast" - Pflanzenbauverbundbetriebes**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Für Betriebe mit mehr als zwei Portfoliobestandteilen liegt das Betriebsportfolio nicht mehr auf einer Verbindungslinie, „sondern innerhalb und auf dem Rand einer Fläche, die wiederum von Hyperbelabschnitten begrenzt ist“ (SPREMANN UND GANTENBEIN 2005: 88). Die Fläche, in der das Betriebsportfolio des „Getreidebau-Rindermast“ – Betriebes in der Abbildung 33 positioniert ist, wird begrenzt durch Hyperbelabschnitte zwischen zwei Betriebszweigen. Diese Verbindungslinien zeigen die möglichen Positionen aller Portfolios aus den jeweiligen Betriebszweigkombinationen. Die Hyperbel zwischen Getreidebau und Rindermast ist aufgrund einer negativen Betriebszweigkorrelation leicht nach links gewölbt, die Hyperbeln zwischen Getreidebau bzw. Rindermast und der Kapitalanlage zeigen sich aus bereits beschriebenen Gründen als Geraden. In diesen Raum liegt das gesamtbetriebliche Portfolio des „Getreidebau-Rindermast“ – Betriebes. Der Erwartungswert der Eigenkapitalrendite beträgt 4,65 %, die Standardabweichung 0,31 %.

Aufbauend auf diesen „Status quo“ zeigt die Abbildung 34, wie sich die Fläche der möglichen Portfoliopositionierungen ändert, wenn die Investitionsalternativen „bisherige Betriebsstruktur“ und „BGA-Investition“ durchgeführt werden.



**Abbildung 34: Portfolioänderung eines "Getreidebau-Rindermast" - Pflanzenbauverbundbetriebes**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die exakte Angabe der Portfolio-Positionierung und der RRG-Berechnung in der oben stehenden Abbildung 34 nicht aufgeführt. Bei der Investition in die „bisherige Betriebsstruktur“ wird die Kapitalanlage aufgelöst und in die bisherigen Betriebszweige Getreidebau und Rindermast investiert. Dabei wird das Kapital so den Betriebszweigen zugeteilt, dass sich ihr Verhältnis zueinander (gemessen am gebundenen Eigenkapital) nicht verändert (siehe Methodenteil der Portfolioanalyse).

Mit der Auflösung der Kapitalanlage setzt sich das Portfolio der Investitionsalternative „Betriebsstruktur“ nur noch aus zwei Bestandteilen zusammen. Infolgedessen sind im Unterschied zum „Status quo“ alle möglichen Portfolios nicht mehr innerhalb einer Fläche, sondern auf der Hyperbel zwischen Getreidebau und Rindermast positioniert. Die obere Graphik der Abbildung 34 zeigt die Position des Portfolios „Betriebsstruk-

tur“ auf der Hyperbel. Es ist zu erkennen, dass bei dieser Handlungsalternative im Vergleich zum „Status quo“ (grün) der Erwartungswert der Portfoliorendite leicht abnimmt. Die Standardabweichung hingegen nimmt leicht zu. Bei der Investitionsalternative „BGA-Investition“ liegt das Portfolio wiederum innerhalb und auf dem Rand einer Fläche, die von den Hyperabschnitten zwischen den Betriebszweigen begrenzt ist. Ausgehend vom „Status quo“ zeigt die untere Graphik der Abbildung 34 für die Investitionsalternative „BGA-Investition“ einen Anstieg der Portfoliorendite und der Portfoliostandardabweichung.

Welche Positionen die einzelnen Portfolios im  $\mu - \sigma$ -Raum einnehmen und welche Rendite-Risiko-Gradienten daraus resultieren, zeigt für alle Pflanzenbauverbundbetriebe die Tabelle 37.

**Tabelle 37: Portfoliositionierung und RRG der Pflanzenbauverbundbetriebe**

Pflanzenbauverbundbetriebe	„Status quo“		„Betriebsstruktur“			„BGA-Investition“		
	$\mu_p$	$\sigma_p$	$\mu_p$	$\sigma_p$	$RRG$	$\mu_p$	$\sigma_p$	$RRG$
Getreidebau – Milcherzeugung	5,49%	0,34%	5,98%	0,57%	<b>2,18</b>	8,54%	3,08%	1,11
Getreidebau – Rindermast	4,65%	0,31%	4,58%	0,51%	-0,33	7,70%	3,10%	<b>1,09</b>
Getreidebau – Schweinezucht	5,99%	0,90%	6,82%	1,50%	<b>1,38</b>	9,04%	3,15%	1,36
Getreidebau – Schweinemast	5,87%	1,04%	6,62%	1,73%	1,08	8,92%	3,17%	<b>1,43</b>

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Bei allen in der Tabelle 37 aufgeführten Betriebsausrichtungen der Pflanzenbauverbundbetriebe führt die Handlungsmöglichkeit „BGA-Investition“ sowohl zu den höchsten Erwartungswerten der Eigenkapitalrenditen als auch zu den höchsten Portfoliorisiken. Für „Getreidebau-Milcherzeugung“ und „Getreidebau-Schweinezucht“ ist aus Gründen der Renditeeffizienz die Alternative „bisherige Betriebsstruktur“ einer Biogasanlageninvestition vorzuziehen, da sie mit 2,18 bzw. 1,38 den höheren RRG aufweist. Es ist jedoch anzumerken, dass beim „Getreidebau-Schweinezucht“-Betrieb mit 1,38 und 1,36 beide Alternativen zu einem vergleichsweise hohen RRG führen. Bei den betrieblichen Ausrichtungen „Getreidebau-Rindermast“ und „Getreidebau-Schweinemast“ führt die Biogasanlageninvestition bezüglich des betrieblichen Gesamtrisikos zu einer effizienteren Änderung der Portfoliorendite, wie es der Tabelle 37 zu entnehmen ist. Wie schon bei den spezialisierten Betrieben führt auch hier die Betriebsausrichtung mit Rindermast bei der Investition in die „bisherige Betriebsstruktur“ zu einem negativen RRG, da sich die Renditeerwartung verringert und sich das Portfoliorisiko erhöht.

#### Viehhaltungsverbundbetrieb

Die grundsätzliche Positionierung der betrieblichen Portfolios ist bei allen untersuch-

ten Betriebsausrichtungen des Viehhaltungsverbundes ähnlich dem des bei dem Pflanzenbauverbundbetrieben gezeigten Beispiels, weshalb auf eine beispielhafte graphische Darstellung verzichtet wird. Insgesamt ist auch bei dieser Betriebsform das betriebliche Rendite-Risiko-Verhältnis bei zwei Portfoliobestandteilen auf einem Hyperbelabschnitt positioniert, bei drei Portfoliobestandteilen innerhalb und auf dem Rand einer von Hyperbelabschnitten begrenzten Fläche.

Für die Viehhaltungsverbundbetriebe sind der „Status quo“, die Investitionsalternativen und die damit verbundene Renditeeffizienzen nach bekanntem Muster in der Tabelle 38 aufgeführt.

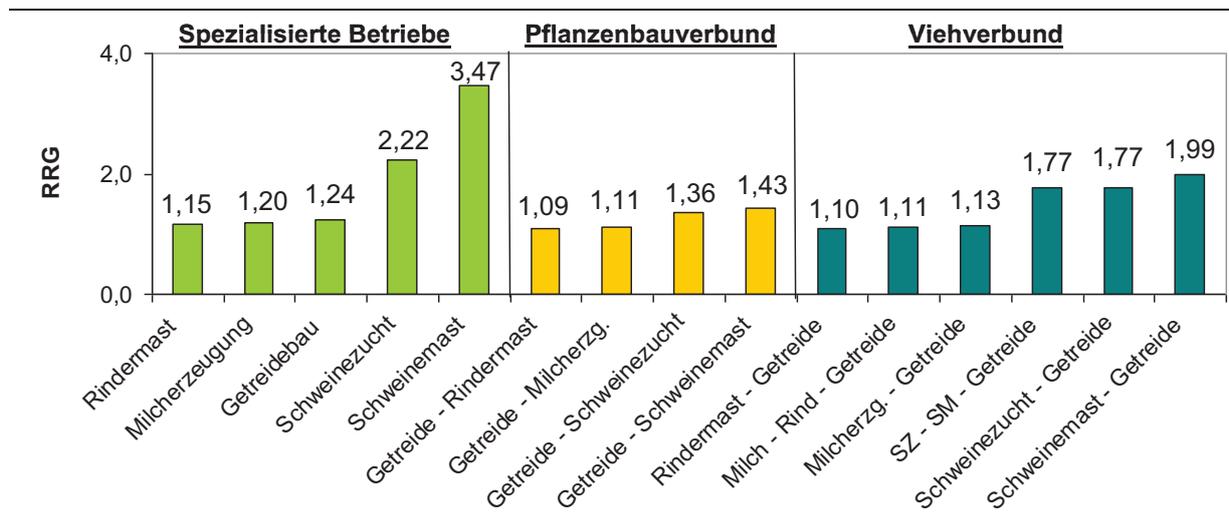
**Tabelle 38: Portfoliositionierung und RRG der Viehhaltungsverbundbetriebe**

Viehhaltungsverbundbetriebe	„Status quo“		„Betriebsstruktur“			„BGA-Investition“		
	$\mu_P$	$\sigma_P$	$\mu_P$	$\sigma_P$	$RRG$	$\mu_P$	$\sigma_P$	$RRG$
Milcherzeugung – Getreidebau	5,44%	0,39%	5,91%	0,65%	<b>1,77</b>	8,49%	3,09%	<b>1,13</b>
Rindermast – Getreidebau	4,11%	0,34%	3,68%	0,57%	-1,87	7,15%	3,11%	<b>1,10</b>
Schweinezucht – Getreidebau	6,57%	1,68%	7,79%	2,80%	1,09	9,62%	3,40%	<b>1,76</b>
Schweinemast – Getreidebau	6,27%	2,03%	7,28%	3,39%	0,75	9,31%	3,56%	<b>1,99</b>
Milcherz.- Rindermast- Getreidebau	4,85%	0,35%	4,92%	0,58%	0,29	7,98%	3,09%	<b>1,11</b>
S-Zucht - S-Mast - Getreidebau	6,47%	1,67%	7,61%	2,78%	1,03	9,51%	3,39%	<b>1,77</b>

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Bei allen in der Tabelle 38 gezeigten Betriebsausrichtungen der Viehhaltungsverbundbetriebe führt die Biogasanlageninvestition zum höchsten Renditeerwartungswert und zum höchsten Portfolio. Alle Betriebsausrichtungen erlangen durch die Investition in eine Biogasanlage die höhere Renditeeffizienz als durch die Investition in die bisherige Betriebsstruktur. Nur bei „Milcherzeugung-Getreidebau“ führt die Investition in die bisherige Betriebsstruktur zu einer effizienteren Änderung der Portfoliorendite. Wie schon zuvor analysiert, führt auch hier das Portfolio mit einem relativ hohen Rindermastanteil im „Status quo“ zu einer negativen Renditeeffizienz bei der Investitionsalternative „bisherige Betriebsstruktur“. So beträgt der Rendite-Risiko-Gradient der Betriebsausrichtung „Rindermast-Getreidebau“ -1,87. Trotz Rindermast als Portfoliobestandteil führt die Betriebsausrichtung „Milcherzeugung-Rindermast-Getreidebau“ nicht zu einem negativen Rendite-Risiko-Gradienten. Dies ist dem geringen Rindermastanteil im Gesamtportfolio zu verdanken. Ein Vergleich zwischen den negativen Rendite-Risiko-Gradienten und den jeweiligen Portfolioanteilen des Betriebszweiges Rindermast aus der Tabelle 34 belegt, dass mit sinkendem Rindermastanteil der RRG weniger stark negativ ausfällt, bis er schließlich positive Werte annimmt.

Die Analyse der Renditeeffizienzen zeigt, dass aus Sicht des gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Komplexes eine Biogasanlage nicht immer der Investition in die bisherigen Betriebszweige vorzuziehen ist. Um die Risikoeffekte einer Biogasanlageninvestition auf die unterschiedlichen Betriebsportfolios zu vergleichen, fasst die Abbildung 35 alle ermittelten RRG zusammen.



**Abbildung 35: Rendite-Risiko-Gradienten einer Biogasanlageninvestition**

Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung

Unter den Portfolios der spezialisierten Betriebe weisen Rindermast, Milcherzeugung und Getreidebau weitaus geringere Rendite-Risiko-Gradienten auf als die Betriebsausrichtungen Schweinezucht und Schweinemast. Die mit 2,22 bzw. 3,47 sehr hohen Rendite-Risiko-Gradienten der spezialisierten Schweinezucht- und Schweinemastbetriebe unterstreichen somit die sehr hohe Risikodiversifikationsfähigkeit einer Biogasanlage in Kombination mit diesen Betriebszweigen.

Mit Rendite-Risiko-Gradienten von 1,36 und 1,42 zeigen sich unter den Ausrichtungen der Pflanzenbauverbundbetriebe diejenigen als am effizientesten, die neben dem Getreidebau Schweinezucht oder Schweinemast im Portfolio beherbergen. Analog gilt dieses für die Viehverbundbetriebe. Portfolios mit Schweinezucht und/oder Schweinemast sind innerhalb dieser Gruppierung den anderen Betriebsausrichtungen überlegen.

In allen gezeigten Betriebsformen zeigen die Portfolios mit einem Rindermastanteil die geringsten Renditeeffizienzen. So beträgt der RRG bei den Betriebsausrichtungen „Getreidebau-Rindermast“ und „Rindermast-Getreide“ ca. 1,1. Der spezialisierte Rindermastbetrieb kommt durch eine Biogasanlageninvestition ebenfalls mit 1,15 auf einen niedrigen RRG.

Ein Vergleich über alle gezeigten Betriebsausrichtungen hinweg zeigt, dass spezialisierte Schweinezucht- und Schweinemastbetriebe die effizientesten Renditesteigerungen durch eine Biogasanlage erzeugen. Jedoch geht mit einem Abnehmen der Portfolioanteile von Schweinezucht und Schweinemast eine Verringerung der Effizienz einher. Die Abbildung 35 zeigt, dass die Höhe der RRG von Portfolios mit diesen Betriebszweigen von den spezialisierten Betrieben über die Viehhaltungsverbundbetriebe bis hin zu den Pflanzenbauverbundbetrieben sich stetig verringert. Die stark differenzierende Höhe der Rendite-Risiko-Gradienten zeigt deutlich, dass verschiedene, ausrichtungsspezifische Wechselbeziehungen zwischen erwarteter Renditeänderung und der dazugehörigen Standardabweichung bestehen.

### **9.3.3 Fazit:**

Die Betriebszweige können bezüglich ihrer Platzierung in einem Risk-Return-Diagramm in eine niedrige und eine hohe Rendite-Risiko – Gruppe eingeteilt werden. Von allen Betriebszweigen besitzt die Biogasanlage neben dem höchsten Renditeerwartungswert auch die höchste Standardabweichung. Alle Kombinationen aus einer Biogasanlage und einem der untersuchten Betriebszweige weisen ein globales Minimum-Varianz-Portfolio auf. Das höchste Potenzial zur Risikodiversifikation zeigt die Biogasanlage in Kombination mit den Betriebszweigen Schweinezucht und Schweinemast. Die Bestätigung der Aussage, dass eine Biogasanlage in Verbindung mit den Betriebszweigen Schweinezucht und Schweinemast hohe Diversifikationseffekte erzeugt, findet sich wieder bei der Ermittlung der RRG. Die Effizienz der Renditeänderung in Abhängigkeit zur Veränderung der Standardabweichung durch eine Biogasanlageninvestition weist deutliche Unterschiede auf. Dabei zeigen sich von allen in die Untersuchung eingeflossenen Betriebsausrichtungen diejenigen, die der Schweinezucht und oder Schweinemast einen großen Stellenwert einräumen, aus Sicht des gesamtunternehmerischen Risikos als am besten für eine Biogasinvestition geeignet. Am wenigsten geeignet zeigen sich Portfolios mit Rindermast, gefolgt von Portfolios mit Milcherzeugung.

---

## 10 Schlussfolgerung und Ausblick

Der Vollständige Finanzplan erweist sich als sehr geeignet zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit eines Investitionsvorhabens in eine Biogasanlage. Mit dem Vollständigen Finanzplan kann ein Investor darüber informiert werden, welche Finanzströme und welche finanzielle Beschaffenheit der verschiedenen Konten in jeder Periode der geplanten Nutzungsdauer vorliegen. Ganz besonders dann, wenn der Vollständige Finanzplan mit der Eingabemaske des dynamischen Kalkulationsmodells verknüpft ist, können einem Investor nicht nur die Folgen unterschiedlicher Annahmen für den Investitionserfolg, sondern auch für die Finanzströme und Kontoausstattungen in jeder Periode aufgezeigt werden. So kann beispielsweise ein Investor Erkenntnisse darüber erlangen, wie sich eine veränderte Inputausprägung auf das aufzunehmende Kontokorrent im zehnten Jahr der Nutzungsdauer auswirkt. Die Konzeption des Vollständigen Finanzplanes stellt somit insgesamt das Investitionsvorhaben sehr transparent dar. Damit leistet es einen ersten Beitrag zum Verständnis des komplexen Risikoprofils einer Biogasanlageninvestition.

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse kommt mit einem Endwert von 3.879.436 € bzw. einer durchschnittlichen Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals von 12,781 % zu einem sehr guten Ergebnis. Dieses hohe Ergebnis erklärt den aufgetretenen Boom im Biogasbereich.

Die Einzelrisikenanalyse zeigt einem möglichen Investor die besondere Komplexität der Risikostruktur einer Biogasanlageninvestition. Zur Komplexität gehören vorliegende Interdependenzen zwischen den Inputausprägungen. Integriert man diese nicht in das Kalkulationsmodell, kommt es zur Über- oder Unterschätzung eines Risikopotenzials. So wird beispielsweise das Risikopotenzial des „elektrischen Wirkungsgrades“ nicht unterschätzt, da die kausale Interdependenz zu der Stromkennzahl, die einen verstärkenden Risikoeffekt ausübt, modellintern erfasst wird. Insgesamt ist die Einzelrisikenanalyse für den Investor eine bedeutende Hilfestellung im Entscheidungsprozess für oder gegen eine Biogasanlageninvestition. Durch sie ist der Investor in der Lage, die monetären Folgen einer Fehlprognose bezüglich einer Inputausprägung exakt zu taxieren und er kann das inhaltlich konsistente Risikopotenzial für verschiedene Investitionsinputs berücksichtigen.

Der relative Abstand zwischen Ausgangswert und Kritischem Wert liefert für jede Inputgröße eine Beurteilungsmöglichkeit darüber, welche Ausgangswerte als wenig bedenklich und welche Werte zumindest aufgrund ihrer Nähe zum jeweiligen Kriti-

schen Wert genauestens bei der Planung beobachtet werden sollten. Ein Vergleich des Ist-Wertes und des Kritischen Wertes eines Inputs gibt die Möglichkeit, frühzeitig Hinweise auf das Gefährdungspotenzial einzelner Inputgrößen für die Wirtschaftlichkeit der Investition zu erhalten.

Das Ergebnis der Einzelrisikolenanalyse zeigt für den „elektrischen Wirkungsgrad“, für die „Substratkosten“, für die „Methanausbeute“ und für die „Auslastung BHKW“ die höchsten Risikopotenziale und weist gleichzeitig eine Nähe zu den jeweiligen Kritischen Werten aus. Als Konsequenz daraus sollte der Entscheidungsträger sich das Einhalten der technischen Komponente „elektrischer Wirkungsgrad“ vertraglich garantieren lassen. Zum anderen sollten die Substratkosten für die Planungssicherheit entweder durch Eigenflächen bereitgestellt werden können oder durch Lieferverträge über einen langen Zeitraum verbindlich zu taxieren sein. Aufgrund des hohen Risikopotenzials der Substratqualität (Methanausbeute) sollte auch dieser Punkt Bestandteil eines Liefervertrages sein. Dass Know-how für die Anlagenführung gewährleistet sein muss, geht aus dem hohen Risikopotenzial des Inputs „Auslastung BHKW“ hervor. Das politische Risikopotenzial für den wirtschaftlichen Erfolg einer Biogasanlage muss als hoch eingestuft werden. Dem Entscheidungsträger sollte neben dem hohen Risikopotenzial auch die geringe, aber gegebene Wahrscheinlichkeit politisch initiiert Veränderungen am derzeitigen Vergütungssystem bewusst sein.

Der in der Einzelrisikolenanalyse ermittelte hohe Renditewert erklärt das Aufkommen des Booms im Biogasbereich. Die Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulation liefern die Erklärung für die wirtschaftliche Schieflage vieler Biogasanlagenbetreiber. Die Monte-Carlo-Simulation zeigt neben einem hohen Erwartungswert auch ein insgesamt hohes Risikoniveau – und das, obwohl durch die Fixierung der Einspeisevergütung im EEG das Marktrisiko für Biogasanlagen quasi nicht existent ist. Offensichtlich wurde jedoch der Wegfall des Marktrisikos für die Gesamtrisikolenlage überbewertet. Zumindest deutet die vielfach zu beobachtende prekäre wirtschaftliche Lage auf eine Unterbewertung des investitionsspezifischen Gesamtrisikos hin. Dass eine Biogasanlageninvestition jedoch ein dem Renditeniveau entsprechend hohes Risikoniveau beinhaltet, zeigen die breite Spanne und die leptokurtische Verteilung der Investitionsergebnisse. Obwohl die Monte-Carlo-Simulation die Wahrscheinlichkeiten für ein Investitionsende oberhalb der Opportunität auf ca. 90 % und für eine zweistellige durchschnittli-

che Eigenkapitalverzinsung auf ca. 74 % taxiert, ist die Wahrscheinlichkeit eines Totalverlustes durchaus existent. Bei der Investitionsentscheidung sollte dem Investor bewusst sein, dass eine Wahrscheinlichkeit für ein Investitionsergebnis, welches nicht einmal das investierte Eigenkapital nominal erhält, mit 6,7 % durchaus gegeben ist. Das negativste Ergebnis, dass zum Ende der Investition über den Totalverlust des Eigenkapitals hinaus noch Verbindlichkeiten bestehen, liegt mit 5,7 % ebenfalls in einem Wahrscheinlichkeitsbereich, der im Rahmen der Investitionsentscheidung nicht zu ignorieren ist. Bei der Ergebnisinterpretation der Simulationsergebnisse ist stets darauf zu achten, dass alle gezeigten Verteilungen auf einem subjektiven Wahrscheinlichkeitsurteil beruhen; in dem vorliegenden Fall auf dem des Autoren. Subjektive Wahrscheinlichkeiten haben zur Folge, dass von Person zu Person Wahrscheinlichkeitsurteile abweichen können, abhängig von allgemeiner Erfahrung, Informationsstand und Ähnlichem. Die Aussagen eines Entscheidungsträgers zu subjektiven Wahrscheinlichkeiten sind, wie es die Definition vorhersagt, nicht auf „Richtigkeit“ überprüfbar.

Aus der Positionierung der mit einer Biogasanlage zu kombinierenden Betriebszweige im Risk-Return-Diagramm ergeben sich zwei Gruppen. Das Analyseergebnis historischer Betriebszweigdaten bestätigt die gängige Einschätzung zum wirtschaftlichen Erfolg und dem damit verbundenem Risiko. Getreidebau, Milcherzeugung und Rindermast zeigen sich renditeschwach und risikoarm. Schweinezucht und Schweinemast gelten gegenüber diesen Betriebszweigen als rendite- und risikoanfälliger, was sich zum Teil im Phänomen des Schweinezyklus widerspiegelt. Die Betriebszweigplatzierungen im Risk-Return-Diagramm werden dieser Erwartung gerecht. Aus der Platzierung aller Betriebszweige im Risk-Return-Diagramm lässt sich ein beinahe linearer Zusammenhang zwischen Rendite- und Risikoniveau feststellen. Zumindest gilt generell, dass mit erheblich höheren Betriebszweigrenditen auch ein zusätzlich zu tragendes Risiko verbunden ist.

Durch die Untersuchungen zum Minimum-Varianz-Portfolio erhält ein Investor weitere Erkenntnisse über die potenzielle Risikoreduktion einer Biogasanlage in Verbindung mit den bisherigen Betriebszweigen des Investors. Für jeden der Betriebszweige konnte durch das Vorliegen eines globalen Minimum-Varianz-Portfolios der Biogasanlage ein Risikoreduktionspotenzial bescheinigt werden. Aus dem Analyseergebnis folgt, dass eine Biogasanlage in Kombination mit den Betriebszweigen

Schweinezucht und Schweinemast das absolute Risikoniveau weitaus mehr senken kann als in Kombination mit den Betriebszweigen Rindermast, Milcherzeugung und Getreidebau. Dieses Ergebnis ist insofern überraschend, da mit abnehmenden Korrelationskoeffizienten eine zunehmende Diversifikationsfähigkeit gemein hin erwartet wird. Die Betriebszweige, bei denen eine Biogasanlage die höchsten Diversifikationseffekte erreicht (Schweinezucht und Schweinemast), besitzen jedoch im Verhältnis zu den übrigen die geringsten negativen Korrelationskoeffizienten. Offenbar besitzt die Betriebszweigvarianz bzw. Betriebszweigstandardabweichung ebenfalls einen bedeutenden Einfluss auf die Diversifikationsfähigkeit.

Für einen Investor ist aus Sicht der Renditeeffizienz eine Biogasanlage nicht unbedingt einer Investition in die bestehenden Betriebszweige vorzuziehen. Dies gilt für den spezialisierten Getreidebaubetrieb, für Pflanzenbauverbundbetriebe mit den Betriebsausrichtungen „Getreidebau-Milcherzeugung“ und „Getreidebau-Schweinezucht“ und für den Viehhaltungsverbundbetrieb mit der Ausrichtung „Milcherzeugung-Getreidebau“. Für diese Betriebsausrichtungen stellt sich durch „Spezialisierung“ eine effizientere Renditeänderung ein, als es eine Erweiterung der betrieblichen Standbeine um eine Biogasanlage erreichen würde. Durch das Einbeziehen der bestehenden betrieblichen Ausrichtung in die Investitionsentscheidung wird der Investor der strategischen Dimension solch einer Entscheidung gerecht.

Der Vergleich der Renditeeffizienzen zeigt deutlich, dass die Eignungsfähigkeit zur Investition in eine Biogasanlage stark von den bestehenden Betriebszweigen und deren Anteilen am Gesamtbetrieb abhängt. Für den Entscheidungsträger ist eine Renditesteigerung nur im Hinblick auf die damit einhergehende Risikosteigerung zu bewerten. So sind betriebspezifische Situationen vorstellbar, die einen Renditezuwachs nur mit erheblicher Erhöhung des gesamtbetrieblichen Risikoniveaus realisieren können, was den Nutzen der Investitionsmöglichkeit eindeutig schmälert.

Eine Biogasanlageninvestition birgt eine Fülle von Risiken. Die Analyse der Einzelrisiken zur Darstellung der investitionsspezifischen Risikostruktur und die Analyse des investitionsspezifischen Gesamtrisikos geben einem Investor bedeutende informative Grundlagen zur Investitionsentscheidung und zur Einarbeitung einer Biogasanlage in das gesamtbetriebliche Risikomanagement. Die Risikoanalysen lösen zwar nicht das Problem der Entscheidung bei Unsicherheit, „sie vermitteln jedoch einen Einblick in die Struktur eines Investitionsprojektes und zeigen die Auswirkungen der Unsicher-

heit“ (BLOHM ET AL., 2006: 237). Die Anforderungen eines umfassenden ganzheitlichen Risikomanagements beinhalten auch, die Zustimmung oder Ablehnung einer Biogasanlageninvestition über die gängigen Entscheidungsparameter hinaus zu beurteilen. Es ist notwendig, die betriebliche Portfolioanalyse und die Effizienz der Renditeänderung durch eine Biogasanlageninvestition zum Bestandteil der Investitionsentscheidung zu machen.

Insgesamt, aber insbesondere durch die Berücksichtigung von Interdependenzen, durch Wahrscheinlichkeitsurteile für verschiedene Investitionserfolge und durch das Einbeziehen des Betriebsportfolios in die Risikowirkung einer Biogasanlageninvestition fügt dieser dreieibige Ansatz zur Risikobewertung nicht nur dem Entscheidungsprozess, sondern auch dem landwirtschaftlichen Risikomanagement neue Aspekte hinzu. Die Anpassung der aufgeführten Betriebsportfolios und des Investitionsobjektes auf einzelbetriebliche Situationen sollte zukünftig Aufgabe und Können der Agrarberatung sein.

Eine interessante Ausweitung des Ansatzes für den Anwendungsbereich besteht sicherlich darin, Risikopräferenzfunktionale in die quadratische Programmierung zu integrieren. Durch die zusätzliche Gleichung können für die unterschiedlichsten betriebsleiterspezifischen Risikoeinstellungen optimale Biogasanlagenbestandteile im Portfolio taxiert werden.

Weiterer Forschungsbedarf liegt in der Frage, ob die Ergebnisse dieser Arbeit und die Aussagen zu den Korrelationen zwischen einer Biogasanlage und den landwirtschaftlichen Betriebszweigen durch die Praxis verifiziert werden können und aus welchen Gründen sie gegebenenfalls abweichen.

---

## 11 Zusammenfassung

Der landwirtschaftlichen Presse ist zu entnehmen, dass derzeit viele Biogasanlagenbetreiber ihre vorhergesagten Renditeziele nicht erreichen und zum Teil in eine wirtschaftliche Schieflage geraten sind, die sich bis zur Existenzbedrohung des Gesamtbetriebes ausweiten kann. Vor diesem Hintergrund der offensichtlich mangelhaften Risikobeurteilung zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung, ist es Ziel dieser Arbeit, das Risikoprofil und die Risikowirkung einer Biogasanlage umfassend und über die gängigen Entscheidungsparameter hinaus zu bewerten. Damit werden nicht nur der Investitionsentscheidung, sondern auch dem landwirtschaftlichen Risikomanagement neue Aspekte hinzugefügt.

Die Risikostruktur einer Biogasanlage wird auf drei Analyseebenen beleuchtet. Unter Berücksichtigung kausaler Zusammenhänge zwischen den Investitionsparametern werden auf Ebene der Einzelrisiken durch eine Sensitivitätsanalyse das Risikopotenzial und die hierfür ursächlichen Faktoren einzelner Investitionsinputs bestimmt. Auf Ebene des investitionsspezifischen Gesamtrisikos stellt eine Monte-Carlo-Simulation Wahrscheinlichkeiten für Totalverlust-, Anspruchsniveau- und Intervallziele der untersuchten Biogasanlageninvestition heraus. Die Portfolioanalyse stellt bezüglich der Wirkung einer Biogasanlageninvestition auf verschiedene, gesamtbetriebliche Rendite-Risiko-Komplexe die dritte Analyseebene dar.

Im Rahmen der Einzelrisikenanalyse werden die Methoden der Investitionsrechnung auf Stärken und Schwächen zur Risikoidentifikation bewertet. Dabei wird die Bedeutung eines dynamischen Ansatzes herausgestellt und die realitätsnahe Methode des Vollständigen Finanzplanes angewendet. Die Einzelrisikenanalyse stellt die monetären Folgen einer Fehlprognose für einzelne Inputs dar, so dass Erkenntnisse über den Risikobeitrag eines Inputs gewonnen werden können. Es zeigt sich, dass zum einen der Block der „Substratkosten“ aber auch die Merkmale „Auslastung BHKW“ und der „elektrische Wirkungsgrad“ erhebliches Risikopotenzial besitzen. Einige der untersuchten Investitionsinputs zeigen bei Variationen des Ausgangswertes über- oder unterproportionale Risikoeffekte, wofür Interdependenzen verantwortlich gemacht werden können. Sie sind in der Lage, einen bedeutenden verstärkenden oder kompensatorischen Effekt auf ein inputspezifisches Risikopotenzial auszuüben. Die Kritischen Werte bescheinigen den bereits genannten Inputs ebenfalls ein hohes Risikopotenzial. Kritische Werte liefern weitere Informationen über maximale Inputabweichungen zur Sicherstellung eines Mindest Erfolges. Somit werden Erkenntnisse

---

gewonnen, welche Inputverläufe vor der Investitionsentscheidung unter Verwendung sämtlicher Informationsquellen genauestens prognostiziert werden sollten. Ebenfalls unter Berücksichtigung der Interdependenzen einer Biogasanlageninvestition sind die zuvor in der Einzelrisikenanalyse als risikopotent gekennzeichneten Inputs in die Monte-Carlo-Simulation eingeflossen. Die Monte-Carlo-Simulation bescheinigt einer Biogasanlage eine hohe Varianz des wirtschaftlichen Erfolgs. Auffällig ist die große Spanne der Investitionsergebnisse. Die Ergebnisverteilung einer Biogasanlageninvestition kann durch eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit sehr positiver Investitionserfolge, aber auch durch eine durchaus gegebene Eintrittswahrscheinlichkeit extrem negativer Investitionserfolge gekennzeichnet werden. So beträgt die Wahrscheinlichkeit für eine zweistellige Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals ca. 74 %. Gleichzeitig ist die Wahrscheinlichkeit, mit der Investition einen Totalverlust zu erleiden, mit 5,7 % durchaus existent.

Die Analyse der Portfoliowirkung einer Biogasanlage zeigt, dass sich mit allen gängigen landwirtschaftlichen Betriebszweigen globale Minimum-Varianz-Portfolios in Kombination mit einer Biogasanlage erzeugen lassen. Jedoch weist der potenzielle Risikodiversifikationseffekt erhebliche Unterschiede zwischen den Betriebszweigen aus. Das höchste Potenzial zeigt die Biogasanlage in Kombination mit den Betriebszweigen Schweinezucht und Schweinemast. Die Effizienz der Renditeänderung einer Biogasanlage wird mit dem Rendite-Risiko-Gradienten (RRG) ermittelt. Die Analyse der Rendite-Risiko-Gradienten von Biogasanlagen in Abhängigkeit zu den untersuchten Betriebsportfolios zeigt, dass verschiedene ausrichtungsspezifische Wechselbeziehungen zwischen der Änderung des Renditeerwartungswertes und der dazugehörigen Standardabweichung bestehen. Betriebsausrichtungen, die bezüglich der Veränderung des gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Komplexes als effizient bezeichnet werden können, besitzen Schweinezucht und/oder Schweinemast im landwirtschaftlichen Portfolio. Dahingegen stellen sich Betriebsausrichtungen mit Rindermast als weniger effizient dar. Nicht für alle untersuchten Betriebsausrichtungen ist Biogas eine sinnvolle Investitionsmöglichkeit. So erreichen einige Betriebsausrichtungen durch Investitionen in die bestehende Betriebsstruktur höhere Renditeeffizienzen als durch eine Biogasanlage. Für diese Betriebe ist aus Rendite-Risiko-Sicht die Spezialisierung der betrieblichen Diversifikation vorzuziehen.

Die Risikoanalysen setzen einen Investor über die Risikostruktur, über die Risikopotenziale und über die Wahrscheinlichkeiten verschiedenster Investitionsergebnisse

einer Biogasanlageninvestition in Kenntnis. Damit werden die Qualität und die Quantität des Informationszustandes zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung erheblich verbessert. Mit der Portfolioanalyse wird die Investitionsmöglichkeit in einem gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Kontext bewertet, was der strategischen Komponente einer Investitionsentscheidung Rechnung trägt. Somit werden insgesamt nicht nur dem Prozess der Investitionsentscheidung sondern dem gesamten landwirtschaftlichen Risikomanagement neue Aspekte hinzugefügt.

---

## 12 Quellenverzeichnis

- ADAM, D. (1996): Planung und Entscheidung. Modelle-Ziele-Methoden. Mit Fallstudien und Lösungen. 4. Auflage. Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden
- AFFLERBACH, L. (1986): Die Gitterstruktur gleichverteilter Zufallsvektoren. In: Kolloquium über Zufallszahlen und Simulationen. Herausgeber: Afflerbach und Lehn. Verlag B.G. Teubner. Stuttgart
- ALSLEBEN, D. (1993): Zufall und subjektives Risiko. Eine Betrachtung zu den systematischen Grenzen der Versicherbarkeit von industriell verursachten Umweltschäden auf der Grundlage alten und neuen Handlungsrechts mit einem Nachtrag zum neuen Umwelthaftpflichtmodell. Hamburger Reihe. Reihe A Rechtswissenschaften. Verlag Versicherungswirtschaft e.V. Mühlacker
- ASHOK, K., LENCE, M., LENCE S. H. (2005): Risk Management by Farmers, Agribusiness, and Lenders. In: Agricultural Finance Review. Volume 65, Number 2. Special Issue, Fall 2005
- BAHRS, E. (2002): Methoden des Rechnungswesens als Instrumente des Risikomanagements in der Landwirtschaft. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band. 37.
- BAMBERG, G. COENENBERG, G. (1992): Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 7., überarbeitete Auflage. WiSo Kurzlehrbücher Reihe Betriebswirtschaft. Verlag Franz Vahlen. München
- BAUERNZEITUNG (2007): 51/52. Woche. Jahrgang 2007
- BEHR, P. (2005): Essays on credit risk, corporate lending and Basel II. Goethe-Universität Frankfurt am Main. Frankfurt am Main
- BERENZ, S., BOCHMANN, G., HEIßENHUBER, A. (2008): Strategien zur Risikominimierung beim Betrieb von Biogasanlagen. In: Risikomanagement in der Landwirtschaft. Schriftenreihe Band 23. Herausgeber: Rentenbank. Frankfurt am Main
- BERENZ, S., HEIßENHUBER, A. (2007): Ökonomische Aspekte zur energetischen Nutzung von Biomasse. In: Berichte über Landwirtschaft. Band 85 (2) 2007. Landwirtschaftsverlag. Münster

- 
- BERENZ, S., HOFFMANN, H., PAHL, H. (2008): Konkurrenzbeziehung zwischen der Biogaserzeugung und der tierischen Versorgung. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 43.
- BERG, E. (2002): Das System der Ernte- und Einkommensversicherungen in den USA – Ein Modell für Europa? In: Berichte über Landwirtschaft. Band 80 (1) 2002. Landwirtschaftsverlag. Münster
- BERG, E. (2005): Integriertes Risikomanagement – Notwendigkeit und Konzepte für die Landwirtschaft. In: Agrarökonomie im Wandel. Fachkolloquium anlässlich des 80. Geburtstages von Prof. em. Dr. Dr. hc. Günther Steffen. Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre. Bonn
- BERG, E., SCHMITZ, B., STARP, M., TRENKEL, H. (2005): Wetterderivate: Ein Instrument im Risikomanagement in der Landwirtschaft? In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 54 (2005) Heft 3.
- BIOGAS FACHVERBAND E.V. (2009): Aktuelle Branchenzahlen Biogas. [http://www.biogas.org/datenbank/file/notmember/presse/aktBranchenzahlen09\\_1.pdf](http://www.biogas.org/datenbank/file/notmember/presse/aktBranchenzahlen09_1.pdf), zugegriffen am 11.11.2009
- BIOGASNETZEINSPEISUNG (2008): Sensitivitätsanalyse. <http://www.biogas-netzeinspeisung.at/wirtschaftliche-planung/sensitivitaetsanalyse.html>, zugegriffen am 03.04.2008
- BLOHM, H., LÜDER, K. (1988): Investition. 6. Auflage. Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Verlag Vahlen. München
- BLOHM, H., LÜDER, K., SCHAEFER, C. (2006): Investition. 9. Auflage, Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Verlag Vahlen. München
- BLUMÖHR, T. ZEPUNKE, H. TSCHÄPE, D. (2006): Die Klassifizierung landwirtschaftlicher Betriebe. Gemeinschaftliches Klassifizierungsverfahren in Deutschland – methodische Grundlagen und Ergebnisse. Statistisches Bundesamt. Wirtschaft und Statistik 5/2006.  
[http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/WirtschaftStatistik/LandForstwirtschaft/Klassifizierung\\_\\_Betriebe,property=file.pdf](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/WirtschaftStatistik/LandForstwirtschaft/Klassifizierung__Betriebe,property=file.pdf), zugegriffen am 30.09.2009
-

- 
- BMELV (2007): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2007.
- BMELV (2008): Die wirtschaftliche Lage der landwirtschaftlichen Betriebe. Buchführungsergebnisse der Testbetriebe. Wirtschaftsjahr 2006/07
- BÖCKER, A. (2001): Die Wahrnehmung von Lebensmittelrisiken und die Auswirkung risikobezogener Informationen – Ergebnis einer experimentellen Studie. In: Berichte über Landwirtschaft. Band 79 (4) 2001. Landwirtschaftsverlag. Münster
- BRANDES, W., WOERMANN, E. (1971): Landwirtschaftliche Betriebslehre Band II: spezieller Teil. Organisation und Führung landwirtschaftlicher Betriebe. Verlag Paul Parey. Hamburg
- BRAUN, H. (1984): Risikomanagement. Eine spezifische Controllingaufgabe. In: Controlling-Praxis CP 7. Herausgeber: P. Horváth. Toeche-Mittler Verlag. Darmstadt
- BRAUN, T. (2009): Investition und Finanzierung. Konzeptionelle Grundlagen für eine entscheidungsorientierte Ausbildung. Schriftenreihe: BWL im Bachelor - Studiengang. Springer Verlag. Berlin
- BREUER, W., GÜRTLER, M., SCHUMACHER, F. (2004): Portfoliomanagement I. Grundlagen. 2. Auflage. Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden
- BRUNS, C., MEYER-BULLERDIEK, F. (2008): Professionelles Portfoliomanagement. Aufbau, Umsetzung und Erfolgskontrolle strukturierter Anlagestrategien. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Schäffer-Poeschel Verlag. Stuttgart
- BUHRMESTER, C. (2008): Mitarbeiter im Referat 426 des BMELV. Mündliche Befragung zur Verwendung von Erfolgskennzahlen aus dem Testbetriebsnetz
- BUNDESGESETZBLATT (2004): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich vom 21. Juli 2004 §12 Abs. 3, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil 1 Nr. 40, ausgegeben zu Bonn am 31. Juli 2004
- BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN (2009): Ertragssteuerliche Behandlung von Biogasanlagen und der Erzeugung von Energie aus Biogas; Steuerliche Folgen aus der Abgrenzung der Land- und Forstwirtschaft vom Gewerbebetrieb. [http://www.boxer99.de/DOKUMENTE/Bundesfinanzministerium\\_Biogas\\_Gewerbesteuer.pdf](http://www.boxer99.de/DOKUMENTE/Bundesfinanzministerium_Biogas_Gewerbesteuer.pdf), zugegriffen am 06.11.2009
-

- 
- BUNDESSTEUERBLATT (1996): Amtliche AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig Landwirtschaft und Tierzucht. Lfd. Nr. 2.6.1. Teil 1
- BURGER, A., BUCHHART, A. (2002): Risiko-Controlling. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München
- CAFIERO, C., CAPITANIO, F., CIOFFI, A., COPPOLA, A. (2007): Risk and Crisis Management in the Reformed European Agricultural Policy. In: Canadian Journal of Agricultural Economics. Vol. 55. No 4. 2007.
- CHAMBERS, R. G. (2007): Valuing Agricultural Insurance. In: American Journal of Agricultural Economics Volume 89, Number 3, August 2007.
- CHAMBERS, R. G., QUIGGIN, J. (2004): Technological and financial approaches to risk management in agriculture: an integrated approach. In: The Australian Journal of Agriculture and Resource Economics Volume 48, Issue 2, June 2004
- DA COSTA GOMEZ, C. (2007): Biogasnutzung: Freund der Energie- oder der Landwirtschaft? Vortrag im Rahmen der Göttinger Fachtagung für Milch- und Veredlungswirtschaft. Göttingen, 06.12.2007
- DÄUMLER, K. D. (1996): Anwendung von Investitionsrechnungsverfahren in der Praxis. 4., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Neue Wirtschafts-Briefe. Berlin
- DÄUMLER, K. D. (1994): Grundlagen der Investitionsrechnung. 8., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Neue Wirtschafts-Briefe. Berlin
- DE HAAN, H. (1984): Die Risikopolitik der internationalen Unternehmung. Giessener Schriftenreihe zur Internationalen Unternehmung. Band 3. Herausgeber: E. Pausenberger. Verlag der Ferber'schen Universitätsbuchhandlung. Gießen
- DENK, R., EXNER-MERKELT, K. (2005): Corporate Risk Management. Unternehmensweites Risikomanagement als Führungsaufgabe. Herausgeber: R. Denk und K. Exner-Merkelt. Linde Verlag Wien. Wien
- DENK, R., EXNER-MERKELT, K., RUTHNER, R. (2006): Risikomanagement im Unternehmen – Ein Überblick. In: Wirtschaft und Management – Schriftenreihe zur wirtschaftswissenschaftlichen Forschung und Praxis. Jahrgang 3 Nr. 4 Mai 2006
-

- 
- DEUTSCHE BUNDESBANK (2007a). Devisenkursstatistik September 2007. Statistisches Beiheft zum Monatsbericht 5. <http://www.bundesbank.de/download/volkswirtschaft/devisenkursstatistik/2007/devisenkursstatistik092007.pdf>, zugegriffen am 06.05.2008
- DEUTSCHE BUNDESBANK (2007b): Kurse und Renditen börsennotierter Wertpapiere. [http://www.bundesbank.de/kredit/kredit\\_kurse.php](http://www.bundesbank.de/kredit/kredit_kurse.php), zugegriffen am 16.07.2007
- DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT (2008): Biogas 2008. [https://www.dbu.de/123artikel27482\\_.html](https://www.dbu.de/123artikel27482_.html), zugegriffen am 21.01.2009.
- DIEDERICH, M. (2004): Risikomanagement und Risikocontrolling. Risikocontrolling – ein integrierter Bestandteil einer modernen Risikomanagement-Konzeption. Herausgeber: P. Horváth und T. Reichmann. Verlag Franz Vahlen. München
- DUNST, K. H. (1983): Portfolio Management. Konzeption für die strategische Unternehmensplanung. Verlag de Gruyter. Berlin
- DÜRR, W., MAYER H. (2008): Wahrscheinlichkeitsrechnung und Schließende Statistik. 6. Auflage. Reihe: Studienbücher der Wirtschaft. Carl Hanser Verlag. München
- EISELE, B. (2004): Value-at-Risk-basiertes Risikomanagement in Banken. Portefeuilleentscheidungen, Risikokapitalallokation und Risikolimitierung unter Berücksichtigung des Bankenaufsichtsrechts. Schriften zur quantitativen Betriebswirtschaftslehre. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (2004): Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. Leipzig.
- FAHRMEIR, L., KÜNSTLER, R., PIGEOT, I., TUTZ, G. (2004): Statistik. Der Weg zur Datenanalyse. 5. Auflage. Springer Verlag. Berlin
- FARWICK, J., KRÄMER, J. (2008): Auswirkungen möglicher Agrarpolitikszenerarien auf landwirtschaftliche Betriebe in Nordrhein-Westfalen. Eine Simulation anhand typischer Betriebe. Vortrag anlässlich der 48. Jahrestagung der GEWISOLA „Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung“. Bonn, 24. – 26. September 2008

- FASSE, F.-W. (1995): Risk-Management im strategischen internationalen Marketing. In: Duisburger Betriebswirtschaftliche Schriften. Band 10. Herausgeber: K. Barth, R. Elschen, T.J. Gerpott, B. Kaluza B. Rolfes, M.I Wohlgemuth. S+W Steuer- und Wirtschaftsverlag Hamburg. Hamburg
- FIEGE, S. (2006): Risikomanagement- und Überwachungssystem nach KonTraG. Prozess, Instrumente, Träger. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden
- FILLER, G., ODENING, M., SEEGER, S., HAHN, J. (2007): Zur Effizienz von Biogasanlagen. In: Berichte über Landwirtschaft. Band 85 (2) 2007. Landwirtschaftsverlag. Münster
- FINANCIAL TIMES DEUTSCHLAND (2008): Dossier von Hecking, C. mit dem Thema „Die Luft ist raus“ in der Ausgabe vom 01.02.2008
- FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG (2008): Beitrag von Looman, V. mit dem Thema „Biogasanlagen liefern nur mäßige Renditen“ in der Ausgabe vom 22.03.2008
- FRANKE, G., HAX, H. (1999): Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt. Verlag Springer. Berlin
- FRANTZMANN, H. J. (2002): Der Risikobegriff im Investmentmanagement. In: Handbuch Portfoliomanagement. 2. vollkommen neu konzipierte Auflage. Herausgeber: J.M. Kleeberg, H. Rehkugel. Uhlenbruch Verlag. Bad Soden/Ts.
- FÜRER, G. (1990): Risk Management im internationalen Bankgeschäft. In: Bankwirtschaftliche Forschung. Band 129. Herausgeber: E. Kilgus und L. Schuster. Verlag Paul Haupt. Bern
- GANTNER, U. (1984): Berufsverhaftetsein und Investitionsverhalten landwirtschaftlicher Betriebsleiter. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Zürich
- GARZ, H., GÜNTHER, S., MORIABADI, C. (1998): Portfolio-Management. Theorie und Anwendung. 2., veränderte Auflage 1998. Herausgeber: Bankakademie e.V. Bankakademieverlag. Frankfurt am Main

- 
- GINÈ, X., TOWNSEND, R., VICKERY, J. (2007): Statistical analysis of rainfall insurance payouts in southern India. In: American Journal of Agricultural Economics Volume 89, Number 5, 2007.
- GLASSERMAN, P. (2004): Monte Carlo Methods in Financial Engineering. Application of Mathematics. Springer-Verlag New York. New York
- GLEIBNER, W. (2006)a: Entscheidungen unter Unsicherheit und Erwartungsnutzen. In: Risiko Manager. Ausgabe 12/2006. Serie: Risikomaße und Bewertung. Teil 1. Bank Verlag. Köln
- GLEIBNER, W. (2006)b: Risikomaße, Safety-First-Ansätze und Portfoliooptimierung. In: Risiko Manager. Ausgabe 13/2006. Serie: Risikomaße und Bewertung. Teil 2. Bank Verlag. Köln
- GÖMANN, H., KREINS, P., BREUER, T. (2008): Einfluss steigender Weltagrarpreise auf die Wettbewerbsfähigkeit des Energiemaisanbaus in Deutschland. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 43.
- Götze, U. (2006): Investitionsrechnung. Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. 5. Auflage. Springer Verlag. Berlin 2006
- GÖTZE, U., MIKUS, B. (2007): Der Prozess des Risikomanagements in Supply Chains. In: Risikomanagement in Supply Chains. Gefahren abwehren, Chancen nutzen, Erfolg generieren. Herausgeber: Ri. Vahrenkamp und C. Siepermann. Erich Schmidt Verlag. Berlin
- GRAFFEO, M., SAVADORI, L., LOMBARDI, L., TENTORI, K., BONINI, N., RUMIATI, R. (2004): Trust and attitude in consumer food choices under risk. In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 53 (2004) Heft 8.
- GRIEM, H. (1968): Der Prozess der Unternehmensentscheidung bei unvollkommener Information. Eine Ablauf- und Problemanalyse. Betriebswirtschaftliche Forschungsergebnisse. Band 37. Herausgeber: E. Kosiol. Verlag Duncker & Humblot. Berlin

- GROB, H. L. (2006): Einführung in die Investitionsrechnung. Eine Fallstudien-geschichte. 5. Auflage. Verlag Franz Vahlen. München
- GROB, H. L. (1989): Investitionsrechnung mit vollständigen Finanzplänen. Verlag Franz Vahlen. München
- GRUNDMANN, P., KENKMANN, T., LUCKHAUS, C., PLÖCHL, M. (2006): Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen. In: Biogas in der Landwirtschaft. Leitfaden für Landwirte und Investoren im Land Brandenburg. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Herausgeber: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Potsdam
- GRUNDMANN, T. (2008): Ein anwendungsorientiertes System für das Management von Produkt- und Prozessrisiken. Ergebnisse aus der Produktionstechnik Band 6 2008. Apprimus Verlag. Aachen
- HAFNER, R. (2000): Statistik für Sozial- und Wirtschaftswissenschaftler. Band 1. Lehrbuch. Zweite, verbesserte Auflage. Springer Verlag. Wien
- HAGEN, P., JAKOBS, W. (1996): Marktrisikosteuerung bei Trinkhaus & Burkhart. In: Handbuch derivater Instrumente. Produkte, Strategien und Risikomanagement. Herausgeber: R. Eller. Stuttgart
- HALLER, M. (1986): Risiko-Management. Eckpunkte eines integrierten Konzepts. In: Schriften zur Unternehmensführung. Band 33. Herausgeber: H. Jacob. Wiesbaden
- HANDREICHUNG BIOGASGEWINNUNG UND NUTZUNG (2004): Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- HANF, C.-H. (1986): Entscheidungslehre. Einführung in Informationsbeschaffung, Planung und Entscheidung unter Unsicherheit. R. Oldenbourg Verlag. München
- HARNETT, D.L. (1970): Introduction to statistical methods. Addison-Wesley Publishing Company. Massachusetts
- HÄRTEL, F. (1994): Zufallszahlen für Simulationsmodelle. Vergleich und Bewertung verschiedener Zufallszahlengeneratoren. Verlag Difo-Druck. Bamberg

- HARTL, J., FOX, S. J. (2004): Estimating the demand for risk reduction from food-borne pathogens through food irradiation. In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 53 (2004) Heft 8.
- HEISTER, M. (1962): Rentabilitätsanalyse von Investitionen: ein Beitrag zur Wirtschaftlichkeitsrechnung. In: Beiträge zur betriebswirtschaftlichen Forschung. Reihe 17. Westdeutscher Verlag. Opladen
- HEMME, T. (2000): Ein Konzept zur international vergleichenden Analyse von Politik- und Technikfolgen in der Landwirtschaft. Landbauforschung Völkenrode. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. Sonderheft 215.
- HICKS, R.L., SCHNIER, K. E. (2006): Dynamic Random Utility Modelling: A Monte Carlo Analysis. In: American Journal of Agricultural Economics Volume 88, Number 4, November 2006.
- HOLTON, G.A. (2004): Value-at-Risk. Theory and Practice. Academic press advanced finance series. Academic Press. San Diego
- HOLZHEU, F., WIEDEMANN, P. M. (1993): Perspektiven der Risikowahrnehmung. In: Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung. Reihe Gesellschaft und Unsicherheit. Band 2. Herausgeber: Bayerische Rück. Verlag Knesebeck. München
- HOSSENFELDER, W. (2005): Informationsversorgung in Beratungsunternehmen. In: Controlling in Consultingunternehmen. Instrumente, Konzepte, Perspektiven. 2. Auflage. Herausgeber: C. Stolorz und L. Fohmann. Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden
- HUIRNE, R., MEUWISSEN, M., VAN ASSELDONK, M. (2009): Importance of Risk Management in Agriculture. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 44.
- IMBODEN, C. (1983): Risikohandhabung: Ein entscheidungsbezogenes Verfahren. In: Prüfen und Entscheiden. Schriftenreihe des Betriebswirtschaftlichen Instituts der Universität Bern. Band 9. Herausgeber: W. Müller. Verlag Paul Haupt. Bern

- JANN, B. (2005): Einführung in die Statistik. S. 52. Hand- und Lehrbücher der Sozialwissenschaften. 2. Auflage. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München
- JARETZKE T. (2007): Modernes Risikocontrolling im Unternehmen. Grundlagen, Konzepte, Bewertungsmethoden. VDM Verlag Dr. Müller. Saarbrücken
- JASPERSEN, T. (1997): Investition. Verlag R. Oldenbourg. München
- JONEN, A. (2007): Semantische Analyse des Risikobegriffs – Strukturierungen der betriebswirtschaftlichen Risikodefinitionen und literaturempirische Auswertung. In: Beiträge zur Controlling-Forschung. Nr. 11. Herausgeber: V. Lingnau. Kaiserslautern
- JORION, P. (2007): Value at Risk. The New Benchmark for Managing Financial Risk. Third edition. McGraw-Hill. USA
- JUST, R. E., POPE, R. D. (2003): Agricultural Risk Analysis: Adequacy of Models, Data, and Issues. In: American Journal of Agricultural Economics Volume 85, Number 5, 2007.
- JUNGINGER, M. (2005): Wertorientierte Steuerung von Risiken im Informationsmanagement. In: Informationsmanagement und Computer Aided Team. Herausgeber: H. Krcmar. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden
- KIRCHNER, D. (2001): Theorie und praktische Umsetzung eines Risikomanagementsystems nach KonTraG am Beispiel einer mittelständischen Versicherung. Beiträge der Fachhochschule Pforzheim. Nr. 96. Herausgeber: A. Häfner, N. Jost, K.-H. Rau, R. Scherr, C. Wehner, H. Wienert. Pforzheim
- KEYMER, U. (2004): Ein Restrisiko bleibt. Wochenblattserie „Biogas“ Teil 5. In: Bayerisches Wochenblatt Nr. 51 Jahrgang 2004
- KIRSCH, W. (1977): Einführung in die Theorie der Entscheidungsprozesse. Zweite, durchgesehene und ergänzte Auflage der Bände I bis III als Gesamtausgabe. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden

- KLEEGERG, J.M. (1995): Der Anlageerfolg des Minimum-Varianz-Portfolios. Eine empirische Untersuchung am deutschen, englischen, japanischen, kanadischen und US-amerikanischen Aktienmarkt. 2. unveränderte Auflage Reihe: Portfoliomanagement. Band 1. Uhlenbruch Verlag. Bad Soden/Ts.
- KLEMENT, J. (2006): Kreditrisikohandel, Basel II und interne Märkte in Banken. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden
- KOBZAR, O. A. (2006): Whole-farm risk management in arable farming: portfolio methods for farming-specific business analysis and planning. PhD thesis Wageningen University. Ponsen & Looijen Printers BV. Wageningen
- KÖGL, H., PESSIER, H. J. (2008): Entwicklung und Erprobung eines Ratingverfahrens für landwirtschaftliche Unternehmen. Posterbeitrag auf der 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e. V. Bonn
- KOSIOL, E. (1968): Entscheidung, Information und Prognose. In: Betriebswirtschaft und Marktpolitik. Beiträge zur Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre und zur Betriebswirtschaftlichen Marktlehre. Festschrift für Rudolf Seyffert zum 75. Geburtstag. Herausgeber: E. Kosiol und E. Sundhoff. Westdeutscher Verlag. Köln und Opladen
- KOSMIDOU, K., ZOPOUNIDIS, C. (2008): Asset Liability Management Techniques. In: Handbook of financial engineering. Herausgeber: C. Zopounidis, M. Doumpos, P. M. Pardalos. Springer Science and Business Medis, LLC, New York
- KRAFT-WÄRME\_KOPPLUNGSGESETZ (2009): Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung. <http://www.bmu.de/klimaschutz/doc/2930.php>, zugegriffen am 23.08.2009
- KRAUSE, M. (2007): Integration von Risikomanagement in Planungs-, Steuerungs- und Kontrollsystemen. Die Synthese von COSO Enterprise Risk Management und Balanced Scorecard. GRIN Verlag. München
- KRÖBER, M., HANK, K., HEINRICH, J., WAGNER, P., (2009): Ermittlung der Wirtschaftlichkeit des Energieholzanzbaus in Kurzumtriebsplantagen – Risikoanalyse mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 44.

- KRÜGER, S. (1974): Simulation. Grundlagen, Techniken, Anwendungen. Verlag Walter de Gruyter. Berlin
- KRUSCHWITZ, L. (2004): Finanzierung und Investition. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Internationale Standardlehrbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München
- KRUSCHWITZ, L. (1998): Investitionsrechnung. 7. Auflage. Internationale Standardlehrbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Verlag R. Oldenbourg. München
- KRUSCHWITZ, L. (2005): Investitionsrechnung, 10. Auflage. Internationale Standardlehrbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München
- KTBL (2004): Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/2005. 19. Auflage. Darmstadt
- KTBL (2006): Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/2007. 20. Auflage. Darmstadt
- KÜHNE, G., SEIDEL, C. (2000): Risikomanagement im Sinne des KonTraG. Auswirkung auf Kreditinstitute am Beispiel der Dresdner Bank AG. In: Banking 2000. Perspektiven und Projekte. Hermann Meyer zu Selhausen zum 60. Geburtstag. Herausgeber: M. Riekeberg und K. Stenke. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden
- KUNZE, B. (2007): Überwachung operationeller Risiken bei Banken. Interne und externe Akteure im Rahmen qualitativer und quantitativer Überwachung. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden
- KUPSCH, P. U. (1973): Das Risiko im Entscheidungsprozeß. In: Die Betriebswirtschaft in Forschung und Praxis. Schriftenreihe. Band 14. Herausgeber: E. Heinen. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden
- KÜRSTEN, W., STRAßBERGER, M. (2004): Risikomessung, Risikomaße und Value-at-Risk. In: WISU das Wirtschaftsstudium 2/04 2004
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2009): Energiepflanzenprämie 2009. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/foerderung/nav/19/article/9582.html>, zugegriffen am 17.08.2009

- 
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (2009): Wirtschaftsdünger, organische und organisch-mineralische Dünger. Ratgeber 2009. <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/basisinfos/wirtschaftsduenger-pdf.pdf>, zugegriffen am 27.09.2009
- LÄPPLE, D. (2007): Investitionsverhalten in der Landwirtschaft – eine empirische Untersuchung bayerische Betriebe. In: Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie. No. 01/07.
- LARSON, H.J. (1973): Introduction to the Theory of Statistics. Wiley series in probability and mathematical statistics. John Wiley & Sons, Inc. USA
- LASCHEWSKI, L., PESSIER, H. J. (2008): Risikorechnung in landwirtschaftlichen Großbetrieben in den Neuen Ländern. In: Risikomanagement in der Landwirtschaft. Schriftenreihe Band 23. Herausgeber: Rentenbank. Frankfurt am Main
- LAUX, H. (1990): Risiko, Anreiz und Kontrolle: Principal-Agent-Theorie; Einführung in Verbindung mit dem Delegationswert-Konzept. Springer-Verlag. Heidelberg
- L'ECUYER, P. (2006): Random Number Generation. In: Handbooks in Operations Research and Management Science. Volume 13. Simulation. Herausgeber: S.G. Henderson and B.L. Nelson. Verlag Elsevier B.V. Amsterdam
- LFL (2007): Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Gelbes Heft Nr. 8. Freising
- LIEBL, F. (1992): Simulation. Problemorientierte Einführung. Verlag R. Oldenbourg München
- LIEN, G., HARDAKER, J. B. (2001): Whole-farm planning under uncertainty: impacts of subsidy scheme and utility function on portfolio choice in Norwegian agriculture. In: European Review of Agricultural Economics. Volume 28, Number 1, March 2001
- LINDGREN, B.W., MC. ELRATH, G.W., BERRY, D.A. (1978): Introduction to Probability and Statistics. Fourth edition. Seite 120. Verlag: Macmillan Publishing Co. Inc. New York 1978

- 
- LINNERTOVA, D. REUSE, S. (2009): Berechnung des Value-at-Risk mit der Monte Carlo Simulation. In: Controller Magazin. 34. Jg. Ausgabe 31. Jahr 2009.
- LITZ, H.P. (2003): Statistische Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. 3. Auflage. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München
- LOCAREK-JUNGE, H. BÜCH, C. (2006): Sind Bankenrisiken messbar? In: Kapitalmärkte, Unternehmensfinanzierung und rationale Entscheidung. Festschrift für Jochen Wilhelm. Herausgeber: W. Kürsten und B. Nietert. Springer-Verlag. Heidelberg
- LOKALEN ENERGIE AGENTUR OSTSTEIERMARK (2008): Endbericht. Entwicklung eines innovativen Betriebskonzeptes Biogasanlage AWV Feldbach-Mittleres Raabtal [http://www.noest.or.at/intern/dokumente/199\\_Endbericht\\_AWV\\_Feldbach.pdf](http://www.noest.or.at/intern/dokumente/199_Endbericht_AWV_Feldbach.pdf),  
zugegriffen am 03.04.2008
- MARCH, J. G. SHAPIRA, Z. (1987): Managerial Perspectives on risk and risk taking. In: Management Science. Journal of The Institut of Management Science. Volume 33, Number 11. Herausgeber: Donald G. Morrison. Maryland
- MARINELL, G., SEEBER, G. (1988): Angewandte Statistik. Entscheidungsorientierte Methoden mit PC Programm. Oldenbourg Verlag. München
- MCALeer, M., JIMENEZ-MARTIN, J.A., PEREZ-AMARAL, T. (2009): What happened to Risk Management during the 2008 – 09 financial crisis? In: Econometric Institut Report 2009
- METTLER, D. (1988): Investitionen, Innovationen und Unsicherheit- Grundzüge einer kognitiv-evolutionären Investitionstheorie. Verlag Rüegger. Grüşch
- MIKUS, B. (2001): Risiken und Risikomanagement – ein Überblick. In: Risikomanagement. Beiträge zur Unternehmensplanung. Herausgeber: U. Götze, K. Henselmann, B. Mikus. Physica-Verlag. Heidelberg
- MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES BRANDENBURG (2006): Biogas in der Landwirtschaft / Leitfaden für Landwirte und Investoren in Biogas  
<http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2320.de/biogas07.pdf>,  
zugegriffen am 04.04. 2008
-

- 
- MOSLER, K., SCHMID, F. (2004): Wahrscheinlichkeitsrechnung und schließende Statistik. Springer Verlag. Berlin
- MOTT, B. P. (2001): Organisatorische Gestaltung von Risiko-Managementsystemen. In: Wertorientiertes Risiko-Management für Industrie und Handel. Methoden, Fallbeispiele, Checklisten. Herausgeber: W. Geißner und G. Meier. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden
- MUGLER, J. (1978): Risk Management – Aufgabenabgrenzung und Ausblick auf Forschungsnotwendigkeiten. In: Journal für Betriebswirtschaft. Jahrgang 28 Heft 1. Gieseking Wirtschaftsverlag. Bielefeld
- MUßHOFF, O., HIRSCHAUER, N. (2004): Die Berücksichtigung von Unsicherheit und Flexibilität in der Investitionsplanung – dargestellt am Beispiel einer Vertragsinvestition für Roggen. In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 53 (2004) Heft 4.
- MUßHOFF, O., HIRSCHAUER, N. (2008): Hedging von Mengenrisiken in der Landwirtschaft – Wie teuer dürfen „ineffektive“ Wetterderivate sein? In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 57 (2008) Heft 5.
- MUßHOFF, O., ODENING, M., XU, W. (2005): Zur Bewertung von Wetterderivaten als innovative Risikomanagementinstrumente in der Landwirtschaft. In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 54 (2005) Heft 4.
- MÜßIG, A. (2006): Bilanzielle Risikovorsorge und außerbilanzielle Risikoberichterstattung. Das Verhältnis von Lagebericht und Management Commentary zum Jahresabschluss nach HGB und IFRS. In: Gabler Edition Wissenschaft. Rechnungswesen und Unternehmensüberwachung Herausgeber: J. Böcking und M. Hommel. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden
- NARTEA, G., WEBSTER, P. (2008): Should farmers invest in financial assets as a risk management strategy? Some evidence from New Zealand. In: The Australian Journal of Agriculture and Resource Economics. Volume 52 Issue 2 June 2008
- OBERMAIER, R. (2002): Risk Analysis in Capital Budgeting based on Monte Carlo Simulation: Some general Remarks. Regensburger Diskussionsbeiträge zur Wirtschaftswissenschaft Nr. 367.

- ODENING, M., HINRICHS, J. (2003): Die Quantifizierung von Marktrisiken in der Tierproduktion mittels Value-at-Risk und Extreme-Value-Theory. In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 52 (2003) Heft 2.
- ODENING, M., MUSSHOF, O. (2001): Value at Risk – Ein nützliches Instrument des Risikomanagements in Agrarbetrieben? In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Bd. 37.
- ODENING, M., MUßHOFF, O., HIRSCHAUER, N., BALMANN, A. (2007): Investment under uncertainty – Does competition matter? In: Journal of Economic Dynamics & Control. Nr. 31 (2007).
- OECD (2009): Managing Risk in Agriculture. A Holistic Approach. OECD Publishing. Paris
- OECD-FAO (2007): OECD – FAO Agricultural Outlook 2007 – 2016.
- OSSADNIK, W. (2003): Controlling. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage (Lehr- und Handbücher der Betriebswirtschaftslehre) Herausgeber: H. Corsten. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München
- PALINKAS, P., SZEKÉLY, C. (2008): Farmer`s perception on risk and crisis risk management. In: Income stabilisation in European agriculture. Design and economic impact of risk management tools. Herausgeber: M. P.M. Meuwissen, M. A.P.M. van Asseldonk, R. B.M. Huirne. Wageningen Academic Publisher. The Netherlands
- PELLMEYER, J. (2008): MAIN POST (2008): Ausgabe vom 29.05.2008
- PENNINGS, J.M.E., ISENGILDINA-MASSA, O., IRWIN, S.H., GARCIA, P., GOOD, D.L. (2008): Producers` Complex Risk Management Choices. In: Agribusiness. An International Journal. Volume 24, Number 1 Winter 2008.
- PERETZKI, F., MÜLLER, C., DITTMANN, T. (2005): „Düngerfabrik Biogasanlage“ in Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 19.02.2005. Heft 7. 2005.
- PERRIDON, L., STEINER, M. (1995): Finanzwirtschaft der Unternehmung. 8., überarbeitete Auflage. Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Verlag Vahlen. München

- PFINGSTEN, A., HOMÖLLE, S., RIESO, S. (2006): Risikomaße. In: Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Betriebswirtschaftslehre. Handelsblatt. Band 9. PIMS – Risikomaße. Schäffer-Poeschel Verlag. Stuttgart
- POTT, C., WÖMPENER, A. (2007): Zur Wirksamkeit der Regulierung interner Kontrollsysteme – empirische Ergebnisse der Wirkung des KonTraG. In: Zeitschrift für Planung und Unternehmenssteuerung (2007) Nr. 18
- RAUH, S., BERENZ, S., HEIßENHUBER, A. (2008): Abschätzung des unternehmerischen Risikos beim Betrieb einer Biogasanlage mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 43.
- RENTENBANK (2007): Programminformation Umweltschutz und Nachhaltigkeit. [http://www.rentenbank.de/d/Download/Programme//Programminfo\\_UmweltschutzUndNachhaltigkeit.pdf](http://www.rentenbank.de/d/Download/Programme//Programminfo_UmweltschutzUndNachhaltigkeit.pdf), zugegriffen am 25.06.2007
- RITCHIE, J. W., YAHA ABAWI, G., DUTTA, S. C., HARRIS, T. R., BANGE, M. (2004): Risk management strategies using seasonal climate forecasting in irrigated cotton production: a tale of stochastic dominance. In: The Australian Journal of Agriculture and Resource Economics Volume 48, Issue 1, March 2004
- ROBERT, C.P. CASELLA, G. (2004): Monte-Carlo Statistical Methods. 2nd ed. Springer texts in statistics. Springer Science+Business Media Inc.
- ROLFES, B. (1998): Moderne Investitionsrechnung. 2., unwesentlich veränderte Auflage. Schierenbeck Management Edition. Herausgeber: H. Schierenbeck. Verlag R. Oldenbourg. München
- ROMEIKE, F., MÜLLER-REICHART, M. (2005): Risikomanagement in Versicherungsunternehmen. Grundlagen, Methoden, Checklisten und Implementierungen. Verlag Wiley. Weinheim
- RONNING, G. (2005): Statistische Methoden in der empirischen Wirtschaftsforschung. Einführung: Wirtschaftswissenschaft. LIT Verlag. Münster
- RUBINSTEIN, R.Y. (1981): Simulation and the Monte Carlo method. Wiley series in probability and mathematical statistics. John Wiley & Sons. USA

- SACHS, L. (2004): Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. Elfte, überarbeitete und aktualisierte Auflage. Springer-Verlag. Heidelberg
- SAMUELSON, W., ZECKHAUSER, R. (1988): Status Quo Bias in Decision Making. In: Journal of Risk and Uncertainty. Volume 1. Number 1. 1988 Editor: Mark Machina, Kip Viscusi. Kluwer Academic Publisher
- SAUERWEIN, E. (1994): Strategisches Risikomanagement in der bundesdeutschen Industrie. In: Strategische Unternehmensführung. Band 1. Herausgeber: H. Hinterhuber. Europäischer Verlag der Wissenschaften. Frankfurt am Main
- SAUERWEIN, E., THURNER, M. (1998): Der Risikomanagement-Prozess im Überblick. In: Betriebliches Risikomanagement. Herausgeber: H. Hinterhuber. Verlag Spitz. Berlon
- SAUKA, D. (2007): Implementierung von Managementsystemen. GRIN Verlag. München
- SCHÄFER, H. (1999): Unternehmensinvestitionen, Grundzüge in Theorie und Management. Physica Verlag, Heidelberg
- SCHAPER, C., THEUVSEN, L. (2008): Der Markt für Bioenergie. In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 57 (2008) Heft 1.
- SCHEUERLEIN, A. (1997): Finanzmanagement für Landwirte. Beispiele. Anwendungen – Beurteilungen. BLV Verlagsgesellschaft. München
- SCHIERENBECK H. (1998). Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre. 13 überarbeitete Auflage. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München
- SCHIERENBECK, H., LISTER, M. (2002): Value Controlling. Grundlagen wertorientierter Unternehmensführung. 2., unveränderte Auflage. Schierenbeck Management Edition. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München
- SCHMIDT-VON RHEIN, A. (1996): Die Moderne Portfoliotheorie im praktischen Wertpapiermanagement. Eine theoretische und empirische Analyse aus Sicht privater Kapitalanleger. Reihe: Portfoliomanagement. Band: 4 Herausgeber: M. Steiner. Uhlenbruch Verlag. Bad Soden/Ts

- SCHMITZ, P. M., ZEDDIES, J., ARNOLD, K., VETTER, A. (2008): Potenziale der Bioenergie. Chancen und Risiken für landwirtschaftliche Unternehmen. Arbeiten der DLG. Band 204. Herausgeber: DLG e.V. DLG-Verlags-GmbH. Frankfurt am Main
- SCHRADIN, H. WERNER, U. (2002): Projekt zur Untersuchung des Risiko(entscheidungs)verhalten von Führungskräften in deutschen Versicherungsunternehmen. In: AG Risiko(entscheidungs)verhalten von Führungskräften. Herausgeber: Technische Universität Karlsruhe. [http://insurance.fbv.unikarlsruhe.de/rd\\_download/Risikoentscheidungsverhalten.pdf](http://insurance.fbv.unikarlsruhe.de/rd_download/Risikoentscheidungsverhalten.pdf), zugegriffen am 18.11.2009
- SCHULTE, G. (1999): Investition. Grundlagen des Investitions- und Finanzmanagements: Investitionscontrolling und Investitionsrechnung Verlag W. Kohlhammer. Stuttgart
- SCHULTE, M. (1996): Bank Controlling II: Risikopolitik in Kreditinstituten. In: Kompendium bankbetrieblicher Anwendungsfelder. Herausgeber: Bankakademie e. V. Bankakademie-Verlag. Frankfurt am Main
- SCHUY, A. (1989): Risiko-Management. Eine theoretische Analyse zum Risiko und Risikowirkungsprozess als Grundlage für ein risikoorientiertes Management unter besonderer Berücksichtigung des Marketings. Europäische Hochschulschriften: Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft: Band 1044. Verlag Peter Lang. Frankfurt am Main
- SELBACH, R. (1987): Risiko und Risikopolitik bei Kreditgenossenschaften. In: Schriften zum Genossenschaftswesen und zur Öffentlichen Wirtschaft. Band 17. Herausgeber: Engelhardt und Thiemeyer. Verlag Duncker & Humblot. Berlin
- SERF, B. (1995): Portfolio Selection auf der Grundlage symmetrischer und asymmetrischer Risikomaße. Europäische Hochschulschriften Reihe V. Volks- und Betriebswirtschaft. Vol. 1734 Verlag Peter Lang. Frankfurt am Main
- SITT, A. (2003): Dynamisches Risiko-Management. Zum unternehmerischen Umgang mit Risiken. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden 2003
- SPREMANN, K. (2006): Portfoliomanagement. 3. überarbeitete und ergänzte Auflage. IMF International Management and Finance. R. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München

- SPREMANN, K., GANTENBEIN, P. (2005): Kapitalmärkte. Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft. Stuttgart
- STAEHLE, H. (2005): Das Minimum-Varianz-Portfolio und seine Bedeutung für die Anlagepraxis. Reihe: Munich Business School Finance Research Series. Band 3. Herausgeber: S. Baldi, L. Czempiel, W. Zirus. Verlag Books on Demand GmbH. München
- STARP, M. (2006): Integriertes Risikomanagement im landwirtschaftlichen Betrieb. Betriebswirtschaftliche Schriften. Heft 166. Duncker & Humblot Verlag. Berlin
- STATISTISCHES JAHRBUCH ÜBER ERNÄHRUNG LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2007): Herausgeber: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Referat 425). Wirtschaftsverlag NW. Bremerhafen
- STEINHAUSER, H., LANGBEHN, C., PETERS, U. (1972): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre Band 1: Allgemeiner Teil. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart
- STEINERT, D. (2008): Ausverkauf? In: dlz agrarmagazin 8/2008
- STIEFL, J. (2006): Wirtschaftsstatistik. Oldenbourger Wissenschaftsverlag. München
- SZEKÈLY, C., PALINKAS, P. (2009): Agricultural Risk Management in the European Union and in the USA. In: Studies in Agricultural Economics. No. 109. 2009
- SÜCHTING, J. (1995): Finanzmanagement. Theorie und Politik der Unternehmensfinanzierung. 6., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden
- TANGERMANN, S. (2007): Bio-Energie: Fragen über Fragen. In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 56 (2007) Heft 5/6.
- TEICH, J., HAUBELT, C. (2007): Digitale Hardware/Software-Systeme. Synthese und Optimierung. 2. Auflage. Reihe: eXamen.press. Springer-Verlag. Berlin
- TEICHMANN, U., ERKENS, N. (2000): Controllingintegriertes Risikomanagement nach KonTraG mit der Balanced Scorecard – am Beispiel der Wohnungswirtschaft. In: Dortmunder Diskussionsbeiträge zur Wirtschaftspolitik. Nr. 101. Herausgeber: H. Berg und U. Teichmann. Dortmund

- TEUFEL, G. (2000): Anwendung der Portfoliotheorie im Financial Planning. In: Praxisrelevante Fragestellungen aus Investmentanalyse und Finanzierung. Herausgeber: Sven Beyer und Manfred Eberts. Schäffer-Poeschel Verlag. Stuttgart
- THEUVSEN, L. (2007): Pachtpreisanpassungsklauseln: Ein Beitrag zum Risikomanagement landwirtschaftlicher Betriebe? In: Agrarwirtschaft. Jahrgang 56 (2007) Heft 8.
- TRAUTMANN, S. (2006): Investitionen. Bewertung, Auswahl und Risikomanagement. Springer-Verlag. Berlin
- VAN ASSELDONK, M. A. P. M., LANGEVELD, J. W. A. (2007): Coping with climate change in agriculture: a portfolio analysis. Paper prepared for presentation at the 101<sup>st</sup> EAAE Seminar "Management of Climate Risks in Agriculture", Berlin 2007. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/9247/1/sp07va01.pdf>, zugegriffen am 15.11.2009
- VON ALTEN, G. (2008): Das Risikoverhalten von Landwirten – eine Studie am Beispiel der Erntemehrgefahrenversicherung. Cuvillier Verlag. Göttingen
- VON DAVIER, J.Z. (2007): Leistungsorientierte Entlohnung in der Landwirtschaft: eine empirische Analyse. Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften. [http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2007/davier\\_von/](http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2007/davier_von/), zugegriffen am 15.10.2009
- VON NEUMANN, J. MORGENSTERN, O. (1947): Theory of games and economic behavior. Princeton university press. Princeton
- VON NIETZSCH, R. (1996): Entscheidungslehre. 3. erweiterte und überarbeitete Auflage. Verlag der Augustinus Buchhandlung. Aachen
- VOSS, J., SCHAPER, C., SPILLER, A., THEUVSEN, L. (2009): Innovationsverhalten in der deutschen Landwirtschaft – Empirische Ergebnisse am Beispiel der Biogasproduktion. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. Band 44.
- WACK, J. (2007): Risikomanagement für IT-Projekte. Reihe: Betriebswirtschaftliche Forschung zur Unternehmensführung 54. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden

- 
- WALZ, H., GRAMLICH, D. (1997): Investitions- und Finanzplanung. Eine Einführung in finanzwirtschaftliche Entscheidungen unter Sicherheit. 5., neubearbeitete Auflage. Verlag Recht und Wirtschaft. Heidelberg
- WEBER, J., WEIßENBERGER, B. E., LIEKWEG, A. (2001): Risk Tracking & Reporting. Ein umfassender Ansatz unternehmerischen Chancen – und Risikomanagements. In: Risikomanagement. Beiträge zur Unternehmensplanung. Herausgeber: U. Götze, K. Henselmann, B. Mikus. Physica-Verlag. Heidelberg
- WEBER, R., KRAUS, T., MUßHOFF, O., ODENING, M., RUST, I. (2008): Risikomanagement mit indexbasierten Wetterversicherungen - Bedarfsgerechte Ausgestaltung und Zahlungsbereitschaft. In: Risikomanagement in der Landwirtschaft. Schriftenreihe Band 23. Herausgeber: Rentenbank. Frankfurt am Main
- WEGMANN, P. (2009): Risiko auf Finanzmärkten. In: Finance Compact. 3., überarbeitete Auflage. Verlag Neue Züricher Zeitung. Zürich
- WHARTON, F. (1992): Risk Management: Basic Concepts and General Principles. In: Risk: Analysis, Assessment and Management. Editors: J. Ansell and F. Wharton. John Wiley & Sons Ltd. New York
- WIEBEN, H. J. (2004): Credit Rating und Risikomanagement. Vergleich und Weiterentwicklung der Analysekonzepte. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden
- WIERICHS, G. SMETS, S. (2007): Gabler Kompakt Lexikon. Bank und Börse. 4.Auflage. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden
- WIESKE, D. (2006): Risikoanalyse im Industrieunternehmen – Nutzung der Monte Carlo Simulation zur Risikoaggregation. VDM Verlag Dr. Müller. Saarbrücken
- WILKENS M., VÖLKER J. (2001): Value-at-Risk – Eine anwendungsorientierte Darstellung zentraler Methoden und Techniken des modernen Risikomanagements, In: Risikomanagement. Herausgeber: U. Götze, K. Henselmann, B. Mikus. Physica-Verlag. Heidelberg
- WOCKEN, C., SCHAPER, C., LASSEN, B., SPILLER, A., THEUVSEN, L. (2009): Risikowahrnehmung in Milchviehbetrieben: Eine empirische Studie zur vergleichenden Bewertung von Politik-, Markt- und Produktionsrisiken. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Band 44.
-

WOLF, K. (2003): Risikomanagement im Kontext der wertorientierten Unternehmensführung. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden

WOLF, K., RUNZHEIMER, B. (2003): Risikomanagement und KonTraG. Konzeption und Implementierung. 4., vollständige überarbeitete und erweiterte Auflage. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. Wiesbaden

WOLKE, T. (2008): Risikomanagement. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München

WOLLENHAUPT H. (1982): Rationale Entscheidung bei unscharfen Wahrscheinlichkeiten. Reihe Wirtschaftswissenschaften 264. Verlag Harri Deutsch. Frankfurt am Main

ZIMMERMANN, G. (2003): Investitionsrechnung. Fallorientierte Einführung. 2., erweiterte und aktualisierte Auflage. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. München

ZIMPELMANN, U. (2008): Vorwort. In: Risikomanagement in der Landwirtschaft. Schriftenreihe Band 23. Herausgeber: Rentenbank. Frankfurt am Main

---

## Anhang

Der Anhang dieser Dissertation befindet sich in drei Ordnern auf der beigefügten CD-ROM. Die Inhalte der einzelnen Ordner werden im Folgenden kurz dargestellt:

- (1) Ordner Einzelrisiko: Der Ordner enthält das Simulationsmodell zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlageninvestition.
  - (2) Ordner Gesamtrisiko: Der Ordner enthält die gesamte Statistik der Monte-Carlo-Simulation.
  - (3) Ordner Portfoliorisiko: Dieser Ordner enthält zum einen die Originaldaten des Testbetriebsnetzes und die Berechnungen von Renditen, Varianzen, Korrelationen und Kovarianzen. Zum anderen sind die Tableaus zur Bestimmung der Minimum-Varianz-Portfolios der GAMS-Software, die Berechnung von Renditeeffizienzen sowie der Fragebogen zur Korrelationseinschätzung der Biogasexperten enthalten.
-

---

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und alle Abschnitte, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus einer Veröffentlichung entnommen sind, als solche kenntlich gemacht habe.

Rostock, den 26.02.2010

---

Unterschrift

---

---

## Thesen der Dissertation

### 1) Zielstellung der Arbeit

- Die wirtschaftliche Situation vieler Biogasanlagenprojekte ist schwierig bis hin zur Existenzbedrohung des gesamten landwirtschaftlichen Betriebes.
- Vorliegende Risikoanalysen werden der vielschichtigen Risikosituation einer Biogasanlage nicht gerecht.
- Bisher gibt es keine ganzheitlichen Risikoanalysen, welche das Risikopotenzial einzelner Investitionsinputs taxieren und die dafür ursächlichen Faktoren bestimmen, Eintrittswahrscheinlichkeiten für verschiedenen Investitionserfolge benennen und den Einfluss einer Biogasanlagen auf die Rendite- und Risikostruktur unterschiedlicher landwirtschaftlicher Betriebsportfolios analysieren – die ganzheitliche Bewertung der Risikosituation ist Ziel dieser Arbeit.

### 2) Methodisches Vorgehen

- Die Risikosituation einer Biogasanlageninvestition setzt sich aus drei Ebenen zusammen, jede Risikoebene einer Biogasanlageninvestition bedarf einer eigenen Methode zur Risikoanalyse.
- Symmetrische Risikomaße bilden die Risikosituation einer Biogasanlageninvestition vollständig ab.
- Unter Berücksichtigung von Interdependenzen wird das Potenzial von Einzelrisiken durch die Verfahren Outputänderung bei gegebener Inputänderung und Kritische Werte bestimmt.
- Monte-Carlo-Simulation aggregiert Einzelrisiken zum investitionsspezifischen Gesamtrisiko und benennt Eintrittswahrscheinlichkeiten der Totalverlust-, Anspruchsniveau- und Intervallziele.
- Die maximal möglichen Risikoreduktion einer Biogasanlageninvestition wird anhand von Minimum-Varianz-Portfolios dargestellt.
- Rendite-Risiko-Gradienten zeigen die Effizienz von Renditeänderungen in Abhängigkeit zur Veränderung der Standardabweichung bei Hereinnahme einer Biogasanlage in ein landwirtschaftliches Portfolio.

### 3) Aussagen der Arbeit

- Eine Missachtung von Interdependenzen in der Risikostruktur einer
-

---

Biogasanlage führt zur Über- oder Unterschätzung von Risikopotenzialen, da diese einen kompensatorischen oder verstärkenden Risikoeffekt besitzen.

- Biogasanlageninvestitionen besitzen ein hohes Renditepotenzial, aber auch ein hohes Risikopotenzial - und das, obwohl durch die garantierte Einspeisevergütung das Marktrisiko quasi nicht existent ist.
  - Sowohl die Wahrscheinlichkeit für einen Totalverlust als auch die Wahrscheinlichkeit für hohe Renditeziele ist als hoch einzustufen.
  - Ein hohes Risikodiversifikationspotenzial entwickelt eine Biogasanlage in Kombination mit den Betriebszweigen Schweinezucht und Schweinemast, geringes Diversifikationspotenzial zeigt sich bei der Kombination mit Milcherzeugung und Rindermast.
  - Nicht nur der Korrelationskoeffizient, sondern auch die Betriebszweigvarianz besitzt einen Einfluss auf das Diversifikationspotenzial.
  - Betriebsausrichtungsspezifische Wechselbeziehungen zwischen erwarteter Renditeänderung und der dazugehörigen Standardabweichung führen zu stark differenzierenden Rendite-Risiko-Gradienten einer Biogasanlageninvestition.
  - Aus Sicht des gesamtbetrieblichen Rendite-Risiko-Komplexes ist für einige Betriebsformen die Investition in die bisherige Betriebsstruktur gegenüber einer Biogasanlageninvestition die effizientere Alternative
  - Portfolioanalysen werden der strategischen Dimension einer Investitionsentscheidung gerecht.
-