

UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU
INSTITUT FÜR UMWELTWISSENSCHAFTEN - ENVIRONMENTAL ECONOMICS

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften
Dr. rer. pol.
an der Universität Koblenz-Landau

EEG-Förderung für Biogas: Effizienz und Informationsasymmetrien

Ein Beitrag zum Controlling und Monitoring
im Bereich der erneuerbaren Energien

Ado Ampofo

Mai 2017

Erstgutachter: Prof. Dr. Oliver Frör
Zweitgutachter: Prof. Dr. Werner Sesselmeier

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Hintergrund	2
1.2	Erkenntnisziele und wissenschaftliche Problemstellung	5
1.3	Aufbau der Untersuchung	8
2	Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes	10
2.1	Biogas und seine Bedeutung im Rahmen der Energiewende	11
2.2	Entwicklung des Biogasmarktes	14
2.3	Die EEG-Vergütung für Biogas im Kontext des Subventionsbegriffes	18
2.4	EEG-Auszahlungen für Energie aus Biomasse	22
2.5	Zwischenfazit	22
3	Die Prinzipal-Agenten-Theorie	25
3.1	Einordnung in die Institutionenökonomie	25
3.2	Prinzipal-Agenten-Theorie im Kontext erneuerbarer Energien	28
3.3	Das Agency Modell - Voraussetzungen	30
3.3.1	Die Akteure - Prinzipal und Agent	31
3.3.2	Regelung und Regelsystem	33
3.3.3	Formale und informelle Organisation	35
3.3.4	Vertragliche Beziehung als Regelsystem	36
3.3.5	Unsicherheit	36
3.4	Die strategische Interaktion im Grundmodell	39
3.4.1	Hidden Action	43
3.4.2	Hidden Characteristics	45
3.4.3	Hidden Information	47
3.5	Fallkonstellationen unter dem Blickwinkel des EEG	48
4	Technologisches Potential für Informationsasymmetrien	50
4.1	Methanerzeugung und der Fermentationsprozess	51
4.1.1	Die vier Phasen des Fermentationsprozesses	52
4.1.2	Biochemische Determinanten der Biogasproduktion	53
4.1.3	Grundlegende verfahrenstechnische Betriebsparameter	56
4.2	Substrate als Ausgangsstoffe der Energiegewinnung	62
4.2.1	Verwendungshäufigkeit einzelner Substrate	65
4.2.2	Nachwachsende Rohstoffe	67
4.2.3	Wirtschaftsdünger	71

Inhaltsverzeichnis

4.2.4	Substrate aus der weiterverarbeitenden Agroindustrie und Abfälle	71
4.2.5	Biochemische Abbauprozesse und Substrate - Zwischenfazit	75
4.3	Technologie - Verfahrensschritte und Anlagentypen	76
4.3.1	Anlieferung und Lagerung	76
4.3.2	Aufbereitung	78
4.3.3	Biogasgewinnung	79
4.3.4	Gasspeicherung	81
4.3.5	Gasnutzung	81
4.3.5.1	Verstromung und Wärmenutzung	81
4.3.5.2	Einspeisung ins Erdgasnetz	83
4.3.6	Verwertung der Reststoffe	83
4.4	Informationen im Rahmen der Geschäftsprozesse einer Biogasanlage	84
4.5	Zwischenfazit	87
5	Rechtliches Potential für Informationsasymmetrien	90
5.1	Das Rechtsverhältnis zwischen Staat und Anlagenbetreiber	90
5.2	Das Erneuerbare-Energien-Gesetz und die Bonifikation für Biogas	92
5.2.1	Grundvergütung	93
5.2.2	NawaRo-Bonus	95
5.2.3	Technologiebonus	96
5.2.4	KWK-Bonus	96
5.2.5	Formaldehyd-Bonus	97
5.2.6	Güllebonus	98
5.2.7	Landschaftspflegebonus	98
5.3	Bonifikationen - Verwendungshäufigkeit und Kombinationen	99
5.4	Ausschlüsse und Degression	103
5.4.1	Ausschließlichkeitsprinzip (§ 16 EEG 2012)	103
5.4.2	Direktvermarktung (§§ 33a ff. EEG 2012)	103
5.4.3	Anforderungen an die Messeinrichtung (§ 19 EEG 2012)	104
5.4.4	Absenkung der Mindestvergütung (§ 20 EEG 2012)	104
5.5	Anlagentypen nach EEG (2012)	105
5.5.1	Standard mit Maisdeckel gem. § 27 EEG	105
5.5.2	Gülleanlagen gem. § 27b EEG	106
5.5.3	Abfallanlage gem. § 27a EEG	106
5.5.4	Biomethananlage gem. § 27c EEG	107
5.6	Verifizierbarkeit - Dokumentation und Nachweise	107
5.7	Sanktionen und Rechtsdurchsetzung	108
5.7.1	Sanktionssystem	108
5.7.2	Besonderheiten der Rechtsdurchsetzung	110
5.8	Zwischenfazit	113
6	Das Modell: Energieerzeugung unter Informationsasymmetrie	115
6.1	Die strategische Interaktion zwischen Anlagenbetreiber und Staat	115
6.2	Energieerzeugung unter Informationsasymmetrie	122

Inhaltsverzeichnis

6.3	Die Standardanlage als Analyseobjekt	123
6.4	Grundmodell und Voraussetzungen	127
6.4.1	Der Staffeltarif für Biomasse	128
6.4.2	Input - Substrate	130
6.4.3	Output - Strom und Wärme	131
6.4.4	Technologische Restriktionen	133
6.4.5	Biogaserträge, Methangehalt und im Substrat verfügbare Energie .	133
6.4.6	Untersuchung der Isoquanten	134
6.4.7	Die Gewinnfunktion	139
6.4.8	Nutzenfunktion des Prinzipal	145
6.4.9	Möglichkeit der Fehlallokation aufgrund privater Informationen . .	147
6.5	Zwischenfazit	152
7	Diskussion - Annahmen und Erweiterungen des Prinzipal-Agenten-Modells	153
7.1	Modellvoraussetzungen	153
7.1.1	Substratmix	153
7.1.2	Erlöse aus Wärme- und Gärrestabsatz	154
7.1.3	Entdeckungsrisiko	154
7.1.4	Einfluss des Marktpreises für Substrate	154
7.2	Handlungsmöglichkeiten des Prinzipals	155
7.2.1	Kontrolle und Monitoring	155
7.2.2	Differenzierung in der Vertragsgestaltung	156
7.2.3	Direktvermarktung	157
7.3	Mehrstufiges Prinzipal-Agenten-Modell	158
8	Fazit und Ausblick	161
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	161
8.2	Anregungen für künftige Forschungsarbeiten	162
A	Anhang	164

Tabellenverzeichnis

6.1	Grenzvergütungen Biogasanlagen EEG 2012	128
6.2	Einsatzstoffklassen - Vergütung (EV)	128
6.3	Vergütung für Bioabfallanlagen	128

Abbildungsverzeichnis

2.1	Wertschöpfungskette Biogas	11
2.2	Primärenergiepotentiale für Biogas	12
2.3	Biogasanlagen - Bestandsentwicklung 2002-2012	15
2.4	Biogasanlagen nach elektrisch installierter Leistung 2000-2013	16
2.5	Entwicklung Biomethananlagen 2006-2012/13	17
2.6	Entwicklung der Differenzkosten von 2000 bis 2015	23
3.1	Theoriegebäude der Neuen Institutionenökonomik	26
3.2	Entwicklung der Anzahl von Veröffentlichungen mit Bezug zu Prinzipal-Agenten-Theorie und Biogas	29
3.3	Austauschbeziehung zwischen Prinzipal und Agenten	30
3.4	Regeln - formale Dimensionen	34
3.5	Entscheidungssituation unter Unsicherheit	38
3.6	Hidden Action, Hidden Information und Hidden Characteristics	41
3.7	Zeitliche Interaktion zwischen Prinzipal und Agent	42
3.8	Interaktion bei Hidden Action	44
3.9	Interaktion bei Hidden Action und Zusatzinformationen	45
3.10	Interaktion bei Hidden Characteristics	47
3.11	Interaktion bei Hidden Information	48
4.1	Zusammensetzung von Biogas	51
4.2	Phasen des Fermentationsprozesses	52
4.3	Temperaturabhängigkeit der Fermentation	55
4.4	Abbaugrad und Verweildauer	58
4.5	Gasausbeute, hydraulische Verweildauer	59
4.6	Raubelastung, Abbaugrad, Substratkonzentration	60
4.7	Gasausbeute, Faulraumbelastung	61
4.8	Substrate Herkunft	63
4.9	Potentielle Energieausbeute ausgewählter Substrate	64
4.10	Massebezogener Substrateinsatz in lw. Biogasanlagen	66
4.11	Biogausausbeute einzelner Substrate	67
4.12	Massebezogener Substrateinsatz - NawaRo	68
4.13	Verfahrensschritte - Biogasanlage	77
4.14	Potential bzgl. des Auftretens von Informationsasymmetrien im Rahmen des Anlagenbetriebes	86

Abbildungsverzeichnis

5.1	Zusatzvergütungen	99
5.2	Relative Häufigkeit Boni	100
5.3	Vergütungsanteile der EEG Novellen 2004 bis 2012	102
5.4	Relevante EEG-Sanktionen	109
6.1	Entscheidungssituationen des Agenten	116
6.2	Verhalten der Akteure: Agent und Prinzipal dargestellt als Ereignis-Prozess-Kette	118
6.3	Informationsasymmetrie dargestellt als Spiel in extensiver Form	121
6.4	Zuwachsraten kleiner Biogasanlagen	125
6.5	Zuwachsraten mittlerer Biogasanlagen	126
6.6	Zuwachsraten großer Biogasanlagen	127
6.7	EEG 2012 Grundvergütung	129
6.8	Durchschnittsvergütung EEG 2012 bis 20.000 kW_{el}	129
6.9	Durchschnittsvergütung EEG 2012 bis 1.000 kW_{el}	130
6.10	Zusammensetzung der erzeugten Energiemenge aus thermischer Energie (Wärme) und elektrischer Energie (Strom) - schematisch	132
6.11	Produktionsmöglichkeitsmenge - Energie und Gärrest	133
6.12	Verlauf der Isoquaten - schematisch	135
6.13	Mögliche Einsatzfaktorkombinationen	137
6.14	Produktionsfunktion - Inputreduktion	138
6.15	Produktionsfunktion - Inputausweitung	139
6.16	Substratallokation unter steigenden Isogewinnlinien	142
6.17	Substratallokation unter leicht abfallenden Isogewinnlinien	143
6.18	Substratallokation unter stark abfallenden Isogewinnlinien	144
6.19	Isoquaten unter EEG 2012	147
6.20	Dem Prinzipal gegenüber erklärte Allokation an Einsatzstoffen	150
6.21	Tatsächlich vom Agenten angestrebte Allokation auf Basis privater Informationen bzgl. der Einsatzstoffe und des Produktionsprozesses	151
7.1	Bereiche möglicher mehrstufiger Prinzipal-Agenten-Konflikte	160

Symbolverzeichnis

α	.....	Vergütungssatz
α_{ev1}	.....	zusätzlicher Vergütungssatz für Substrate der EV I
α_{ev2}	.....	zusätzlicher Vergütungssatz für Substrate der EV II
α_{gv}	.....	Grundvergütung
β	.....	spezifischer Methanertrag des Substrates i [Nm^3]
η	.....	Wirkungsgrad [%]
π	.....	Gewinn [Euro]
$A_{(Biogas)}$	.....	Ausbeute an Biogas
$A_{(CH_4)}$	.....	Ausbeute an Methan
B_R	.....	Raumbelastung
B_{tech}	.....	Technische Restriktion
BHB	.....	Biogashandbuch Bayern
$BHKW$	.....	Blockheizkraftwerk
C	.....	Kosten
c	.....	Zulaufkonzentration - technischer Parameter für Biogasanlagen bei der Berechnung der Faulraumbelastung
c	.....	variable Kosten - Grenzkosten
c_i	.....	Zukaufspreis des Substrates i [kWh]
C_{fix}	.....	Fixkosten
c_{ij}	.....	Grenzkosten Substrat [Euro]
CCM	.....	Corn-Cobb-Mix
CH_4	.....	Methan
CO_2	.....	Kohlendioxid
ct	.....	Eurocent
d	.....	Tag
E	.....	Energie [kWh]
EEG	.....	Erneuerbare-Energien-Gesetz
$el.$	.....	elektrisch
EV	.....	Einsatzstoffvergütungsklasse
FM	.....	Frischmasse
FOS/TAC	.....	Flüchtige organische Säuren / Total anorganische Kohlenstoffe(C)
GPS	.....	Ganzpflanzensilage
h	.....	Stunde
H_2S	.....	Schwefelwasserstoff
H_{Methan}	.....	untere Heizwert von Methan
ha	.....	Hektar

Abbildungsverzeichnis

HRT	Hydraulische Verweilzeit
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
M_d	Maisdeckel
NH_3	Ammoniak
oTS	organische Trockensubstanz
P	Leistung [kW]
p	Preis
P_{Biogas}	Produktivität - Biogas
P_{BM}	Bemessungsleistung [kW]
P_{CH_4}	Produktivität - Methan
P_{inst}	installierte el. Leistung [kW]
PJ	Petajoule
R	Erlöse
R_{el}	Erlöse durch Abfallannahme
R_{el}	Erlöse durch Vermarktung des Gärrest
R_{el}	Erlöse durch Wärmeverkauf
R_{el}	Stromvergütung
S	Substratmix - Faktoreinsatzkombination
s_{0i}	Einsatzmenge des Substrates i nach § BiomasseV (2012) Anlage 1
s_0	Betriebsstunden [h]
s_{1j}	Einsatzmenge des Substrates j der Einsatzstoffvergütungsklasse I der BiomasseVO (2012) Anlage 2
s_1	Betriebsstunden [h]
s_{2k}	Einsatzmenge des Substrates k der Einsatzstoffvergütungsklasse II der BiomasseVO (2012) Anlage 3
T	Betriebsstunden [h]
T_a	Jahresstunden [h]
t_{FM}	Tonne Frischmasse
th	thermisch
TS	Trockensubstanz
U	Nutzenfunktion
U_v	Umsätze Entsorgung [Euro]
U_{el}	Umsätze Stromeinspeisung [Euro]
V_{CH_4} bzw. $\dot{V}_{(CH_4)}$	erzeugtes Methanvolumen bzw. Methanproduktion pro Tag
V_R	Fermentervolumen
V bzw. \dot{V}	zugeführte Substratmenge bzw. täglich zugeführte Substratmenge
W	Energie
W_{el}	elektrische Energie
W_{in}	Im Substrat enthaltene Energie - zugeführte Energie
a	Jahr

Vorwort

Die Energiewende stellt eine sozioökonomische Herausforderung dar, die unsere Gesellschaft über mehrere Jahrzehnte beschäftigen wird. Grundsteine für diese Entwicklung wurden 1991 seitens des Gesetzgebers mit der Einführung des Stromeinspeisungsgesetzes gelegt. Es wurde im Jahr 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das bereits mehrfach novelliert wurde, abgelöst. Noch heute gibt es eine Vielzahl ungelöster Probleme nicht nur technischer, sondern vor allem auch wirtschaftlicher Natur. Die zentrale Frage, wer für die Kosten des Umstiegs aufkommt, erhitzt nach wie vor die Gemüter, wie an der Diskussion über die EEG-Umlage zu sehen ist.

Während es eine Vielzahl von Arbeiten zu der technologischen Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien gibt, fehlt es jedoch bislang an einer mikroökonomischen Analyse der Verhaltensmuster der Akteure im Umfeld von Anlagen nach dem EEG. Als Akteure kommen hier in erster Linie der Anlagenbetreiber selbst und der Staat in Betracht. Im Hinblick auf Anlagenbetrieb und Vergütung der erzeugten Energie können beide mit unterschiedlichsten Interessen und Nutzenkalkülen aufeinander treffen. Diese Arbeit untersucht mikroökonomische Aspekte des EEG-Förderungssystems. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen die Förderungsmechanismen für Biogasanlagen, die im Hinblick auf mögliche Prinzipal-Agenten-Konflikte einer Untersuchung unterzogen werden.

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank an all diejenigen richten, die mich bei der Erstellung der vorliegenden Dissertation unterstützt und begleitet haben. Ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Oliver Frör bedanken. Er gab mir stets durch intensive Gespräche wichtige Anregungen, die zum Gelingen der vorliegenden Dissertation beigetragen haben. Außerdem möchte ich ganz herzlich meinen Dank an Herrn Prof. Dr. Werner Sesselmeier aussprechen. Mein herzlicher Dank gilt auch all den Experten der Sparten: Maschinen-, Anlagenbau und Energieversorgung mit denen ich zahlreiche anregende fachlichen Diskussionen zu den aktuellen technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Herausforderungen der Energiewende geführt habe.

Kaiserslautern, Mai 2017
Ado Ampofo

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Der Energiebedarf ist in den letzten Jahrzehnten ständig gewachsen (Vahrenholt, 1998). Die Ursachen hierfür sind vielschichtig. Einerseits können technischer Fortschritt, andererseits auch ein ständiges Wachstum der Weltbevölkerung hierfür identifiziert werden (IEA/OECD, 2012, S. 33 ff.). In der Vergangenheit wurde der Energiebedarf hauptsächlich durch die Nutzung fossiler Energieträger und in den letzten Jahrzehnten auch durch eine intensive Nutzung der Kernenergie gedeckt (Shell, 2013, S. 7). Diese Formen der Energieerzeugung führen zu erheblichen Umweltproblemen und mit Hinblick auf den Klimawandel wird das Leben zukünftiger Generationen gefährdet. Unter den Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit ist ein Umbau der Energiesysteme erforderlich. Hierzu leistet der Umstieg auf erneuerbare Energien einen wesentlichen Beitrag (dena, 2013, S. 6 ff.). Ein solcher Umstieg kann über Marktmechanismen nur dann erzielt werden, wenn Anreize für private Investoren gesetzt werden, in Anlagen zur erneuerbaren Energieerzeugung zu investieren. Ohne Förderung bestünde kein Anreiz in die Entwicklung dieser neuen Technologien zu investieren. Um auf nationaler Ebene Anreize zu schaffen, wurde das „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien“ - heute „Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien“, kurz „Erneuerbare-Energien-Gesetz“ (EEG) genannt - im März des Jahres 2000 erlassen. Deutschland übernahm mit dieser gesetzlichen Regelung eine Vorreiterrolle. In keiner Volkswirtschaft gab es zum damaligen Zeitpunkt ein vergleichbares Gesetzeswerk.

Die Etablierung von Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, insbesondere aus Biogas, stellt ökonomisch und rechtlich eine Herausforderung dar. Die Stromerzeugung durch Biogasanlagen wäre ohne Förderung nicht wirtschaftlich. Um die Stromerzeugung aus Biogas für Investoren wirtschaftlich rentabel werden zu lassen, hat der Gesetzgeber im EEG zahlreiche Sondervergütungen - Bonifikationen erlassen. Diese Sondervergütungen stellen eine Förderung dar. Der Erhalt der Bonifikationen - kurz Boni genannt, ist an das Vorliegen verschiedenster rechtlicher und technischer Voraussetzungen geknüpft. Ein Blick in die Presse zeigt allerdings, dass offensichtlich Fehlanreize gesetzt und Allokationen herbeigeführt werden, die nicht im Sinne des Gesetzgebers sind:

„Heizöl in Biogasanlage verfeuert; 2,3 Millionen Kilowatt mit Heizöl; Betreiber sprechen von Fehlbestellung; wenig Kontrolle möglich“¹ - diese und ähnliche Schlagzeilen sind regelmäßig der Presse zu entnehmen und erregen das Aufsehen der Öffentlichkeit.

¹NDR: Stand: 15.06.2012 15:17 www.ndr.de/regional/schleswig-holstein/biogasbetrug101.html.

1 Einleitung

Im vorgenannten Fall haben die Betreiber mehrere Biogasanlagen mit Heizöl, statt mit Biodiesel betrieben und hierfür trotzdem die EEG-Förderung erhalten. In einem anderen Fall wurde mehreren Landwirten vorgeworfen, mehr Strom zu produzieren als erlaubt. Auch hierfür wurde die EEG-Vergütung gezahlt.²

Es sind Fälle in denen Anlagenbetreiber zum Erhalt der Boni den Rahmen des rechtlich Zulässigen verlassen. Aber auch ohne in solche Extreme zu verfallen, kann der Anlagenbetreiber im Rahmen des rechtlich Zulässigen seinen Betrieb „*boni-optimiert*“ aufstellen (Kraus, 2011). Es gibt zahlreiche Spielräume, die ihre Wurzeln einerseits in den rechtlichen Rahmenbedingungen und betriebsinternen Geschäftsprozessen haben, andererseits aber auch mit der grundsätzlichen Eigenschaft der Biogasproduktion zusammenhängen. Im Wettbewerb kommt der EEG-Vergütung herausragende Bedeutung zu. Sie ist in der Regel maßgeblich für das wirtschaftliche Überleben der Betriebe. Strom aus Biogas könnte ohne Subvention nicht zu Marktpreisen angeboten werden und wäre damit nicht konkurrenzfähig.

Mit dem gleichen Blickwinkel lässt sich die Diskussion um die „*Vermaisung*“ (BMELV, 2013) betrachten. Die Energiewende führt - durch im EEG vorgesehene Sondervergütungen (Boni) für nachwachsende Rohstoffe - zu einem intensiveren Anbau von Energiepflanzen insbesondere von Mais. Dieses Phänomen steht nach häufig vertretener Ansicht im Widerspruch zu Aspekten der Nachhaltigkeit (Heydemann, 2011). Andererseits wird vertreten, dass der Anbau von Energiepflanzen nur der Flächenstilllegung entgegen wirke und somit keine negative Wirkung von ihm ausgehe (FvB, 2011). Letztlich ist auch der kontrovers diskutierte Maisanbau nur eine durch das Vergütungsschema des EEG verursachte Allokation. Lediglich der monetäre Anreizmechanismus bewegt den Anlagenbetreiber oder Landwirt dazu mehr Mais anzubauen. Somit besitzt das EEG auch bzgl. dieser Problematik eine entscheidende Anreiz- und Steuerungsfunktion.

Sowohl die illegalen Fälle als auch die legale Tendenz des Anlagenbetreibers, den Betrieb der Anlage bzgl. der vom Staat gewährten Boni zu optimieren, legen die Frage nahe, ob die Anreiz- und Steuerungsfunktion des EEG gerade in Bezug auf die Förderung von Energie aus Biogas Fehlallokationen induziert. Für den Staat, Genehmigungs-, Aufsichts- und Strafverfolgungsbehörden ist es in Anbetracht dieser Spielräume schwer Erlaubtes von Unerlaubtem zu unterscheiden. Für diese Institutionen wird die tägliche Arbeit nicht unwesentlich durch die sich ständig ändernde Gesetzeslage in angrenzenden Rechtsgebieten erschwert.³ Die Bedeutung dieser Problematik zeigt sich insbesondere darin, dass die Bundesregierung selbst ein unnötig hohes Maß an Komplexität der Regelungen des EEG bemängelte. Für den Bereich der Biomasse wird ausgeführt, dass gerade im EEG 2009 eine Vielzahl von Boni miteinander kombiniert werden können und damit eine unnötig komplexe und intransparente Vergütungsstruktur geschaffen wurde, die gravierende

²NDR: Stand: 04.12.2012 15:31 Uhr <http://www.ndr.de/regional/niedersachsen/emsland/biogas311.html>.

³Vgl. u.a. EnergieSt; BImSchG, 24.02.2012, 01.06.2012; EEWärmeG, 22.12.2011, 01.04.2012; EWärmeG, 22.12.2011, 01.04.2012; KrW-/AbfG bzw. KrWG 24.02.12, 01.06.2012; KWKG 28.07.11, 01.01.2012; BiomasseStrom-NV; BiokraftstoffNV 22.12.2011, 01.04.2012; EnEV, GasNZV, GasNEV, BiomasseV 30.06.2011, 01.01.12.

1 Einleitung

Fehlsteuerungen verursacht (BMU, 2011, S. 11).

Es gibt zahlreiche Studien und Arbeiten, die die Entwicklung der Energieerzeugung aus Biomasse auf der makroökonomischen Ebene betrachten. So geben die Monitoringberichte des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ), in regelmäßigen zeitlichen Abständen, einen Überblick über den Ausbau der Kapazitäten zur Energieerzeugung auf Basis gasförmiger Bioenergieträger (Biogas) im gesamten Bundesgebiet (DBFZ, 2011). Ebenso stellt, der jährlich erscheinende Monitoringbericht der Bundesnetzagentur, die Entwicklungen auf den deutschen Elektrizitäts- und Gasmärkten dar. Hierin wird auch die Entwicklung im Segment Biogas betrachtet (BNA, 2016). Auch die vom Fachverband Biogas veröffentlichten Branchenzahlen für Deutschland fokussieren auf aggregierte Kennzahlen und haben damit einen makroökonomischen Schwerpunkt (Fachverband Biogas, 2016). Neben diesen Veröffentlichungen zur Marktentwicklung widmen sich andere Arbeiten essentiellen spezifischen Fragen bzgl. des Ausbaus des Energiemarktes, wobei auch hier der Schwerpunkt auf einer makroökonomischen Sicht liegt. Es finden sich Arbeiten, die die Identifizierung von Ausbauhemmnissen und die Entwicklung von Lösungsansätzen zum Gegenstand haben. Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit Fragen des Konkurrenzverhältnisses der Formen der erneuerbaren Energieerzeugung untereinander. Daneben gibt es eine Vielzahl von Vergleichsstudien, die die Entwicklung der Energiegewinnung aus Biogas in unterschiedlichen Ländern vergleicht. Andere wiederum befassen sich mit Fragen der Optimierung von Substrateinsatzkombinationen. Eine weitere Gruppe bilden Untersuchungen, die sich schwerpunktmäßig mit den verschiedenen technischen Aspekten der Biogasnutzung und den verschiedenen technologischen Verwertungspfaden auseinandersetzen. Bislang fehlen Arbeiten, die sich auf mikroökonomischer Ebene mit dem Anreizschema des EEG im Bereich der Förderung von Biogas auseinandersetzen. Da allerdings die Fehlanreize vielfach in Kritik stehen, kann die mikroökonomische Betrachtung des EEG-Förderregimes für Biogasanlagen einen Beitrag zum Verständnis und zur Verbesserung der Fördermechanismen leisten.

Genauer ist zu untersuchen, inwiefern Fehlallokationen im Rahmen legaler Verhaltensmuster und Handlungen des Anlagenbetreibers auftreten können, wenn dieser die zulässigen Spielräume des EEG vollständig zu seiner Gewinnmaximierung ausnutzt. Es ist folglich von Interesse das Vergütungsschema bzw. den Vergütungsmechanismus und das Anreizsystems des EEG - die Boni für Biogasanlagen - einer mikroökonomischen Analyse zu unterziehen.

Die Fragestellung ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da durch die Gesetzesnovellen des EEG im Laufe der Zeit eine Vielzahl von Auslegungs- und Anwendungsproblemen entstanden sind. Dies führt zu einem Zustand von Rechtsunsicherheit, der das Investitionsrisiko für Investoren erhöht. Die volkswirtschaftliche Steuerung des Wandlungsprozesses hat vielfach Reformen des EEG erforderlich gemacht (bdew, 2011). Dieses Phänomen wird von vielen Seiten bemängelt (BMU, 2011, S. 9). Aus gesetzlicher Sicht kann das EEG als Muster für das Einleiten einer Energiewende angesehen werden. Da andere Länder ebenfalls ihre Energieversorgung auf eine erneuerbare nachhaltige Grundlage umstellen müssen, ist es sinnvoll die Regelungen des EEG und damit das Anreizsche-

1 Einleitung

ma mikroökonomisch zu untersuchen. Ziel ist es in der Förderungsstruktur des EEG bzgl. der Biogastechnologie die Möglichkeiten von Fehlallokationen zu identifizieren und Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

Fünfzehn Jahre Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, kurz EEG, zahlreiche Gesetzesnovellen und ein stetig wachsender Biogasmarkt bieten hinreichend Anlass sich, losgelöst von rechtsdogmatischen Fragen und der Betrachtung spezifischer Einzelfallkonstellationen, wohlfahrtstheoretisch und mikroökonomisch mit den Anreiz- und Vergütungsschemata des EEG und den Auswirkungen von Informationsasymmetrien bzgl. der Energieerzeugung aus Biogas auseinanderzusetzen.

1.2 Erkenntnisziele und wissenschaftliche Problemstellung

Betrachtet man ökonomische Systeme, so stellt man fest, dass Arbeitsteilung und Kooperation die beiden konstituierenden Elemente sind. Dieser Gedanke geht im Wesentlichen auf Adam Smith (1776) zurück. Wirtschaftssubjekte maximieren ihren Nutzen bzw. ihren erwarteten Nutzen. Sie werden im ökonomischen Kontext regelmäßig als rationale Entscheider - Nutzenmaximierer angesehen. Bei vollständiger Information der Parteien und weiteren Voraussetzungen führt dies dazu, dass sich bei der Interaktion der Parteien pareto-optimale Allokationen einstellen. In der Realität verfügen aber arbeitsteilig tätig werdende Akteure nicht über vollständige Informationen. Die Akteure besitzen nur unvollständige Informationen, auf Basis derer sie das Verhalten der anderen Partei beurteilen sollen. Als Prinzipal wird die schlechter informierte Partei, die gegen eine Vergütung eine Aufgabe an eine besser informierte Partei - den Agenten - überträgt, bezeichnet. Der Agent wird nun seinen Informationsvorsprung dahin gehend ausnutzen, seinen eigenen Nutzen zu maximieren. Dies führt in der Regel dazu, dass nicht der Nutzen des Prinzipal maximiert wird.

Im Zentrum des wissenschaftlichen Interesses stehen Informationsasymmetrien und das Potential für Fehlallokationen auf Basis der Vergütungs- und Anreizstrukturen. Eine Informationsasymmetrie liegt vor, wenn zwei oder mehrere Vertragsparteien bei Abschluss und/oder der Erfüllung eines Vertrags nicht über dieselben Informationen hinsichtlich der für die Vertragsverpflichtungen wesentlichen Elemente verfügen (Schiller, 2007). Die Konstellation ermöglicht den Akteuren somit strategisches Verhalten. Strategisches Verhalten bedeutet, dass eine Partei bei ihrer Entscheidung die Wechselwirkung ihrer Interaktion mit der anderen Partei einbezieht (Jost, 2001, S. 16). Dies führt, da die Akteure Vorteile aus dieser Situation ziehen, in der Regel zu Fehlallokationen. Die Prinzipal-Agenten-Theorie geht davon aus, dass Wirtschaftssubjekte in ihrer Entscheidungsfindung wegen bestehender Informationsasymmetrien eingeschränkt sind. Die Prinzipal-Agenten-Theorie beschäftigt sich mit diesen Konstellationen und den Möglichkeiten der Überwindung der hieraus resultierenden Fehlallokationen.

Es können im Hinblick auf das Verhalten des Agenten und die Art der Informationsasymmetrie sowie den Zeitpunkt des Auftretens der Informationsasymmetrie grundsätzlich

1 Einleitung

verschiedene Fallgruppen - Hidden Action, Hidden Information und Hidden Characteristics, klassifiziert werden. Als Folge der Möglichkeit von Hidden Action und Hidden Information unterliegt der Vertrag einem „*moralischem Risiko*“. Hidden Characteristics hingegen führen zum Risiko der „*adversen Selektion*“ (Mankiw, 2012, S. 468 ff.).

Im Rahmen der Interaktion zwischen Prinzipal und Agent wird generell eine Ausgestaltung eines Vertragsverhältnisses angestrebt, das so ausgestaltet ist, dass der Agent die vom Prinzipal übertragene Aufgabe ordnungsgemäß erfüllt. Also einen Arbeitseinsatz liefert, den der Prinzipal antizipiert hat. Diese Bedingung wird allgemein als Anreizkompatibilitätsbedingung bezeichnet. Es ist ferner sicher zu stellen, dass der Vertrag so gestaltet ist, dass der Agent in das Vertragsverhältnis eintritt. Diese Voraussetzung wird als Partizipationsbedingung bezeichnet. Ein Agent hat, so lange kein Zwang zum Abschluss eines Vertrages besteht, immer die Möglichkeit auf den Vertrag zu verzichten und sein Kapital in ein anderes Investment einzubringen. Den Nutzen den der Agent erlangt, wenn er auf den Vertrag verzichtet, nennt man Reservationsnutzen.

Die Prinzipal-Agenten-Theorie geht zurück auf die grundlegenden Arbeiten von Arrow (1984a), Jensen (1976) und Pratt (1985) und gehört zu den gängigen Theorien im Bereich der Neuen Institutionentheorie. Sie hat einen weiten Anwendungsbereich gefunden, so beispielsweise in der Organisationslehre (Picot et al., 2012). Sie leistet einen Beitrag zur Fortentwicklung der Betriebswirtschaftslehre (Müller, 1995) und hat Eingang in die Unternehmensführung genommen (Picot, 2003). Wenger und Terberger (1988) sehen die Beziehung zwischen Prinzipal und Agenten als Element jeder Organisation an.

Wendet man nun die Grundüberlegungen der Prinzipal-Agenten-Theorie auf das Problem der Förderung von erneuerbaren Energien an, ergibt sich folgende Situation:

Wünscht der Staat einen Umbau des Energiesystems, so kann dies dadurch geschehen, dass er Anreize für Investoren setzt in neue Technologien zu investieren. Dieses Ziel verfolgte der Gesetzgeber mit der Schaffung des EEG. Der Staat mit seinen Institutionen überträgt folglich an „*Private*“ - Investoren - die Aufgabe der Erzeugung von Energie durch erneuerbare Ressourcen. Der Biogasanlagenbetreiber (der private Investor), der die Vergütung - Boni - für seine Stromerzeugung aus Biogas erhält, ist der Agent. Er hat vom Prinzipal, dem Staat, die Aufgabe der regelkonformen Energieerzeugung übertragen bekommen. Als Entlohnung enthält er über ein „*komplexes*“ Schuldverhältnis, eine Sondervergütung nach dem EEG. Da der Agent als Nutzenmaximierer tätig wird und hinsichtlich der Einhaltung der Verpflichtungen und Obliegenheiten aus dem Schuldverhältnis besser informiert ist als der Staat, liegt eine Informationsasymmetrie vor. Es besteht somit eine Informationsasymmetrie zwischen dem Anlagenbetreiber und dem Staat. Betrachtet man die Situation unter den Gesichtspunkten der Prinzipal-Agent-Theorie, so ist der Staat der Prinzipal und der Anlagenbetreiber der Agent. Der Agent - Biogasanlagenbetreiber - kann diese zu seinem Vorteil, der in einer erhöhten Vergütung liegt, ohne das entsprechende Arbeitsleid - die regelkonforme Energieerzeugung auf sich zu nehmen - ausnutzen.

In der Regel besitzt der Anlagenbetreiber (Agent) hinsichtlich der in seiner Anlage ein-

1 Einleitung

gesetzten Substrate (Input), deren energetischen Verwertung (Output) und seiner Produktionsfunktion (Technologie) einen Informationsvorsprung gegenüber Behörden und Netzbetreibern. Er kann diesen Informationsvorsprung zur Maximierung seines eigenen Nutzens, welcher in der Gewinnmaximierung besteht, gegenüber dem Staat (Prinzipal) ausspielen. Im Hinblick auf die Konstellation der betrachteten Wirtschaftssubjekte liegt ein Prinzipal-Agent-Problem vor, das zu Effizienzverlusten führen kann. Die Aufdeckung auftretender Informationsasymmetrien wird in diesem Bereich insbesondere dadurch erschwert, dass zwischen den Substraten (Input) und der erzeugten Energie (Output) kein eindeutiges stöchiometrisches Verhältnis besteht, sondern die Biogasproduktion, als biologischer Prozess, einer gewissen natürlichen Schwankungsbreite unterliegt (Schwab, 2006).

Damit sind die Grundvoraussetzungen für das Entstehen eines Prinzipal-Agenten-Konfliktes, nämlich: Interessenkonflikt, Informationsasymmetrie und unterschiedliche Risikoeinstellung zwischen Prinzipal - dem Staat und dem Agenten - dem Biogasanlagenbetreiber, gegeben.

Die wissenschaftliche Problemstellung besteht demnach darin, das Potential von Informationsasymmetrien aufgrund der Vergütungsstruktur des EEG zu systematisieren und zu analysieren, und das sich aufgrund unterschiedlicher Interessenlage und Risikoeinstellungen ergebende Allokationsproblem mikroökonomisch abzubilden.

Die für eine Anlage zu gewährende Förderung ist abhängig von der Art des Betriebes, der Größe der Anlage und dem Inbetriebnahmezeitpunkt. Förderungen können sich abhängig vom Inbetriebnahmezeitpunkt ergeben insbesondere auf Basis von: § 8 EEG (2004), § 27 EEG (2009), §§ 27, 27a, 27b, 27c EEG (2012) und der §§ 28, 44, 45, 46, 47 EEG (2014).

Bereits ein erster Blick auf die Struktur der Förderregime des EEG bzgl. der Stromerzeugung aus Biomasse zeigt die Grundproblematik. Aufgrund der Erfüllung eines gesetzlichen Tatbestandes, nämlich der Erzeugung von Strom aus Biomasse, gewährt der Staat dem Anlagenbetreiber eine Einspeisevergütung. Um die Höhe der Vergütung zu ermitteln, muss eine Bemessungsgrundlage bestimmt werden. Zur Ermittlung dieser Bemessungsgrundlage ist der Staat auf Erklärungen und Angaben seitens des Anlagenbetreibers angewiesen. Diese sind nicht zwingend einfach verifizierbar. Hierfür gibt es mehrere Gründe, die sich in zwei Gruppen einteilen lassen.

Die erste Gruppe umfasst die Technologien und biologischen Prozesse als solche. Die biologischen Prozesse sind wegen ihrer Komplexität nicht genau mess- und steuerbar. Sie unterliegen oft auch enormen Schwankungen. Dies wird bereits deutlich, wenn man einen Blick auf die Biogasproduktion wirft. Die Biogasproduktion ist ein komplexer biologischer Prozess, der von außen nicht leicht einsehbar ist. Sie ist betriebswirtschaftlich gesehen eine Kuppelproduktion, bei der die Produkte: Methan (CH_4), Kohlendioxid (CO_2) aber auch nicht verwertbare Reststoffe und verwertbare Gärreste in einem natürlichen Prozess der „Fermentation“ entstehen. Als natürlicher Prozess ist die Fermentation von vielen von außen nicht beobachtbaren Faktoren, wie z.B. Bakterienmilieu, pH-Werte, Schwefelwasserstoffkonzentration, Temperatur, Substratkonzentrationen - Füttermengen und hydraulischer Verweildauer abhängig. Außerdem hat die Substratqualität erhebli-

1 Einleitung

chen Einfluss auf die Methanausbeute.

Die zweite Gruppe beinhaltet die Nachweis- und Dokumentationsvorschriften und die Organisation des Vergütungsprozesses. Der Gesetzgeber hat zum Nachweis der Voraussetzungen für die Gewährung der Vergütung zahlreiche Aufgaben an Anlagenbetreiber oder an den Netzbetreiber delegiert. So ist z.B. die Vorlage von Kopien des Einsatzstofftagebuches für den Erhalt der Boni, aus der Verwendung von Substraten der Einsatzstoffvergütungsklasse I und II, erforderlich. Da der Anlagenbetreiber die Angaben im Einsatzstofftagebuch selbst vornimmt und die Einsatzstoffe in Qualität und Quantität nicht verifizierbaren Schwankungen unterliegen, erhält er einen Gestaltungsspielraum, den er zur Maximierung seiner Vergütung gegenüber dem Staat ausnutzen kann. Im Vergütungsprozess sieht das Gesetz vor, dass abhängig von der Art des Bonus der Nachweis bestimmter technischer Voraussetzungen durch Umweltgutachten erforderlich ist. Insbesondere im Rahmen der Biomethaneinspeisung kommen technischen Gutachten größere Bedeutung zu. Darüber hinaus gibt es für den Anlagenbetreiber eine Vielzahl von Möglichkeiten, Nachweise und Dokumentationen, abweichend von den tatsächlichen Verhältnissen, zu seinen Gunsten zu erstellen. Es besteht für ihn die Möglichkeit, Aufgaben an Dritte zu delegieren. Man betrachte hier beispielhaft den Verwendungsnachweis von Gärresten und die komplexen Nachweissysteme des Biomethanhandels. Des Weiteren kann der gut informierte Anlagenbetreiber die unsichere Rechtslage, die im Hinblick auf viele Anwendungsfragen des EEG besteht, zu seinem Vorteil nutzen. All diese Aspekte haben Einfluss auf die Höhe der Bemessungsgrundlage, der durch den Staat gewährten EEG-Bonifikation. Bzgl. dieser produktiven Tatsachen und rechtlichen Sachverhalte verfügt der Anlagenbetreiber über umfassendere und bessere Informationen; auch kann er aufgrund seiner Produktionserfahrung den Produktionsprozess gezielt steuern und anpassen. Der Staat „läuft“ hier ständig Informationen hinterher. Ex-post ist nur noch eine beschränkte Aufklärung der Tatsachen und Sachverhalte möglich.

Die vorliegende Arbeit analysiert grundlegend die Vergütungsstruktur des EEG bzgl. der Stromerzeugung aus Biogas auf die Möglichkeit des Auftretens von Prinzipal-Agenten-Konflikten zwischen dem Staat - als Prinzipal auf der einen - und dem Anlagenbetreiber - als Agenten - auf der anderen Seite. Dabei beschränkt sich die Untersuchung auf die Vergütungsstruktur des EEG 2012. Hierbei wird der Fokus auf die am Markt am häufigsten vorkommenden Technologien der Energiegewinnung - einer Biogasanlage, welche auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Strom erzeugt und ins Netz einspeist, dargestellt. Das Vergütungsregime einer Biogasanlage mit Biomethanaufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz wird nicht betrachtet, da dieser Anlagentyp im bislang etablierten Markt eine untergeordnete Rolle spielt.

Ziel der Arbeit ist es zunächst das Potential für Prinzipal-Agenten-Konflikte im EEG bzgl. der Förderung von Energie aus Biogas aufzuzeigen und zu systematisieren. Nach einer mikroökonomischen Analyse sollen Wege aufgezeigt werden, wie der Prinzipal-Agent-Konflikt entschärft werden kann.

1.3 Aufbau der Untersuchung

Zunächst wird der Biogasmarkt und seine Bedeutung im Zusammenhang mit der Etablierung erneuerbarer Energien und der Energiewende betrachtet und analysiert. Die Energiebereitstellung durch Biogas unterscheidet sich in wesentlichen Aspekten von anderen erneuerbaren Energien. Im Anschluss an die einführende Betrachtung des Biogasmarktes werden die Potentiale für Informationsasymmetrien im Hinblick auf die EEG-Förderung für Biogas untersucht. Hierbei sind zwei Bereiche zu differenzieren, die in Bezug auf das Auftreten von Informationsasymmetrien von Bedeutung sind. Der erste Bereich betrifft den faktischen Energieerzeugungsprozess - Produktionsprozess. In diesem Bereich kommen den biologischen bzw. biochemischen Parametern, den Informationen bzgl. der eingesetzten Verfahrenstechnik und Substrate besondere Bedeutung zu. Zunächst wird die Biogasgewinnung und die verfahrenstechnische Umsetzung im Hinblick auf das Potential für Informationsasymmetrien untersucht. Der zweite Bereich der im Hinblick auf die Informationsasymmetrie bedeutsam ist, betrifft die rechtlichen Rahmenbedingungen - hier speziell die Förderungsvoraussetzungen des EEG, die betriebswirtschaftliche Abbildung der Biogasproduktion sowie das Nachweis- und Sanktionssystem des EEG hinsichtlich möglicher Verstöße. Im darauf folgenden Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der Prinzipal-Agenten-Theorie dargestellt. Zentrale Aspekte sind das individuelle Nutzenmaximierungskalkül der Akteure, Informationsasymmetrien und ein Regelsystem, das das Verhalten der Akteure koordiniert. Aus dem Zusammenwirken dieser Elemente ergeben sich zwei grundlegende Problemkategorien für die EEG-Förderung: *adverse Selektion* und *moralisches Risiko*. Nachdem die grundlegenden Elemente der Prinzipal-Agenten-Theorie dargestellt wurden, wird untersucht inwieweit Informationsasymmetrien im Rahmen der Energieerzeugung aus Biogas im Rahmen des EEG auftreten können. Zentraler Ausgangspunkt für die Analyse ist das Potential für Informationsasymmetrien. Kapitel 4 widmet sich dem technologischen Potential für Informationsasymmetrien und Kapitel 5 dem rechtlichen Potential für Informationsasymmetrien. Nachdem die technischen und rechtlichen Potentiale für das Auftreten von Informationsasymmetrien im Rahmen der Energieerzeugung durch Biogas unter den Regelungen des EEG aufgezeigt wurden, wird in Kapitel 6 die Interaktion zwischen Anlagenbetreiber und Netzbetreiber untersucht. Dabei steht die Ausnutzung von Informationsasymmetrien seitens des Anlagenbetreibers im Vordergrund. Ausgehend von dieser Analyse wird in Kapitel 7 mikroökonomisch analysiert, inwiefern sich die Informationsasymmetrien auf die Produktionsentscheidung eines Anlagenbetreibers auswirken können. Hierbei wird ein mittlerer Anlagentyp betrachtet, der einen gängigen Substratmix verwendet. Schließlich werden in Kapitel 8 die Ergebnisse der Untersuchung zusammengefasst und Anregungen für weitere Forschungsansätze gegeben.

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

Das Ziel des EEG ist die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis zum Jahr 2020 auf mindestens 30 % (§ 1 Abs.2 Satz 1 EEG 2009) bzw. in der novellierten Fassung 2012 auf mindestens 35 % (§ 1 Abs.2 Satz 1 EEG 2012). (DBFZ, 2012, S. 1) Die Erzeugung von Strom aus den fünf erneuerbaren Energiequellen: Wasserkraft, Wind, Solar, Geothermie und Biomasse wird durch das EEG gefördert (§ 3 Abs. 3 EEG). Die Energie aus Biomasse schließt Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas sowie Energie aus biologisch abbaubaren Anteilen von Abfällen aus Haushalten und Industrie mit ein. Die Energieerzeugung und -bereitstellung aus Biogas weist gegenüber den anderen erneuerbaren Energien einige Besonderheiten auf, die sie zu einem unverzichtbaren Element im Rahmen der Energiewende werden lässt. Deshalb ist es im Hinblick auf eine spätere ökonomische Analyse von Bedeutung sich mit diesen Besonderheiten zu beschäftigen.

Um die Bedeutung der Untersuchung einordnen zu können, ist es von Vorteil zunächst den Biogasmarkt zu betrachten. Biogasanlagen haben sich durch die staatliche Förderung im Segment der erneuerbaren Energien etabliert. Strom, Wärme und auch Bioerdgas sind aber ohne Förderung nicht wirtschaftlich (Lehr und Lutz, 2012, S. 7). Jährlich werden über die EEG-Umlage Transferzahlungen in Milliardenhöhe geleistet (Mayer und Burger, 2014, S. 2 f.), um den Markt zu etablieren. Zwar gibt es mit der Möglichkeit der Direktvermarktung von regenerativen Energien nun Optionen für einen mehr oder minder freien und direkten Handel, dieser hat aber in der Praxis noch geringe Bedeutung. Um letztlich die grundlegende Bedeutung von Informationsasymmetrien im Rahmen der EEG-Förderung für Biogasanlagen einschätzen zu können, ist es unabdingbar sich mit dem Biogasmarkt auseinandersetzen. Ebenfalls ist es aus volkswirtschaftlicher Sicht von Bedeutung den monetären Wert von Fehlallokationen einordnen zu können. Auch dies ist ohne eine Betrachtung der Entwicklung des Biogasmarktes nicht möglich.

Für den Gesetzgeber gab es mehrere Gründe für die Novellierung des EEG im Jahr 2012 bezogen auf den Bereich Biogas.(BMELV, 2012, S. 3) Die Agrarpreise sind seit 2000 auf ein hohes Niveau gestiegen (Grethe, 2011, S. 8) und erzielten 2007, 2008 (FAO, 2010, S. 101) und 2011 (FAO, 2012, S. 122) Höchstwerte. Hierbei lässt sich eine Zunahme der Volatilität feststellen (BMEL, 2015, S. 6 ff.). Eine Anpassung der zahlreichen Bonifikationen im Bereich Biomasse an die veränderten Marktbedingungen wurde notwendig. Ferner sollte einer weiteren Ausweitung der Nutzung von Agrarflächen für „Energiepflanzen“ entgegengewirkt werden. Klimapolitisch sah man es als vorzugswürdig an, Technologien mit den geringsten CO_2 -Vermeidungskosten auszubauen. Es wurde auf einen Schwellwert von 50 Euro pro Tonne CO_2 abgestellt (BMEL, 2007, S. ii). Der „Wissen-

schaftlicher Beirat für Agrarpolitik“ beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz führte hierzu aus, dass die im Fokus der Bioenergie-Politik bis 2007 stehenden Bioenergie-Linien (Biokraftstoffe; Biogas auf Maisbasis) relativ hohe CO_2 -Vermeidungskosten in einer Größenordnung von 150 bis weit über 300 Euro/t CO_2 aufweisen. Wenn die deutsche Politik mit Hilfe der Bioenergie Klimaschutzpolitik betreiben möchte, so sollte sie sich auf solche Energielinien konzentrieren, bei denen sich Klimaschutz mit CO_2 -Vermeidungskosten von unter 50 Euro/t CO_2 erreichen lassen. Unter diese Technologien fällt insbesondere die Biogaserzeugung auf Güllebasis in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Das Ziel einer verstärkten Gülle-Verwertung führt ebenfalls zur gewünschten Vermeidung von Methan-Emissionen. (BMEL, 2007, S. ii, 99, 153) Auch im Hinblick auf diese, mit dem EEG 2012 für den Bereich Biogas postulierten Absichten des Gesetzgebers, ist es von Bedeutung die Auswirkungen von Informationsasymmetrien zwischen Staat und Anlagenbetreiber bzgl. der Stromerzeugung aus Biogas zu untersuchen.

2.1 Biogas und seine Bedeutung im Rahmen der Energiewende

Der Energiegewinnung aus Biogas kommt im Rahmen der Energiewende eine bedeutende Rolle zu. Dies verdeutlicht die Betrachtung der Wertschöpfungskette einer Biogasanlage, wie in Abb. 2.1 dargestellt. Biomasse bzw. Substrate dienen als Input. Dieser organische Input wird im biologischen Abbauprozess, der Fermentation, in Biogas umgewandelt. Der Einsatz des Biogases in einer KWK-Anlage, die als Output Strom und Wärme liefert, stellt den am häufigsten gewählten Verwertungspfad dar. Eine weitere Möglichkeit der Verwertung bildet die Aufbereitung des Biogases und die Einspeisung des hierbei entstandenen Outputs - Bioerdgas - ins Erdgasnetz (Urban et al., 2009). Dieser Verwertungspfad spielt allerdings in Deutschland heute noch eine untergeordnete Rolle (Adler et al., 2014).

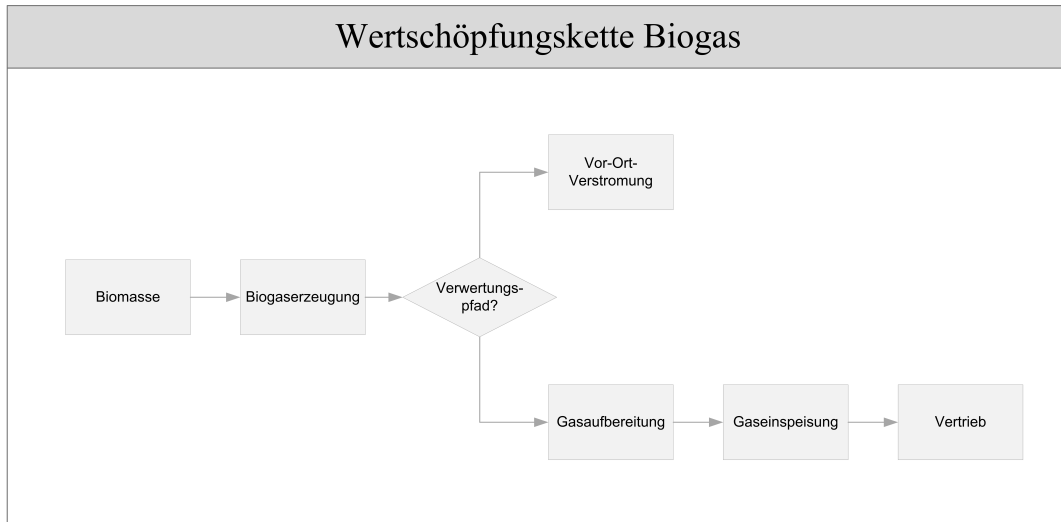


Abbildung 2.1: Wertschöpfungskette Biogas

In den energie- und umweltpolitischen Diskussionen in Deutschland gewinnt die Energiebereitstellung aus regenerativen Energien im Allgemeinen und aus Biomasse im Besonderen zunehmend an Bedeutung. So decken nach DBFZ (2012, S.1) erneuerbare Energien heute bereits etwa 12,2 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland. Etwa 70 % davon entfällt auf Biomasse (AGEE-STAT, 2012). Bis 2020 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland auf 18 % steigen (Bundestag, 2014, S. 128). Dieses nationale Ziel ist, sowohl im „Integrierten Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung“ (IEKP) als auch im nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energien (NREAP), der auf der verbindlichen Zielsetzung im Rahmen der EU-Richtlinie Erneuerbare Energien (2009/28/EG) beruht, verankert. Die Erreichung dieses Ziels ist der deutsche Beitrag zur Steigerung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien in der Europäischen Union bis 2020 auf mindestens 20 %. Zur Erfüllung dieser Zielsetzung wird Biomasse als erneuerbarer Energieträger eine tragende Rolle spielen, da aufgrund bestehender Technologien und Nutzungspfade im Bereich der Bioenergie eine Erhöhung der Energiebereitstellung kurz- und mittelfristig realisierbar ist (DBFZ, 2012, S. 1).

Das gesamte Primärenergiepotential für Biogas in Deutschland wird auf ca. 500 PJ/a für das Jahr 2020 geschätzt, wie in Abb. 2.2 dargestellt. Im Jahr 2007 wurden, von dem zu diesem Zeitpunkt vorhanden Potential von ca. 360 PJ, lediglich 108 PJ genutzt. Es wird damit nur ca. 1/3 dieses Potentials ausgeschöpft. Im Bereich der industriellen Rückstände und kommunaler Reststoffe, beträgt das Potential heute ca. 60 PJ/a. Bis zum Jahr 2020 wird keine Steigerung dieses Potentials erwartet. Das Primärenergiepotential im Bereich der Ernterückstände und Exkrementen lag 2007 bei 114 PJ/a. Hier ist ein leichter Rückgang bis 2020 anzunehmen. Die größten erschließbaren Potentiale für Biogas liegen im Bereich der Nachwachsenden Rohstoffe (NawaRo). Das Gesamtpotential lag hier im Jahr 2007 bei 188 PJ/a. Für 2020 könnte dieses Potential auf 338 PJ/a anwachsen (FNR, 2012). Biogas deckte im Jahr 2008 ca. 1,8 % des Primärenergiebedarfs in Deutschland und

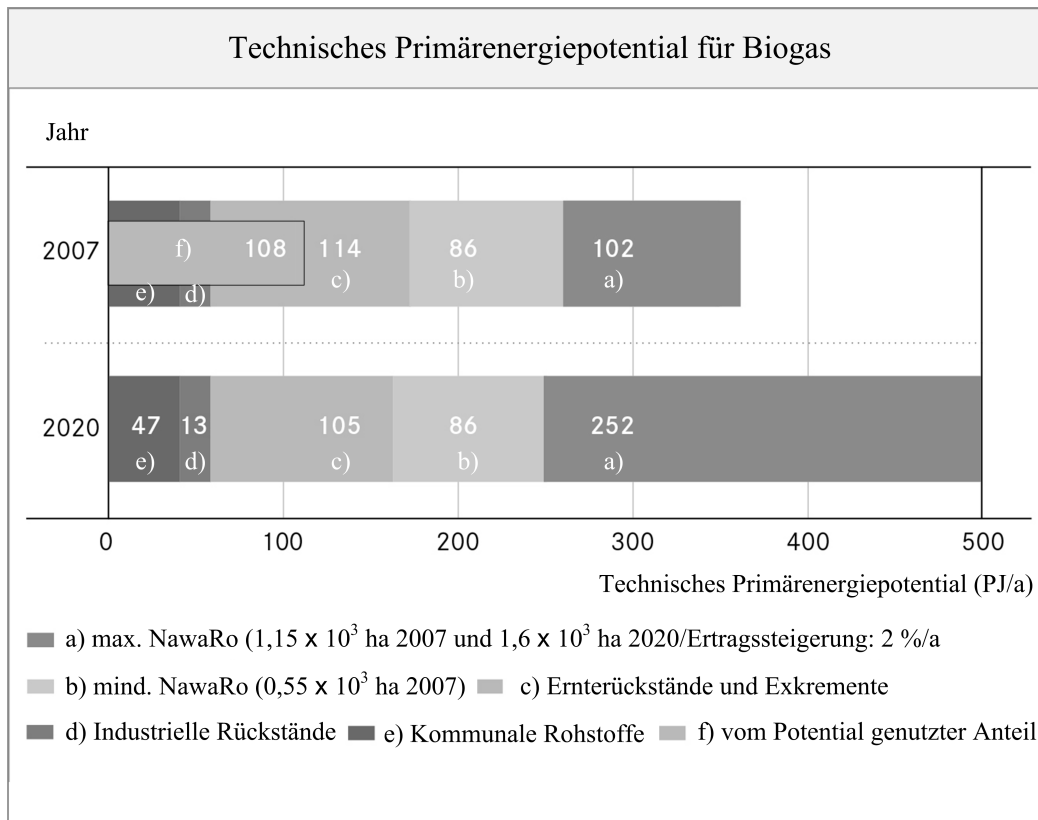


Abbildung 2.2: Primärenergiepotentiale für Biogas im Vergleich des Standes 2007 mit der Prognose für 2020 (Quelle: in Anlehnung an IE, DBFZ (2009)/FNR (2011))

hatte dabei einen Anteil von 1,5 % an der Bruttostromerzeugung (M. Kaltschmitt et al., 2005). Die Biomasse und Reststoffe, d.h. organische und anorganische Abfälle, besitzen das Potential, zur Mitte des 21. Jahrhunderts etwa 5 bis 6% des Primärenergiebedarfs zu decken (Pelte, 2014, S. 179).

Biogas als Marktsegment nimmt im Rahmen der erneuerbaren Energien eine herausragende Stellung ein. Die Gründe hierfür sind vielfach:

- Biogas ist eine speicherbare Ausgleichsenergie. Biogas wird aus Substraten - Biomasse - gewonnen. Als klimaverträglicher und regional verfügbarer Energierohstoff ist Biomasse, im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energien, speicherfähig und nach Bedarf verfügbar. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sowohl die Biomasse in Form der Substrate als auch das Umwandlungsprodukt Biogas unter gewissen Bedingungen lagerbar bzw. speicherbar sind. Andere Formen der erneuerbaren Energie, wie z.B. Wind und Photovoltaik sind nicht in der Lage kontinuierlich Strom zu liefern. Die Stromerzeugung ist abhängig von den örtlichen, saisonalen Gegebenheiten. (Pehnt et al., 2011, S. 62)

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

- Biogas ist damit im Gegensatz zu den anderen Energieformen grundlastfähig. (Krautkremer, 2006)
- Neben der Stromerzeugung bietet die Energiegewinnung aus Biogas ebenfalls das Potential die Abwärme, die hierbei durch die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) entsteht, in angeschlossenen landwirtschaftlichen oder industriellen Betrieben oder zur Einspeisung in örtliche Wärmenetze zu nutzen. Oft sind diese Wärmepotentiale heute noch ungenutzt. (Gaderer et al., 2007, S. 6)
- Eine weitere Nutzungsmöglichkeit besteht in der Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und der Einspeisung ins Erdgasnetz. Dies bietet die Möglichkeit der Verstromung des Gases an einem von der Biogasanlage selbst weit entfernten Ort, an dem sich bei gleichzeitigem Bedarf an Strom- und Wärmeerzeugung ein höherer Gesamtwirkungsgrad erzielen lässt. (Pehnt et al., 2011, S. 155)
- Überdies wird durch die Aufbereitung des Biogases der Einsatz als Kraftstoff in Erdgasfahrzeugen möglich. Gegenüber anderen Biokraftstoffen, wie z.B. Bioethanol und Biodiesel ist die hohe Flächeneffizienz von Biogas hervorzuheben und solange die Biokraftstoffe der zweiten Generation wie z.B. Bioethanol auf Lignozellulosebasis und BTL noch entwickelt und erprobt werden, bietet Biogas auch im Kraftstoffmarkt eine echte Alternative (Bleser, 2012).
- Im Hinblick auf die Flächennutzung kann der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen einer Flächenstilllegung entgegen wirken. Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen ist damit ein nicht unwesentlicher agrarpolitischer Faktor (Schlegel et al., 2005, 22).
- Die Biogastechnologie ist gut erforscht und Substrate sind grundsätzlich im Hinblick auf klimatische Bedingungen fast überall anbaubar bzw. verfügbar, so dass grundsätzlich - rein technisch und betriebswirtschaftlich betrachtet, anders als bei Windkraft- und Photovoltaikanlagen zunächst eine Vielzahl von potentiellen Standorten in Betracht kommen. (Bensman, 2013, S. 70)

Die grundsätzliche Bedeutung von Biomasse im Hinblick auf das Primärenergiepotential und die aufgezeigten Faktoren, die Biogas hinsichtlich anderer erneuerbarer Energieträger hervorheben, haben in den letzten Jahren zu einer positiven Marktentwicklung geführt, die es näher zu betrachten gilt.

2.2 Entwicklung des Biogasmarktes

Der im Folgenden beschriebene Stand der Nutzung von Biogas zur Strombereitstellung in Deutschland beruht im Wesentlichen auf Auskünften und Veröffentlichungen der Landesministerien, Landesämter für Landwirtschaft und Genehmigungsbehörden. Darüber hinaus werden Informationen von Anlagenherstellern und Daten der Biogasanlagendatenbank des DBFZ herangezogen (DBFZ, 2012, S. 32 ff.). Deponie- und Klärgas werden

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

in den Betrachtungen zur Nutzung gasförmiger Bioenergieträger nicht berücksichtigt und sind somit in den dargestellten Statistiken und Analysen nicht enthalten.

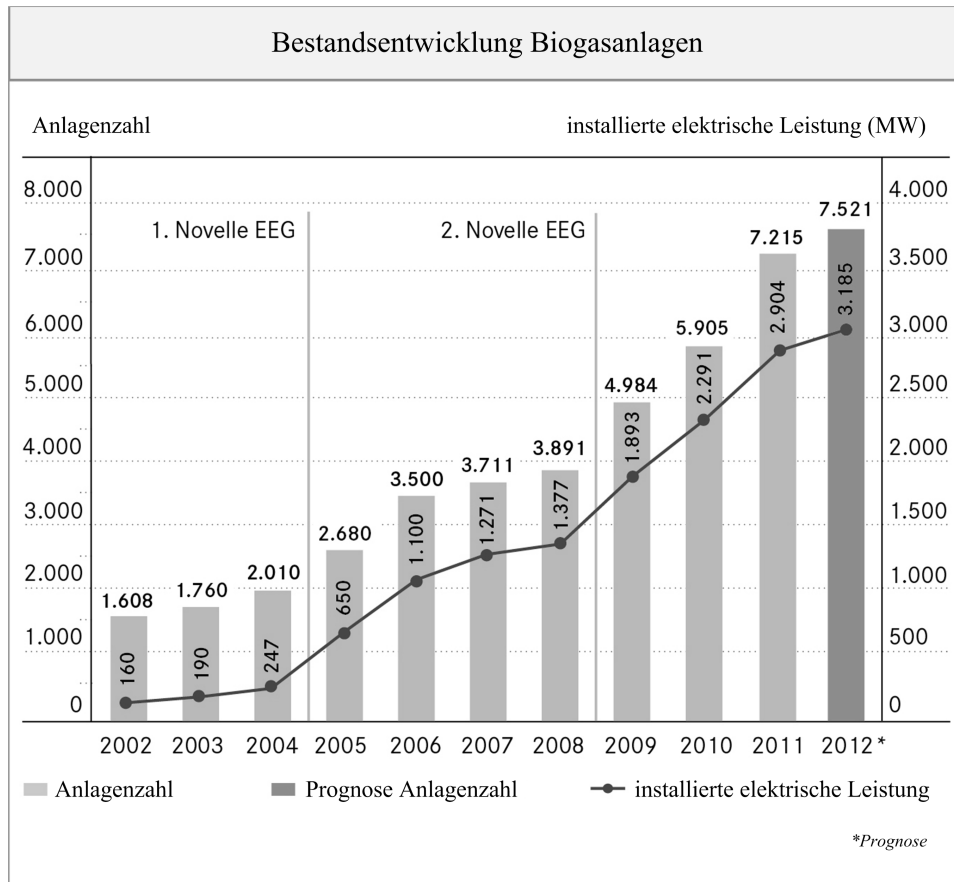


Abbildung 2.3: Biogasanlagen - Bestandsentwicklung von 2002 bis 2011 mit Prognose für das Jahr 2012 (Quelle: FNR/DBFZ)

Mit Inkrafttreten des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes im Jahr 2000 wurde der Biogasanlagenbestand in Deutschland kontinuierlich ausgebaut. Insbesondere mit der Novellierung des EEG im Jahr 2004 und der Neufassung im Jahr 2009 hat der Ausbau des Biogasanlagenbestandes deutliche Impulse erfahren. Abb.2.3 zeigt die Bestandsentwicklung von 2002 bis 2012 (FNR, 2012, S. 37). Ende 2011 sind in Deutschland - nach Angaben der Länder und Schätzungen des DBFZ - etwa 7.200 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Anlagenleistung von ca. 2.850 MWel in Betrieb. Damit setzte sich die Entwicklung eines sehr starken Biogasanlagenzubaues der vergangenen Jahre auch im Jahr 2011 fort. Die mit der Neufassung des EEG 2009 gesetzten Anreize zeichnen sich dabei deutlich im Anlagenzubaue ab. In der Biogasbranche waren in 2011 ca. 58.400 Arbeitsplätze vorhanden. Für 2012 wurde ein Rückgang der Arbeitsplätze auf 41.324 seitens des Fachverbandes für Biogas auf Basis von Expertenbefragungen prognostiziert. Für 2013 wurde ein Zuwachs auf 41.809 Arbeitsplätze angenommen (Fachverband Biogas, 2011, S. 1). Für 2013

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

wird ein Zubau von Neuanlagen von 285 prognostiziert. Er bleibt damit jedoch weit hinter dem Zubau des Jahres 2011 mit 1.414 Anlagen zurück. Im Vergleich zum Jahr 2012 (269 Anlagen) ist allerdings eine leichte Steigerung zu erwarten. In Deutschland wurde für 2013 ein Umsatzvolumen der Branche von 6,9 Mrd. Euro erwartet (Fachverband Biogas, 2011, S. 4).

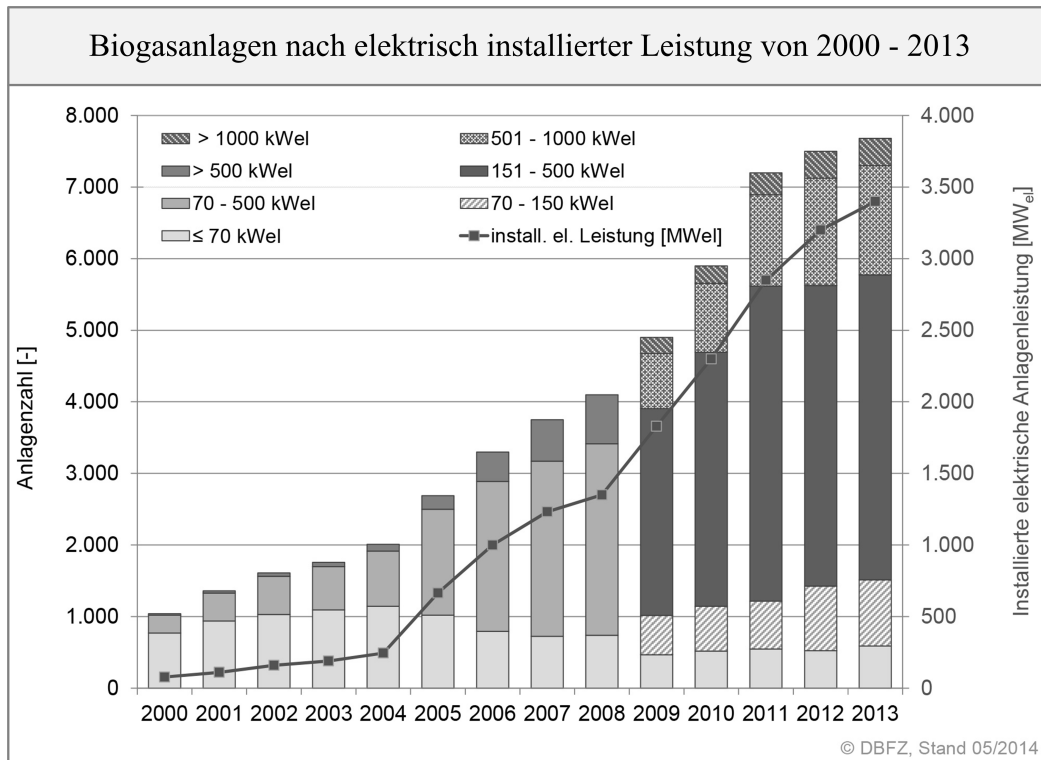


Abbildung 2.4: Bestandsentwicklung Biogasanlagen nach elektrisch installierter Leistung von 2000 bis 2013 (Quelle: DBFZ)

Abb. 2.4 zeigt die Bestandsentwicklung von Biogasanlagen nach Leistungsklassen gegliedert (DBFZ, 2012, S. 33). Nach dem sehr starken Anlagenzubau in den Jahren 2009 und 2010 war auch im Jahr 2011 ein sehr hoher Biogasanlagenzubau zu verzeichnen. Dies ist insbesondere auf die Neufassung des EEG 2009 und die deutlich verbesserten Vergütungssätze für die Stromerzeugung aus Biomasse seit 2009 zurückzuführen. Der Trend des Zubaus kleiner und mittlerer Anlagen ($< 500 \text{ kW}_{el}$) setzte sich auch 2011 fort. Die mittlere Anlagenleistung von Neuanlagen, die im Jahr 2011 in Betrieb gegangen sind, lag bei ca. 430 kW_{el} . Vielfach basiert der Anlagenzubau auf Erweiterungen bestehender Biogasanlagen um weitere BHKW oder Satelliten-BHKW.

Der Biogasmarkt ist durch ein starkes Wachstum gekennzeichnet. Den größten Anteil stellten im Jahr 2010 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung zwischen 70 und 500 kW_{el} dar. In 2009 und 2010 zeichneten sich ebenfalls zwei weitere Trends ab

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

- der Ausbau von kleinen und mittleren Anlagen ($< 200 \text{ kW}_{el}$) und der Aufbau von Großanlagen ($> 1 \text{ MW}$). In 2011 sind in Deutschland ca. 7.200 Biogasanlagen mit einer Anlagenleistung von 2.850 MW_{el} in Betrieb. Für Neuanlagen betrug die mittlere Anlagenleistung in 2011 430 kW_{el} (DBFZ, 2012, S. 33). Die durchschnittliche Anlagenleistung ist seit der Einführung des EEG kontinuierlich gestiegen. So betrug sie 1999 ca. 65 kW_{el} , 2004 125 kW_{el} und Ende 2011 396 kW_{el} . Die durchschnittliche Anlagenleistung aller in Betrieb befindlichen Biogasanlagen lag Ende 2011 bei ca. 396 kW_{el} .

Die EEG-Novelle des Jahres 2012 hat zu einem Einbruch in der Marktentwicklung geführt. Als Gründe nennt die Branche sowohl hohe Substratpreise, die verschlechterten Bedingungen des EEG 2012 und Akzeptanzprobleme (Pellmeyer, 2013). Laut BMU hat das EEG 2012 die „überhitzte“ Marktentwicklung (BMU, 2013) bei Biogas beendet.

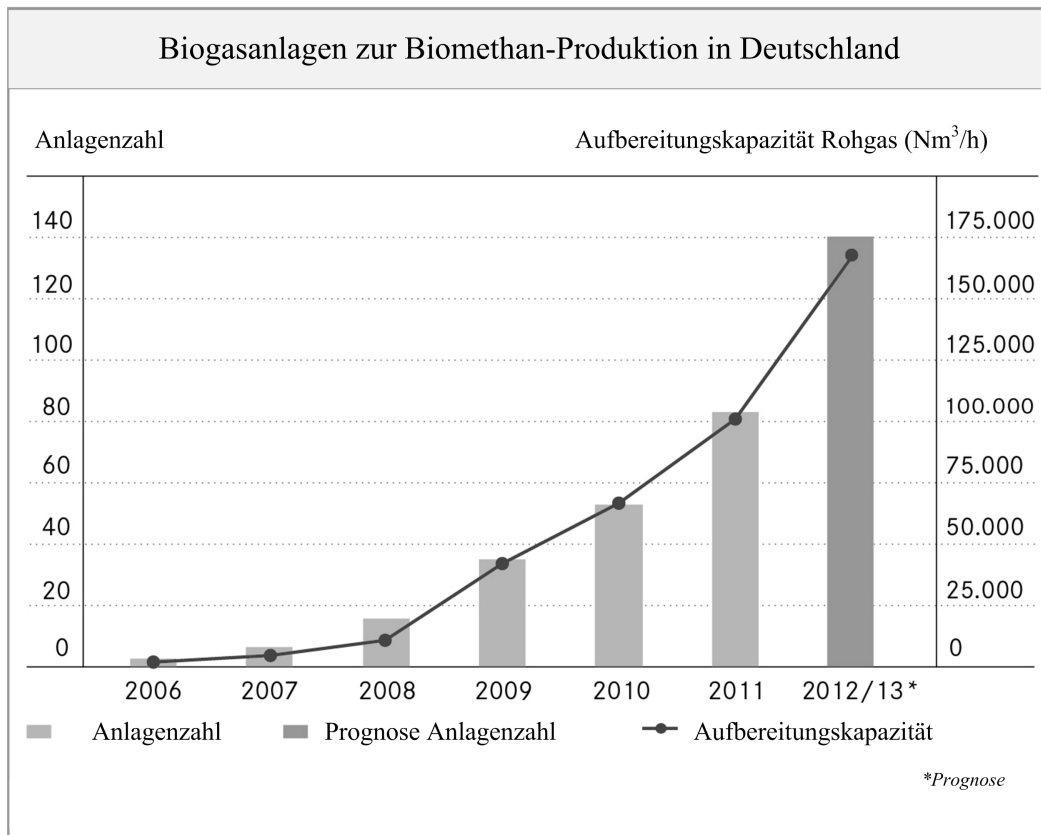


Abbildung 2.5: Biogasanlagen zur Biomethan-Einspeisung ins Erdgasnetz von 2006 bis 2012/13 (Quelle: FNR)

Der Markt für die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität entwickelt sich langsam, wie in Abb. 2.5 dargestellt. In 2012 wurden 83 Anlagen für die Biomethan-Einspeisung errichtet. Für 2012/2013 wurden rund 130 Anlagen prognostiziert. Im Jahr 2010 wurde lediglich 270 Mio. m^3 Biomethan zur Einspeisung in das Gasversorgungsnetz produziert.

Bis zum Jahr 2020 wird eine Produktion von 6 Mrd. und bis 2030 eine Produktion von 10 Mrd. m^3 erwartet. Es gibt noch zahlreiche limitierende Faktoren, die das Marktwachstum beschränken. Zwar sieht das EEG 2012 einen höheren Gasaufbereitungs-Bonus vor, jedoch stellen erheblich komplexere Nachweissysteme, mehr Produktkategorien, sinkende Transparenz, höhere Handelskosten durch Massenbilanzsysteme sowie ein durch das Abrechnungssystem des EEG 2012 bedingter nicht liquider Handel Wachstumsschranken des Marktes dar (Walter, 2011). Neben den Biogas-Vor-Ort-Verstromungsanlagen waren Ende 2011 in Deutschland 83 Biogasaufbereitungs- und -einspeiseanlagen in Betrieb, bei denen das erzeugte Biogas auf Erdgasqualität aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist wird. Die jährliche Biomethaneinspeisekapazität der Anlagen liegt bei rund 460 Millionen m^3 . Unter der Annahme einer vollständigen Verstromung würde dies einem installierten elektrischen Leistungsäquivalent von rd. 220 MW_{el} entsprechen, so dass die in Betrieb befindlichen Biogasaufbereitungsanlagen rd. 7,2 % der gesamten installierten elektrischen Leistungsäquivalenz in Deutschland darstellen würden. Im Jahr 2011 sind 35 Biogasaufbereitungsanlagen neu in Betrieb gegangen, wobei es sich in einem Fall um die Erweiterung der bestehenden Biogasaufbereitungsanlage in Darmstadt Wixhausen handelt.

2.3 Die EEG-Vergütung für Biogas im Kontext des Subventionsbegriffes

Die rasante Entwicklung des Biogasmarktes wäre ohne eine staatlich gewährte Förderung nicht möglich gewesen. Die zahlreichen Bonifikationen, die das EEG gewährt, werden häufig als Subvention bezeichnet. Ihre Einordnung als Subvention ist allerdings rechtlich und ökonomisch umstritten. Daher bietet sich an genauer zu betrachten, inwiefern die EEG-Bonifikationen für Energieerzeugung aus Biogas eine Subvention darstellen.

Unter Subvention versteht man allgemein ökonomisch eine Leistung aus öffentlichen Mitteln an Betriebe oder Unternehmen. Es handelt sich um einen Eingriff in das Marktgeschehen, mit denen ein bestimmtes Verhalten der Marktakteure gefördert werden soll. Subventionen sind geldliche und geldwerte Vorteile, die der Staat bestimmten Zielgruppen ohne konkrete Gegenleistung und in der Regel auch ohne Rückzahlungsverpflichtung gewährt (Kortmann, 2004, S. 462). Hier werden vom Subventionsbegriff auch Steuervergünstigungen, Sozialleistungen und Gebührenermäßigungen sowie entsprechende Befreiungen erfasst.

Der Begriffsinhalt wird von Juristen enger gefasst und unterschiedlich bewertet. Der Subventionsbegriff des Bundes konzentriert sich entsprechend dem gesetzlichen Auftrag auf Leistungen für private Unternehmen und Wirtschaftszweige. Im Zentrum der Betrachtung stehen Finanzhilfen. § 12 StWG nennt als Finanzhilfen insbesondere Bundesmittel für Anpassungs-, Erhaltungs- und Produktivitätshilfen an Betriebe und Wirtschaftszweige (BMF, 15. August 2013, S. 9). Zur Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien im Wärmebereich werden über die „Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nut-

zung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt“ Investitionskostenzuschüsse gewährt über das sog. Marktanzreizprogramm gewährt.(BMF, 15. August 2013, S. 26) Bei diesen Finanzhilfen handelt sich um andere Förderinstrumente zur Etablierung der erneuerbaren Energien und nicht um die EEG-Bonifikationen. Stellt man somit auf die Sicht der Bundesregierung ab, handelt es sich bei der EEG-Förderung für Biogasanlagen nicht um eine Subvention. Das BMU nimmt zu dem Subventionsbegriff bzgl. der Bonifikationen folgende Aussage ein: Das EEG sorgt für den Ausbau der umweltschonenden erneuerbaren Energien nicht durch Subventionen, sondern durch eine Umlage.(BMU, 2004, S. 4) Das Vergütungs- und Ausgleichssystem des EEG basiert auf dem Gemeinlast-Prinzip, daraus kann keine Subvention entstehen. Die EEG-Vergütung ist keine „echte“ Subvention, da sie den öffentlichen Haushalt nicht belastet (Klinski, 2014, S. 6).

Aus juristischer Sicht, im nationalstaatlichen Kontext, findet sich eine Legaldefinition zum Subventionsbegriff in § 264 Abs. 7 StGB, dem Straftatbestand des Subventionsbetruges. Hier wird der Begriff wie folgt definiert:

»Subvention im Sinne dieser Vorschrift ist

1. eine Leistung aus öffentlichen Mitteln nach Bundes- oder Landesrecht an Betriebe oder Unternehmen, die wenigstens zum Teil
 - a) ohne marktmäßige Gegenleistung gewährt wird und
 - b) der Förderung der Wirtschaft dienen soll;
2. eine Leistung aus öffentlichen Mitteln nach dem Recht der Europäischen Gemeinschaften, die wenigstens zum Teil ohne marktmäßige Gegenleistung gewährt wird.«

Stellt man auf diese Sichtweise ab, so besteht über das Umlageverfahren ein Marktbezug und die EEG-Bonifikationen finden mit marktmäßiger Gegenleistung statt. Es kann sich demnach nicht um Subventionen i.S.d. § 264 Abs. 7 StGB handeln.

Aus Sicht des Verwaltungsrechts im allgemeinen ergibt sich ein ähnliches Bild. Im Verwaltungsrecht wird allgemein als Subvention eine vermögenswerte Zuwendung des Staates oder eines anderen Verwaltungsträgers an Privatpersonen ohne marktmäßige Gegenleistung zur Förderung eines im öffentlichen Interesse liegenden Zweckes (Maurer, 2009, § 17 Rn. 5). Auch hier scheidet wegen der marktmäßigen Gegenleistung die Bejahung des Subventionsbegriffes aus.

Auf Ebene des Europarechts wird anstelle des Subventionsbegriffes der Begriff „staatliche Beihilfe“ verwendet. Er ist in Art. 107 AEUV (ex. Art. 87 EGV) geregelt. Als unionsrechtlicher Begriff umfasst der Begriff „Beihilfe“, sämtliche staatliche oder aus staatlichen Mitteln gewährten direkten oder indirekten Vorteile jeder Art, die durch die Begünstigung bestimmter Unternehmen oder Produktionszweige (Branchen) den Wettbewerb verfälschen oder zu verfälschen drohen und hierdurch den zwischenstaatlichen Handel beeinträchtigen (können). Darunter werden insbesondere öffentliche Gelder und Gewährleistungen für nichtöffentliche Unternehmen subsumiert, die hierfür keine oder keine adäquate Gegenleistung erbringen. Der Beihilfebegriff ist als unbestimmter Rechtsbegriff

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

sehr allgemein gefasst („Beihilfen gleich welcher Art“), weil möglichst viele beihilferelevanten Sachverhalte erfasst werden sollen. Der Begriff der staatlichen Beihilfe besitzt fünf konstituierende Elemente, die kumulativ erfüllt sein müssen. Es muss eine Gewährung aus staatlichen Mitteln vorliegen, diese Gewährung muss eine Begünstigung darstellen. Die Begünstigung muss selektiv sein, d.h. das Gleichgewicht zwischen den Wettbewerbern und dem Beihilfeempfänger muss zugunsten des Beihilfeempfängers beeinflusst werden. Eine Maßnahme gilt dann nicht als selektiv, wenn sie durch das Wesen oder die allgemeinen Zwecke des Systems, zu dem es gehört, gerechtfertigt ist. Ferner muss die Maßnahme zur Wettbewerbsverfälschung und Handelsbeeinträchtigung führen. Die EU hat in den Art. 107 ff. AEUV das Beihilfeverbot geregelt. Der Beihilfebegriff ist vom Subventionsbegriff des § 264 Abs. 7 Nr. 2 StGB mit umfasst.

Im Zentrum dieser Arbeit stehen die an einen Anlagenbetreiber gewährten Vergütungen nach § 27 EEG. Die Einordnung der diversen Boni des EEG aus juristischer Sicht als Subvention ist seit langem umstritten. Die h.M. vertritt die Auffassung, dass es sich nicht um eine Subvention handelt, da die gezahlten Vergütungen letztlich nicht vom Staat gewährt werden, sondern über das Umlageverfahren der Konsument (Endverbraucher) die Lasten dieser Vergütung trägt.

Aufgrund von mehreren Beschwerden, u.a. des Bundes der Energieverbraucher im Dezember 2011, hatte die Kommission seit Sommer 2012 eine beihilferechtliche Vorprüfung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) durchgeführt. Diese Vorprüfung wurde nunmehr abgeschlossen und die Europäische Kommission hat ein förmliches Prüfverfahren eingeleitet. Der Beschluss zur Eröffnung des Prüfverfahrens ist am 18. Dezember 2013 bekannt gegeben worden. Die Veröffentlichung des Schreibens an die Bundesrepublik Deutschland im Amtsblatt der Europäischen Union erfolgte am 07.02.2014.

Gegenstand des Eröffnungsbeschlusses vom 18.12.2013 (EU-Kommission, 2013) ist das EEG in der Fassung, in der es zum 1. Dezember 2012 in Kraft getreten ist (EU-Kommission, 2013, Rn. 150). Die früheren Fassungen des EEG sind damit nicht Teil des Verfahrens. Die Kommission überprüft insbesondere die Vereinbarkeit von drei Regelungsbereichen des EEG mit dem europäischen Beihilferecht:

- Die Förderung von Betreibern von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen durch Vergütungsanspruch und Marktprämie (§§ 16 ff, 33a ff. EEG),
- die Förderung erneuerbarer Energien durch das sogenannte Grünstromprivileg (§ 39 EEG),
- die Begrenzung der EEG-Umlage für stromintensive Unternehmen durch die Besondere Ausgleichsregelung (§§ 40 ff. EEG).

Aufgrund der ausdrücklichen Beschränkung des Verfahrens allein auf das EEG 2012 bezieht sich das Beihilfeverfahren nur auf die Sachverhalte, die durch dieses Gesetz geregelt werden. Das EEG 2012 ist zum 1. Januar 2012 in Kraft getreten. Für alle früheren Ereignisse findet mit einzelnen Ausnahmen nur das EEG in der zum jeweiligen Zeitpunkt

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

der Inbetriebnahme der Anlage geltenden Fassung Anwendung (§ 66 Abs. 1 EEG 2012). Daraus folgt, dass sich das Beihilfeverfahren nur auf die folgenden Bereiche erstreckt:

- Vergütungszahlungen und Zahlungen der Marktprämie für Strom aus Anlagen, die ab dem 1. Januar 2012 in Betrieb genommen wurden oder bereits vorher in Betrieb genommen wurden, wenn sie für die Marktprämie optiert haben,
- die Nutzung des Grünstromprivilegs in den Jahren 2012 und 2013 sowie
- die Begrenzung der EEG-Umlage nach § 40 ff. EEG ab dem 1. Januar 2013, da das BAFA erstmals im Jahr 2012 für das Jahr 2013 Entscheidungen auf Basis des EEG 2012 getroffen hat.

Die Kommission ordnet die Förderung der Anlagenbetreiber durch Einspeisevergütung und Marktprämie auf Grundlage des EEG 2012 als Beihilfe ein (EU-Kommission, 2013, Rn. 73 ff.) und stellt dabei im Wesentlichen auf folgende Argumente ab:

- Erzeuger von Strom aus erneuerbaren Energien würden dadurch begünstigt, dass sie durch die Einspeisetarife einen höheren Preis erzielen, als sie am Markt erhalten würden. Die erforderliche Selektivität also der Umstand, dass die Beihilfe nur bestimmten Marktakteuren gewährt wird, ergebe sich aus der Tatsache, dass nur Produzenten von Elektrizität aus erneuerbaren Energien sowie Grubengas begünstigt würden. Durch die Maßnahme könnten Wettbewerb und Handel beeinträchtigt werden (EU-Kommission, 2013, Rn. 75).
- Die Vorteile für die Anlagenbetreiber sowie die Einspeisetarife seien dem Staat zurechenbar, da sie gesetzlich geregelt seien und Verordnungen umsetzen würden (EU-Kommission, 2013, Rn. 80).
- Die EU-Kommission bejaht auch die Staatlichkeit der Mittel (EU-Kommission, 2013, Rn. 95 ff.). Damit unterscheidet sich diese Einschätzung der Kommission wesentlich von der Preussen Elektra Entscheidung des EuGH im Jahr 2001 zum Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) sowie von der Entscheidung der Kommission im Jahr 2002 zum EEG 2000, in denen das Tatbestandsmerkmal der Staatlichkeit der Mittel jeweils verneint wurde.

Unabhängig von der juristischen Einordnung des Begriffes kann aus ökonomischer Sicht von einer Subvention ausgegangen werden. Hauptargument ist, die Konstruktion des Umlageverfahrens. Die gewährten EEG-Bonifikationen werden über das Umlageverfahren auf alle Stromverbraucher umgewälzt und somit auf die Allgemeinheit übertragen. Befreiungstatbestände stehen dem nicht entgegen, da vergleichbare Konstruktionen - Ausnahmetatbestände, Freibeträge, Freigrenzen etc. auch im Steuerrecht existieren. Es darf, abstellend auf die faktische Wirkung dahinstehen, ob die Allgemeinheit über die Finanzierung von öffentlichen Haushalten durch Besteuerung oder über das Umlageverfahren zur Finanzierung der Förderung herangezogen wird. Stellt man desweiteren insbesondere auf Sinn und Zweck der Zusatzvergütung für Strom aus erneuerbarer Energieerzeugung ab, so kann bereits mit Blick auf die Präambel und § 1 EEG gefolgert werden, dass der Hauptzweck darin besteht, Energieerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern konkurrenz- und

marktfähig zu machen. Die hier betrachteten EEG-Bonifikationen stellen ökonomisch somit eine Subvention dar.

2.4 EEG-Auszahlungen für Energie aus Biomasse

Das Marktwachstum ist und war nur aufgrund hoher EEG-Vergütungen möglich, die auf Basis der EEG-Umlage vom Endverbraucher erhoben werden. Die EEG-Umlage steht heute mehr denn je in der Kritik. Nach Meldung der Übertragungsnetzbetreiber¹ betragen die nach § 16 oder § 35 EEG geleisteten Vergütungszahlungen im Jahr 2012 ca. 16,621 Mrd. Euro. Nach Angaben des BDEW (S. 54) entfallen in 2013 20,5% der EEG-Umlage und 25,9 % der EEG-Auszahlungen auf die regenerative Energieerzeugung aus Biomasse. Die Höhe der auf die Energieerzeugung aus Biomasse entfallenden Auszahlungen betrug damit absolut ca. 4,305 Mrd. Euro. Der Gesamtumsatz der Biomasseanlagen lag in 2011 bei 5,75 Mrd. Euro (FNR, 2012, S. 15). Es ist damit deutlich, dass der überwiegende Anteil des Umsatzes aus EEG-Mitteln stammt. Bei einer EEG-Umlage von 5,277 ct/kWh entfällt ein Anteil von 1,368 ct/kWh. Die EEG-Strommenge aus Biogas beträgt ca. 25 % der insgesamt produzierten EEG-Strommenge von 132.518 GWh für 2013. Die von den Verbrauchern zu tragende Förderung pro erzeugter MWh EEG liegt bei der Biomasse bei 126 €/MWh. Spitzenreiter ist hier die Photovoltaik mit 246 €/MWh gefolgt von der Geothermie mit 182 und Wind mit 138 €/MWh. Im Durchschnitt liegt die Förderung von EEG-Anlagen bei 121 €/MWh. Die hohen Auszahlungen die für Stromerzeugung aus Biomasse, deren Anteil zu ca. 48% (FNR, 2012, S. 3) auf Biogasanlagen entfällt, macht die Bedeutung der Untersuchung deutlich. Sie geben einen deutlichen Hinweis auf die Höhe des finanziellen Schadens, der durch fehlerhafte bzw. überhöhte Vergütungen an die Betreiber von Biogasanlagen entstehen kann, die durch gezielte Ausnutzung von Informationsasymmetrien möglich sind. Geht man davon aus, dass auf 48 % der Stromerzeugung aus Biomasse auf Biogasanlagen entfällt, so ergibt sich ein Gesamtvergütungsbetrag von mindestens 2 Mrd. Euro, in dem sich teilweise das Risiko von Informationsasymmetrien realisieren kann.

2.5 Zwischenfazit

Ende 2013 sind nach Schätzungen auf Landesebene und den Erhebungen des DBFZ ungefähr 7.700 Biogasanlagen mit einer installierten Anlagenleistung von ca. 3.400 MW_{el} in

¹Gemäß § 7 Absatz 1 Nr. 1 der Verordnung zur Weiterentwicklung des bundesweiten Ausgleichsmechanismus (AusglMechV) sind die Übertragungsnetzbetreiber verpflichtet, die nach § 3 Absatz 3 Nr. 1 bis 5 und § 3 Absatz 4 Nr. 1 bis 7 der AusglMechV aufgeschlüsselten monatlichen und jährlichen Einnahmen und Ausgaben im Internet zu veröffentlichen und vorzuhalten. In § 6 Absatz 1 und 3 der Ausgleichsmechanismus-Ausführungsverordnung werden weitere Einnahmen- und Ausgabenpositionen im Sinne von § 3 Abs. 3 und 4 AusglMechV festgelegt. Nachstehend sind die aufgeschlüsselten Einnahmen und Ausgaben angegeben, die von den Übertragungsnetzbetreibern bis zum jeweiligen Monatsende erfasst wurden.

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

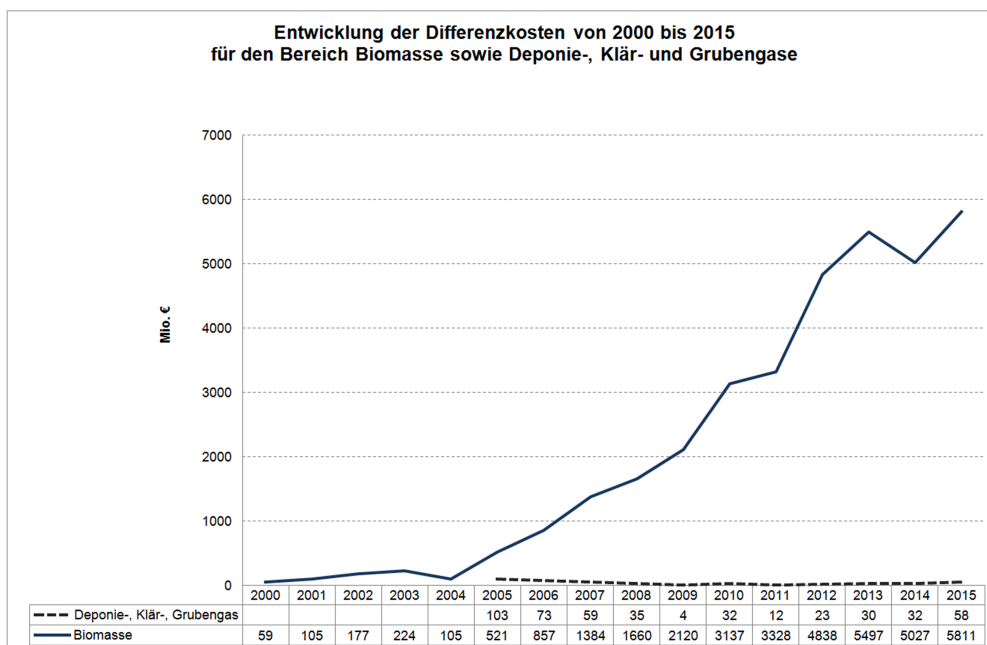


Abbildung 2.6: Die Differenzkosten im Bereich Biomasse zeigen von 2000 bis 2015 eine deutlich steigende Entwicklung. Damit ist evident, dass durch Fehlanreize und zu unrecht gezahlte EEG-Vergütungen ein nicht zu unterschätzendes Potential für einen volkswirtschaftlichen Schaden besteht. (Quelle: eigene Darstellung basierend auf den Angaben BDEW (2015, S. 43))

Betrieb. Die durchschnittliche Anlagenleistung lag 2013 bei ca. 441 kW_{el} (DBFZ, 2014, S. 12). Insgesamt gab es im Jahr 2013 mit 144 Biogasanlagen nur eine geringe Zahl von Anlagen, die aufbereitetes Biogas in das Erdgasnetz einspeisten (Bundesnetzagentur, 2013, S. 3). Das Wachstum des gesamten Biogasanlagenbestandes hat sich vom Jahr 2000 bis heute in mehreren Etappen vollzogen. Es ist evident, dass die Stärke des Zuwachses von der jeweiligen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlagen gültigen Fassung des EEG abhängig ist. Die Mechanismen der einzelnen Fassungen des EEG's bzgl. der Vergütung des Stromes bzw. der Energie aus Biogas unterscheiden sich vielfach. Starke Phasen des Zubaus finden sich insbesondere in den Zeiträumen von 2004 bis 2008 und von 2009 bis 2012. In 2013 ist aufgrund der EEG-Novelle 2012 ein Rückgang der Zuwachsrates zu verzeichnen. Abgeschätzt ergibt sich über die EEG-Umlage ein Fördervolumen von zwei Mrd. Euro pro Jahr, das zur Etablierung der Energiegewinnung aus Biogas aufgebracht wird. Herausforderungen für die Zukunft stellen neben der flexiblen Stromspeisung, auch die nach wie vor häufig fehlenden Wärmenutzungskonzepte dar.

Bei den hier zu untersuchenden Vergütungen nach § 27 EEG konnte festgestellt werden, dass unterschiedliche Auffassungen hinsichtlich ihrer Einordnung unter den Subventionsbegriff vertreten werden. Nach nationalem deutschem Recht wird eine Einordnung als Subvention von der herrschenden Meinung unter Abstellen auf: den fehlenden Bezug zu öffentlichen Haushalten, die marktmäßigen Gegenleistungen oder die Umlage auf Basis

2 Relevanz: Entwicklung des Biogasmarktes

des Gemeinlast-Prinzips verneint. Allerdings erfüllen die Vergütungen sowohl die Voraussetzungen des Beihilfebegriffs auf Ebene des Europarechts als auch die volkswirtschaftlichen Kriterien einer Subvention. Demnach werden die hier betrachteten Vergütungen im Folgendem als Subvention bezeichnet.

Die EEG-Bonifikationen, als Subventionen für Biogasanlagen, werden auf Basis eines komplexen Rechtsverhältnisses zwischen Staat und Anlagenbetreiber gewährt. Der Staat gewährt die Bonifikationen sowohl auf Basis rechtlicher als auch technologischer Voraussetzungen. Der Staat - als Prinzipal, gewährt demnach dem Anlagenbetreiber - in der Rolle des Agenten, eine Vergütung auf Grundlage der Erfüllung der im EEG genannten gesetzlichen Voraussetzungen. Hierbei besteht die Gefahr, dass der Agent auf Basis eines Informationsvorsprungs die gesetzlichen Vorgaben unterwandert. Dies erfolgt seitens des Anlagenbetreibers in der Regel mit dem Ziel seinen eigenen Gewinn zu maximieren. Um dies analytisch genauer untersuchen zu können, ist es erforderlich die Prinzipal-Agenten-Theorie näher zu betrachten und ihre Grundsätze auf die konkreten Konstellationen im EEG hinsichtlich der Subventionierung der Biogastechnologie zu übertragen.

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Die Prinzipal-Agenten-Theorie bildet eine Möglichkeit der Untersuchung von Wirtschaftsbeziehungen, in denen bei interagierenden Wirtschaftssubjekten das eine einen Informationsvorsprung gegenüber dem anderen verfügt. Die Informationsasymmetrien führen zu Ineffizienzen bei der Vertragsbildung oder der Vertragsdurchführung. Dies führt in der Regel zu Marktversagen. Dem Marktversagen kann allerdings durch geeignete Form der Vertragsgestaltung zumindest teilweise überwunden werden.

Einführend wird die Einordnung der Prinzipal-Agenten-Theorie in das Modell der Neoklassik dargestellt und im weiteren deren aktuelle Verwendung im Bereich der wirtschaftlichen Untersuchungen von Anreizsystemen im Bereich der erneuerbaren Energien untersucht.

3.1 Einordnung in die Institutionenökonomie

Die Prinzipal-Agenten-Theorie wird zu den neoklassischen Theorien gezählt. Sie stellt eine Weiterentwicklung des Standardmodells dar. Das Standardmodell der Neoklassik geht davon aus, dass alle Wirtschaftssubjekte bei ihrer Koordination am Markt über vollkommene Informationen verfügen und Angebot und Nachfrage auf dem Markt über den Preis ohne zeitliche Verluste in ein Gleichgewicht gebracht werden. Im Gleichgewicht ist der Preis gleich den Grenzkosten. Es tritt Marktträumung ein. Diese Modellannahmen¹ sind in der Regel weit von der Realität entfernt und sehr einschränkend. Sie gehen insbesondere von der Abwesenheit von Transaktionskosten aus. Die Weiterentwicklung des Modells innerhalb der neoklassischen Theorie hingegen sind bestrebt, eine Vielzahl dieser sehr einschränkenden Annahmen aufzulösen. Diese Modelle werden häufig unter dem Begriff der Neuen Institutionenökonomik (NIO) zusammengefasst. Zu ihr zählen die Prinzipal-Agenten-Theorie, die Transaktionskostentheorie, die Theorie der Verfügungsrechte, die Modelle der Verfassungsökonomik und der neuen politischen Ökonomik.

Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Theorien der Neuen Institutionen Ökonomik wird in Abb. 3.1 dargestellt. Der Begriff des Neuen Institutionen Ökonomik fasst

¹Die Modellannahmen sind im Wesentlichen die Theoreme der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie, die zu folgenden Prämissen führen: vollkommene Konkurrenz, keine Wettbewerbsbeschränkungen und Zutrittsbarrieren; homogene, d.h. gleich produktive und substituierbare Güter; sachliche, persönliche und räumliche Homogenität, vollkommene Information bzw. Markttransparenz, keine Friktionen und Preisrigiditäten; vollkommene Marktträumung; gegebene und konstante Präferenzen; vollständige Eigentumsordnung sowie die realwirtschaftliche Neutralität des Geldes.



Abbildung 3.1: Die Neue Institutionenökonomik umfasst die Verfassungsökonomik, die Theorie der Verfügungsrechte (Property of Rights), die Prinzipal-Agenten-Theorie und die Transaktionskostentheorie. (Quelle: eigene Darstellung)

Theorien und Ansätze zusammen, die auf den Überlegungen von Ronald Coase beruhen, die erstmals in seinem Aufsatz „*The Nature of the Firm*“ im Jahre 1937 veröffentlicht wurden. Die Theorie basiert auf der Annahme, dass bei wirtschaftlichen Transaktionen die Informationen für die Akteure nicht frei verfügbar und zugänglich sind. Es sind vielmehr Anstrengungen zu unternehmen, um an die notwendigen Informationen zu gelangen. Hiermit sind aus ökonomischer Sicht Kosten verbunden. Diese Kosten werden als Transaktionskosten bezeichnet. Unter Transaktionen werden alle Übertragungen von Verfügungsrechten an Gütern und Dienstleistungen in Austauschbeziehungen zwischen mindestens zwei Vertragspartnern verstanden. Die Annahme von Transaktionskosten bildet das Fundament der Neuen Institutionen Ökonomik.

Die Prinzipal-Agenten-Theorie, maßgeblich begründet durch Michael Jensen und William Meckling im Jahre 1976, greift den Ansatz von Roland Coase auf und erweitert ihn um die Perspektive, dass es bzgl. der an den Transaktionen beteiligten Wirtschaftssubjekten eine besser informierte Partei, den sogenannten Agenten und eine schlechter informierte Partei den sogenannten Prinzipal gibt. Im Kern dieses Ansatzes steht die Auseinandersetzung mit der Informationsasymmetrie zwischen den Akteuren und den sich daraus ergebenden Risiken für den Leistungsaustausch zwischen den Wirtschaftssubjekten. Die Prinzipal-Agenten-Theorie gehört ebenfalls zum Fundament der Neuen Institutionen Ökonomik.

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Die Transaktionen zwischen den Wirtschaftssubjekten basieren auf Handlungs- und Verfügungsrechten - Eigentumsrechte an Gütern. Eine klare Rechtsordnung und damit klare Eigentums- und Verfügungsrechte reduzieren das Risiko des Schicksals des Leistungsaustausches. Wenn keine definierten und durchsetzbaren Verfügungsrechte existieren, bestehen nur geringe Anreize für Investitionen und folglich auch geringe Anreize und Wachstum. Der Property-Rights-Ansatz beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Analyse der Verfügungsrechte. Er setzt auf einer 2. Ebene auf den Fundament der 3. Ebene auf, wie in Abb. 3.1 dargestellt.

Der Property-Rights-Ansatz und die Beschäftigung mit den Verfügungsrechten führt im Fortgang mit der Beschäftigung der Rechtsordnung und Verfassung eines Staates an sich, da diese Strukturen Ausgangspunkt für die Definition und das Verständnis der Eigentums- und Verfügungsrechte bilden. Verfassungsökonomik und Neue Politische Ökonomik wenden die grundlegenden Erkenntnisse des Transaktionskostenansatzes, der Prinzipal-Agenten-Theorie und des Property-Rights-Ansatzes an. Die Verfassung und die daraus abgeleiteten Gesetze kommen durch Interaktion zahlreicher Akteure, wie z.B. Parteien, Politiker und Interessenverbände unterschiedlichster Art zustande. Die Neue Politische Theorie umfasst Ansätze, die zentrale Erkenntnisse der Transaktionskostentheorie und der Prinzipal-Agenten-Theorie auf die politischen Strukturen auf Entscheidungsprozesse und das Verhalten von politischen Akteuren übertragen. Zu den wesentlichen Teilgebieten zählen die ökonomische Theorie der Demokratie (Downs, 1957), die im Wesentlichen auf Überlegungen von Buchanan (1965) und Buchanan und Tullock (1962) gründet, die Ökonomische Theorie der Bürokratie (Niskanen, 1968), die Theorie der Interessengruppen (Mancur, 1971), die Theorie der Regulierung (Stigler, 1971) und Peltzman (1976) sowie die Theorie des rent-seeking von (Tullock, 1980).

Im Mittelpunkt der Neuen Institutionenökonomik, steht die Analyse der Wirkung von Institutionen auf Wirtschaftseinheiten. Der Begriff der Institution wird in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften uneinheitlich verwendet. Es besteht jedoch Einigkeit über den Mindestinhalt des Institutionenbegriffes. Im Kern wird übereinstimmend darunter ein Regelsystem verstanden, das soziales Verhalten und Handeln von Individuen, Gruppen und Gemeinschaften in einer Weise formt, stabilisiert und lenkt, wodurch es im Ergebnis für andere Interaktionsteilnehmer erwartbar wird (Bender et al., 1999, S.176 ff.). Regeln können das Ergebnis von gezielten organisatorischen Anstrengungen sein. Sie können aber auch unintendiert aus Lernprozessen resultieren (Hayer, 1971). Ein System von Regeln bietet Wirtschaftseinheiten die Lösung von Koordinations-, Kooperations- und Innovationsproblemen. Ein Regelsystem bestimmt in der Regel den Entscheidungsmechanismus über den Umgang und die Verteilung von knappen Ressourcen. Ferner wird regelmäßig ein Vollzugs- und Kontrollmechanismus festgelegt. Gesellschaftliche Regeln bestimmen, welche Bewertungen den Entscheidungen zugrunde liegen; wie die Akteure, die entscheiden, vollziehen oder kontrollieren, die notwendigen Informationen erhalten; auf welche Art und Weise die Leistungsabgabe zwischen den Transaktionspartnern erfolgt und wie insbesondere wirtschaftliche Leistungen erbracht, motiviert und kontrolliert werden (Bender et al., 1999, S.176). Ein Regelsystem bietet bei Befolgung durch die Akteure für die Interaktionspartner den Vorteil der Komplexitätsreduktion der Entscheidungssituation.

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Informationsaufwand und Transaktionskosten werden reduziert, regelmäßig nimmt die Unsicherheit in der Entscheidungssituation, in der sich die Akteure jeweils befinden, ab. Regeln wirken auf die Akteure verhaltenseinschränkend, aber machen im Gegenzug auch die Verhaltensmuster für die Beteiligten planbarer. Es ist also möglich stabile Erwartungen über Verhaltensmuster (Hartwig, 1988, S.31) der Beteiligten zu bilden. Den Preis, den ein Akteur für die Einhaltung des Regelsystems „zahlt“, ist die Aufgabe von „*individueller Entscheidungsfreiheit*“ und somit individueller Nutzenmaximierung. Insofern stellt das sich Einordnen oder Unterordnen eines Akteurs leicht eine Nutzeneinbuße aus seiner Sicht dar. Dieses Grunddilemma bietet die Möglichkeit für Probleme des Moralischen Risikos, wie sie neben anderen in der Prinzipal-Agenten-Theorie untersucht werden.

3.2 Prinzipal-Agenten-Theorie im Kontext erneuerbarer Energien

Die Übertragung der Ansätze der Prinzipal-Agenten-Theorie auf die Konstellationen im Bereich der erneuerbaren Energieerzeugung ist bislang gering. Eine Begründung hierfür mag darin liegen, dass der Wirtschaftszweig der erneuerbaren Energien relativ jung ist und im Prinzip erst seit dem Jahr 2000 eine nennenswerte Marktentwicklung zu verzeichnen ist.

Dieser Zustand wird in der jüngeren Literatur bemängelt (Gillingham und Palmer, 2014). Gillingham und Palmer (2014) beschäftigen sich generell mit evidenten Fehlallokationen im Hinblick auf die Schaffung von Energieeffizienz. Grundsätzlich wird das Ausmaß der „*energy efficiency gap*“ kritisch betrachtet und die Möglichkeit einer Übertreibung der veröffentlichten Angaben bzgl. der Ineffizienzen angenommen. Es kommen neoklassische Ansätze und Ansätze der Verhaltensökonomie zur Anwendung. Sie regen eine Betrachtung unter den Gesichtspunkten der Prinzipal-Agenten-Theorie an.

Eine Analyse der Veröffentlichungen zum Thema Biogas und Prinzipal-Agenten-Theorie zeigt, dass von 2000 bis 2016 weniger als 100 Arbeiten weltweit erschienen sind, die sich mit diesem Themenkomplex beschäftigen, wie Abb. 3.2 zeigt.

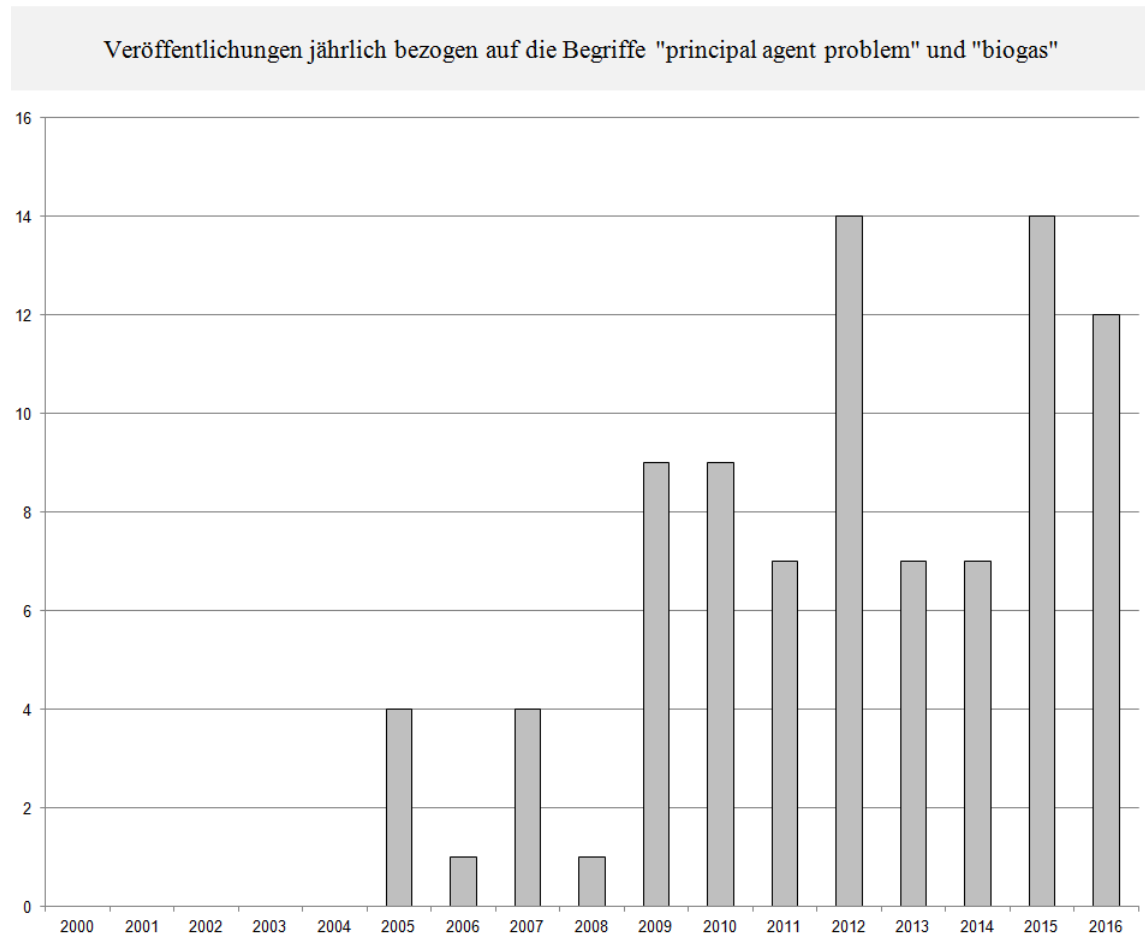


Abbildung 3.2: Anzahl der Veröffentlichungen jährlich ermittelt über „google scholar“ zu den Begriffen „principal agent problem“ und „biogas“. Über den Zeitraum von 2000 bis 2016 ergeben sich insgesamt in Summe 89 Veröffentlichungen. Eine Analyse der Begriffskombination „principal agent theory“ und „biogas“ liefert mit 44 Treffern noch weniger Ergebnisse. (Quelle: eigene Darstellung)

Im Bereich der Energieerzeugung von Biogasanlagen gibt es nur sehr wenige Beiträge, die auf den Ansätzen der neuen Institutionenökonomie aufbauen. Yildiz (2013) bemängelt dies und setzt sich mit spezifischen Fragen der Anwendbarkeit der Prinzipal-Agent-Theorie im Bereich der Energiegenossenschaften in Deutschland auseinander.

Er führt des Weiteren eine mikroökonomische Analyse einer dezentralen Energieerzeugung auf Basis kleiner Biogasanlagen unter Berücksichtigung der deutschen Rahmenbedingungen durch. Untersucht werden optimale Faktorallokationen unter Annahme einer CES - Produktionsfunktion (Wittmann und Yildiz, 2013). Hier wird allerdings nicht die Prinzipal-Agenten-Problematik untersucht.

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Weitere Arbeiten, die die Prinzipal-Agenten-Problematik aufgreifen, sind u.a. Le Bouthillier et al. (2016) und Gillingham und Palmer (2014). Hier werden die Zertifikate für Biokraftstoffe einer Betrachtung unter den Gesichtspunkten der Prinzipal-Agenten-Ansätze unterzogen. Lin (2011) untersucht die Thematik hinsichtlich der Europäischen Union. Pandey et al. (2013) bezieht sich auf den US-Markt für Biokraftstoffe.

3.3 Das Agency Modell - Voraussetzungen

Die Prinzipal-Agenten-Theorie geht zurück auf die Arbeiten von Michael Jensen und William Meckling aus den Jahren 1976. Sie baut dabei auf den grundlegenden Arbeiten von Ronald Coase zur Theorie der unvollständigen Verträge auf. Sie wurde erstmals von Ross (1973) in seinem Aufsatz „*The Economic Theory of Agency: The Principals Problem*“ aus dem Jahre 1973 erörtert². Sie analysiert die Tauschbeziehung zwischen zwei Protagonisten: dem Prinzipal und dem Agenten.

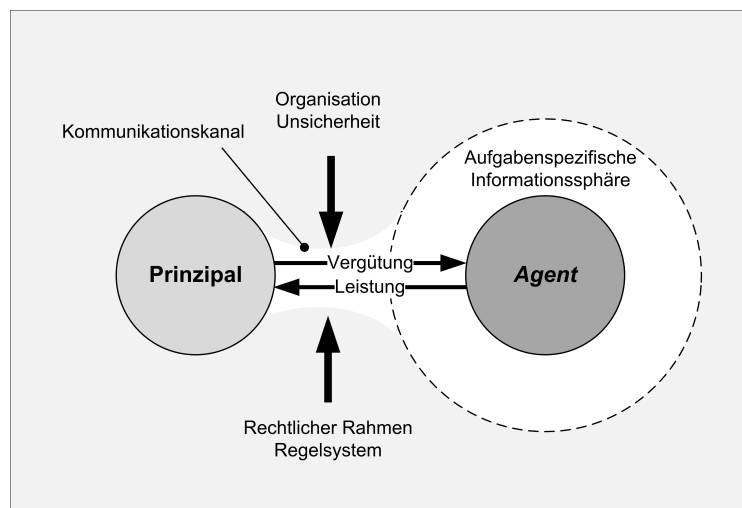


Abbildung 3.3: Austauschbeziehung zwischen Prinzipal und Agenten (Quelle: eigene Darstellung)

Prinzipiell kann die Austauschbeziehung zwischen Prinzipal und Agenten wie in Abb. 3.3 dargestellt werden. Der Agent hat bzgl. der zu erfüllenden Aufgabe einen Informationsvorsprung gegenüber dem Prinzipal - er verfügt über eine private Informationssphäre. Grundproblem des Prinzipals ist, dass er nicht direkt auf die Informationssphäre zugreifen bzw. sie einsehen kann. Er ist auf all das angewiesen, was ihm der Agent mitteilt. Es besteht demnach ein Kommunikationskanal zwischen Sender und Empfänger. Die Austauschbeziehung selbst ist eingebettet in diesen Kommunikationskanal. Der Kommunikationskanal und die Austauschbeziehung werden determiniert durch das Regelsystem und

²s. hierzu auch: Mirrless (1976) und Stiglitz (1974, 1975).

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

die vertragliche Beziehung (Rechtsbeziehung), die Organisation und die Unsicherheit. Daher sind diese einzelnen Elemente genauer zu betrachten.

3.3.1 Die Akteure - Prinzipal und Agent

Der Begriff „*principal-agent-theory*“ wird ins Deutsche mit „*Prinzipal-Agenten-Theorie*“ oder auf „*Prinzipal-Agent-Theorie*“ übersetzt. Zunächst sind die Begriffe Prinzipal und Agent näher zu definieren. Dabei ist es zweckmäßig auf die maximalen Grenzen des Wortsinns abzustellen, die Begriffe demnach zunächst grammatisch³, d.h. nach dem Wortlaut, auszulegen. Lt. Oxford Dictionary ist ein *agent*:

„*A person who acts on behalf of another, in particular: a person who manages business, financial, or contractual matters for an actor, performer, writer, etc.*“

Als *principal* wird:

„*The most important or senior person in an organization or group*“

definiert.

Lt. Duden ist ein *Prinzipal* im wirtschaftlichen Sinne der Geschäftsherr. Im Deutschen wird, mit Hinblick auf wirtschaftliche Vorgänge, als *Agent* eine Person, die - meist auf Provisionsbasis - Geschäfte vermittelt und abschließt, bezeichnet. Es ist damit offensichtlich, dass die Begriffe Prinzipal und Agent nicht im engen Sinne einer grammatischen Auslegung des deutschen Begriffe verstanden werden können. Für die inhaltliche Definition der Begriffe im vorliegenden Kontext ist mithin teleologisch vorzugehen. Die teleologische Auslegung berücksichtigt den Zweck und den Folgenzusammenhang des Begriffes. Für die Beschreibung des Prinzipal-Agent-Beziehung finden sich in der Literatur verschiedene, inhaltlich eng beieinander liegende Beschreibungen.

Jensen und Meckling (Jensen, 1976, S. 308) stellten das vertragliche Element in den Vordergrund:

„*An agency relationship can be defined as a contract, under which one or more persons (the principal(s)) engage another person (the agent), to perform some service on their behalf which involves delegating some decision making authority to the agent.*“

Pratt und Zeckenhauser (Pratt, 1985, S. 2) formulierten allgemeiner: „*Whenever one individual depends on action of another, an agency relationship arises. The individual taking the action is called the agent. The affected party is the principal.*“

Bedeutend war auch die Erkenntnis Arrows (Arrow, 1984b, S. 37), der die Universalität des Ansatzes mit der Aussage „*principal-agent relation[s]...virtually universal in the*

³Um den Begriffsinhalt zu erschließen haben sich in den Rechtswissenschaften die vier Auslegungsmethoden: grammatische, systematische, subjektive und objektiv-teleologische Auslegung entwickelt; näher hierzu s. Savigny (1840, S. 213, f.).

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

economy, representing a significant component of almost all transactions.“ betonte (Jost, S. 12).

Im Rahmen der Prinzipal-Agenten-Theorie wird der Prinzipal als ein „Auftraggeber“, der eine Autorität delegierendes formales Vertragsverhältnis zu seinem „Auftragnehmer“ oder „Repräsentanten“ unterhält definiert (Oswald, 2001a, S. 1061).

Der Agent maximiert nicht zwingend den Nutzen des Prinzipals. In erster Linie verfolgt der Agent sein Eigeninteresse und maximiert seinen eigenen Nutzen. Den Kontext für die Interaktion zwischen Prinzipal und Agent bildet ein Vertrag. Es ist jedoch nicht zwingend notwendig, dass es sich um ein Vertragsverhältnis im engeren Sinne handelt. Entscheidend ist, dass ein Regelsystem vorliegt, das die Möglichkeit der Rechtsdurchsetzung beinhaltet, d.h. dass Abweichungen von den Konventionen sanktioniert werden können.

Ausgangspunkt für den Prinzipal-Agenten-Konflikt ist die Tatsache, dass die Arbeitsanstrengung, evtl. einzelne Arbeitsschritte oder die gesamte erbrachte Leistung an sich bzw. das Ergebnis der Tätigkeit des Agenten wegen fehlender oder unzureichender Informationen seitens des Prinzipals nicht richtig beurteilt werden kann. Der Agent besitzt demnach einen Informationsvorsprung bzgl. seiner Arbeitsanstrengungen und der Einhaltung der vertraglichen Regelungen. Das Interesse des Agenten liegt in der Maximierung seines Nutzens.

Betrachtet man die Konstellation mit Hinblick auf Vergütungsansprüche des EEG, so kann bereits festgestellt werden, dass das Interesse des Agenten in einer Maximierung der auszuzahlenden Bonifikation liegt. Regelmäßig liegt jedem Prinzipal-Agent-Konflikt eine Informationsasymmetrie zugrunde. Dies ist die entscheidende Erweiterung zu neoklassischen Grundmodell. Eine zentrale Annahme neoklassischer ökonomischer Modelle ist die vollständige Information, d. h. die Akteure kennen sämtliche Umweltzustände und können die Handlungen ihrer Vertragsparteien beobachten. Informationen sind kostenlos verfügbar, Verträge sind vollständig, ihre Erfüllung kann kostenlos beobachtet und vollständig durchgesetzt werden.

Betrachtet man das Verhältnis zwischen Prinzipal und Agent strukturell, so ist das Verhältnis im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass der Prinzipal gegenüber dem Agenten die Kontroll- und Sanktionsmacht besitzt. Der Grund hierfür liegt in der asymmetrischen Verteilung der Verfügungsrechte. Die Kontroll- und Sanktionsmacht kann der Prinzipal zu seinem Vorteil ausüben. Der Prinzipal besitzt normalerweise formale Eigentumsrechte, über die er dann dem Agenten faktische Nutzungsrechte zuteilen kann.

Kommt es zu einer solchen Interaktion, entsteht eine vertragliche Bindung zwischen den beiden Vertragsparteien, auf der die institutionalisierte und meist auch hierarchische Tauschbeziehung zwischen den zwei Parteien beruht. Diese vertraglich geregelte Tauschbeziehung ermächtigt den Agenten zu gewissen Aktionsbefugnissen, welche jedoch auch gleichzeitig durch vertragliche Restriktionen und Regeln begrenzt werden (Oswald, 2001b,

S. 1069).⁴

Diese Restriktionen und Regeln sollen potentielle Konflikte zwischen den beiden Parteien einschränken. Allerdings sind komplexe langfristige Verträge i.d.R. unvollständig, d. h. sämtliche Leistungen und Gegenleistungen können nicht oder nur unter hohen (unangemessenen) Kosten determiniert werden. Ein unvollständiger Vertrag bzw. relationaler Vertrag ist ein Vertrag zwischen Wirtschaftssubjekten, bei dem nicht alle Eventualitäten ex ante vertraglich festgelegt bzw. berücksichtigt werden können. Häufig handelt es sich um Vereinbarungen, die auf einen längeren Zeitraum abzielen und die Lücken für zukünftige Kontingenzen enthalten, um unvollständiger Voraussicht entgegenzuwirken. (Tirole, 1999, S. 743 f.) Durch die unvollständigen Verträge entsteht eine Informationsasymmetrie mit einem Informationsvorteil und unbeobachteten Handlungsspielräumen zugunsten des Agenten bzw. unvollständigen Kontroll- und Überwachungsmöglichkeiten für den Prinzipal (Dietz, 1998, S. 30).

Hierdurch entstehen die Möglichkeiten des „moral hazard“, also das Auftreten von Situationen, in denen der Agent einen Anreiz dazu hat, unehrlich zu agieren (Holmstrom, 1979). Dies kann einerseits durch verborgene Handlungen des Agenten („hidden actions“) oder durch das Vorenthalten von nur dem Agenten vorliegenden Informationen („hidden information“) geschehen (Meinhövel, 2004, S. 471).

3.3.2 Regelung und Regelsystem

Das sozialwissenschaftliche Grundproblem, das in Bezug auf den Begriff „*Regel*“ bzw. „*Regelung*“ besteht, ist die Vieldeutigkeit und die uneinheitliche Verwendung. So stellen Iorio und Reizen (2010, S. 9) zur Begrifflichkeit fest, dass die Begriffe: Regeln, Norm und Gesetz Bestandteil einer Gruppe von intuitiv eng inhaltlich verwandten und verflochtenen Ausdrücken sind. Sie beschreiben ein Phänomen, wobei die genaue Beziehung der Begriffe zueinander keineswegs klar ist. Deutlich wird dies, wenn man die Begriffsverwendung sowohl innerhalb einer Wissenschaftsdisziplin als auch interdisziplinär betrachtet. „*Norm*“ wird in vielen Kontexten bedeutungsgleich mit „*Regel*“ verwendet, in anderem Umfeld beschreibt der Begriff eher ein „*Gesetz*“ oder ein „*Prinzip*“. Heute ist es nach wie vor eine interdisziplinäre Herausforderung die Mehrdeutigkeit der alltagssprachlicher Regelformulierungen aufzudecken und die logische Struktur des Regelbegriffs klar herauszuarbeiten (Iorio, Reizen, 2010, S. 11). Hierbei ist zu konstatieren, dass es sich nicht nur um terminologische Uneinheitlichkeit handelt, sondern sich auch auf der konzeptuellen Ebene bislang keine allseits akzeptierte Ordnung findet (a.O. S. 9).

Im Rahmen dieser Analyse macht es Sinn den Begriff „*Regel*“ bzw. „*Regelung*“ rein in der Form einer Verhaltensnorm für die Akteure zu verstehen. Die Akteure, die im Rahmen der Prinzipal-Agent-Theorie betrachtet werden, sind abstrahiert alle „*homo oeconomicus*“, d.h. rational handelnde Individualentscheider, die ihren Nutzen maximieren. Da-

⁴vgl. ferner: Dietl und van der Velden (2003, S. 318 ff.) und Ebers und Gotsch (1999, S. 199 ff.) sowie Hoberg (2007, S. 531 ff.).

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

bei kann offen gelassen werden, ob die Akteure *streng rational* oder *beschränkt rational* agieren. Der Regelbegriff wird *präskriptiv* verstanden. Iorio und Reiszlein (2010, S.47) unterscheidet hier zwischen den Gebots-, Verbots- und Erlaubnisregeln, die er als *deontische* Regeln bezeichnet sowie zwischen Vorkehrungsregel und Daumen- bzw. Faustregeln (ebd. S. 48). Der Begriff der Deontik stammt aus dem Bereich der formalen Logik und untersucht normative Aussagen auf ihre formallogische Beziehungen. Die deontische Logik (von Wright, 1951, S. 1 ff.) ist ein Spezialfall der Modallogik, wobei die die Begriffe des Erlaubt-, Verbotenseins und der Verpflichtung zu den modallogischen Begriffen der Unmöglichkeit und Notwendigkeit in Analogie gesetzt wird.

Regelungen sind gesellschaftliche Festlegungen, bzgl. Verhaltensmuster. Dabei zielt eine Regelung oft auf das Erreichen eines bestimmten Ziels oder eines bestimmten Zustandes ab. Regelungen können auch auf das Aufrechterhalten bzw. Beibehalten eines Zustandes abzielen. Regelungen können ein Ziel festlegen oder konkrete Prozessabfolgen zum Erreichen des Ziels vorgeben.

Formal können Regeln nach der Form der Informationsbereitstellung und nach dem Grad der Detailliertheit des Informationsinhalts unterschieden werden (Bühner, 1999, S. 8). Nach der Form wird zwischen direkten und indirekten Regelungen differenziert. Direkte Regelungen sind Regelungen, die eine persönliche, fallweise Koordination durch Aufsicht und Anweisung vornehmen. Indirekte Regeln sind schriftlich fixiert. Nach dem Grad der Detailliertheit wird zwischen impliziten und expliziten Regeln unterschieden. Implizit sind Regelungen, wenn eine zielbezogene Koordination anhand der Ergebnisse menschlichen Handelns vorzunehmen ist. Regelungen gelten als explizit, wenn sie die handlungsbezogene Koordination anhand der auszuführenden Prozessschritte vorgeben (Hax, 1965, S. 73 ff.).

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

		Regeln	
		direkte	indirekte
Regeln	implizit	Direkte Anweisung durch den Betriebsleiter zur Erledigung einer bestimmten Aufgaben (Zielvorgaben) ...	Einhalten von Emissionsgrenzwerten Einhalten bestimmter Vorgaben in Genehmigungsbescheiden Einhalten gesetzlicher Vorschriften ...
	explizit	Direkte Anweisung durch den Betriebsleiter bestimmte Arbeitsschritte durchzuführen ...	Tätigkeitsabfolgen nach: - Handbücher - Betriebsanleitungen - Bedienungsanleitungen - Leitfäden ...

Abbildung 3.4: Regeln - formale Dimensionen (Quelle: eigene Darstellung)

In Abbildung 3.3 sind exemplarisch Regelungen im Biogasanlagenbetrieb nach dem sich aus den Definitionen abgeleiteten Schema eingeteilt. Man muss allerdings feststellen, dass in einer komplexen Realität keine klaren Grenzen bestehen. Vielmehr wird es ein fließendes Kontinuum und Überschneidungen geben. Stelle man sich z.B. konkret die Emissionsmessung an einem BHKW vor. So ergeben sich hier beispielsweise Vorgaben aus §§ 28, 29 BImSchG und der TA-Luft, bei denen es sich um indirekte implizite Regelungen. Bzgl. der konkreten Umsetzung in einem Betrieb wird es allerdings auch zu expliziten direkten und indirekten Regelungen kommen. Die Umsetzung des Vergütungs- bzw. Fördermechanismus des EEG beruht auf einer unüberschaubaren Vielzahl von Regelungen. Die Untersuchung wird zeigen, dass bei der Umsetzung dieser Regelungen Informationsasymmetrien auftreten. Die Verifizierbarkeit bzw. Überprüfbarkeit der Einhaltung einer Regelung ist entscheidend.

3.3.3 Formale und informelle Organisation

Formale Organisation baut meist schriftlich auf fixierten, d.h. indirekten Regelungen auf (Kieser und Mark, 2006, S. 353). Es ist jedoch auch entscheidend zu konstatieren, dass Unternehmen mit ihren Betriebsabläufen keine starren Gebilde darstellen, sondern in eine sich ständig verändernde Umwelt eingebettet sind. Es ist daher entscheidend auch

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

die Aspekte der informellen Organisation zu berücksichtigen (Schulte-Zurhausen, 2014, S. 29).

Bei formaler Organisation handelt es sich zum Beispiel um die Definition der Arbeitsteilung, die Beschreibung von Arbeitsabläufen oder die Festlegung von Weisungsbefugnissen (Blau und Scott, 2003, S. 39). Die formale Organisation definiert sich aber eigentlich erst durch ihr Gegenteil - die informale Organisation, wobei beide Organisationsformen einander symbiotisch ergänzen (Schulte-Zurhausen, 2014, S. 429). Man bräuchte also die Unterscheidung zwischen formaler und informaler Organisation gar nicht zu treffen, wenn nicht jeder Mitarbeiter oder jede Arbeitsgruppe einen eigenen kreativen Weg für die Erledigung all dieser Vorgaben finden würde.

Diese Abweichung von den organisatorischen Vorgaben wurde bei den Hawthorne - Experimenten (1924-1932) entdeckt (Schulte-Zurhausen, 2014, S. 16) und in der Folge als informale Organisation bezeichnet. Die informale Organisation wurde zunächst als Mangel bzw. als vermeidbarer Fehler beim Organisieren angesehen. Erst eine fortlaufende Beobachtung der Geschäftsprozesse führte zur Einsicht, dass diese informale Organisation kein Mangel sondern vielmehr ein konstituierendes Wesenselement für jede Organisation ist und ihr ein Grundmaß an Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an die Umweltzustände gibt. Seitens der Vertreter des sogenannten Human-Relations-Ansatzes folgten zahlreiche empirische Studien in der sozialwissenschaftlichen Organisationsforschung (Schulte-Zurhausen, 2014, S. 17). Durch diese grundlegenden Arbeiten wurde aufgezeigt, wie bedeutend informale Strukturen innerhalb eines Unternehmens sind, damit positive Innovationen nutzbar gemacht werden können. Ferner tragen sie dazu bei unerwünschte Angewohnheiten, welche häufig die Ursache von Ineffizienzen sind, aus dem Arbeitsalltag zu verbannen.

3.3.4 Vertragliche Beziehung als Regelsystem

Die Beziehung zwischen Prinzipal und Agenten wird maßgeblich durch das vertragliche Verhältnis zwischen beiden Akteuren bestimmt. Durch das Vertragsverhältnis wird letztlich eine Möglichkeit zur strategischen Interaktion zwischen beiden Parteien ermöglicht.

Als *Vertrag* wird ein Übereinkommen zwischen beiden Parteien bezeichnet, in dem für alle möglichen Eventualitäten, die im Laufe ihrer Beziehung auftreten können, die jeweils zu leistenden Beiträge zur gemeinsamen Zusammenarbeit und die Beteiligungen am Erfolg im vornherein festgelegt sind (Jost, 2001, S. 13).⁵ Dem Agenten entsteht hieraus die Verpflichtung eine ihm übertragene Aufgabe für den Prinzipal durchzuführen. Der Vertrag legt auch das Entlohnungs- bzw. Vergütungssystem fest, über das der Agent für seine Anstrengungen im Hinblick auf die Erfüllung der Vertragsverpflichtungen kompensiert wird. Der Begriff des Vertrages bzw. Vertragsverhältnisses ist in diesem Zusammenhang weit gefasst. Die konkrete Ausprägung ist abhängig von der spezifischen

⁵Vgl. näher Townsend (1979) und Gale und Hellwig (1985).

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Prinzipal-Agenten-Beziehung. Der Vertrag umfasst sämtliche Möglichkeiten, die geeignet sind die Entscheidungen des Agenten zu definieren, zu beeinflussen und zu koordinieren.⁶

Entscheidendes Element ist die *Verifizierbarkeit* des Vertragselementes. Ein Vertragselement ist genau dann verifizierbar, wenn es überprüft werden kann, sobald es eingetreten ist. Eng verknüpft ist dieses Element mit der *Justizibilität*. Verstöße und Vertragsbruch müssen durch eine dritte Partei, i.d.R. ein Gericht, überprüfbar sein. Die Bedingung, dass die vertraglichen Konditionen auf verifizierbaren Größen aufbauen, garantiert, dass jede Vertragspartei die Möglichkeit hat eine gerichtliche Überprüfung bzw. Entscheidung herbeizuführen und somit ggf. seinen Anspruch auf Vertragserfüllung oder Kompensation durchzusetzen.

3.3.5 Unsicherheit

Im Hinblick auf die Interaktion zwischen Prinzipal und Agenten ist es von Bedeutung, ob Entscheidungen unter Sicherheit oder Unsicherheit vorgenommen werden. Abb. 3.4 zeigt wesentliche Unterschiede zwischen beiden Entscheidungssituationen auf. Bei Sicherheit kann der Entscheider das Ergebnis einer Aktion eindeutig vorhersagen, bei Unsicherheit dagegen gibt es mehrere mögliche Ergebnisse. Unsicherheit wird dabei in Ungewissheit, Risiko und Unwissen unterteilt. Bei der *Ungewissheit* sind die möglichen Auswirkungen bekannt, man verfügt jedoch nicht über Informationen zur Eintrittswahrscheinlichkeit. Ungewissheit wird auch als *Unsicherheit i.e.S.* bezeichnet. Beim *Risiko* ist als zusätzliche Information die Eintrittswahrscheinlichkeit bekannt, nicht aber der Zeitpunkt. Beim *Unwissen* sind auch die Auswirkungen der untersuchten Handlungsalternativen nicht vollständig bekannt. Knight (1921) unterscheidet in seinem Buch „*Risk, Uncertainty and Profit*“ eine weitere Eskalationsstufe von Unsicherheit: Entscheidung unter vollkommener Unsicherheit (Knightsche Unsicherheit): Dem Entscheider sind weder die von seiner Entscheidung abhängigen Eintrittswahrscheinlichkeiten der Umweltzustände noch die von seiner Entscheidung abhängigen möglichen Umweltzustände bekannt.

⁶Vgl. Schweizer (1999) zum weiten Vertragsbegriff, mit Ausführung zu Vor- und Nachteilen.

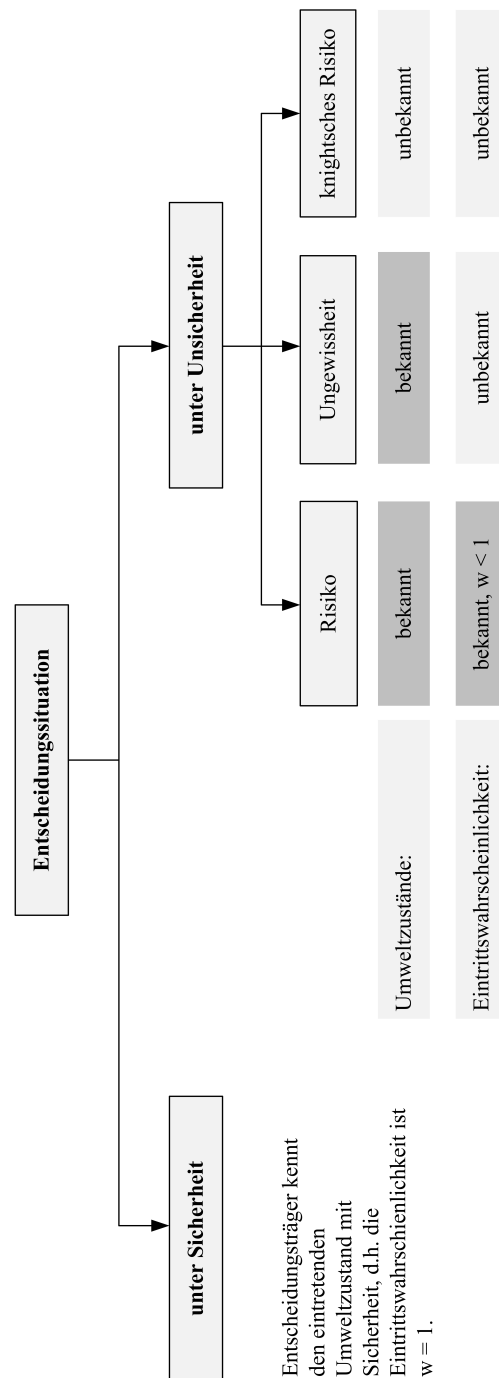


Abbildung 3.5: Entscheidungssituation unter Unsicherheit (Quelle: eigene Darstellung)

3.4 Die strategische Interaktion im Grundmodell

Die Spieltheorie bietet eine mathematische Methode um rationales Entscheidungsverhalten in sozialen Konfliktsituationen abzuleiten. Hierbei wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass das Ergebnis einer Aktion nicht nur vom eigenen Handeln, sondern auch von den Handlungen bzw. den Aktionen der anderen an der Konfliktsituation beteiligten Akteure abhängt. Es werden also Entscheidungssituationen modelliert, in denen sich die Akteure gegenseitig beeinflussen. Wesentliche Beiträge und Grundlagen zur Spieltheorie finden sich in den Arbeiten von Bernoulli (1738), Bertrand (1883), Cournot (1938), Edgeworth Edgeworth (1881), Oskar Morgenstern und John von Neumann (1944) sowie Selten, Harsanyi und Nash (1950).

Bei einem Spiel im Sinn der Spieltheorie handelt es sich um ein mathematisches Modell zur Beschreibung von Vorgängen, in denen mehrere Akteure, die als Spieler bezeichnet werden, gegenseitig die Ergebnisse ihrer Entscheidung beeinflussen. Dabei wird zwischen kooperativen und nicht-kooperativen Spielen unterschieden. Die kooperative Spieltheorie behandelt die Bildung von Koalitionen in kooperativen Spielen. Dabei versuchen die Spieler durch günstiges Koalieren, ihren eigenen Nutzen zu maximieren.

Nicht-kooperative Spieler sind hingegen aktions- und strategieorientiert. Sie stellen nicht auf die zwischen den Spielern bestehenden Koalitionsfunktionen ab.

Unter *strategischer Interaktion* wird in der Spieltheorie die Situation bezeichnet, dass ein Spieler bei seiner Entscheidung bereits das mögliche Verhalten des Mitspielers als Reaktion auf sein Verhalten berücksichtigt. Es wird folglich die Wechselwirkung durch die Parteien antizipiert.

Die Prinzipal-Agent-Theorie geht grundsätzlich von einem bestehenden Interessenkonflikt zwischen den Parteien aus. Der Prinzipal ist an einer bestmöglichen Durchführung der Aufgabe durch den Agenten interessiert. Der Erfolg der Aufgabendurchführung besteht in dem Gewinn, den der Prinzipal aus der Kooperation mit dem Agenten erzielt. Am Erfolg ist der Agent durch eine Entlohnung bzw. Vergütung für die Aufgabendurchführung beteiligt. Der Prinzipal wird in der Regel seinerseits das Ziel verfolgen seinen Anteil am Kooperationsgewinn zu maximieren. Grundsätzlich ist er an einem möglichst hohen Arbeitseinsatz des Agenten bei der Aufgabendurchführung interessiert. Er wird allerdings auch versuchen, die Entlohnung des Agenten möglichst gering zu halten (Jost, 2001, S. 17).

Der Agent hingegen wird bei der Durchführung der Aufgabe die Kosten berücksichtigen, die für ihn mit seinem Arbeitseinsatz verbunden sind. Sein Ziel ist es seine Entlohnung zu maximieren und die damit verbundenen Anstrengungen - das Arbeitsleid zu minimieren.

Aufgrund des Interessenkonfliktes sollte der Prinzipal annehmen, dass der Agent sich zur Erfüllung seiner vertraglichen Verpflichtungen in dem Maße entschließt, in dem es für ihn selbst von Vorteil ist. Dies ist für den Prinzipal in der Regel nachteilig. Aus diesem Grund ist der Prinzipal angehalten, den Vertrag so auszugestalten, dass das strategische

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Handeln des Agenten konform mit den Zielen des Prinzipals ist (Jost, 2001, eb.). Das Vergütungssystem muss daher so ausgestaltet werden, dass es das Entscheidungskalkül des Agenten im Hinblick auf die Durchführung der übertragenen Aufgabe beeinflusst. Ob und inwieweit der Prinzipal dieses Ziel erreichen wird, hängt davon ab, ob die Anreize des Agenten durch seine Beteiligung am Erfolg der Aufgabe groß genug sind, ihn zum bestmöglichen Verhalten bzgl. der Zielsetzung des Prinzipals zu bewegen.

Gemäß der strategischen Perspektive der Interaktion wird folgende zeitliche Struktur postuliert. Im ersten Schritt bietet der Prinzipal dem Agenten einen Vertrag an, der ihm die Durchführung einer Aufgabe überträgt und seine Entlohnung regelt. Im zweiten Schritt entscheidet der Agent darüber, ob er diesen Vertrag annimmt oder ihn ablehnt. Sollte der Agent das Angebot annehmen, ist der Vertrag geschlossen und der Agent führt nun im dritten Schritt den Vertrag ordnungsgemäß durch. Abschließend erhält der Agent nach erfolgreicher Durchführung im vierten Schritt seine vertragsgemäße Entlohnung. Diese zeitliche Struktur liegt jedem Prinzipal-Agenten-Modell zugrunde. Dies impliziert wenigstens fünf Annahmen an die Art der Beziehung zwischen Prinzipal und Agent (Jost, 2001, S. 17):

1. Die Struktur bedingt, dass das Vertragsangebot eine „take-it-or-leave-it Offerte“ an den Agent ist. Die Verhandlungsmacht liegt also vollständig beim Prinzipal.
2. Der Agent ist der einzige, der Einfluss auf die Durchführung der Aufgabe hat.
3. Es gibt nur einen Prinzipal, der die Aufgabe an den Agenten delegiert. Eine Kompetenzüberschneidung bei der Aufgabendelegation ist damit ausgeschlossen.
4. Der Prinzipal überträgt dem Agenten lediglich eine Aufgabe. Aufgaben, die verschiedene Aktivitäten des Agenten bedürfen, werden im Grundmodell nicht berücksichtigt.
5. Die Beziehung zwischen Prinzipal und Agent ist auf eine einmalige Durchführung einer Aufgabe beschränkt. Das Grundmodell schließt damit eine dynamische Beziehung, die in der wiederholten Durchführung derselben Aufgabe besteht, aus.

Die Grundstruktur des Problems stellt zwei zentrale Fragen in den Mittelpunkt der Betrachtung: Nimmt der Agent das Vertragsangebot an und falls ja, wird der Vertrag ordnungsgemäß, d.h. im Interesse des Prinzipals durchgeführt? Für einen Vertrag, der diese Anforderungen erfüllt, werden in der Literatur die *Anreizverträglichkeits- oder Anreizkompatibilitätsbedingungen* abgeleitet.

Der Agent wird den Vertrag annehmen, wenn sein erwarteter Nutzen aus der Beziehung mindestens so groß ist, wie der Nutzen, den er in einer alternativen Beziehung erzielen könnte. Dieser Nutzen wird als *Reservationsnutzen* bezeichnet. Die *Partizipations- bzw. Teilnahmebedingung* bedingt folglich, dass der Reservationsnutzen mindestens genauso hoch sein muss, wie der Nutzen, den der Agent durch die Einnahme der Outside-Option einnimmt.

Im Hinblick auf die Vertragsgestaltung und die Überprüfbarkeit der Einhaltung der Kon-

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

ditionen ist der Prinzipal vor Herausforderungen gestellt.

Liegt ein Fall *symmetrischer Information* vor, d.h. haben beide Akteure - Prinzipal und Agent - umfassende Informationen hinsichtlich ihrer vertragswesentlichen Eigenschaften und der Durchführung der Aufgabe ist. Die Verifizierbarkeit der ordnungsgemäßen Vertragsdurchführung ein einfach. Es besteht bei keiner Partei ein Informationsvorsprung.

Ein Fall *asymmetrischer Information* ist gegeben, wenn eine Vertragspartei über mehr Informationen bzgl. der Durchführung der Aufgabe verfügt als die andere. Im Rahmen des Grundmodells wird angenommen, dass der Prinzipal ein Informationsdefizit besitzt. Der Prinzipal hat weder vor Eingang der Vertragsbeziehung noch während der Durchführung der Aufgabe alle Informationen sowohl über den Agenten selbst als auch über die Qualität und Quantität mit dem er die Aufgabe erfüllt.

Im Wesentlichen stellen der Interessenkonflikt, die Informationsasymmetrie und die Risikoeinstellung des Prinzipals und des Agenten die Grundlagen für die zahlreichen Modellvarianten im Rahmen der Prinzipal-Agent-Theorie dar. Darüber hinaus bestimmt die zeitliche Struktur der Interaktion zwischen Prinzipal und Agent die Ausprägung der einzelnen Fallkonstellationen.

	Hidden Action	Hidden Information	Hidden Characteristics
Ursprung des Informationsdefizits	endogen	exogen	exogen
Zeitpunkt des Informationsdefizits	ex post	ex post	ex ante
Vertragsproblem	moralisches Risiko	moralisches Risiko	adverse Selektion

Abbildung 3.6: Differenzierung zwischen Hidden Action, Hidden Information und Hidden Characteristics im Hinblick auf Ursprung und den Zeitpunkt des Auftretens des Informationsdefizits sowie des damit verbundenen Vertragsproblems

Bei Einführung der exogenen Unsicherheit in die intertemporale Grundstruktur der Interaktion ergibt sich folgende neue Struktur, wie in Abb.3.7 dargestellt: In einem ersten Schritt gestaltet und offeriert der Prinzipal einen Vertrag. In einem zweiten Schritt entscheidet der Agent über die Vertragsannahme. In einem dritten Schritt wählt der Agent seine Arbeitsanstrengungen. Auf der vierten Stufe werden nun die exogenen Einflussfaktoren realisiert. Auf der fünften Stufe tritt der Aufgabenerfolg ein und der Agent wird entlohnt.

In der Ausgangssituation besitzen Agent und Prinzipal den gleichen Informationsstand

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

bzgl. aller für die Interaktion im Rahmen des Vertragsverhältnisses relevanten Informationen. Der Prinzipal kennt i. Allg. auch die Fähigkeiten des Agenten bzgl. der Durchführung der Aufgaben. Die Akteure haben allerdings keine perfekte Information hinsichtlich des Eintritts zufälliger Einflussfaktoren, die den Erfolg der Aufgabendurchführung betreffen. Auf der vierten Ebene realisiert sich also eine exogene Zufallsgröße, wie in Abb. 3.7.

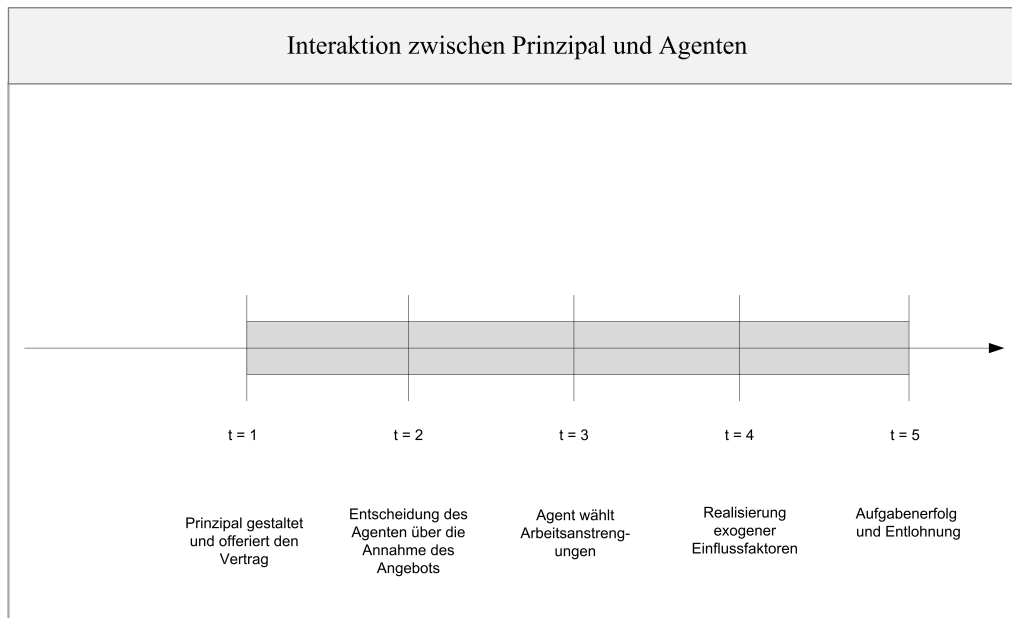


Abbildung 3.7: Zeitliche Abfolge der Interaktion zwischen Prinzipal und Agenten (Quelle: in Anlehnung an Jost 2001)

Es sind verschiedene Konstellationen denkbar, in denen der Prinzipal ein Informationsdefizit gegenüber dem Agenten besitzt. Ursache hierfür können in einem unbeobachtbaren Verhalten, in unbeobachtbaren Eigenschaften oder in unbeobachtbaren Informationen liegen. Dabei können diese Konstellationen kumuliert auftreten. Im Hinblick auf den Zeitpunkt ihres Eintritts relativ zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses unterscheidet man: Hidden Action, Hidden Information und Hidden Characteristics.

Die Prinzipal-Agenten-Theorie unterscheidet demnach zwischen drei formalsprachlichen Varianten (Alparslan, 2006, S. 3), den Hidden-Characteristics-Modellen, den Hidden-Action-Modellen und den Hidden-Information-Modellen.

Von *Hidden-Characteristics* wird gesprochen, wenn die Informationsasymmetrie bereits vor Vertragsschluss (ex-ante) vorliegt und sich auf Eigenschaften des Agenten bezieht, die der Prinzipal nicht beobachten kann.

Im Falle der *Hidden-Action* liegt eine Informationsasymmetrie nach Vertragsschluss (ex-post) vor, die sich auf die Aktionen des Agenten und die Ausprägung exogener Störgrößen bezieht.

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Modelle, die sich mit *Hidden-Information* auseinandersetzen, untersuchen einen weiteren Fall der Informationsasymmetrie nach Vertragsabschluss. In diesen Fallkonstellationen sind die Handlungen bzw. Aktionen des Agenten beobachtbar, allerdings sind die Ausprägungen exogener Störgrößen für den Prinzipal unbekannt. Alparslan (2006, S. 4)

Als Folge der Möglichkeit von Hidden Action und Hidden Information unterliegt der Vertrag einem „moralischem Risiko“. Hidden Characteristics hingegen führen zum Risiko der „adversen Selektion“ (Mankiw, 2012, S. 468 ff.). Der Zusammenhang ist in Abb. 3.6 dargestellt.

Der Begriff der „*Hidden Action*“ bezieht sich hauptsächlich auf unvollständige Informationen des Prinzipals bzgl. der Handlungen, die der Agent in Erfüllung seiner vertraglichen Verpflichtungen nach Vertragsschluss unternimmt. Unter „Hidden Characteristics“ werden versteckte Eigenschaften des Agenten verstanden, die er vor Vertragsschluss besitzt und die dem Prinzipal verborgen sind. Der Begriff der „Hidden Information“ bezieht sich auf Umstände, die nach Vertragsschluss eintreten und die Erfüllung der übertragenen Aufgabe beeinflussen. (Mankiw, 2012, S. 468)

Unter „*moral Hazard*“ - moralisches Risiko - versteht man einen nachvertraglichen Opportunismus von Transaktionspartnern. Der Agent wird als besser informierte Partei seinen Aufwand reduzieren und damit das vom Prinzipal avisierte Ziel verfehlen, ohne dass der Prinzipal die Ursachen hierfür feststellen kann. Der Prinzipal kann sich nur unvollständig über das Verhalten des Agenten informieren und es damit nicht vollständig verifizieren. Moralisches Risiko tritt im Falle von Hidden Information und Hidden Action auf. (Mankiw, 2012, S. 469)

Unter „*adverse Selection*“ - adverser Selektion - wird das Risiko des Prinzipals verstanden einen Agenten auszuwählen, der nicht über die Eigenschaften verfügt, die der Prinzipal z.B. zur optimalen Erfüllung der Aufgabe voraussetzt. Die Adverse Selektion beschreibt damit eine negativ Auslese bzw. Auswahl. Die Informationsasymmetrie ist hier bereits vor Vertragsschluss vorhanden. (Mankiw, 2012, S. 470)

Ein „*Hold-Up*“ - Problem kann vorliegen wenn der Prinzipal zwar die Aktionen des Agenten beobachten kann, seine Intentionen - Absichten allerdings nicht kennt. Diese Problem kann dann auftreten, wenn der Prinzipal spezifische Investitionen getätigt hat, die er nicht mehr rückgängig machen kann. Es liegen in solchen Fällen regelmäßig „sunk costs“ vor. Das Hold-Up - Problem muss nicht als Problem einer asymmetrischen Informationsverteilung angesehen werden, sondern stellt ein Problem unvollständig ausgehandelter Verträge dar. (Hart, 1995)

3.4.1 Hidden Action

Die Literatur bezeichnet Informationsasymmetrie aufgrund verborgener Handlungen des Agenten als Hidden Action. Man kann diese Form als endogen im Hinblick darauf bezeichnen, dass die Informationsasymmetrie erst nach Vertragsschluss durch das Verhalten des

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Agenten ausgelöst wird. Sie findet auf der dritten Stufe der Interaktion zwischen Prinzipal und Agenten bei der Wahl des Anstrengungsniveaus zur Erfüllung der Aufgabe statt. Diese Anstrengungen seien durch den Prinzipal nicht verifizierbar. Der Prinzipal ist folglich nicht in der Lage den Aufwand, den der Agent zur Erfüllung seiner Aufgabe betreibt, zu konditionieren, so daß die Entlohnung auf der fünften Stufe unabhängig von diesem Engagement erfolgt. Ein Verhalten bzw. die Gefahr, dass der Agent das Informationsdefizit des Prinzipals zu seinem eigenen Vorteil ausnutzt, bezeichnet die Literatur als moralisches Risiko (moral hazard). Der Prinzipal verfolgt in einer solchen Situation das Ziel dieses moralische Risiko durch einen geeigneten Vertrag zu begrenzen. Es ist ein Vertrag zu gestalten, der das strategische Verhalten des Agenten berücksichtigt und gleichzeitig den Nutzen des Prinzipals maximiert (Jost, 2001, S. 29).

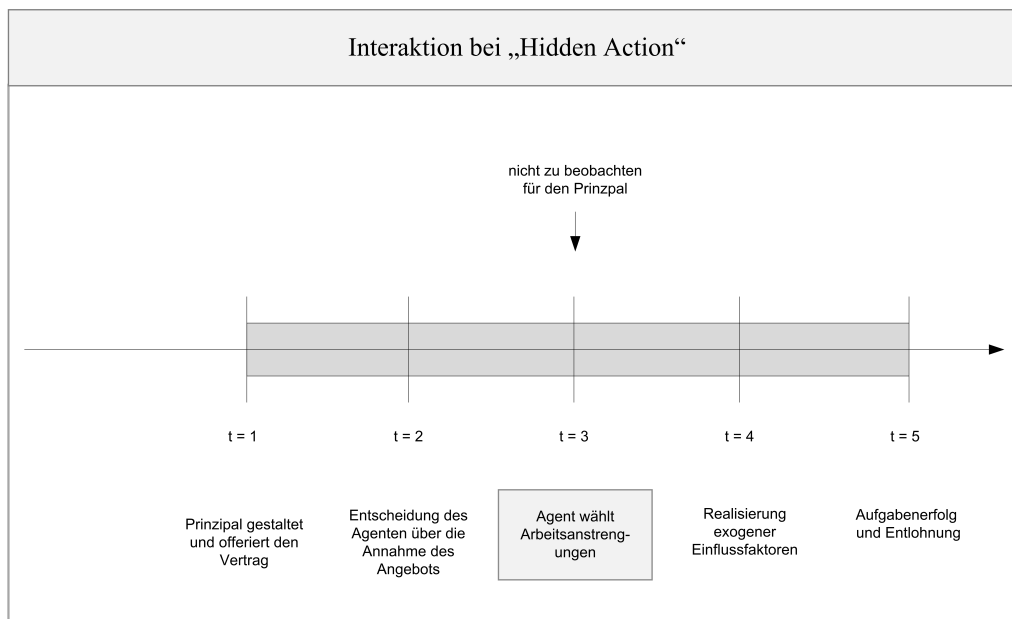


Abbildung 3.8: Zeitliche Abfolge der Interaktion zwischen Prinzipal und Agenten im Falle von Hidden Action (Quelle: in Anlehnung an Jost 2001)

Es sind allerdings auch Fälle möglich, in denen der Prinzipal nicht nur auf das Ergebnis der Aufgabendurchführung zurückgreifen kann, sondern er über zusätzliche verifizierbare Informationen verfügt, die Aufschluss über die Aufgabendurchführung geben. Solche Informationen können sowohl unmittelbar mit dem Arbeitseinsatz bzw. Aufwand des Agenten in Verbindung stehen als auch sich auf die exogenen Einflussfaktoren beziehen, die den Erfolg der Aufgabendurchführung beeinflussen. Berücksichtigt man diesen Aspekt so würde die Grundstruktur zwischen Stufe 4 und 5 durch einen Schritt - den Erhalt verifizierbarer Informationen über die Aufgabendurchführung des Agenten - erweitert, s. Abb. 3.9. Existiert diese Stufe, so stellt sich für den Prinzipal grundsätzlich die Frage, ob und inwieweit diese gewonnenen Informationen zur Entlohnung des Agenten herangezogen werden sollen. Diese Informationen bieten die Möglichkeit Schlüsse auf den Einsatz

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

des Agenten bzgl. der Erfüllung der Aufgabe zu ziehen. Im Hinblick auf die Anreizgestaltung sollten diese Informationen genutzt werden. Aber es ist auch zu berücksichtigen, dass diese zusätzlichen Informationen keinen eindeutigen Rückschluss zulassen, sondern regelmäßig selbst zufälligen Schwankungen unterlegen sind. Ein Vertrag, der damit an diese zusätzlichen Informationen anknüpft, zieht damit ein nicht unerhebliches Risiko nach sich. Rein aus dem Blickwinkel der Risikoverteilung sollten diese nicht berücksichtigt werden. (Jost, 2001, S. 27)

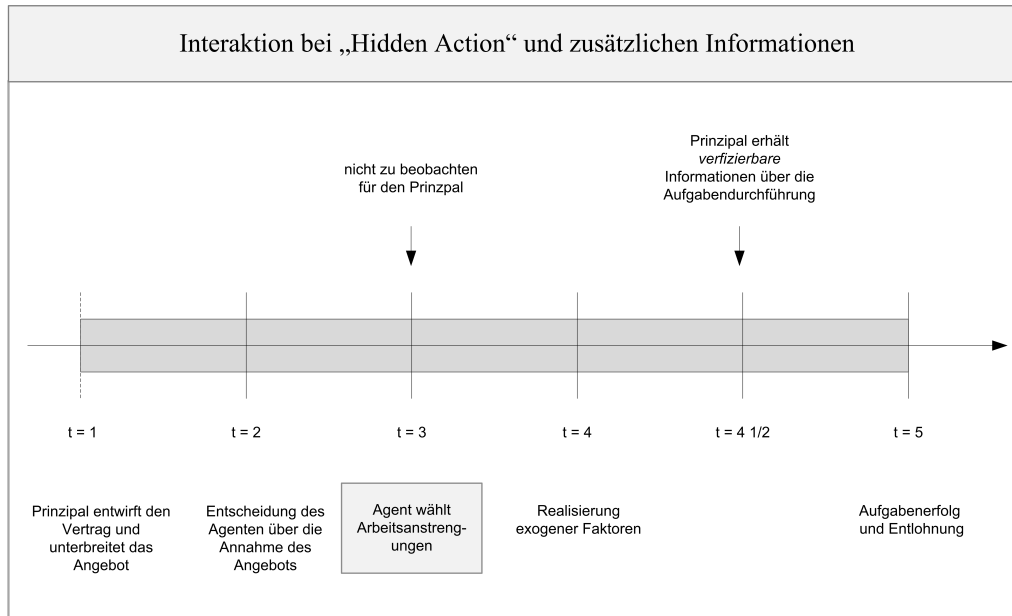


Abbildung 3.9: Zeitliche Abfolge der Interaktion zwischen Prinzipal und Agenten im Falle von Hidden Action und verifizierbarer Informationen hinsichtlich der Aufgabendurchführung (Quelle: in Anlehnung an Jost)

3.4.2 Hidden Characteristics

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass zwar der Prinzipal den Agenten beobachten kann, er aber nicht in der Lage ist die unbeobachtbaren Eigenschaften des Agenten zu beurteilen. Der Agent verfügt über private Informationen bzgl. seiner Eigenschaften und seiner Eignung, die von ihm verlangte Leistung zu erbringen. Eine solche Informationsasymmetrie wird als Hidden Characteristics bezeichnet. Diese Art der Informationsasymmetrie besitzt regelmäßig die Eigenschaft, dass sie bereits vor Abschluss des Vertrages, d.h. ex ante, vorliegt. Das intertemporale Grundmodell kann diesen Fall aufnehmen, wenn man eine zusätzliche Stufe einfügt, die den Zustand vor Vertragsschluss charakterisiert. Auf dieser Stufe 0 wird eine exogene Zufallsentscheidung der Natur angenommen, die den Typ des Agenten festlegt, wie Abb.3.10 zeigt. Dieser Typ, der die Eigenschaften des Agenten festlegt, ist nur ihm bekannt. Der Prinzipal hat hiervon keine Kenntnis. Der

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

Typ ist eine nicht-verifizierbare private Information des Agenten.

Das Vorhandensein von Hidden Characteristics bietet aus Sicht des Prinzipals die Gefahr der adversen Selektion. Dies bedeutet, dass falls der Prinzipal einen Vertrag offeriert, der auf die durchschnittliche Qualität bzw. den durchschnittlichen Typ von Agenten zugeschnitten ist, er dem Risiko ausgesetzt ist, dass ein Agent mit schlechteren Eigenschaften als der Durchschnittstyp seine Eigenschaften verschleiert und bessere Eigenschaften vortäuscht bzw. solche imitiert, um in den Genuss des Vertragsabschlusses zu gelangen. Diese potentielle Verschleierung oder Imitation des geforderten Typs seitens des Agenten, die durch den Prinzipal nicht beobachtbar ist, birgt für den Prinzipal die Gefahr einen zur Aufgabendurchführung unvorteilhaften Agenten-Typ auszuwählen.

Als Möglichkeit gegen adverse Selection wird in der Literatur das sog. *Screening* vorgeschlagen. Hierbei werden seitens des Prinzipals dem potentiellen Agenten unterschiedliche Verträge angeboten mit der Erwartung, dass unterschiedliche Agententypen jeweils unterschiedliche Verträge präferieren. Es wird angenommen, dass die Entscheidung des Agenten für einen bestimmten Vertragstyp Aufschluss über seinen Typ gibt, er also seinen Typ preisgibt (Jost, 2001, S. 28).

Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass der Agent im Vorfeld des Vertragschlusses dem Prinzipal, als nicht informierte Partei, private Informationen bzgl. seines Typs signalisiert. Diesen Fall bezeichnete die Literatur als *Signalling*. Im intertemporalen Grundmodell lässt sich dieser Fall durch Einführung einer Stufe zwischen 0 und 1 einführen. Auf dieser neuen Stufe sendet der Agent ein Signal an den Prinzipal. Der Prinzipal verbleibt allerdings regelmäßig in der Situation, dass er die Signale bewerten muss und dass der Agent seinerseits wiederum über die Möglichkeit der Täuschung verfügt. Der Agent kann sich strategisch verhalten. Es gibt keine Garantie für den Prinzipal, dass er seinen Typ wahrheitsgemäß offenbart. Er wird vielmehr versuchen sich gegenüber dem Prinzipal in einem positivem Licht darzustellen und darüber hinaus alles, was in Bezug auf das Vertragsverhältnis negativ sein könnte, versuchen zu unterdrücken. Inwieweit es das Signal dem Prinzipal ermöglicht tatsächliche Rückschlüsse auf die privaten Informationen des Agenten zu ziehen, hängt in der Regel davon ab, wie hoch die Kosten sind, die dem Agenten mit seinem Signal entstehen (Jost, 2001, S. 29).

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

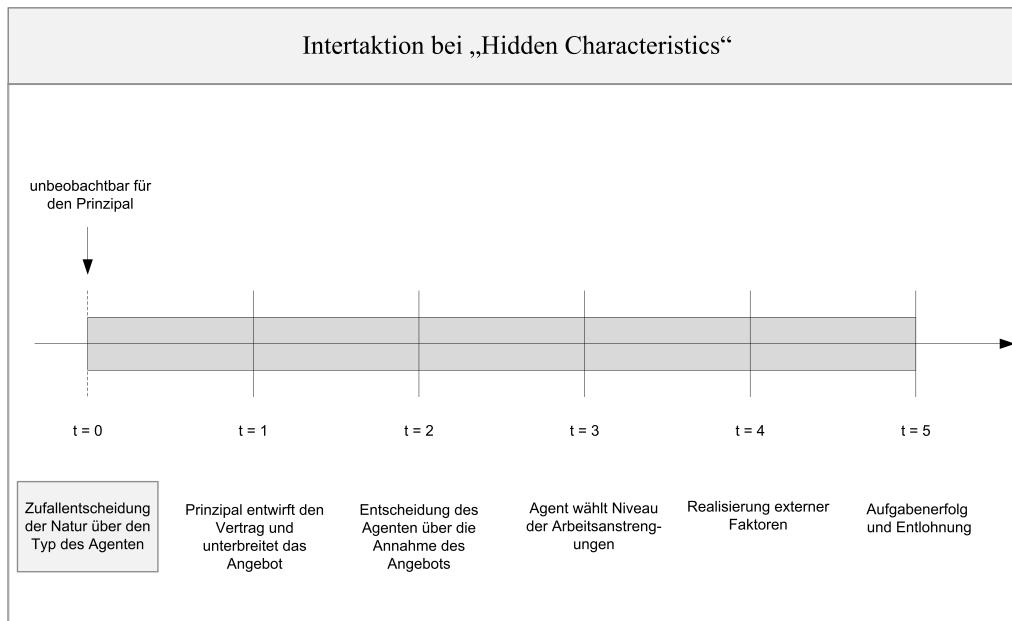


Abbildung 3.10: Zeitliche Abfolge der Interaktion zwischen Prinzipal und Agenten im Falle von Hidden Characteristics (Quelle: in Anlehnung an Jost 2001)

3.4.3 Hidden Information

Eine weitere Fallgruppe hinsichtlich der Informationsasymmetrie bildet der Fall der Hidden Information. Hierbei kann der Prinzipal das Verhalten des Agenten zwar beobachten, aber nicht direkt beurteilen. Diesen Fällen ist gemein, dass der Agent bei der Durchführung seiner Aufgabe Informationen erlangt, von denen der Prinzipal keine Kenntnis hat. Durch diese zusätzlichen Informationen kann der Agent den Erfolg seiner Aufgabendurchführung besser einschätzen als der Prinzipal. Ein Beispiel bietet hier die Tätigkeit eines Vertriebsmitarbeiters. Dieser kann in seinem Vertriebsgebiet durch Kundenkontakt die Nachfrage und potentielle Verkäufe besser einschätzen als der Vertriebsleiter, der keine direkten Kontakte im Vertriebsgebiet pflegt. Das Informationsdefizit entsteht in diesem Fall ex post, d.h. erst nach Vertragsschluss. Zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses sind beide Parteien symmetrisch informiert. Es ist dem Prinzipal in diesen Fällen zwar möglich das Verhalten des Agenten zu beobachten, jedoch ist eine Beurteilung des Verhaltens aus Sicht des Prinzipals nicht möglich. Der Agent macht das Ausmaß seines Arbeitseinsatzes abhängig von der Realisierung exogener Faktoren. Hierbei kann der Prinzipal nicht feststellen, ob das Ergebnis bzw. der Erfolg der übertragenen Aufgabe auf eine Realisierung der exogenen Faktoren oder auf dem eigentlichen Aufwand des Agenten beruht. Hieraus resultiert ein moralisches Risiko. Der Agent kann bei eventuell schlechter Erfüllung der übertragenen Aufgabe auf die Realisierung ungünstiger exogener Faktoren abstellen. Bei Vorliegen günstiger exogener Faktoren könnte er diese gegenüber dem Prinzipal als ungünstig darstellen und seinen Arbeitseinsatz übertreiben. Diesem strategischen Verhalten

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

des Agenten muss der Prinzipal entgegen treten. Es besteht hier eine Analogie zu den Fallgruppen der Hidden Characteristics. Der Prinzipal muss auch hier eine Annahme treffen hinsichtlich des Typs des Agenten. Die privaten Informationen des Agenten über die Realisierung der exogenen Faktoren bestimmt seinen Typ. Ähnlich zum Fall der adversen Selektion ist es für den Prinzipal vorteilhaft, wenn er den Typ des Agenten kennt, s. Abb. 3.11. Wegen des moralischen Risikos kann der Prinzipal aber nicht davon ausgehen, dass der Agent seinen Typ wahrheitsgemäß offen legt. Der Prinzipal wird deshalb den Vertrag so gestalten, dass der Agent bei positiven Informationen tatsächlich einen Anreiz hat mehr Einsatz zu leisten, als in einer Situation, in dem er negative Informationen erhält. Ein solches Vertragsdesign ist eine Möglichkeit das moralische Risiko einzuschränken (Jost, 2001, S. 31).

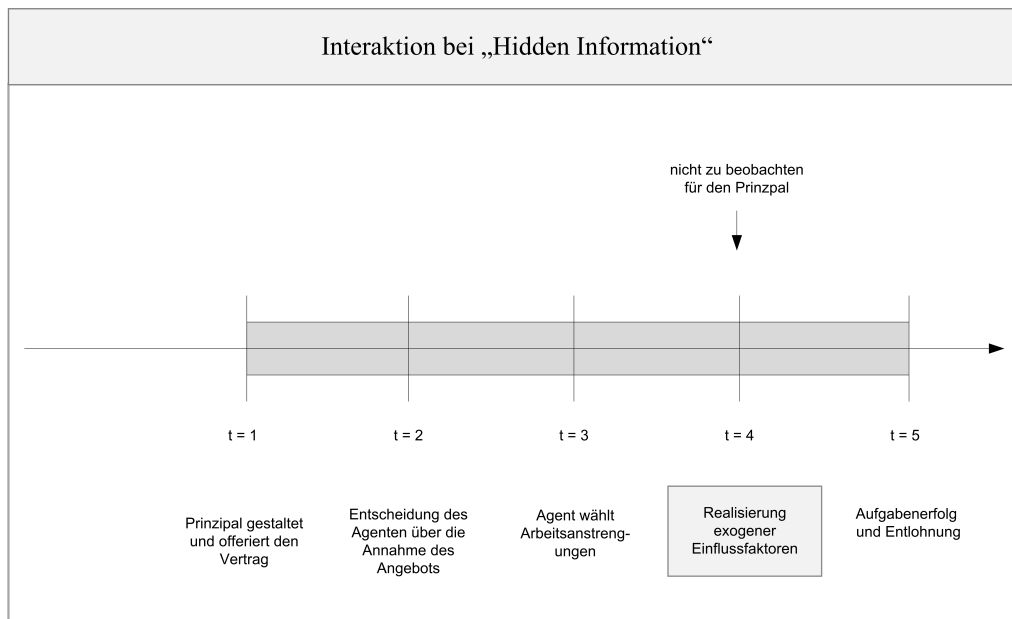


Abbildung 3.11: Zeitliche Abfolge der Interaktion zwischen Prinzipal und Agenten im Falle von Hidden Information (Quelle: in Anlehnung an Jost 2001)

3.5 Fallkonstellationen unter dem Blickwinkel des EEG

Eine Übertragung der Grundsätze der Prinzipal-Agenten-Theorie legt folgende Hypothese nahe. Da der Staat, als Prinzipal, dem Biogasanlagenbetreiber, in der Rolle des Agenten, die Aufgabe der regelkonformen Erzeugung von Energie aus Biogas überträgt, könnte der Anlagenbetreiber aus Gründen der Gewinnmaximierung von der Einhaltung der gesetzlichen Regeln abweichen. Eine Abweichung von den Regeln kann beispielsweise aufgrund der Komplexität der Regelungen schwerpunktmäßig rechtliche Hintergründe haben. So haben sich durch die Komplexität der Regelungen einerseits Auslegungsschwierigkeiten ergeben, die strategisches Verhalten eröffnen. In diesem Kontext

3 Die Prinzipal-Agenten-Theorie

wurde die EEG-Clearingstelle ins Leben gerufen. Andererseits kann strategisches Verhalten auch auf einem bewussten Abweichen von Technologie und der Veränderung von Geschäftsprozessen beruhen. So ist für manche Vergütungstatbestände z.B. das Vorliegen von Umweltgutachten eine Voraussetzung oder es ist die Verwendung bestimmter Substrate (Einsatzstoffkombinationen) vorgeschrieben.

Die Informationsasymmetrie entsteht somit nach Vertragsschluss, d.h. ex post. Sie kann endogen sein und auf dem Verhalten des Anlagenbetreibers (Agenten) beruhen oder aber exogen sein und auf nicht vorhersehbaren Umständen z.B. einer veränderten Substratqualität gründen. Es sind also Fälle der „Hidden Action“ und der „Hidden Information“ denkbar. Beide Fallvarianten beinhalten das Risiko des „Moral Hazard“. Fallkonstellationen von „Hidden Characteristics“ sind kaum denkbar, da die Erzeugung von Biogas von technologischen Voraussetzungen und weniger von in der Person des Agenten (Biogasanlagenbetreibers) liegenden Eigenschaften (dem Typ des Agenten) abhängt. Die gesetzlichen Regelungen zur Vergütung knüpfen nicht an persönlichen Eigenschaften des Biogasanlagenbetreibers an, die er gegenüber dem Prinzipal verschleiern könnte. Damit scheiden Fälle der „Hidden Characteristics“ aus der Analyse aus.

Im Nachfolgenden ist zu untersuchen, inwiefern sowohl durch die technischen als auch rechtlichen Gegebenheiten bei der Vergütung von Energie aus Biogasanlagen Prinzipal-Agenten-Probleme auftreten können. Hierbei werden zunächst der technische und anschließend der rechtliche Rahmen der Erzeugung und Vergütung von Strom aus Biogas untersucht.

4 Technologisches Potential für Informationsasymmetrien

Die Erzeugung von Strom und Wärme aus Biogas ist ein komplexer mehrstufiger Prozess. Um letztlich wirtschaftliche Aussagen über die Biogastechnologie und die Anreiz- und Steuerungsmechanismen des EEG in diesem Zusammenhang treffen zu können, ist es notwendig sich in Grundzügen mit den wesentlichen technischen und biochemischen Grundlagen der Stromerzeugung aus Biogas auseinanderzusetzen. Der biologische Prozess ist vielschichtig und weder durch den Anlagenbetreiber noch seitens des EVU oder durch den Staat vollständig steuer-, kontrollier- oder verifizierbar. Wie die spätere ökonomische Analyse zeigen wird, sind es letztlich genau diese ineinandergreifenden biochemischen Abläufe in Kombination mit der Verfahrenstechnik und den gesetzlichen Vorschriften, die das Auftreten von Informationsasymmetrien bedingen, fördern und eine effiziente Allokation verhindern.

Zunächst wird ein Überblick über die wesentlichen biologischen Vorgänge im Rahmen der Biogaserzeugung¹ vermittelt, daran anschließend wird in Grundzügen die gängige Verfahrenstechnik² erläutert. Wesentlich für die weitere Analyse ist eine Betrachtung der Substrate.³ Die Substrate - Einsatzstoffe - bilden den Input einer Biogasanlage. Sie enthalten letztlich die Energie, die unter Verlusten in Strom und Wärme umgewandelt wird. Strom und Wärme - als Output - werden am Energiemarkt abgesetzt. Eine grundlegende Kenntnis hinsichtlich der am häufigsten in Biogasanlagen eingesetzten Substrate⁴ ist unerlässlich für die ökonomische Analyse. Nicht nur der biologische Abbauprozess in der Biogasanlage, sondern die Substrate selbst bieten Potential für Informationsasymmetrien, denn ihr Energiegehalt und damit ihr „Wert“ ist ex ante nicht zwingend beobachtbar und

¹Vgl. Biogashandbuch Bayern (Neser et al., 2012, S. 6 ff.) und auch Leitfaden Biogas (FNR, 2010, S. 21ff.).

²Vgl. Biogashandbuch Bayern (Neser et al., 2012, S. 32 ff.) und auch Leitfaden Biogas (FNR, 2010, S. 32ff.).

³Vgl. Biogashandbuch Bayern (Neser et al., 2012, S. 17 ff.) und auch Leitfaden Biogas (FNR, 2010, S. 75ff.).

⁴Im Hinblick auf den Einsatz bzw. der Verwendung diverser biogener Substrate sind in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungen und Studien erfolgt. Es lassen sich dabei im Wesentlichen zwei Richtungen unterscheiden. Einerseits beschäftigen sich zahlreiche Veröffentlichungen mit dem Substratmix und den spezifischen verfahrenstechnischen Anforderungen beim Einsatz in der Biogasanlage selbst, andere beschäftigen sich vorrangig mit der Etablierung von Energiepflanzen und deren Anbau. Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren auf der praxisnahen Darstellung im Biogashandbuch Bayern (2012) und des Leitfadens Biogas (2010) zu den Substrateigenschaften. Dabei ist hauptsächlich die Verwendung in der Anlage von Bedeutung. Der vorgelagerte Anbau von NawaRos ist im Hinblick auf die durchgeführte Analyse von untergeordneter Bedeutung.

unterliegt natürlichen Schwankungen. Auch kann im Rahmen des Verarbeitungsprozesses ein gewisser Schwund bzw. Schlupf auftreten.

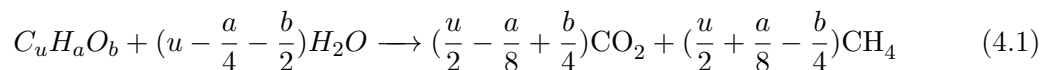
4.1 Methanerzeugung und der Fermentationsprozess

Biogas entsteht durch einen natürlichen biologischen Abbauprozess, der in sauerstofffreier Umgebung stattfindet (Neser et al., 2012, S. 13 ff.). Bei der anaeroben Fermentation werden organische Stoffe unter Ausschluss von Sauerstoff durch Mikroorganismen zersetzt bzw. abgebaut. Das Endprodukt dieses Prozesses ist ein brennbares Gas, das Biogas. Größter Bestandteil des Biogases ist Methan (CH_4). Methan ist der eigentliche Energielieferant. Seine Energie wird später i.d.R. durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Strom und Wärme überführt. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil des Biogases ist Kohlendioxid (CO_2). Darüber hinaus sind noch weitere Gase nämlich Wasserstoff (H_2), Schwefelwasserstoff (H_2S), Stickstoff (N_2), Sauerstoff (O_2) und Spurengase enthalten. Der Anteil der verschiedenen Gase im Biogas schwankt und hängt hauptsächlich von den Ausgangsstoffen und dem Fermentationsprozess ab. Die Abb. 4.1 zeigt die Bestandteile des Biogases.

Durchschnittliche Zusammensetzung von Biogas		
Bestandteil	Formelzeichen	Gehalt (Vol.-%)
Methan	CH_4	50-75
Kohlendioxid	CO_2	25-45
Wasserdampf	H_2O	2(20°C)-7(40°C)
Sauerstoff	O_2	0-2
Stickstoff	N_2	0-2
Ammoniak	NH_3	0-2
Wasserstoff	H_2	0-1
Schwefelwasserstoff	H_2S	0-2

Abbildung 4.1: Zusammensetzung von Biogas (Quelle: in Anlehnung an Kaltschmitt und Hartmann, 2001)

Theoretisch lässt sich der Biogas- und Methanertrag nach der *Buswellschen Gleichung* (Buswell und Mueller, 1952), wie unter 4.1 dargestellt, berechnen. Die Methanertäge aus Biomasse errechnen sich aus dem Gehalt an Protein, Fett, Rohfaser und stickstofffreien Extraktstoffen.



4 Technologisches Potential für Informationsasymmetrien

mit u, a, b : Anzahl der Atome der Elemente

Für Biogasanlagen erfolgt jedoch regelmäßig eine Abschätzung der Gaserträge über Futtermitteltabellen. (Neser et al., 2012, S. 14). Die Anwendbarkeit der Buswellschen Gleichung ist im Bereich der praktischen Anlagenführung beschränkt, da oft die chemische Zusammensetzung des Substratmixes bzgl. der genauen organischen Verbindungen unbekannt ist und auch Schwankungen unterliegt. Eine Vielzahl von Arbeiten, wie beispielsweise Weiland (2001), Jäger (2002) Wellinger (2000) Amon (2003) und Edelmann (2001), setzen sich mit der Ermittlung der Biogaserträge auseinander.

4.1.1 Die vier Phasen des Fermentationsprozesses

Der anaerobe Abbauprozess ist ein vielschichtiger biologischer Prozess (FNR, 2010, S. 66 f.), an dem eine Vielzahl unterschiedlicher Mikroorganismen beteiligt sind (Schaumann, 2012). Er verläuft in vier Phasen, der Hydrolyse, Acidogenese, Acetogenese und Methanogenese.

Ein erster Blick auf die Phasen des Fermentationsprozesses zeigt bereits die Komplexität der biochemischen Vorgänge. Alle Phasen laufen in den Fermentern (Gärbehältern) in der Regel parallel ab. Es besteht eine starke Wechselwirkung zwischen den einzelnen Phasen. Es ist technisch und wirtschaftlich unmöglich diesen Prozess zu jedem Zeitpunkt zu regeln und zu steuern, da insbesondere viele Faktoren selbst für den erfahrenen Anlagenbetreiber unbeobachtbar bleiben. Die Steuerung des Fermentationsprozesses stellt auch heute noch eine Herausforderung im Anlagenbetrieb für den Anlagenbetreiber dar. (FNR, 2006)

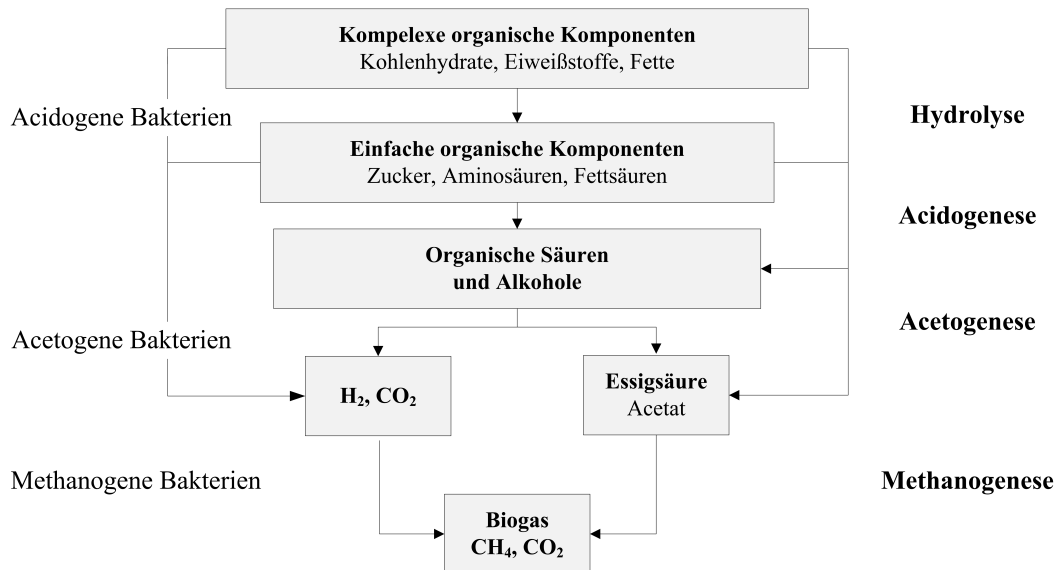


Abbildung 4.2: Zusammenhang der Phasen des Fermentationsprozesses, Abbauprodukte und beteiligte Mikroorganismen (Quelle: Schaumann)

In der ersten Phase, der **Hydrolyse**, werden ungelöste biogene Polymere biochemisch in niedermolekulare Verbindungen gespalten. Dies geschieht durch von Bakterien freigesetzte Exoenzyme, die das ungelöste, partikuläre Material angreifen (Graf, 2001). Eine Vielzahl unterschiedlicher Bakteriengruppen sind an der Hydrolyse beteiligt. Die Hydrolyseprodukte werden von weiteren Organismen aufgenommen und im eigenen Stoffwechsel weiter abgebaut.

In der **Acidogenese** werden die Produkte der Hydrolyse in niedermolekulare Säuren und Alkohole umgesetzt. Das in dieser Phase gebildete Acetat, Kohlendioxid und der Wasserstoff stellen bereits die Ausgangsprodukte für die Methanbildung dar. Der Wasserstoffpartialdruck, d.h. die Konzentration an elementarem Wasserstoff, bestimmt das Verhältnis der in der Acidogenese entstehenden Produkte (Kaltschmitt, 2001). Je niedriger der Wasserstoffpartialdruck, desto höher ist der Anteil an Acetat, das sich während der Phase bildet.

In der **Acetogenese** entsteht aus niedermolekularen organischen Säuren und Alkoholen der Acidogenese, Essigsäure, Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid. Acetogenese und Methanogenese sind eng miteinander gekoppelt und laufen nebeneinander in einer Art Symbiose der beteiligten Mikroorganismen ab (Graf, 2001). Der in der Acetogenese gebildete Wasserstoff wird in der Methanogenese zur Methanbildung verbraucht.

Die **Methanogenese** ist die letzte Stufe des anaeroben Abbauprozesses. Methanogene Bakterien setzen Methan als Stoffwechselprodukt frei. 70 % des Methans stammen hierbei aus Acetat, welches zuvor in der Acetogenese erzeugt wurde. Es wird durch Decarboxilierung (Kaltschmitt, 2001) gebildet. Etwa 30 % werden durch hydrogenotrophe Mikroorganismen auf dem Wege der Methanisierung von Wasserstoff und Kohlenstoff (Graf, 2001) gebildet.



Die Methanogenese bedarf einer strikt anaeroben Umgebung. Die methanogenen Mikroorganismen reagieren sehr empfindlich auf Sauerstoff (Graf 199). Sauerstoffeintrag in den Gärprozess sollte deshalb unbedingt vermieden werden. Im Gegensatz zu Aerobiern können Methanbakterien nur in flüssiger Phase mit mindesten 50 % Wassergehalt überleben (Schulz et al., 1982). Die Methanogenese ist auch sehr temperaturanfällig. Es sollte ein Temperaturbereich von 35°C bis 40°C eingehalten werden. In dem methanogenen Milieu sollte ein pH-Wert von 6,5 bis 8,5 (Graf, 2001) herrschen. Eine Versäuerung, wie sie z.B durch fehlerhafte Substratzugabe eintreten kann, ist unbedingt zu vermeiden (Neser et al., 2012, S. 10).

4.1.2 Biochemische Determinanten der Biogasproduktion

Die Biogasproduktion, gerade im großtechnischen Stil, ist ein sehr sensibler Prozess, dem in der Praxis große Bedeutung zu kommt. Kleinste Veränderungen im Milieu, bei der

Temperatur oder Substratzusammensetzung können essentielle Auswirkungen auf den Biogasertrag und die Qualität des Biogases haben. Von diesen Faktoren hängt letztlich die Wirtschaftlichkeit der Anlage ab. Kippt der Prozess, können im „*Worst Case*“ hohe Entsorgungskosten für Gärreste und das Wiederbefüllen und -beimpfen der Fermenter entstehen. Auch dauert es oft mehrere Monate, bis die Biogasproduktion bei Prozessstörungen wieder das Ausgangsniveau erlangt. Im Hinblick auf eine mikroökonomische Analyse ist es daher wesentlich, die biochemischen Determinanten näher zu betrachten. Als Determinanten werden der pH-Wert, die Temperatur, Hemm- und Störstoffe und Spurenelemente betrachtet.

Eine wichtige Bedeutung nimmt der **pH-Wert** ein. Die Bakterienstämme, die hauptsächlich in der Phase der Hydrolyse und Acidogenese aktiv sind, besitzen ein Optimum bei pH 4,5 bis 6,3. Von diesem Bereich kann jedoch geringfügig abgewichen werden, ohne dass die Mikroorganismen absterben. Abweichungen gehen allerdings zu Lasten der Effizienz. Bakterien die vorwiegend im Bereich der Acetogenese und der Methanogenese tätig sind bevorzugen ein Milieu im schwach alkalischen Bereich. Hier wird der Bereich von pH 6,8 bis 7,5 als optimal angesehen (Neser et al., 2012, S.12).⁵

Große Bedeutung kommt auch verfahrenstechnisch der **Temperatur** zu. Im Hinblick auf die Prozesstemperatur in Biogasanlagen werden die drei Temperaturbereiche: psychrophil, mesophil und thermophil unterschieden. In jedem dieser Temperaturbereiche sind angepasste Bakterienstämme aktiv. Ein Eindruck der Temperaturabhängigkeit des Fermentationsprozesses liefert Abb. 4.3. In der Regel nimmt die Geschwindigkeit des Abbauprozesses c.p. mit zunehmender Temperatur zu. Während bei psychrophil betriebenen Anlagen eine Verweildauer von 70 - 80 Tagen empfohlen wird, beträgt diese bei mesophil betriebenen Anlagen nur 30 - 40 Tage. Die schnellste Zersetzung wird im thermophilen Bereich erzielt. Hier sollte die Verweildauer 15 - 20 Tage betragen (Neser et al., 2012, S. 11). Aus diesem Zusammenhang kann jedoch nicht der Schluss gezogen werden, dass eine Anlage am besten thermophil betrieben werden sollte, denn es gibt zahlreiche Faktoren zu berücksichtigen. Hohe Temperaturen im Prozess führen zu einem erhöhten Energieverbrauch der Anlage. Das Fermentervolumen muss entsprechend geheizt werden. Auch sind die Veränderungen der benötigten Fermentervolumina und die Auswirkungen auf die Dimensionierung des Gärrestelagers zu berücksichtigen. All dies zieht eine Veränderung in der Kostensituation bzw. Investitionen nach sich und hat damit erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Auch sind insbesondere die Bakterien des thermophilen Bereichs sehr anfällig gegenüber Temperaturschwankungen. Sie reagieren bereits auf kleine Temperaturschwankungen von +/- 1°C und benötigen eine gewisse Zeit um sich an das neue Temperaturniveau anzupassen. Im thermophilen Bereich ist die Hydrolyserate im direkten Vergleich mit dem mesophilen Intervall erhöht. Dies führt allerdings zu einer Erhöhung der Konzentration an organischen Säuren. Der Betrieb der Anlage mit mesophilen Stämmen toleriert hingegen Temperaturschwankungen von +/- 3°C (Neser et al., 2012, S. 11).

Störstoffe, Umweltgifte und gewisse Verunreinigungen sind **Hemmstoffe**, welche in

⁵Weitere Ausführungen zur Thematik auch FNR (2010).

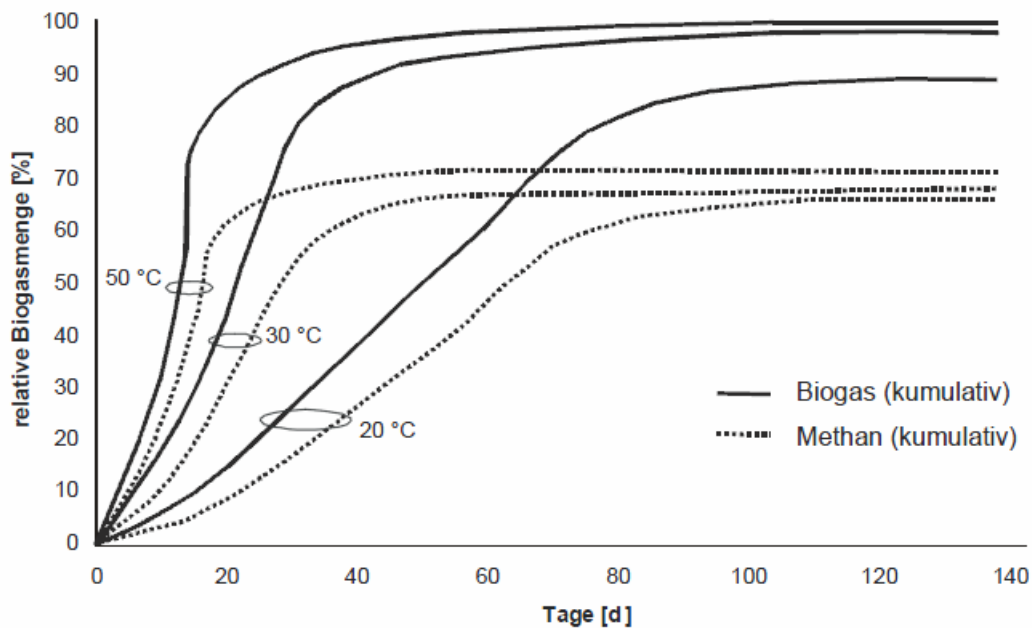


Abbildung 4.3: Zusammenhang zwischen Temperatur und Abbaugeschwindigkeit. (Quelle: Nesper et al. (2012))

zu hoher Konzentration den Zersetzungsprozess stören, da sie giftig für die Bakterien sind. Als solche Stoffe kommen in Betracht: Antibiotika, Desinfektionsmittel, Herbizide, Salze und Schwermetalle. Aber auch Zwischenprodukten, wie Ammoniak (NH_3) und Schwefelwasserstoff (H_2S) kommt große Bedeutung zu. H_2S ist bei einer Konzentration von 50 mg/l toxisch. Schwefel an sich ist allerdings ein wesentliches Spurenelement und für die Bakterien ein unverzichtbarer Mineralstoff. Ammoniak steht in wässriger Lösung stets in einem chemischen Gleichgewicht mit Ammonium (NH_4). Bei steigendem pH-Wert, nimmt die OH^- Konzentration zu und es entsteht vermehrt Ammoniak. Ammonium dient den Bakterien als Stickstoffquelle und hat einen positiven Einfluss. Ammoniak hingegen hemmt die Biogasproduktion. Die Hemmwirkung des Ammoniak steigt mit zunehmender Temperatur. Dies kann sich besonders bei thermophil betriebenen Anlagen negativ auswirken (Nesper et al., 2012, S. 13).

Die an der Fermentation beteiligten Mikroorganismen benötigen **Spurenelemente**, wie z.B.: Eisen, Nickel, Kobalt, Molybdän, Selen und Wolfram. Bei ihrem Eintrag ist ebenfalls auf die richtige Konzentration zu achten. Zu große Mengen können dem Biogaserzeugungsprozess schaden. Als grobe Orientierung werden in der Regel Werte aus dem Abwasserbereich herangezogen (Nesper et al., 2012, S. 13).

Eine weitere wichtige Rolle spielen die **Pufferkapazität und die organischen Säuren**⁶ (Roitsch, 2009, S. 25). Aus dem anaeroben Substratabbau gehen vor allem die

⁶Vgl. u.a. Leitfaden Biogas (FNR, 2010, S. 24, 91 f., 101 ff.) und Biogashandbuch Bayern (Nesper et al.,

niedermolekularen organischen Säuren als wichtige Zwischenprodukte hervor, da sie die metabolische Vorstufe zu CH_4 und CO_2 bilden. Die häufigsten Fettsäuren sind Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Valeriansäure. Durch eine zu hohe Belastung der Bakterien durch Substratüberfütterung oder häufigen Wechsel der Inputsubstrate kann es zu einer Ansammlung der Essigsäure kommen. In Abhängigkeit davon sinkt der Methangehalt. Grundvoraussetzung für eine konstante Biogasproduktion ist das Gleichgewicht zwischen Säureproduktion und Säureverbrauch. Wird Essigsäure aufgrund einer Hemmung nicht mehr zu CH_4 abgebaut, reichert sie sich im Fermenter an. Die dadurch hervorgerufene pH-Absenkung wirkt hemmend auf den Gärprozess (Hill, 1982). Puffersysteme verhindern ein Absinken des pH-Wertes durch Neutralisierung der H^+ - Ionen bei vermehrter Säureproduktion. Daher wirken sich insbesondere bei hohen Pufferkonzentrationen erst sehr hohe Säurekonzentrationen auf den pH-Wert aus.⁷ Der Hydrogencarbonat-/ Carbonatpuffer hat aufgrund seiner Konzentration und des pKs-Wertes im pH-Optimum der Methanbakterien für den Biogasprozess die große Bedeutung. Die gebildeten organischen Säuren werden durch ihn abgepuffert (Hecht, 2007, S. 7).

4.1.3 Grundlegende verfahrenstechnische Betriebsparameter

Die grundlegenden verfahrenstechnischen Betriebsparameter, wie die durchschnittliche hydraulische Verweilzeit, Durchmischung und Raumbelastung können durch den Anlagenbetreiber selbst bestimmt und festgelegt werden. Die konkreten Werte der Parameter, die sich im Anlagenbetrieb einstellen, variieren erheblich und sind abhängig von individuellen Faktoren, wie Substrateinsatz, Eigenenergieverbrauch, Betriebskosten, betriebswirtschaftliche Planung, Einspeisemanagement usw. In diesem Bereich besitzt allein der Anlagenbetreiber in der Regel die Steuerungsmöglichkeit. Es handelt sich um betriebsinterne Geschäftsprozesse und Produktionsentscheidungen. Der Handlungsspielraum des Betreibers wird weitestgehend durch den technisch und wirtschaftlich möglichen Rahmen begrenzt. Es gibt wenige rechtliche Regularien, die sich unmittelbar auf diesen Bereich beziehen. Nachfolgend werden wesentliche verfahrenstechnische Betriebsparameter erläutert.

Ein wichtiger technischer Einflussfaktor ist die **Durchmischung** des Fermenterinhalt (FNR, 2010, S. 28). Der Fermentationsprozess läuft in der Regel in groß dimensionierten Gärbehältern (Fermentern) ab. Diese haben üblicher Weise ein Volumen von mehreren $1.000\ m^3$. Es gilt, nach wie vor, als technische Herausforderung ständig für eine optimale Durchmischung des Fermentervolumens zu sorgen. Frisch zugeführtes Substrat sollte sich gleichmäßig verteilen. Es sollten sich darüber hinaus keine Schwimmschichten bilden. Zu starke Durchmischung kann allerdings auch den Abbauprozess stören. Die Durchmischung kann Schaumbildung fördern.⁸ Ferner bedingt regelmäßig eine stärkere Durchmischung einen höheren Eigenenergieverbrauch der Anlage. In diesem Bereich

2012, S. 12, 63).

⁷Vgl. Geradi (2003) und McCarty (1964).

⁸Zum Problem der Schaumbildung einführen Kaiser et al. (2007, S. 9).

ist es notwendig spezifisch, d.h. für jede Anlage und den konkreten Anlagenbetrieb, die optimale Auslegung⁹ zu ermitteln.

Ein weiterer wichtiger technischer Parameter ist die durchschnittliche **hydraulische Verweilzeit**. Die Gasproduktionsrate ist abhängig von der Biogasausbeute und der spezifischen Gasproduktionsrate im Fermenter. Die durchschnittliche hydraulische Verweilzeit ist das Verhältnis zwischen dem gesamten Fermentervolumen und den täglichen zugeführten Substratvolumen. Sie beschreibt somit die durchschnittliche theoretische Aufenthaltszeit des Substrates im Fermenter.

$$HRT = \frac{V_R}{\dot{V}} \quad [d] \quad (4.3)$$

Wird eine Biogasanlage in Betrieb genommen, so steigt bei der erstmaligen Befüllung des Fermenters die Gasbildungsrate pro Fermenternutzvolumen und Tag und sinkt dann auf einen quasi stationären Zustand, wie Abb. 4.5 zeigt, ab. Die substratbezogene Biogasausbeute steigt parallel hierzu kontinuierlich an und erreicht nach ca. einem Monat ein konstantes Niveau.¹⁰ Zur wirtschaftlich und prozesstechnisch optimalen Anlagenführung sollte eine mittlere hydraulische Verweildauer in der Nähe des Maximums der Biogasbildungsrate, in Abhängigkeit von der mittleren hydraulischen Verweilzeit, gewählt werden. In Abb.4.5 ist zusehen, dass zwar längere Verweilzeiten zu einer höheren Biogasausbeute führen, jedoch gleichzeitig die Gasbildungsrate abfällt. Hohe Verweildauer bedingen eine Ausdehnung des Faulraums - Fermentervolumen - was sich in den Kosten der Anlage niederschlägt.

$$A_{(CH_4)} = \frac{\dot{V}_{(CH_4)}}{m_{oTS}} \quad [kg \ oTS \ m^{-3}d^{-1}] \quad (4.4)$$

Zur Beschreibung des Leistungsstandes einer Biogasanlage sind Produktivität ($P_{(CH_4)}$), Ausbeute ($A_{(CH_4)}$) und Abbaugrad (η_{oTS}) gut geeignete Parameter. Wird die Gasproduktion auf das Fermentervolumen bezogen, so spricht man von der Produktivität. Sie ist definiert als Quotient aus der täglichen Gasproduktion und dem Reaktorvolumen und gibt folglich Aufschluss über die Effektivität (FNR, 2006). Die Produktivität kann sowohl auf die Biogas- ($P_{(Biogas)}$) als auch auf die Methanproduktion ($P_{(CH_4)}$) bezogen werden und wird in $\frac{Nm^3}{(m^3d)}$ angegeben. Wird die Gasproduktion auf die Inputstoffe bezogen, so handelt es sich um die Ausbeute (Lebuhn et al., 2008). Die Ausbeute kann ebenfalls auf die Biogas- ($A_{(Biogas)}$) oder die Methanproduktion ($A_{(CH_4)}$) bezogen werden. Sie ist definiert als der Quotient aus der produzierten Gasmenge und der zugeführten organischen Substanz und wird in $\frac{Nm^3}{t}$ oTS angegeben. Die Ausbeuten kennzeichnen die Effizienz

⁹Vgl. hierzu insb. VDI- Richtlinie 4361 und 3475.

¹⁰Vgl.Neser et al. (2012, S. 12).

der Biogas- bzw. Methanproduktion aus den eingebrachten Substraten. Sie sind als Einzelparameter jedoch wenig aussagefähig, da sie die effektive Belastung des Fermenters nicht mit erfassen. Aus diesem Grund sollten die Ausbeuten immer im Zusammenhang mit der Raumbelastung betrachtet werden. Der Abbaugrad (η_{oTS}) gibt Auskunft über die Effizienz der Ausnutzung der eingesetzten Substrate. Der Abbaugrad kann anhand der organischen Trockensubstanz (oTS) oder dem chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) bestimmt werden. Aufgrund der in der Praxis überwiegend durchgeführten Analytik empfiehlt sich die Bestimmung des oTS Abbaugrades (FNR, 2006).

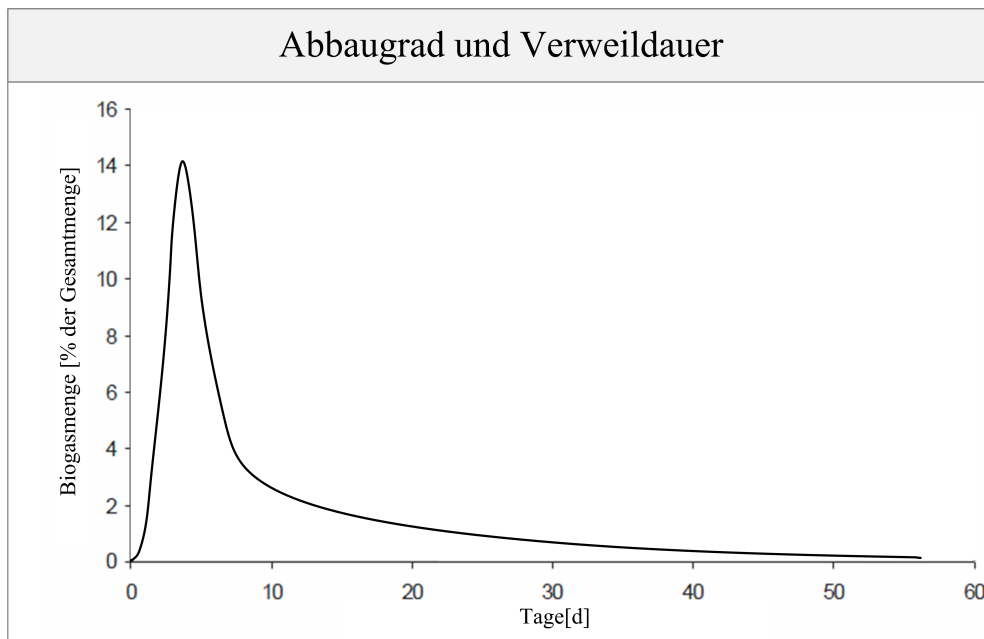


Abbildung 4.4: Grundsätzlicher Zusammenhang zwischen Abbaugrad und Verweildauer bei einmaliger Beschickung des Gärtraumes (Quelle: Nesper et al. (2012)).

Der Zusammenhang zwischen Abbaugrad und Verweildauer ist in Abb. 4.4 dargestellt. Betrachtet man den Abbau einer bestimmten Menge eines Substrates bzw. eines Substratgemisches isoliert, so steigt zunächst die Zersetzungsaktivität und damit der Abbaugrad rasch an, bis ein Maximum erreicht ist. Danach kommt es ebenfalls wieder zu einem raschen Rückgang der Biogasbildung, da nun ein Großteil des Substrates bereits zersetzt ist. Die entstehende Biogasmenge nähert sich im weiteren Verlauf asymptotisch gegen Null.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist die **Raumbelastung**. Sie gibt an wie viel organische Trockensubstanz (oTS) dem Fermenter pro Kubikmeter Nutzvolumen und Zeiteinheit zugeführt wird. Die Raumbelastung kann für jede Stufe (gasdichter, isolierter und beheizter Behälter), für das Gesamtsystem (Summe der Arbeitsvolumina aller Stufen) sowie mit und ohne Einbeziehung von Materialrückführung (Rezirkulat) angegeben werden. Durch Veränderung der Bezugsgrößen ergeben sich zum Teil sehr unterschiedliche Ergebnisse

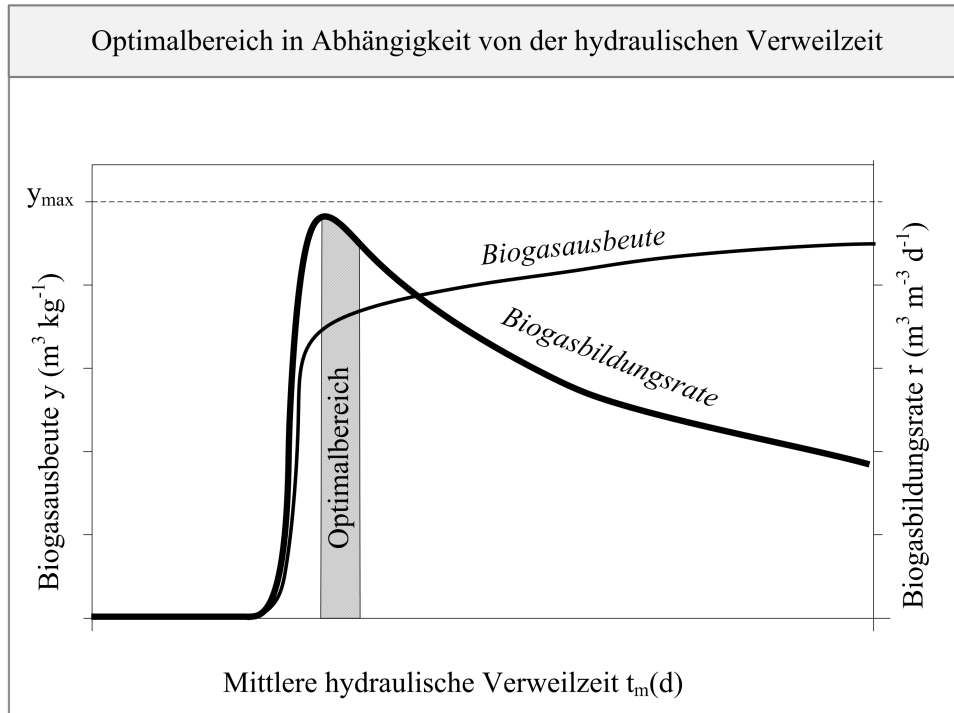


Abbildung 4.5: Zusammenhang zwischen Biogasausbeute, Biogasbildungsrate und hydraulischer Verweildauer sowie Lage des Optimalbereichs (Quelle: Nesper et al. (2012)).

für die Raumbelastung einer Anlage. Für einen möglichst aussagekräftigen Vergleich der Raumbelastung unterschiedlicher Biogasanlagen empfiehlt es sich, diesen Parameter für das Gesamtsystem und ohne Betrachtung der Materialrückführung, also ausschließlich für das Frischsubstrat, zu ermitteln (FNR, 2010, S. 26 ff.).

$$B_R = \frac{\dot{m} \cdot c}{V_R \cdot 100} \quad [kg \text{ oTS } m^{-3} d^{-1}] \quad (4.5)$$

Die Raumbelastung steht in enger Beziehung zur hydraulischen Verweilzeit. Eine Zunahme der Raumbelastung führt bei gleichbleibenden Fermentervolumen zur Abnahme der hydraulischen Verweilzeit. Aus Sicht der Anlagenführung besteht ein Interesse an einem möglichst hohen Substratdurchsatz, welcher eine hohe Raumbelastung zur Folge hat und einer möglichst hohen Verweildauer, damit eine bestmögliche Ausfäulung und damit eine möglichst maximale Gasausbeute erfolgt. Zwischen beiden widerstreitenden Interessen muss in der Regel ein Kompromiss gefunden werden. Hohe Raumbelastungen führen in der Regel zu Risiken beim Fermentationsprozess hinsichtlich der Prozessstabilität. Untersuchungen zur Raumbelastungen in Biogasanlagen zeigen, dass bei NawaRo-Anlagen mit Gülle Raumbelastungen zwischen $3,0$ und $4,0 \text{ kg oTS } (m^3)^{-1}$ liegen. Bei NawaRo-

Anlagen ohne Gülleeinsatz, werden Raumbelastungen von 2,0 bis 3,0 $kg\ oTS\ (m^3)^{-1}$ empfohlen (FNR, 2010).

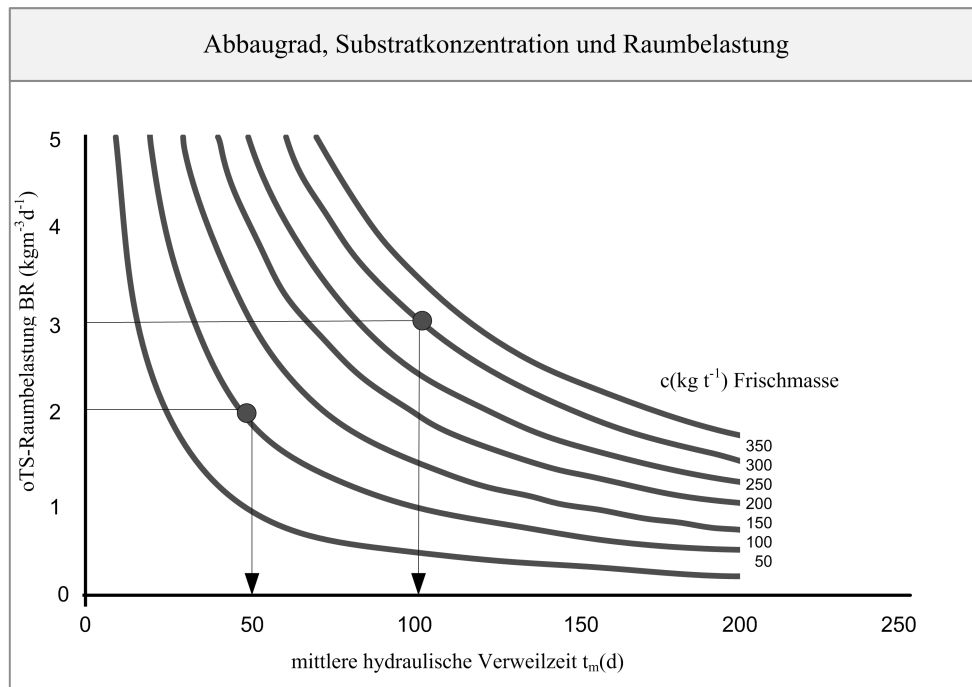


Abbildung 4.6: Zusammenhang zwischen Raumbelastung, Abbaugrad und Substratkonzentration (Quelle: Nesper et al. (2012))

Setzt man eine gleichbleibende Substratzusammensetzung voraus, wird mit steigender Raumbelastung mehr Input dem Fermenter zugeführt und es verkürzt sich somit die Verweilzeit.¹¹ Dieser Zusammenhang ist in Abb. 4.6 dargestellt. Um den Gärprozess aufrecht erhalten zu können, muss die hydraulische Verweilzeit so gewählt werden, dass durch den ständigen Austausch des Reaktorinhalts nicht mehr Mikroorganismen ausgespült werden, als in dieser Zeit nachwachsen können - so liegt beispielsweise die Verdopplungsrate einiger methanogener Archaeen bei 10 Tagen und länger (Kaltschmitt, 2001). Außerdem ist zu berücksichtigen, dass bei geringer Verweilzeit den Mikroorganismen nur wenig Zeit bleibt, das Substrat abzubauen und so nur eine unzureichende Gasausbeute erzielt wird. Es ist also in gleichem Maße wichtig, die Verweilzeit an die spezifische Abbaugeschwindigkeit der verwendeten Substrate anzupassen. Bei bekannter täglicher Zugabemenge kann in Verbindung mit der Abbaubarkeit des Substrates und der angestrebten Verweilzeit das benötigte Reaktorvolumen errechnet werden.

Die genannten Betriebsparameter einer Biogasanlage dienen in erster Linie zur Beschreibung der Belastungssituation, z. B. zum Vergleich unterschiedlicher Biogasanlagen. Lediglich beim Anfahrprozess können die Parameter bei der Anlagensteuerung im Hinblick

¹¹Vgl. Darstellung bei FNR (2012).

auf eine langsame, kontinuierliche Steigerung hilfreich sein. Dabei wird in der Regel vor allem der Raumbelastung Beachtung geschenkt. Bei Anlagen mit inputseitig hohen Flüssigkeitsmengen und geringen Gehalten an abbaubarer Organik (Gülleanlagen) ist die Verweilzeit von größerer Bedeutung. Der Zusammenhang zwischen Biogasausbeute, Biogasbildungsrate und Raumbelastung ist in Abb. 4.7 dargestellt.

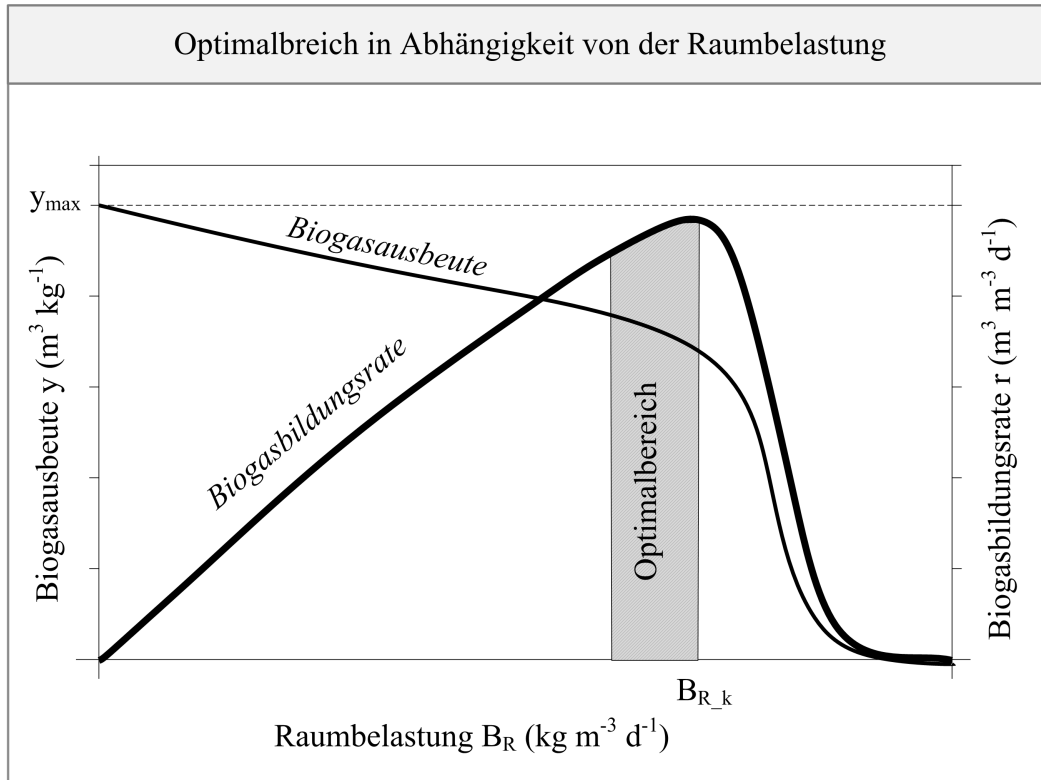


Abbildung 4.7: Zusammenhang zwischen Raumbelastung, Biogasausbeute und Biogasbildungsrate (Quelle: Nesper et al. (2012))

Für die Überwachung der Biogasproduktion werden sowohl seitens Nesper et al. (2012, S. 27) und seitens FNR (2010, S. 98) Empfehlungen für die regelmäßige und periodische Überwachung folgender Betriebsparameter ausgesprochen.

Wenn die Bilanzierung des Prozesses eine Reduktion der Abbauleistung ergibt, ist der nächste Schritt die Ursachenanalyse. Die Daten sollten elektronisch erfasst oder aufbereitet werden, da auf diese Weise langfristige Trends und Zusammenhänge besser sichtbar gemacht werden können (FNR, 2010, S. 99 ff.). Die Prozessbewertung basiert auf den meisten Anlagen auf der Erfahrung des Anlagenbetreibers. Genauer und objektiver kann diese Auswertung durch einen Prozessbeobachter realisiert werden. Prozessbeobachter werten die Daten auf Basis von mathematischen Modellen des Prozesses aus. Vor allem bei dynamischen Prozessveränderungen, wie Substratumstellungen oder Änderungen der Beschickungsmenge ist eine Bewertung des Prozessverlaufes ohne Modell nicht möglich.

Gleiches gilt für Prognosen des Prozessverhaltens zur Erstellung von zukünftigen Beschickungsmengen. Aufbauend auf die Prozessbewertung sind nur modellbasierte Regelungen in der Lage, Prognosen zur Prozessentwicklung zu erstellen. Werden die Messwerte nicht in ein Modell integriert, sind sie allenfalls für eine statische Momentaufnahme geeignet und damit nicht für eine dynamische Regelung nutzbar. Für den Anlagenbetrieb gilt generell, dass das Beschickungsregime, wenn überhaupt, nur so zu ändern ist, dass die Wirkungen nachvollzogen werden können. Das heißt, es sollte ausschließlich ein Parameter verändert werden und alle anderen konstant gehalten werden. Andernfalls können die Wirkungen nicht mehr den Ursachen zugeordnet werden und eine Prozessoptimierung wird unmöglich. Für den Normalbetrieb sollten Monovergärungen vermieden werden und vielfältige, aber über die Zeit möglichst gleichbleibende Substratzusammensetzung bevorzugt werden. Für eine Optimierung bietet es sich an die Mischungsanteile so zu verändern, dass ein optimales Verhältnis zwischen Raumbelastung und Verweilzeit eingestellt werden kann. Der biologische Prozess ist am effektivsten unter konstanten Bedingungen. Die Einstellung von konstanten Beschickungsmengen und Substratzusammensetzung mit einer hohen Genauigkeit ist daher ein wichtiger Schritt zur Prozessoptimierung.

Anfahrprozesse unterscheiden sich vom Normalbetrieb dahingehend, dass der stationäre Zustand nicht erreicht ist. Die ablaufenden Vorgänge beinhalten eine ständige Änderung der Prozessparameter. Um in diesem Zustand den Prozess sicher auf Volllast fahren zu können, ist eine größere Messdichte notwendig als im Normalbetrieb, da der Prozess instabil ist und sehr viel schneller zum Umkippen neigt. Beim Anfahren müssen die Fermenter möglichst innerhalb kurzer Zeit befüllt werden, bis alle Zu- und Abläufe (Flüssigkeitsverschlüsse) mit Flüssigkeit abgedichtet sind. Während des Anfahrbetriebs ist besonders zu beachten, dass sich im Gasraum des Fermenters explosionsfähige Gasmischungen bilden können. Daher muss die Befüllung zügig erfolgen. Sofern für den Anfahrbetrieb nicht genügend Animpfmateriale zur Verfügung steht, sollte das Animpfmateriale mit Wasser verdünnt werden, um den Gasraum klein zu halten. Die Rührwerke müssen während der Anfahrphase abgetaucht betrieben werden, um Funkenbildung zu vermeiden. Nach der Befüllung wird der Behälterinhalt gleichmäßig temperiert, danach kann mit der Substratbeschickung begonnen werden.

4.2 Substrate als Ausgangsstoffe der Energiegewinnung

Die Substrate - der Input einer Biogasanlage sind die organischen Ausgangsstoffe für die Energiegewinnung. Sie werden über anaerobe Fermentation in Biogas umgewandelt.

Als Substrate können theoretisch die unterschiedlichsten organischen Stoffe bzw. Verbindungen verwendet werden. Es hat sich in der Praxis eine Einteilung der Stoffe in vier Kategorien bewährt. Unterschieden werden landwirtschaftliche Stoffe, wie z.B. Wirtschaftsdünger (Flüssigmist, Festmist, etc.), Reststoffe auf der Pflanzenproduktion und nachwachsende Rohstoffe (NawaRos); Stoffe nach der Nebenprodukte-VO 1774/2002 (bzw. VO (EG) 1069/2009) Schlachtabfälle, Konfiskate etc.; organische Reststoffe aus der In-

dustrie, wie z.B. Lebensmittelabfälle und kommunale gewerbliche Reststoffe, wie z.B. Speisereste, Grünschnitt und Abfälle der Biotonne.

Einsatzsubstrate			
landwirtschaftliche Stoffe	Stoffe nach der Nebenprodukte-VO (EG) Nr. 1774/2002	organische Reststoffe der Industrie	kommunale und gewerbliche Reststoffe
Reststoffe der Pflanzenproduktion nachwachsende Rohstoffe (NawaRos)	Schlachtabfälle Magen-Darminhalte Wolle Federn Hörner	Lebensmittelabfälle (pflanzliche) oder bereits hygienisierte Produkte tierischer Herkunft sonstige Industrie	Biotonne Grüngut Landschaftspflegeabfälle
Gülle Flüssigmist Festmist		Speiseabfälle Küchenabfälle Fettabscheider Flotate	

Abbildung 4.8: Einteilung der Einsatzsubstrate - die Substrate lassen sich nach ihrer Herkunft grob in vier Oberkategorien einteilen. Es bestehen zwischen den Kategorien Überschneidungen, so dass die Möglichkeit besteht, dass ein Substrat mehreren Kategorien zuzuordnen ist (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Nesor et al. (2012).)

In einer Biogasanlage können abhängig von der eingesetzten Technologie eine Vielzahl von Substraten zum Einsatz gelangen. Mit dem EEG 2012 wurden die Substrate im Rahmen der Biomasseverordnung in drei sog. Einsatzstoffvergütungsklassen eingeteilt. In die Einsatzstoffvergütungsklasse I (Anlage 2 der BiomasseV) entsprechen im Wesentlichen den bisherigen nachwachsenden Rohstoffen gem. EEG 2009. Die Einsatzstoffvergütungsklasse II (Anlage 3 der BiomasseV) umfasst neben Gülle, Stoffe die naturschutzfachlich als besonders wertvoll angesehen werden und Landschaftspflegematerialien. Keiner Einsatzstoffvergütungsklasse gehören insbesondere agroindustrielle und biogene Abfälle an. Diese Stoffe sind in Anlage 1 der BiomasseV gesondert aufgeführt. Diese Stoffe werden häufig auch als Stoffe der Einsatzstoffvergütungsklasse 0 bezeichnet.

Im Bezug auf den Substrateinsatz in Biogasanlagen dominiert derzeit Mais. 96% der Biogasanlagen verwenden Mais. An zweiter Stelle der am häufigsten verwendeten nachwachsenden Rohstoffe folgt die Grassilage mit 50%. Rindergülle gelangt in rund 58 % der Anlagen zum Einsatz.¹²

Die einzelnen Substrate unterscheiden sich in Ihren Energiegehalten. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass gleiche Substrate unterschiedliche Energiegehalte besitzen können und auch die Biogasausbeute in Quantität und Qualität Schwankungen unterworfen ist. Die Ursachen hierfür sind mannigfaltig. Im Bezug auf NawaRos kommen z.B.

¹²<http://www.biogaswissen.de/substratdaten.html>, Monitoringbericht S.19.

unterschiedliche Herkunft, Bodenqualität, Düngung, Lagerung, Erntezeitpunkte und klimatische Bedingungen in Betracht. Agroindustrielle Abfälle sind regelmäßig heterogene Stoffgemische, deren Energiegehalte schwankend sind. Auch hat der Fermentationsprozess erheblichen Einfluss auf die Biogasausbeute und den Methangehalt der Produktion. Hier haben das technische Fermentationsverfahren und die biochemischen Prozesse und Bedingungen im Fermenter (Reaktor) sowie das Bakterienmilieu erheblichen Einfluss auf Quantität und Qualität des gewonnenen Gases. Auch spielen die Nährstoffgehalte und Spurenelemente mittelfristig eine nicht zu unterschätzende Rolle.

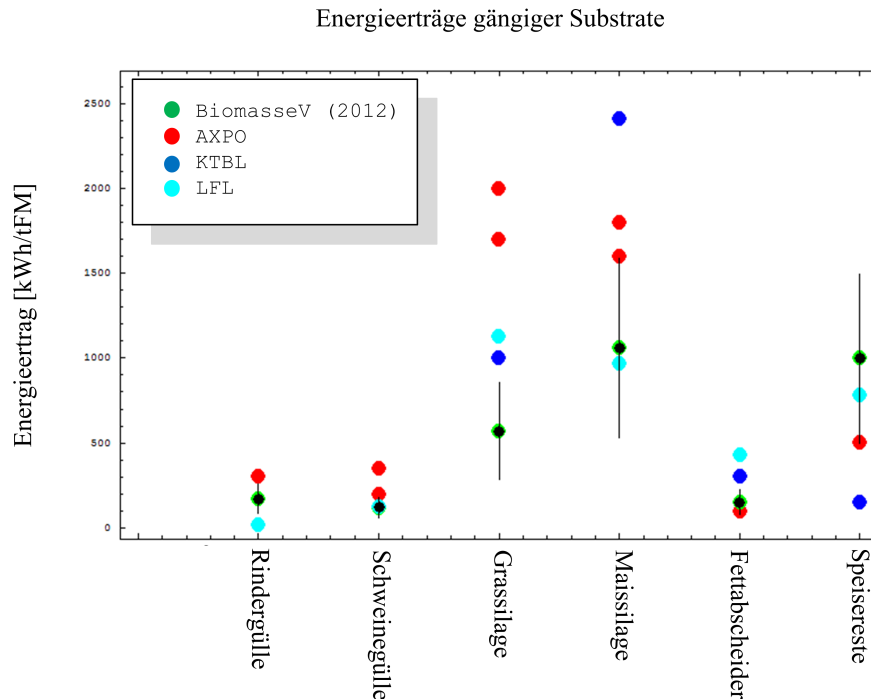


Abbildung 4.9: Potentielle Energieausbeute ausgewählter Substrate in kWh/tFM . Werte basierend auf den Referenzerträgen gem. der Biomasseverordnung (2012) und den Angaben des Anlagenherstellers AXPO, dem Kuratorium für Bauen in der Landwirtschaft (KTBL) sowie der bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). (Quelle: eigene Darstellung)

Wie Abb. 4.9 zeigt sind die potentiellen Energiegehalte¹³ sehr großen Schwankungen unterlegen. Ausgehend vom Referenzwert der BiomasseV (schwarz) ist ein Schwankungsintervall von 30 % bezogen auf diesen Wert dargestellt. Es ist ersichtlich, dass bei den meisten Substraten Schwankungen im Energiegehalt auftreten können, die diesen Bereich über oder unterschreiten.

¹³Die Werte wurden auf Basis von Werten zur Biogasausbeute und den Methangehalten einzelner Substrate mit Annahme eines Heizwertes von $9,986 kWh/m^3$ Methan errechnet. Als Ausgangsdaten wurden Richtwerte des Kuratoriums für Technik und Bauen in der Landwirtschaft (KTBL), der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und des Biogasanlagenherstellers AXPO zu Grunde gelegt. Ferner wird auf die Untersuchungen von Schwab (2006) verwiesen.

Das EEG i.d.F. 2012 teilt die Substrate nach Einsatzstoffvergütungsklassen ein. Die Zugehörigkeit bestimmter Substrate zu einer Einsatzstoffvergütungsklasse bestimmt sich nach der Biomasseverordnung (BiomasseV) i.d.F. 2012. Die Systematik basiert im Wesentlichen mit der für das jeweilige Substrat gewährten Bonifikation nach § 27 EEG. Sie regelt für welche Stoffe eine zusätzliche einsatzstoffbezogene Vergütung in Anspruch genommen werden kann. Sie legt für jedes Substrat den energetischen Referenzertrag fest, der als Basis für die Berechnung der Vergütung Anwendung findet. Anlage I der BiomasseV enthält die Substrate für die keine zusätzliche einsatzstoffbezogene Vergütung gewährt wird. Hierunter fallen agroindustrielle Abfälle, wie z.B. Getreideabfälle, aussortierte Kartoffeln, Flotatschlamm, Fettabscheider, Speisereste, Panseninhalt und Strassenbegleitgras. Stoffe der Einsatzstoffvergütungsklasse I sind in der Anlage 2 d. BiomasseV aufgeführt. Sie umfasst Nachwachsende Rohstoffe (NawaRos), wie beispielsweise: Mais, Zuckerrüben, Gras (Weide und Ackergras) und Corn-Cob-Mix (CCM). Der Einsatz dieser Stoffe begründet eine höhere Vergütung gem. § 27 EEG (2012). Stoffe der Einsatzstoffvergütungsklasse II werden erhöht vergütet. Es handelt sich um Wirtschaftsdünger, wie Rinder- und Schweinegülle, Rinder- und Schweinefestmist etc. und um Landschaftspflegematerialien. Alle Substrate der Einsatzstoffvergütungsklasse II sind in der Anlage 3 der BiomasseV aufgeführt. Die Aufzählungen der Anlagen 2 und 3 sind abschließend. Stoffe die nicht von diesem Katalog umfasst werden, haben keinen Anspruch auf erhöhte Vergütung.

4.2.1 Verwendungshäufigkeit einzelner Substrate

Zur Verwendungshäufigkeit der einzelnen Substrate wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Erhebungen durchgeführt. Dabei zeigte sich z.B. in Bayern (Röhling, 2007, S.6), dass rund 75% aller Biogasanlagen mit NawaRos und Wirtschaftsdünger als Co-Fermente betrieben werden. Rund 8 % der restlichen Anlagen waren reine NawaRo-Anlagen. Genauso hoch war der Anteil an Anlagen, die ausschließlich Wirtschaftsdünger, d.h. Gülle zum Einsatz brachten. Der Anteil an Abfallanlagen lag in Kombination mit NawaRo oder Wirtschaftsdünger bei ca. 7 %. Reine Abfallanlagen stellten lediglich einen Anteil von unter 2 %.¹⁴

¹⁴Vgl. hierzu im Detail Röhling (2007).

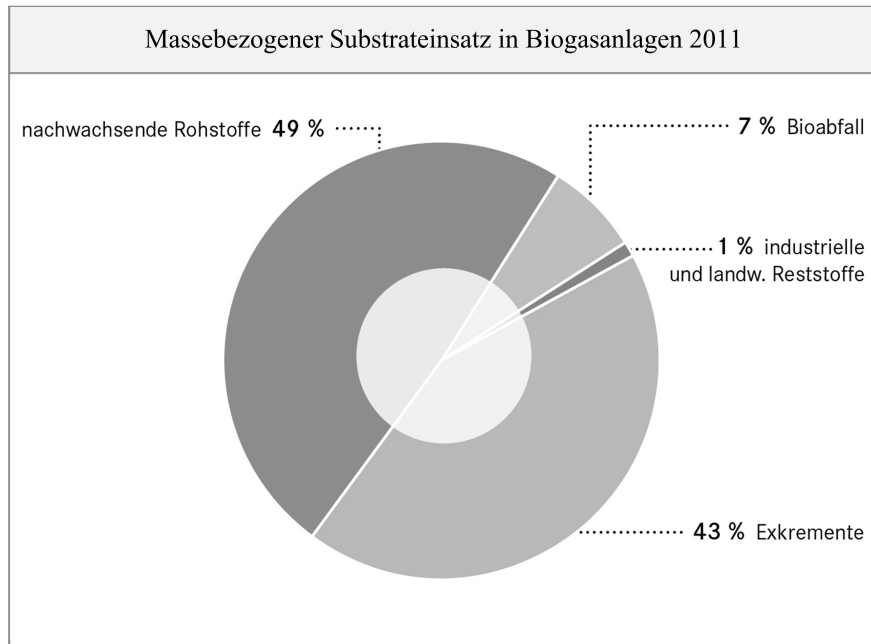


Abbildung 4.10: Die Abbildung gibt den massebezogenen Substrateinsatz in landwirtschaftlichen Biogasanlagen im Jahr 2011 wieder (Quelle: DBFZ / FNR 2012).

Die einzelnen Substrate unterscheiden sich erheblich in ihrer Biogasausbeute und damit in den Energiegehalten die zur Stromerzeugung verfügbar sind, wie Abb. 4.11 zeigt. Geringe Biogasausbeute bezogen auf die Menge eingesetzter Frischmasse werden gerade wegen des hohen Flüssigkeitsanteils bei Gülle erzielt. Hohe Biogaserträge ergeben sich hingegen für Mais-, Grassilage und Getreide-GPS. Es sind häufig „Energiepflanzen“, die speziell zum Zwecke der Stromerzeugung angebaut werden.

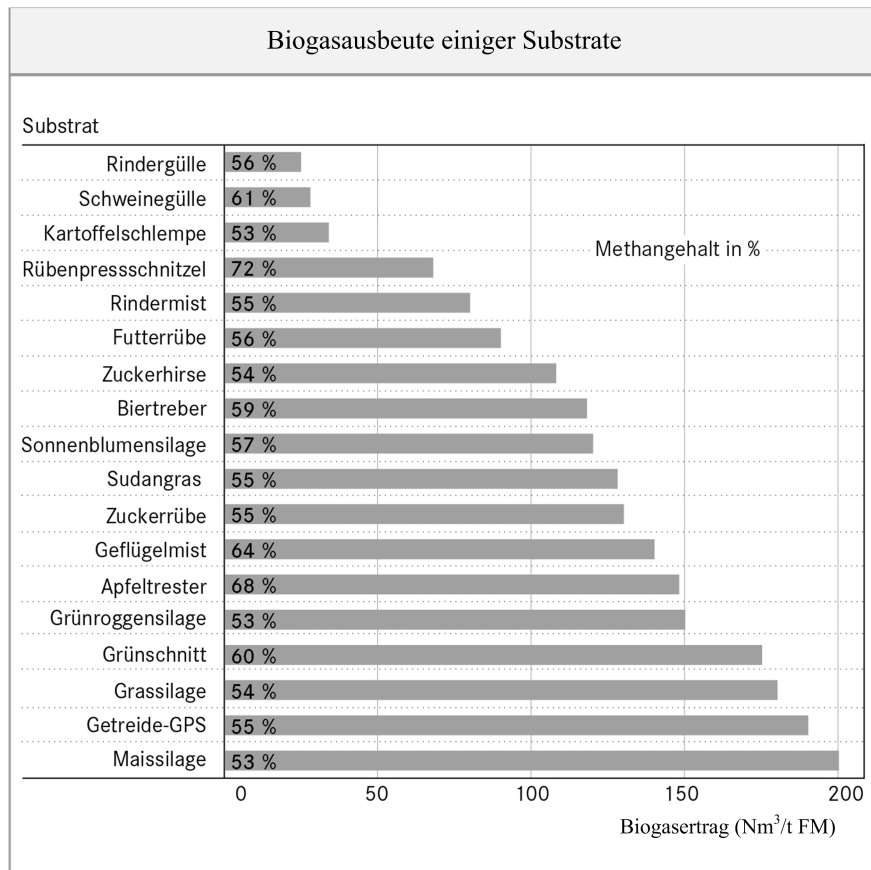


Abbildung 4.11: Biogasausbeute einzelner gängiger Einsatzstoffe. Die einzelnen Substrate unterscheiden sich sowohl in ihrer Biogasausbeute als auch in dem Methangehalt des gewonnenen Biogases (Quelle: FNR 2010).

4.2.2 Nachwachsende Rohstoffe

Den nachwachsenden Rohstoffen kommt in Zusammenhang mit der Stromerzeugung aus Biogas seit der ersten Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2004 eine besondere Bedeutung zu. In den meisten der seit diesem Zeitpunkt neu entstandenen Biogasanlagen werden nachwachsende Rohstoffe eingesetzt. Im folgenden Kapitel werden eine Auswahl der am häufigsten eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe näher beschrieben und Angaben zu deren Stoffeigenschaften und Biogaserträgen gemacht. Bei der Anbauentscheidung sollte nicht ausschließlich der höchste Ertrag einer Einzelkultur im Vordergrund stehen, sondern nach Möglichkeit eine integrierte Betrachtung über die gesamte Fruchtfolge erfolgen. Durch die Einbeziehung von z. B. arbeitswirtschaftlichen Aspekten und Nachhaltigkeitskriterien alternativer Bewirtschaftungsverfahren, kann eine ganzheitliche Optimierung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen erfolgen. In Abb. 4.10 ist die massenbezogene Aufteilung, der in landwirtschaftlichen Biogasanlagen einge-

setzten NawaRos dargestellt. Den höchsten Anteil nimmt Mais bzw. die Maissilage mit 79 % Massenanteil an. Als weitere wichtige Substrate sind Gräser bzw. Grassilage mit 9 % und Getreide-Ganzpflanzensilage (Getreide-GPS) mit 6 % von Bedeutung. Nachfolgend werden die Besonderheiten der in Abb. 4.10 dargestellten NawaRos erläutert.

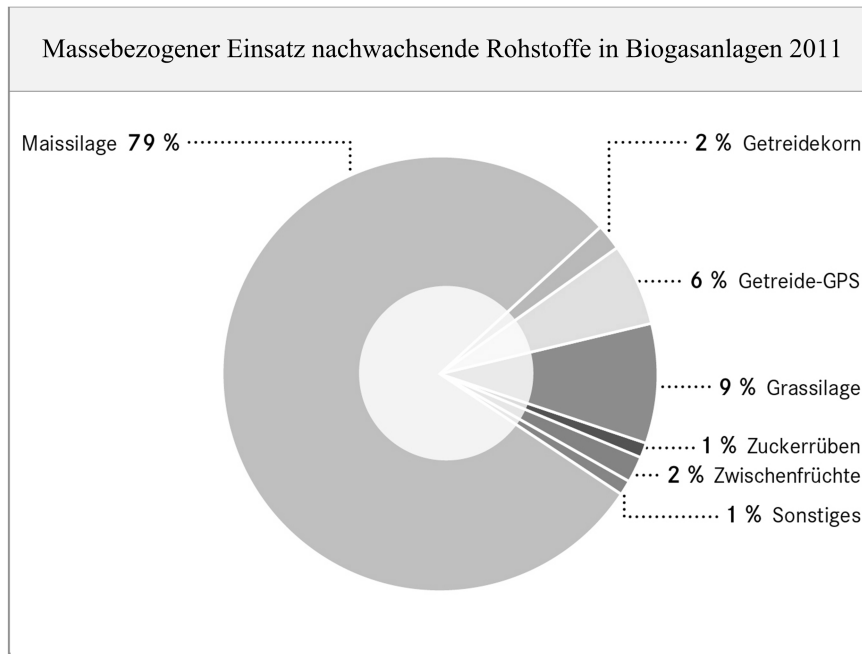


Abbildung 4.12: Aufteilung der in landwirtschaftlichen Biogasanlagen eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe (Quelle: DBFZ/FNR 2012).

Mais ist das Substrat, welches am häufigsten in landwirtschaftlichen Biogasanlagen eingesetzt wird (Weiland, P. et al., 2007). Er eignet sich besonders gut aufgrund hoher Energieerträge je Hektar und guter Vergärungseignung für die Verwendung in Biogasanlagen. Die Ernteerträge sind stark von den Standort- und Umweltbedingungen abhängig und können sich von 35 t Frischmasse (FM) auf sandigen bis mehr als 65 t FM/ha auf Hohertragsstandorten bewegen. Im Mittel liegt der Ertrag bei etwa 45 t FM/ha. Mais ist eine vergleichsweise anspruchslose Kultur und eignet sich deshalb für nahezu jeden Standort. Zur Ernte wird die ganze Maispflanze gehäckselt und in Fahrsiloanlagen eingelagert. Dabei sollte der Trockensubstanzgehalt nicht niedriger als 28 % TS und nicht höher als 36 % TS sein. Ist der TS-Gehalt kleiner als 28 % TS, ist mit einem erheblichen Sickerwasseraustritt - verbunden mit erheblichen Energieverlusten, zu rechnen. Ist der TS-Gehalt größer als 36 % TS, weist die Silage einen hohen Ligninanteil und somit geringere Abbaubarkeit auf. Darüber hinaus kann die Silage nicht mehr optimal verdichtet werden, was wiederum die Silierqualität und somit die Lagerstabilität negativ beeinflusst. Nach der Einlagerung in das Silo werden die zerkleinerten Pflanzenbestandteile verdichtet (z. B. durch Radlader, Ackerschlepper) und mit einer Folie luftdicht verschlossen. Nach einer Silierungsphase von ca. 12 Wochen kann die Silage in der Biogasanlage verwendet

werden. Die Stoffdaten und durchschnittlichen Biogaserträge sind am Ende dieses Kapitels dargestellt. Neben der Ganzpflanzennutzung als Silomais hat die ausschließliche Kolbennutzung in der Praxis eine gewisse Bedeutung. Durch andere Ernteverfahren und -zeitpunkte sind Lieschkolbenschrot (LKS), Corn-Cob-Mix (CCM) und Körnermais gängige Varianten. LKS und CCM werden in der Regel nach der Ernte einsiliert. Körnermais kann entweder nass siliert, geschrotet und siliert oder getrocknet werden. Die Energiedichte der genannten Substrate ist gegenüber Maissilage deutlich erhöht, allerdings sind die flächenbezogenen Energieerträge, durch den Verbleib der Restpflanze auf dem Feld, geringer. (FNR, 2010, S. 76)

Für die Erzeugung von **Getreide-Ganzpflanzensilage** eignen sich nahezu alle Getreidearten sowie deren Mischungen, sofern die Abreife zeitlich zusammen erfolgt. Abhängig von den Standorteigenschaften sollte die Getreideart für den Anbau favorisiert werden, welche erfahrungsgemäß den höchsten Trockenmasseertrag realisieren kann. Für die meisten Standorte wird dieses durch Roggen und Triticale erreicht (Weiland, 2000). Das Ernteverfahren ist identisch mit dem vom Mais, auch bei Getreide-GPS wird der Bestand vom Halm gehäckselt und einsiliert. Die Ernte sollte, abhängig vom Nutzungssystem, zum Zeitpunkt der höchsten Trockenmasseerträge erfolgen (Einkultursystem). Dieses ist bei den meisten Getreidearten (FNR, 2008). Bei Getreide-GPS sind abhängig von Standort und Jahr Trockenmasseerträge von 7,5 bis annähernd 15 t TS/ha zu erzielen, das entspricht bei 35 % TS einem Frischmasseertrag von 22 bis 43 t Frischmasse/ha (Karpenstein-Machan, 2005). Die Erzeugung von Grünroggensilage ist ein in der Praxis weit verbreitetes Verfahren. Dabei wird der Roggen, deutlich früher als bei GPS, im absetzigen Ernteverfahren einsiliert. Das bedeutet, er wird zunächst gemäht und anschließend 1 bis 2 Tage angewelkt gehäckselt und einsiliert. Unmittelbar nach der Ernte wird dem Grünroggen in der Regel eine Folgefrucht zur Energieerzeugung nachgestellt (Zweikultursystem). Aufgrund des hohen Wasserverbrauchs eignet sich dieses Verfahren nicht für jeden Standort. Darüber hinaus kann es bei zu geringen TS-Gehalten des Erntegutes zu Schwierigkeiten bei der Silierung kommen (z. B. Sickersaftaustritt, Befahrbarkeit des Silos). Die Stoffdaten von Getreide-GPS sowie dessen Gaserträge sind am Ende dieses Kapitels dargestellt. (FNR, 2010, S. 77)

Der Anbau und die Ernte von Gras bzw. die Nutzung von **Grassilage** ist wie auch beim Mais gut mechanisierbar. Die Ernte von Grassilage wird im absetzigen Verfahren durchgeführt, wobei die Aufnahme des angewelkten Grasses mit einem Kurzschnittladewagen oder mit einem Häcksler erfolgen kann. Aufgrund der besseren Zerkleinerungsleistung ist bei Grassilage für die Biogasnutzung die Häckslervariante zu bevorzugen. Grassilage kann von einer ein- oder mehrjährigen Ackernutzung oder von Dauergrünlandflächen erzeugt werden. Abhängig vom Standort, den Umweltbedingungen sowie der Intensität der Grünlandnutzung schwanken die Erträge sehr stark. Je nach Witterung und Klimabedingungen sind bei intensiver Nutzung drei bis fünf Ernten im Jahr möglich. In diesem Zusammenhang sind zum einen die hohen Mechanisierungskosten und zum anderen mögliche hohe Stickstofffrachten, welche zu Problemen bei der Vergärung führen können, zu beachten. Allerdings kann Grassilage auch von extensiv genutzten Naturschutzflächen geerntet werden, wobei hier aufgrund hoher Ligninanteile geringe Gasausbeuten realisiert

werden. Durch die Vielzahl der unterschiedlichen Erzeugungsmöglichkeiten von Grassilage sind Schwankungsbreiten in den Stoffdaten und Biogaserträgen weit über den in Abb. 4.11 dargestellten Werten in der Literatur zu finden. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass bei der Erzeugung von Grassilage für Biogasanlagen die Verdaulichkeit bzw. Abbaubarkeit im Vordergrund stehen sollte. Deshalb ist darauf zu achten, dass die Trockensubstanzgehalte nach Möglichkeit nicht oberhalb von 35 % TS liegen. Bei zu hohen TS-Gehalten steigen die Lignin- und Faseranteile, wodurch der Abbaugrad und somit die Methanausbeute bezogen auf die organische Trockenmasse deutlich sinken. Diese Grassilage lässt sich zwar in den Prozess einbringen, kann aber durch die hohen Trockenmassegehalte und teilweise langfasrige Beschaffenheit prozesstechnische Probleme verursachen (z. B. rasches Bilden von Schwimmschichten, Umwickeln von Rührwerksflügeln). (FNR, 2010, S. 77)

Getreidekörner eignen sich als Ergänzung des Substratangebotes besonders gut für den Einsatz in Biogasanlagen. Aufgrund ihrer sehr hohen Biogaserträge und schnellen Abbaubarkeit sind sie insbesondere zur Feinsteuerung der Biogaserzeugung geeignet. Dabei ist die Art des Getreides unwesentlich. Um einen schnellen Aufschluss zu gewährleisten ist es wichtig, dass die Getreidekörner vor der Dosierung zerkleinert werden (z. B. Schrotten, Quetschen). (FNR, 2010, S. 78)

Auf Grund ihres hohen Massewachstums eignet sich die **Rübe (Futter- oder Zuckerrübe)** gut zum Anbau als nachwachsender Rohstoff. Besonders die Zuckerrübe hat in einigen Regionen traditionell eine hohe Anbaubedeutung. Aufgrund von marktregulatorischen Maßnahmen müssen vermehrt Rübenmengen zur Zuckerproduktion reduziert werden. Da der Anbau von Zuckerrüben ein bekanntes Produktionsverfahren darstellt und diverse pflanzenbauliche Vorteile mit sich bringt, wird zunehmend der Focus auf die Biogasnutzung gelegt. Die Rübe stellt spezielle Ansprüche an Boden und Klima. Um hohe Erträge realisieren zu können, braucht sie ein eher mildes Klima und tiefgründige humose Böden. Die Möglichkeit der Feldberegnung kann auf leichten Standorten erheblich zur Ertragssicherung beitragen. Die Erträge sind abhängig von Standortvoraussetzungen und Umweltbedingungen und bewegen sich bei der Zuckerrübe durchschnittlich um 50-60 t FM/ha. Bei den Erträgen der Futterrüben ergeben sich zusätzlich noch Sortenunterschiede, so liegt der Ertrag von Masserüben bei ca. 90 t FM/ha und der der Gehaltsrüben bei ungefähr 60 bis 70 t FM/ha (Dörfler, 1990). Bei den Erträgen der Blattmasse ergeben sich ebenfalls sortenspezifische Unterschiede. So liegt die Relation von Rübenmasse zu Blattmasse bei der Zuckerrübe bei 1:0,8 und die der Gehaltsrübe bei 1:0,5. Die Masserrübe hat auf Grund ihres hohen Massewachstums „nur“ eine Rübe-Blatt-Relation von 1:0,3-0,4 (Dörfler, 1990). Bei der Biogasnutzung von Zuckerrüben treten zwei grundsätzliche Schwierigkeiten auf. Zum einen muss die Rübe von anhaftender Erde befreit werden, die sich bei einem Eintrag in den Fermenter am Boden absetzt und den Gärraum verkleinert. Hierzu befinden sich erste maschinelle Nassreinigungsverfahren in der Entwicklung. Zum anderen gestaltet sich die Lagerung aufgrund der niedrigen Trockenmassegehalte der Rüben als schwierig. In diesem Zusammenhang wird in der Praxis eine gemeinsame Silierung mit Mais oder eine getrennte Silierung in Folienschläuchen oder Lagunen durchgeführt. Die Winterung von Rüben und Verfahren zu dessen Nutzung befinden sich

in der Erprobung. (FNR, 2010, S. 78)

4.2.3 Wirtschaftsdünger

Nimmt man die Statistiken über die Nutztierhaltung in Deutschland als Grundlage, so ergibt sich gerade in der Rinder- und Schweinehaltung ein enormes Potential für eine energetische Nutzung in Biogasanlagen. Insbesondere durch die wachsenden Betriebsgrößen in der Tierhaltung und die gestiegenen Umwelanforderungen an die weitere Nutzung der Exkrememente müssen alternative Verwertungs- und Behandlungswege für die anfallende Gülle bzw. den anfallenden Festmist gefunden werden. Auch aus Sicht des Klimaschutzes ist eine energetische Nutzung der Wirtschaftsdünger notwendig, um eine deutliche Reduktion von Lageremissionen zu erreichen. Der Biogasertrag von Rindergülle liegt mit 20-30 Nm^3 je t Substrat geringfügig unter dem der Schweinegülle. Zudem weist das Gas aus Rindergülle im Vergleich zu dem aus Schweinegülle einen deutlich niedrigeren durchschnittlichen Methangehalt auf, und somit eine geringere Methanausbeute. Dies ist auf die unterschiedliche Zusammensetzung der Wirtschaftsdünger zurückzuführen. Rindergülle enthält überwiegend Kohlenhydrate und Schweinegülle mehrheitlich Proteine, welche die höheren Methangehalte bewirken (VDI, 2001). In erster Linie ist der Biogasertrag auf die Gehalte an organischer Trockensubstanz zurückzuführen. Findet, wie es in der Praxis oft der Fall ist, eine Verdünnung der flüssigen Wirtschaftsdünger statt (z. B. durch Stall- oder Melkstandreinigung), so können die tatsächlichen Stoffdaten und Biogaserträge deutlich von den dargestellten Werten abweichen. Der Einsatz von Rinder- und Schweinegülle in Biogasanlagen ist aufgrund ihrer Pumpfähigkeit und einfachen Lagerung in Güllebehältern problemlos möglich. Sie lassen sich darüber hinaus auf Grund ihres relativ niedrigen Trockensubstanzgehaltes gut mit anderen Substraten (Kosubstrate) kombinieren. Die Einbringung von Festmist erfordert dagegen einen deutlich höheren technischen Aufwand. Aufgrund seiner zähen Konsistenz lässt sich Festmist nicht von jeder am Markt verfügbaren Feststoffeinbringtechnik verarbeiten. (FNR, 2010, S. 75)

4.2.4 Substrate aus der weiterverarbeitenden Agroindustrie und Abfälle

In diesem Kapitel werden ausgewählte Substrate der verarbeitenden Agrarindustrie dargestellt. mit weitergehender Darstellung. Dabei handelt es sich ausschließlich um Stoffe bzw. Koppelprodukte, welche bei der Verarbeitung von Pflanzen bzw. Pflanzenbestandteilen anfallen. Die beschriebenen Stoffe stellen einen beispielhaften Auszug aus der Positivliste der rein pflanzlichen Nebenprodukte gemäß EEG 2009 dar. Sie bieten sich aufgrund ihrer stofflichen Eigenschaften und bei geeigneten Standortvoraussetzungen besonders gut für eine Biogasnutzung an. Dabei ist zu beachten, dass diese Stoffe Abfalleigenschaften aufweisen bzw. im Anhang 1 der Bioabfallverordnung (BioAbfV) genannt werden. Folglich muss die Biogasanlage entsprechend genehmigt sein und die Anforderungen der BioAbfV hinsichtlich Vorbehandlung sowie Verwertung der Gärreste erfüllen. (FNR, 2012, S.79ff.) Bei der Betrachtung der tabellarischen Zusammenfassun-

gen ist grundsätzlich zu beachten, dass die beschriebenen Eigenschaften der Substrate in der Praxis stark schwanken und über die hier dargestellten Spannen hinaus abweichen können. Dieses ist grundsätzlich auf die Produktionsverfahren der Hauptprodukte (z. B. unterschiedliche Verfahren, Geräteeinstellungen, erforderliche Produktqualität, Vorbehandlungen, etc.) sowie schwankender Qualitäten der Rohstoffe zurückzuführen. Auch die Schwermetallgehalte können stark variieren (Bischoff, 2009).

Nebenprodukte der Bierherstellung: Bei der Produktion von Bier fallen verschiedene Nebenprodukte an, von denen Treber mit 75% den Hauptanteil ausmacht. Je Hektoliter Bier fallen ca. 19,2 kg Treber, 2,4 kg Hefe und Geläger, 1,8 kg Heißtrub, 0,6 kg Kühltrub, 0,5 kg Kieselgurschlamm und 0,1 kg Malzstaub an (Wilfert und Schattauer, 2002). In diesem Kapitel wird nur der Treber näher betrachtet, da er die mengenmäßig größte Fraktion darstellt. Dennoch sind die übrigen Fraktionen bis auf den Kieselgurschlamm ebenso gut für eine Verwendung in Biogasanlagen geeignet. Allerdings ist derzeit nur ein Teil der anfallenden Mengen auch tatsächlich nutzbar, da die anfallenden Nebenprodukte auch anderweitig, z. B. in der Lebensmittelindustrie (Bierhefe) oder als Tierfutter (Treber, Malzstaub) eingesetzt werden. Die Lagerung und die Handhabung sind relativ unproblematisch. Allerdings treten bei offener Lagerung relativ schnell beachtliche Energieverluste und Schimmelpilzbefall auf, weswegen in einem solchen Fall eine Silierung durchgeführt werden sollte. (FNR, 2010, S. 79)

Schlempen entstehen als Nebenprodukt bei der Alkoholherstellung aus Getreide, Rüben, Kartoffeln oder Obst. Bei der Alkoholerzeugung fällt je Liter Alkohol etwa die 12-fache Menge Schlempe an, welche derzeit nach Trocknung hauptsächlich als Viehfutter oder als Düngemittel eingesetzt wird (Wilfert und Schattauer, 2002). Die Nutzung von frischen Schlempen ist aufgrund der niedrigen Trockenmassegehalte und der daraus resultierenden geringen Transportwürdigkeit in den meisten Fällen nur bedingt möglich. In diesem Zusammenhang sei auf die Möglichkeiten hingewiesen, welche sich durch die Nutzung von Biogas in Zusammenhang mit der Alkoholherstellung ergeben. Durch die Vergärung der Schlempen wird Biogas erzeugt. Dieses kann wiederum in einem BHKW genutzt werden, um die für die Alkoholerzeugung benötigte Prozessenergie in Form von Strom und Wärme bereitzustellen. Dadurch wird eine Kaskadennutzung der nachwachsenden Rohstoffe ermöglicht, was eine nachhaltige und ressourceneffiziente Alternative zu den bisher genutzten Verfahren der Schlempeverwertung darstellt. (FNR, 2010, S. 79)

Nebenprodukte aus der Biodieselproduktion sind Rapspresskuchen und Rohglycerin. Beide Stoffe eignen sich aufgrund ihrer als hoch einzustufenden Gasausbeute als Kosubstrate für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Die Höhe der Gasausbeute bei Rapspresskuchen wird entscheidend von dessen Restölgehalt bestimmt, welcher wiederum von den Einstellungen der Ölpresen und den Ölgehalten der Rohstoffe beeinflusst wird. Aus diesem Grund sind in der Praxis durchaus Unterschiede in der Gasausbeute verschiedener Rapspresskuchen zu verzeichnen. Bei der Herstellung von einer Tonne Biodiesel entstehen etwa 2,2 t Rapspresskuchen und 200 kg Glycerin (Anonymus, 1998). Allerdings ist der Einsatz von diesen Nebenprodukten der Biodieselproduktion nicht problemlos mög-

lich und sollte im Vorfeld genauestens geprüft werden. Das ist darin begründet, dass bei der Vergärung von Rapspresskuchen sehr hohe Gehalte von Schwefelwasserstoff (H_2S) im Biogas gebildet werden (Wesolowski et al., 2009). Dieses ist auf die hohen Protein- und Schwefelgehalte des Rapskuchens zurückzuführen. Bei Rohglycerin ist als problematisch anzusehen, dass dieses teilweise mehr als 20 Gew.% Methanol enthält, welches sich in hohen Konzentrationen hemmend auf die methanogenen Bakterien auswirkt (Amon et al., 2004). Aus diesem Grund sollte Glycerin nur in niedrigen Dosierungen dem Prozess zugeführt werden. Untersuchungen zur Kofermentation von Rohglycerin mit nachwachsenden Rohstoffen und Wirtschaftsdüngern haben gezeigt, dass der Zusatz von Glycerin in einem Massenanteil von maximal 6% eine deutliche Kofermentationswirkung verursacht (Amon et al., 2004). Das bedeutet, es wurde durch die Mischung deutlich mehr Methan produziert, als eigentlich anteilig durch die Einzelsubstrate zu erwarten wäre. Die gleichen Untersuchungen haben ebenfalls deutlich gemacht, dass ab einer Glycerinzusatzmenge von mehr als 8% keine positive Kofermentationswirkung mehr vorhanden ist bzw. sogar mit einer Hemmung der Methanbildung zu rechnen ist. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Nebenprodukte aus der Biodieselproduktion sich gut als Kosubstrate eignen, der Einsatz allerdings nur zu geringen Anteilen zu empfehlen ist. (FNR, 2010, S. 80)

Nebenprodukte der Kartoffelverarbeitung: Bei der Stärkeherstellung aus Kartoffeln fällt neben organisch belasteten Abwässern auch sogenannte Kartoffelpülpe als Nebenprodukt an. Diese besteht hauptsächlich aus Schalen, Zellwänden und nicht aufgeschlossenen Stärkezellen, welche nach der Stärkegewinnung übrig bleiben. Je Tonne verarbeiteter Kartoffeln fallen ungefähr 240 kg Pülpe sowie 760 Liter Kartoffelfruchtwasser und 400-600 Liter sogenanntes Prozesswasser (Emsland-Stärke GmbH, 2002) an. Derzeit wird ein Teil der Pülpe als Viehfutter an Landwirte abgegeben und der größte Teil des Fruchtwassers als Dünger auf die Felder ausgebracht. Da aber die Verfütterung nur einen kleinen Teil der anfallenden Menge ausmacht und das Ausbringen des Fruchtwassers zu einer Überdüngung der Flächen und zur Versalzung des Grundwassers führen kann, sind mittelfristig Verwertungsalternativen notwendig. Eine Möglichkeit ist die Verwertung in Biogasanlagen, da es sich bei den Nebenprodukten um gut vergärbare Substrate handelt. Besondere Anforderungen an Hygienemaßnahmen oder die Lagerung bestehen nicht, es sollte jedoch beachtet werden, dass Frucht- und Prozesswasser bei Lagerung in Vorratsbehältern für den Gärprozess wieder erwärmt werden muss, was zusätzliche Energie benötigt. (FNR, 2010, S. 80)

Nebenprodukte der Zuckergewinnung: Bei der Verarbeitung von Zuckerrüben zur Herstellung von Kristallzucker fallen verschiedene Nebenprodukte an, die hauptsächlich als Viehfutter verwendet werden. Dies sind zum Einen sogenannte Nass-Schnitzel, die nach dem Zerkleinern der Rüben und der anschließenden Extraktion des Zuckers anfallen, und zum Anderen die Melasse, die nach Abtrennen der Zuckerkristalle aus dem eingedickten Zuckersirup verbleibt. Ein Teil der Schnitzel wird durch Einmischen von Melasse und durch Abpressen des enthaltenen Wassers zu Melasseschnitzel weiterverarbeitet und ebenfalls als Tierfutter eingesetzt (VDZ, 1996) 418. Die Melasse wird neben der Verwendung als Tierfutter auch als Rohstoff in Hefefabriken oder Brennereien eingesetzt. Zwar

ist dadurch die verfügbare Menge stark eingeschränkt, jedoch stellen Rübenschnitzel und Melasse auf Grund des Restzuckergehaltes ein gut geeignetes Kosubstrat für die Biogasproduktion dar. Besondere hygienische Anforderungen an Lagerung und Verwendung bestehen derzeit nicht. Die Pressschnitzel werden zur längeren Haltbarkeit einsiliert, was entweder als Einzelsubstrat in Folienschläuchen oder als Mischsubstrat mit z. B. Mais-silage erfolgen kann. Melasse wird in entsprechenden Vorratsbehältern gelagert. Dies ist auch vor dem Hintergrund der saisonalen Verfügbarkeit der Zuckerrüben bzw. der Nebenprodukte (September bis Dezember) notwendig, wenn eine ganzjährige Verfügbarkeit von Pressschnitzeln und Melasse sichergestellt werden soll. (FNR, 2010, S. 80)

Nebenprodukte der Obstverarbeitung: Bei der Verarbeitung von Trauben und Obst zu Wein und Fruchtsaft fallen Trester als Nebenprodukte an. Diese werden ,wegen ihrer noch hohen Gehalte an Zucker, bevorzugt als Rohstoff für die Alkoholherstellung genutzt. Aber auch als Viehfutter oder als Grundstoff für die Pektinherstellung finden Trester Verwendung. Je Hektoliter Wein bzw. Fruchtsaft fallen ca. 25 kg Trester und je Hektoliter Fruchtnektar rund 10 kg Trester an (Wilfert und Schattauer, 2002). Fremd- oder Störstoffe sind auf Grund des vorhergehenden Produktionsprozesses nicht zu erwarten, auch ist eine Hygienisierung nicht notwendig. Bei längerer Lagerung ist eine Silierung der Substrate notwendig. (FNR, 2010, S. 80)

Bei **Reststoffen des Schlachtungsprozesses** handelt es sich um sehr nährstoffreiche Substrate mit einem einerseits hohen Methanertragspotenzial, aber andererseits einem hohen Risiko der Belastung mit pathogenen Mikroorganismen. Das wesentliche Risiko besteht darin, dass durch den Materialfluss auf Biogasanlagen Infektionsketten zwischen Tier und Tier sowie Tier und Mensch geschlossen werden. Maßnahmen zur Unterbrechung dieser Infektionsketten sind sowohl durch die Einhaltung rechtlicher Regelungen als auch durch technische Maßnahmen zur Pasteurisierung zu erfüllen. (Neser et al., 2012, S. 25)

Bei **Prozessrückständen der Lebensmittelindustrie** handelt es sich um Abfälle aus der Lebensmittelherstellung und -verarbeitung, überlagerte Lebensmittel oder Lebensmittel mit Transportschäden. Die Bandbreite der Substrate ist sehr weit, deshalb werden in den folgenden Kapiteln einige dieser Reststoffe exemplarisch charakterisiert. In Deutschland benutzt die Stärkeindustrie vorwiegend Weizen und Kartoffeln, z.T. auch Mais, für die Herstellung von Stärke. Dabei wird der Frucht die Stärke in einem Auswasch- und Separationsvorgang entzogen. Das verbleibende Fruchtwasser enthält zum Teil erhebliche Anteile eiweißhaltiger Reststoffe. Die Reststoffe, die bei der industriellen Verarbeitung von Kartoffeln entstehen, sind im Wesentlichen Kartoffelschalen, Rohkartoffeln mit Qualitätsmängeln, Stärkeverluste im Waschwasser sowie fehlerhafte Endprodukte. (Neser et al., 2012, S. 26f., 28)

Innerhalb Bayerns setzten laut Umfrage 2001 über 80 % der Betreiber von Biogasanlagen Kosubstrate aus dem Abfallbereich¹⁵, d.h. **kommunale und gewerbliche Reststoffe** ein. (Neser et al., 2012, S. 28). Dieser Anteil hat sich jedoch in der Zwischenzeit stark verringert, nicht zuletzt aufgrund der Novellierung des EEG im August 2004 (Stichwort:

¹⁵nach Definition der Bioabfallverordnung.

NawaRo-Bonus). Bei der Biogas-Betreiberumfrage der LfL gaben im Jahr 2006 nur noch knapp unter 9 % der befragten Anlagenbetreiber an, Abfälle einzusetzen. Für die Behandlung fester Bioabfälle aus der kommunalen Sammlung spielt die Kofermentation bislang eine untergeordnete Rolle. Die Fermentation eignet sich gut für strukturschwache und wasserreiche Abfälle, enthaltene Stör- und Schadstoffe können sich jedoch negativ auf den Gärprozess auswirken und sowohl die Qualität des Gärrückstandes mindern, als auch die Ausbeute an Biogas reduzieren. Kommunale und gewerbliche Abfälle können sowohl leicht als auch schwer abbaubare Inhaltsstoffe enthalten. Die Genehmigungsbedürftigkeit des Einsatzes solcher Stoffe ist im Einzelfall bei der Genehmigungsbehörde abzuklären (Neser et al., 2012, S. 28f.).

Reststoffe aus der Biotonne sind wegen ihres hohen Anteils an Störstoffen und ihrer heterogenen Zusammensetzung als schwer vergärbare Reststoffe einzustufen (Neser et al., 2012, S. 29).

Reststoffe aus dem Gastronomiebereich werden nach ihrer Zusammensetzung in zwei Gruppen unterteilt. Auf der einen Seite gibt es die Abfälle aus Backfabriken und Konditoreien (Altbrot, Hefe, Backabfälle), die in ihrer Zusammensetzung relativ homogen sind und einen sehr hohen durchschnittlichen TM-Gehalt von 90 % aufweisen. Aufgrund des meist großen Stärkeanteils liefern sie einen hohen Biogasertrag. Auf der anderen Seite gibt es Reststoffe aus Gaststätten, Großküchen und Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung (Studentenwerke, Bundeswehrstandorte, Altenheime, Krankenhäuser etc.). Diese Speiseabfälle weisen sehr stark schwankende Nährstoff- und TM-Gehalte und damit auch Biogaserträge auf. (Neser et al., 2012, S. 29).

Manche Bioabfälle bilden ein Entsorgungsproblem, wie z.B. **Gras aus der Landschaftspflege**, aus Parks oder von Flugplätzen. Es muss gemäht werden und oft wird das Gras durch Kompostierung im Volumen reduziert. Das feuchte Material ist für die Biogas-Produktion geeignet. Gras kann, wie in verschiedenen Pilotversuchen gezeigt wurde, auch in konventionellen Biogasanlagen eingespeist werden. Laub oder holziges Material eignet sich wegen seines hohen Ligningehaltes hingegen weniger zur anaeroben Fermentation als grasartige Biomasse (Neser et al., 2012, S. 29).

4.2.5 Biochemische Abbauprozesse und Substrate - Zwischenfazit

Die Betrachtung des Fermentationsprozesses mit seinen biochemischen Abläufen, seiner Vielzahl an Zwischen- und Endprodukten, hat gezeigt, dass es unmöglich ist, genaue Angaben über die Menge an erzeugtem Biogas und dessen genaue Zusammensetzung zu erhalten. Es liegt also sowohl für den Agenten (Biogasanlagenbetreiber) als auch für den Prinzipal (Staat) ein Informationsdefizit vor. Beide sind auf Schätzungen oder Verproben angewiesen. Hier ist allerdings festzustellen, dass trotz des Informationsdefizits auf beiden Seiten der Agent (Biogasanlagenbetreiber) über bessere Aufklärungsmöglichkeiten verfügt, weil er fortlaufend einen großen Teil biochemischer und physikalischer Parameter messen könnte. Eine solche direkte Möglichkeit bleibt dem Prinzipal (Staat)

abgesehen von rechtlichen Hürden rein aus Effizienzgründen verwehrt. Ein komplettes zentrales Monitoring von Biogasanlagen existiert derzeit nicht. Das gleiche Bild gibt sich hinsichtlich der Qualität und Mengen der eingesetzten Substrate - auch hier herrscht regelmäßig insbesondere im Hinblick auf die Qualität ein Informationsdefizit. Dieses kann jedoch der Anlagenbetreiber (Agent) besser aufklären als der Staat (Prinzipal). Die gesetzliche Konstruktion der Vergütungsregeln im EEG trägt dem Rechnung, in dem hier nämlich auf die festgelegten Energiereferenzerträge abgestellt wird - s. BiomasseV.

4.3 Technologie - Verfahrensschritte und Anlagentypen

Das Verfahren der Biogaserzeugung besteht aus verschiedenen Verfahrensschritten¹⁶ und die Maschinen- und Gerätetechnik weist ein sehr weites Spektrum auf. Innerhalb dieser Vielfalt bestehen zahlreiche Möglichkeiten, einzelne Komponenten zu kombinieren. Aus diesem Grund sollte für eine Anlagenplanung die Systemeignung einschließlich einer Leistungsanpassung der Komponenten von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Die Abstimmung von Technik, eingesetzten Substraten und Betriebsführung der Anlage entscheidet über die Qualität des Anlagenbetriebs und die Biogaserträge. Die verwendeten Substrate bestimmen letztendlich den Einsatz der entsprechenden Technik, wie z.B. Pasteurisierung, Zerkleinerung, Dimensionierung von Leitungen, Pumpen, Gasaufbereitung und -lagerung, BHKW, etc. sowie deren Auslegung. Die folgenden Kapitel sind in Anlehnung an den Verfahrensablauf in der Reihenfolge: Anlieferung und Lagerung, Aufbereitung, Fermentertechnik, Gasaufbereitung, Gasspeicherung, Gasnutzung und Gärrestverwertung gegliedert. In Abbildung 4.13 sind wesentliche Verfahrensschritte dargestellt. Im folgenden werden die wesentlichen Verfahrensschritte beschrieben. (FNR, 2010, S. 34f.).

4.3.1 Anlieferung und Lagerung

Der Verfahrensbereich „Anlieferung“ ist i.d.R. nur für Anlagen von Bedeutung, die betriebsfremde Substrate (i.d.R. Stoffe nach BioAbfV, Anhang) einsetzen. Den einschlägigen Pflichten hinsichtlich Eingangskontrolle, Erfassung, Dokumentation und Nachweisführung ist nachzukommen. Die Lagerung der Substrate ist erforderlich, um eine möglichst gleichmäßige Mischung aus verschiedenen Ausgangsstoffen herzustellen, mit der die Fermenter beschickt werden. Die Dimensionierung der Lager muss sich dabei nach den Liefermengen und -intervallen sowie den täglichen Einbringungen in den Fermenter richten. Werden geruchsintensive Stoffe, z.B. Altfett, gelagert, ist auf eine geschlossene Lagerung mit ggf. entsprechender Abluftreinigung zu achten. Werden tierische Nebenprodukte (z.B. Speise- oder Schlachtabfälle- s. auch Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 und BioAbfV) eingesetzt, muss je nach Material eine mehr oder weniger strikte Trennung

¹⁶Ausführliche Darstellung in Nesor et al. (2012, 32ff.).

4 Technologisches Potential für Informationsasymmetrien

zwischen Annahmestation und Lager vom landwirtschaftlichen Betrieb (Tierhaltung) gegeben sein. Ebenso ist eine Durchmischung von hygienisch bedenklichem und unbedenklichem Material nach Passage einer Pasteurisierung auszuschließen (Neser et al., 2012, S. 34).

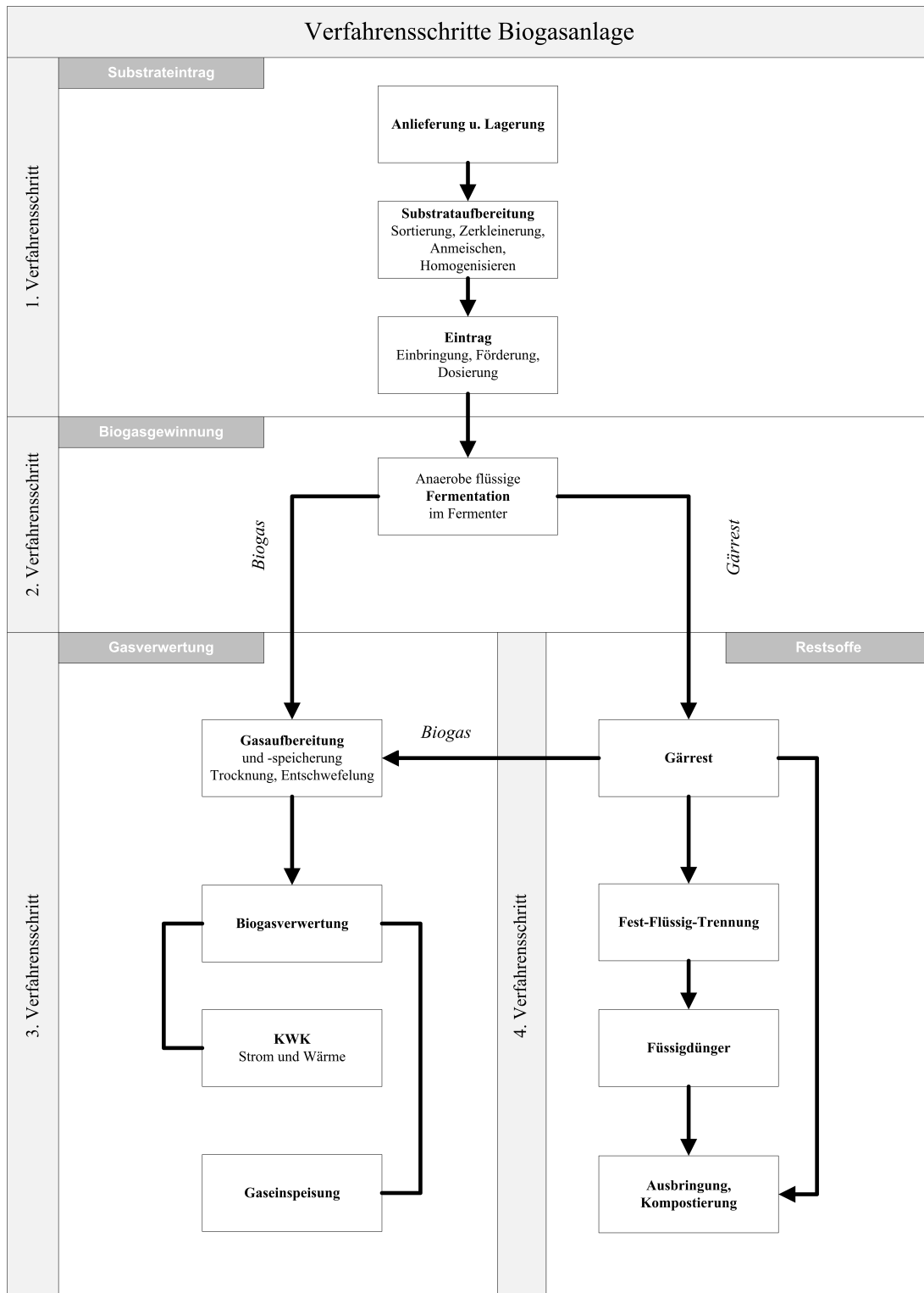


Abbildung 4.13: Verfahrensschritte - Biogasanlage

4.3.2 Aufbereitung

Die Konservierung nachwachsender Rohstoffe aus landwirtschaftlicher Produktion wird in der Praxis nach dem Stand der Technik durchgeführt. Die Zerkleinerung dient im Wesentlichen der Vergrößerung mikrobiologisch angreifbarer Oberflächen und damit der Beschleunigung des Abbauprozesses sowie der Minderung von Verstopfungen, Sedimentation und Flotation in technischen Einrichtungen. Die Auslese von Störstoffen, insbesondere beim Einsatz von Bioabfällen („Biotonne“) oder verpackten Lebensmitteln, erfolgt i.d.R. durch Sortierung in analoger Weise wie im Bereich der Kompostierungsanlagen oder durch den Einsatz von Abfallpulpern. Die Pasteurisierung stellt sicher, dass bei der Verwendung von mit pathogenen Keimen belasteten Materialien die Infektionswege unterbrochen werden. Weitergehende Aufbereitungsverfahren, die vor allem den mikrobiologischen Abbau beschleunigen, die Gaserträge optimieren und die Prozessstabilität erhöhen sollen (z.B. chemische, mechanische, thermische Desintegration, enzymatischer Aufschluss), stehen erst am Anfang der Entwicklung. (Neser et al., 2012, S. 34 f.)

Die **Konservierung** ist für einen gleichmäßigen Biogasertrag Voraussetzung, da eine kontinuierliche Fermenterbeschickung notwendig ist. Das heißt, die Substratzusammensetzung sollte keinen zu großen Schwankungen ausgesetzt sein, da sich die Mikrobiologie erst wieder an das jeweilige Substrat anpassen muss. Dies kann zu erheblichen Einbußen beim Biogasertrag führen. Da jedoch nicht während des gesamten Jahres Kofermentate wie z.B. nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) anfallen, ist eine Konservierung und Lagerung dieser Substrate notwendig. Für die Konservierung nachwachsender Rohstoffe hat sich die Siliertechnik als die energetisch günstigste herausgestellt, da bei der sehr raschen pH-Wert-Absenkung unter Luftabschluss die energiereichen Bestandteile des Substrates erhalten bleiben und nicht durch eine aerobe Oxidation verloren gehen. Auf landwirtschaftlichen Betrieben sind die für die Silierung erforderlichen Maschinen und Lagerräume meist vorhanden. Dennoch muss bei der Planung der Biogasanlage der für NawaRo erforderliche Platzbedarf berücksichtigt werden, da die vorhandene Lagerkapazität ggf. nicht ausreicht. (Neser et al., 2012, S. 34)

Die **Zerkleinerung** ermöglicht einen guten und raschen Abbau der Substrate. Für einen ausreichenden und zügigen Abbau der zugeführten organischen Substanz ist eine große Angriffsfläche für die Bakterien wichtig. Dies gilt besonders für langfaserige Substrate (Stroh, Gras, etc.), deren Struktur aufgebrochen und aufgeschlossen werden muss. Durch eine Zerkleinerung dieser Substrate vor der Beschickung in den Fermenter bzw. die Vorgrube kann die Abbaugeschwindigkeit erhöht werden. Dadurch werden höhere Abbauraten bei kürzeren Verweilzeiten ermöglicht, wodurch die Effektivität der Fermentation erheblich gesteigert werden kann. Darüber hinaus werden durch langfaserige Stoffe verursachte Probleme wie Verminderung der Pumpfähigkeit, Verstopfung von Leitungen, Festsetzung von Rührwerken und Erhöhung der Schwimmdeckenbildung vermieden. Strukturstarke Substratbestandteile werden deshalb vor der Beschickung in den Fermenter durch Dosiervorrichtungen mit Schneidwerkzeugen oder in der Vorgrube durch Schneidrührwerke oder -pumpen zerkleinert. Die vorgeschriebene Zerkleinerung hat vor

der Pasteurisierung zu erfolgen. (Neser et al., 2012, S. 34)

Bestimmte Substrate müssen einer **Hygienisierung bzw. Pasteurisierung** unterzogen werden. In einer Umfrage bei 150 Biogasanlagen in Bayern zeigte sich, dass über 80 % der Anlagen Substrate einsetzen, die als hygienisch unbedenklich gelten. Regelungen zur Hygienisierungserfordernis für organische Abfälle finden sich vornehmlich in der Bioabfallverordnung und der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte (Nebenprodukteverordnung). In der Verordnung (EG) 1774/2002 bzw. (EG) 1069/2009 werden tierische Nebenprodukte je nach Seuchenrisiko in drei Kategorien eingeteilt. Kategorie 1 umfasst all jene tierischen Nebenprodukte, die ein hohes Risiko für Mensch, Tier und Umwelt (hygienisches Risiko, BSE-Risiko, etc.) darstellen. Material dieser Kategorie darf prinzipiell nicht in Biogasanlagen verwertet werden. Kategorie 3 enthält jene tierischen Nebenprodukte, die von schlacht- bzw. genusstauglichen Tieren stammen, aber nicht für den menschlichen Verzehr bestimmt sind. Kategorie 2 umfasst all jene tierischen Nebenprodukte, die in keiner anderen Kategorie aufgelistet sind. Material dieser Kategorie - außer Gülle, von Magen und Darm getrennter Magendarminhalt, Milch und Kolostrum- muss vor der Fermentation bei 133°C und 3 bar für mindestens 20 min drucksterilisiert werden. Dabei darf die Partikelgröße nicht über 50 mm liegen. Tierische Nebenprodukte der Kategorie 3 können nach einer Vorzerkleinerung auf 12 mm Partikelgröße und einer anschließenden 60-minütigen Pasteurisierung bei 70°C in Biogasanlagen verwertet werden. Bei der Pasteurisierung werden die Temperatur, der Füllstand, der Druck und die Verweilzeit überwacht und aufgezeichnet, damit eine lückenlose Dokumentation der Vorgänge gegeben ist. Für die technische Realisierung der Hygienisierung bei mindestens 70°C bieten sich absätzig bzw. kontinuierliche Verfahren an. Bei der Hygienisierung am Ort der Biogasanlage ist durch bauliche und organisatorische Maßnahmen darauf zu achten, dass es nicht zu einer Rekontamination von pasteurisiertem Material kommt (Neser et al., 2012, S. 35).

4.3.3 Biogasgewinnung

Im Bereich der Fermentation wird zwischen absätzigen und kontinuierlichen Verfahren unterschieden. Auch gibt es im Bezug auf die Ausführung Fermentertechnik verschiedenste Ausführungen.

Bei **absätzig betriebenen Pasteurisierungsverfahren** kommen vorwiegend Behälter zum Einsatz, die mit innen liegenden Wärmeaustauschern ausgestattet sind. Die Pasteurisierungsleistung richtet sich nach der Wasservorlaufemperatur, der Durchlaufmenge sowie der Wärmetauscherfläche. Zudem ist der Pasteurisierungsbehälter mit einem Rührwerk versehen, um eine dauernde Durchmischung des Substrates während des Pasteurisierungsvorganges zu gewährleisten. Derartige Anlagen können, je nach Ausrüstung, zwei bis drei Befüllungen pro Tag durchsetzen. Um die Leistung der Anlage zu erhöhen, können mehrere Einheiten hintereinander geschaltet werden. Bei zwei Behältern lässt sich dann die Leistung verdoppeln. Das Optimum sind drei Einheiten, wobei der erste Behäl-

ter befüllt und angewärmt, der zweite auf 70°C betrieben und der dritte abgekühlt und entleert wird. Diese Vorgänge laufen weitgehend parallel ab. Mit dieser quasikontinuierlichen Betriebsweise lassen sich 8 bis 10 Chargen pro Tag durchsetzen. Der dritte Behälter wird entweder direkt in einem Zug in den Fermenter entleert, oder der Inhalt wird in einem weiteren Behälter zwischengelagert und kontinuierlich dem Fermenter zugeführt. Es sind Anlagengrößen für Einzelbehälter von 100 l bis über 10 m³ erhältlich, so dass sowohl im kontinuierlichen wie auch quasikontinuierlichen Betrieb für alle Anforderungen Lösungsmöglichkeiten angeboten werden (Neser et al., 2012, S. 36).

Beim **kontinuierlichen Verfahren** erfolgt der Pasteurisierungsvorgang in einem doppelwandigem Rohr, wobei das Substrat im Innenrohr durch eine Exzentrerschneckenpumpe gefördert wird. Im Ummantelungsrohr wird das Heißwasser geführt, um das Substrat entsprechend zu erwärmen. Derartige Anlagen müssen so ausgelegt sein, dass die Anforderungen für eine vollständige Pasteurisierung gewährleistet sind. Sie bieten die Möglichkeit der gleichmäßigen Zuführung von pasteurisiertem Material in den Fermenter. Die Durchsatzleistung ist von der Pumpenleistung, der Heißwasser-Temperatur und vom Rohrdurchmesser abhängig. Es muss gewährleistet sein, dass die o.g. Anforderungen bzgl. Temperatur, Druck und Verweilzeit eingehalten werden. In allen Fällen wird zur Pasteurisierung die Abwärme aus dem BHKW genutzt. Bei der Auslegung der Anlage muss berücksichtigt werden, dass besonders im Winter bei niedrigen Temperaturen der Fermenter und gegebenenfalls andere bauliche Einrichtungen einen erheblich höheren Wärmebedarf aufweisen. Hier kann die Einhaltung der vorgeschriebenen Pasteurisierungstemperatur unter Umständen schwierig werden. Mit einer Einhausung und Isolierung des Behälters kann dem entgegen gewirkt werden (Neser et al., 2012, S. 37).

Im Bezug auf die **Fermentertechnik** sind die verfahrenstechnischen Abgrenzungen zwischen einzelnen Bereichen zum Teil fließend. Die Trennung der Fermenter bei zweistufigen Verfahren in Hydrolyse- (Vorversäuerung) und Hauptfermenter führt oft dazu, dass der Hydrolysefermenter den Bereich „Aufbereitung“ zugeordnet wird. Die weiteren technischen Einrichtungen eines Biogasfermenters können in die Bereiche Fördersysteme, Heizung, Homogenisierung, Mess- und Regeltechnik eingeteilt werden. Die technischen Bereiche Gasableitung, Gärrestableitung und Nachgärbehälter werden oft nicht mehr dem Bereich „Fermentertechnik“ sondern den Bereichen „Gasführendes System und Gasnutzung“ sowie „Gärrestlagerung und -nutzung“ zugeordnet. Die Produktion des energetisch verwertbaren Biogases findet im Fermenter statt. In der Praxis kommen Behälter unterschiedlichen geometrischen Aufbaus zum Einsatz. Es wird zwischen liegenden und stehenden Fermentern unterschieden. Da sich die hydraulischen Vorgänge in den beiden Gärbehältern grundlegend voneinander unterscheiden, muss die Betriebsführung entsprechend angepasst werden. Biogasfermenter können in sehr verschiedenen Varianten ausgeführt sein, die sich sowohl nach Art der Beschickung, Anzahl der Prozesssysteme bzw. Fermenter als auch in der Fermentertemperatur und dem Feststoffmassegehalt des Substrates unterscheiden. Selbst bei den Anlagen mit mehreren Fermentern werden die Anlagen i.d.R. einstufig betrieben, d.h. in allen Fermentern finden sämtliche Phasen des anaeroben Abbaus (Hydrolyse bis Methanogenese) statt. Die zwei- bzw. mehrphasigen Anlagen werden eher in industriellen bzw. rein abfallwirtschaftlichen Anlagen eingesetzt.

Die Verfahrensklassifizierung nach der Temperatur, die vor dem Hintergrund der Pasteurisierung an Bedeutung gewinnen wird, spielt derzeit eine untergeordnete Rolle, da die meisten landwirtschaftlichen Anlagen in Bayern im mesophilen Temperaturbereich betrieben werden (Neser et al., 2012, S. 37 ff.).

4.3.4 Gasspeicherung

Der Gasspeicher dient als Pufferorgan zwischen Gaserzeugung und -verwertung. Je besser die Abstimmung zwischen diesen beiden Komponenten ist, um so kleiner kann der Gasspeicher gewählt werden. Je nach Druckstufe wird in Nieder-, Mittel- und Hochdruckverdichtung unterschieden, wobei derzeit, bei fast ausschließlicher Verstromung des Biogases, nahezu überall die erste Variante Verwendung findet. Die Mittel- und Hochdruckverdichtung könnte an Bedeutung gewinnen, wenn weitere Formen der Gasverwertung, wie z. B. die Gaseinspeisung in das Erdgasnetz oder die Gasnutzung für Fahrzeugantriebe, wirtschaftlich interessant werden. Die Fassungskapazität der Biogasspeicher sollte je nach Anlagengröße mindestens 20 bis 50 % der täglich erzeugten Biogasmenge betragen. Durch die Auslegung und die Betriebsweise des BHKW (Volllast/Teillast), kann unter bestimmten Voraussetzungen diese Lagerkapazität unterschritten werden. Wenn die Verwertung des erzeugten Biogases nur zu Spitzenzeiten erfolgt, sind entsprechend größere Gasspeicher zu installieren. In der Praxis werden vorwiegend Gasspeicher aus entsprechenden, gewebeverstärkten Kunststoffplanen verwendet. Hierbei kann die Speicherung entweder in den Fermenter integriert oder separat erfolgen. Außerdem kann die Gaslagerung in Fermentern mit Betondecke erfolgen. Jedoch sind hier hohe Anforderungen an die Qualität und die Verarbeitung des Betons zu stellen. Auf Grund der niedrigen auftretenden Drücke im Gaslager ist zur Verstromung mit Gasmotoren der Einsatz von Verdichtern erforderlich, Zündstrahlmotoren sind dagegen selbstansaugend. Die Gasspeicherung und die an sie gestellten Anforderungen sind in den Sicherheitsregeln für Biogasanlagen der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften ausführlich beschrieben (Neser et al., 2012, S. 68).

4.3.5 Gasnutzung

Die energetische Nutzung des produzierten Biogases kann in unterschiedlicher Weise erfolgen. Die zwei üblichen Nutzungspfade ist einerseits die Strom- und Wärmeerzeugung durch KWK, andererseits ist aber auch die Einspeisung von auf Erdgasqualität aufbereitetem Biogas ins Erdgasnetz möglich (Neser et al., 2012, S. 70).

4.3.5.1 Verstromung und Wärmenutzung

In den meisten Fällen steht die **Verstromung** des Gases und die **Stromeinspeisung** ins Netz im Vordergrund, um einen monetären Ertrag zu erwirtschaften. Der Eigenstrombedarf der Biogasanlage kann entweder aus dem Stromnetz oder direkt vom BHKW

gedeckt werden. Ein Teil der Abwärme des Verstromungsaggregates wird zur Aufrechterhaltung des Abbauprozesses verwendet. Der überwiegende Teil der erzeugten Wärme steht jedoch für eine anderweitige Nutzung zur Verfügung. Technische Entwicklungen bei der Aufbereitung des Biogases ermöglichen heutzutage auch eine Einspeisung des produzierten Biogases in bestehende Gasnetze. Für die Stromgewinnung aus Biogas stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Die gebräuchlichste Art der Stromproduktion besteht aus der Verbrennung des Biogases in einem Gas-Otto- oder Zündstrahlmotor, an den ein Generator zur Stromerzeugung gekoppelt ist. Der so produzierte Strom wird überwiegend ins öffentliche Stromversorgungsnetz eingespeist (Neser et al., 2012, S. 70ff.). Da Strom in Biogasanlagen durch KWK erzeugt wird und die Abwärme ebenfalls einen großen Anteil der erzeugten Energie ca. 30 - 45% ausmacht, ist für einen energieeffizienten Anlagenbetrieb auch die **Wärmenutzung** notwendig. Die Wärmetauscher des BHKW sind wesentliche Bestandteile, welche die vorhandene Wärme des Motorkühlwassers, Schmieröls und Abgases nutzbar machen und damit das Brauchwasser auf etwa 80° - 90° C aufheizen können. Um Spitzen in der Wärmenutzung abdecken zu können, heben Spitzen- und Reservekessel die Vorlauftemperatur des Heizsystems gegebenenfalls an. Des Weiteren ist der Betrieb von Wärmespeichern möglich, um zeitliche Unterschiede zwischen Erzeugung und Nutzung auszugleichen (Neser et al., 2012, S. 77f.).

Ein Teil der bei der Verbrennung entstehenden Wärme wird zur **Aufrechterhaltung des Gärprozesses** benötigt. Der überwiegende Teil steht für andere Einsatzzwecke zur Verfügung. Mit der Überschusswärme können z.B. nebenstehende Gebäude und Ställe mit Wärme und Warmwasser versorgt werden (Neser et al., 2012, S. 77).

Es besteht auch die Möglichkeit über eine in **Nahwärmenetzen** mittels Nahwärmeleitung nahe gelegene Wohnsiedlungen, Schwimmbäder, Gewächshäuser etc. mit Heizenergie zu versorgen, vorausgesetzt die Abnehmer befinden sich in unmittelbarer Nähe zur Biogasanlage. Für die Sommermonate, wenn keine Heizenergie gebraucht wird, sollten andere Nutzungskonzepte gefunden werden, um dadurch insgesamt den Anlagenleistungsgrad zu steigern und einen möglichst großen Beitrag zur Einsparung fossiler Energiereserven und zum Klimaschutz zu leisten. Die einzelnen Nutzungsmöglichkeiten und neuere technische Ansätze werden im folgenden Kapitel näher erläutert (Neser et al., 2012, S. 77).

Eine alternative Verwendung überschüssiger Wärmeenergie stellt die **Trocknung** landwirtschaftlicher Güter dar. Die Anwendungspalette reicht von der Trocknung landwirtschaftlicher Substrate (Getreide, Raufutter etc.), über die Holztrocknung (Holzpellets etc.) bis hin zur Futtermittelherstellung - sog. Grünmehl-Pellets. (Neser et al., 2012, S. 77) Dieses Verfahren ermöglicht einen Wärmenutzungsgrad von bis zu 80 % (BERG, 2003).

Eine weitere allerdings noch in Pilotstadium befindende Technik ist die **Wärmespeicherung**. Um die ungenutzte Wärme im Sommer nicht zu verlieren und sie ggf. in der Winterzeit bei erhöhtem Wärmebedarf nutzen zu können, muss sie gespeichert werden. Die Wärmespeicherung in unterirdischen Wasserspeichern wird derzeit in Pilotprojekten erprobt. Alle Wärmespeicherverfahren bedürfen einer genauen Standortwahl (natürliche Speicher) oder einer aufwändigen Konstruktion (künstliche Speicher), um eine Speiche-

rung der Wärme über längere Zeit, ohne große Verluste gewährleisten zu können. Die Kosten der Wärmespeicher belaufen sich, je nach Größe und Verfahren, zwischen 100 € und 360 €/m³ Speichervolumen (Neser et al., 2012, S. 78).

Die **Kälteerzeugung (KWKK)** ist eine weitere Nutzungsform der anfallenden Wärme während der warmen Jahreszeit ist die Kälteproduktion, auch als Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) bekannt. Da im Sommer kaum Bedarf an Heizenergie besteht, aber der Bedarf von Kälteenergie insgesamt am höchsten ist, bietet sich dieses Verfahren bei gesicherter Kälteabnahme als eine interessante Nutzungsalternative an. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kompressionskälteanlagen, die durch elektrische Energie angetrieben werden, werden Absorptionskälteanlagen (AKM) durch thermische Energie betrieben (Neser et al., 2012, S. 78).

4.3.5.2 Einspeisung ins Erdgasnetz

Neben der klassischen Verbrennung des produzierten Biogases und der damit verbundenen Nutzung des Stromes und der anfallenden Abwärme, wird aufgrund der fortschreitenden Aufbereitungs- und Anlagentechnik versucht, auch anderweitige Nutzungsformen zu erschließen. Hierzu gehören vor allem die Aufbereitung und Einspeisung des produzierten Biogases ins Erdgasnetz oder die Bereitstellung als Kraftstoff in der Fahrzeugtechnik. Die Qualitätsanforderungen für das Einspeisen des aufbereiteten Biogases ins Erdgasnetz richtet sich nach den Spezifikationen der DVGW-Regelwerke (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.) und für die Bereitstellung als Kraftstoff müssen die Normen der ISO/DIN 15403 erfüllt werden. Um diese Anforderungen einhalten zu können, muss das vorhandene Biogas aufbereitet werden. Hierfür können verschiedene Verfahren zur CH₄-Anreicherung bzw. CO₂-Abtrennung verwendet werden. Die grobe Entschwefelung erfolgt bereits während der Biogasentstehung. Eine Feinentschwefelung kann dem jeweiligen Verfahren noch vorgeschaltet werden (Neser et al., 2012, S. 80).

4.3.6 Verwertung der Reststoffe

Die Gärrestverwertung erfasst die Bereiche Lagerung, inkl. der Aspekte ausreichender Lagerkapazitäten und Maßnahmen zur Emissionsminderung sowie die Ausbringung des Gärrestes zur Düngung im Pflanzenbau .

Die Gärrestlagerung findet in der Regel in jeder Biogasanlage statt. Der Gärrest aus einer Biogasanlage enthält Methan bildende Mikroorganismen, die auch in unbeheizten Lagerbehältern einen - wenn auch stark verlangsamten - Abbau verbliebener organischer Substanz und damit verbunden eine Freisetzung von Biogas bewirken. Bei nicht ausreichendem Ausfallgrad des Gärrestes könnte es durch ein offenes Gärrestlager daher zu einem relevanten Verlust an nutzbarem Biogas bzw. Methan kommen. Der gegenüber unbehandeltem Flüssigmist erhöhte Gehalt an Ammonium-Stickstoff bedingt auch höhere

Ammoniakemissionen bei offener Lagerung. Ein Gärrestelager kann als Tiefbehälter (offen oder mit befahrbarer Decke) oder Hochbehälter- üblicherweise in zylindrischer Form - ausgeführt werden. Hierbei gelten dieselben bauordnungsrechtlichen Festlegungen wie für Flüssigmistbehälter, d. h. die Behälter müssen dicht sein und bedürfen eines statischen Nachweises. Der Gärrest sollte dem Lagerbehälter im freien Gefälle zufließen. Ein Überlaufen des Lagerbehälters ist durch baulich-technische Maßnahmen auszuschließen. Der Lagerbehälter sollte über ein Rührwerk verfügen, um den Gärrest vor der Entnahme zu homogenisieren. Da der Gärrest eine wässrige Konsistenz aufweist, tritt insbesondere im Vergleich zu unbehandeltem Rinder-Flüssigmist, eine rasche Entmischung noch enthaltener Feststoffe auf. Die Lagerkapazität muss mindestens 7 Monate betragen. (Neser et al., 2012, S. 81 f.)

4.4 Informationen im Rahmen der Geschäftsprozesse einer Biogasanlage

Die Erlangung vollständiger Information über den Produktionsprozess, sowohl hinsichtlich der eigentlichen Fermentation und den Substraten als auch hinsichtlich der technischen Betriebsparameter, ist objektiv unmöglich. Weder für den Anlagenbetreiber noch für den Staat ist ein Zugang zu allen Information möglich. Eine sehr gute Aufklärung ist nur unter unverhältnismäßig großem wirtschaftlichem Aufwand möglich. Eine Übersicht über den Informationsstand des Anlagenbetreibers und des Staates bzgl. relevanter Parameter und eine Einschätzung des Potentials für Informationsasymmetrien findet sich in Abb. 4.14.

Hinsichtlich der **Substrate** ist, wie bereits ausgeführt, festzustellen, dass sie in Qualität, Zusammensetzung und Biogasausbeute erheblichen Schwankungen unterliegen können. Es können seitens Anlagenbetreiber oder auch seitens des Staates zur Bewertung nur Erfahrungswerte oder Durchschnittswerte herangezogen werden. Mit der Systematik des EEG wurde das Problem durch Einteilung der Substrate in Einsatzstoffvergütungsklassen und die Festlegung von Referenzerträgen bzgl. der Methanausbeute umgangen. So ist es möglich eine einheitliche und praktikable Vergütungsgrundlage zu schaffen.

Bezüglich des **Fermentationsprozesses** besitzt weder der Anlagenbetreiber noch der Staat vollständige Informationen. Der Vergärungsprozess ist komplex. Biologische und chemische Parameter sind nur in gewissen Zeitabständen messbar. Oft sind hier aufwendige Laboruntersuchungen notwendig. Der Anlagenbetreiber kann über die biologischen und biochemischen Parameter der Fermentation in beschränktem Maße Informationen erheben. Es handelt sich aber in der Regel um betriebsinterne Maßnahmen der Informationsgewinnung, zu denen der Staat i.d.R. keinen Zugang hat. Auch wenn beide Parteien bzgl. der Vorgänge im Fermentationsprozess unvollständig informiert sind, so verfügt doch der Anlagenbetreiber über eine bessere Informationsbasis, als der Staat.

Hinsichtlich der in der Biogasanlage eingesetzten **Verfahrenstechnik**, der Biogastechno-

logie, herrscht zwischen Staat und Anlagenbetreiber ebenfalls ein unterschiedlicher Informationsstand vor. Grundsätzlich plant und bestimmt der Anlagenbetreiber die Technologie und damit die verfahrenstechnische Auslegung seiner Anlage. Er ist dabei lediglich an gesetzliche Rahmenbedingungen gebunden, wie sie sich z.B. aus dem Immissionsschutzrecht, dem Abfallrecht und dem Seuchen- und Hygienerecht oder dem Baurecht im allg. ergeben. Der Staat ist über die technischen Ausführungen nur durch Erklärungen und die Dokumentation im Rahmen des Genehmigungsverfahrens evtl. Betriebsüberprüfungen informiert. Technische Gutachten, Umweltgutachten liefern punktuell Informationen über die Technologie. Aus Einsatzstofftagebüchern können u.U. Rückschlüsse auf technische Ausführungen geschlossen werden. Dem Staat wird somit nur ein unvollständiges Bild über die Verfahrenstechnik vermittelt. Bzgl. des Anlagenbetreibers kann angenommen werden, dass er hinsichtlich seiner Technologie vollständig informiert ist.

Die Verwertung der Reststoffe besonders im Bereich der **Gärreste** bietet ebenfalls ein Potential für Informationsasymmetrien. Die Qualität der Gärreste, die als Wirtschaftsdünger verwendet werden können, kann nicht im Vorfeld prognostiziert werden. Auch kann die Menge nur abgeschätzt werden. Bei der Ausbringung und Verwendung ist der Landwirt an rechtliche Vorschriften gebunden. Wie letztlich die Gärreste verwendet werden, ist unmittelbar für den Erhalt der EEG-Förderung nicht von Bedeutung. Dennoch hat der Anlagenbetreiber auch den Anfall und die Verwendung von Gärresten zu planen. Genau wie der eigentliche Stromerzeugungsprozess, ist der Anfall von Gärresten auch Bestandteil der Produktionskette und kann damit nicht grundsätzlich außer Acht gelassen werden. Bzgl. des Anfalls und des Einsatzes der Gärreste besitzt der Anlagenbetreiber einen Informationsvorsprung gegenüber dem Staat.

4 Technologisches Potential für Informationsasymmetrien

Parameter	Informationsstand Anlagenbetreiber	Informationsstand Staat	Potential für Informationsasymmetrien
Substrate			
Substrate (NawaRo)	Bekannt und im Rahmen technischer und wirtschaftlicher Restriktionen frei wählbar.	Bekannt wie im Einsatzstofftagebuch deklariert. Fester Methanreferenzertrag wird unterstellt.	hoch
Substrate (biogene Abfälle)	Bekannt und im Rahmen technischer und wirtschaftlicher Restriktionen frei wählbar.	Bekannt wie im Einsatzstofftagebuch deklariert. Fester Methanreferenzertrag wird unterstellt. Evtl. Dokumentation im Rahmen des Abfall- und Hygienerechts	hoch
Substrate (Wirtschaftsdünger)	Bekannt und im Rahmen technischer und wirtschaftlicher Restriktionen frei wählbar.	Bekannt wie im Einsatzstofftagebuch deklariert. Fester Methanreferenzertrag wird unterstellt. Evtl. Dokumentation im Rahmen des Abfall- und Hygienerechts	hoch
Fermentation			
Bakterienmilieu	Durch regelmäßige Kontrolle, können unvollständige Informationen gewonnen werden. Beschränkt bekannt.	keine Information,	sehr hoch, da beide Akteure i.d.R. unvollständig informiert sind.
Biogasbildungsrate	Beschränkt bekannt und steuerbar. Stochastische Schätzung möglich.	keine Information,	sehr hoch, da beide Akteure i.d.R. unvollständig informiert sind.
Methangehalt	Beschränkt bekannt und steuerbar. Stochastische Schätzung möglich.	keine Information,	sehr hoch, da beide Akteure i.d.R. unvollständig informiert sind.
pH-Werte, FOS/TAC	Durch regelmäßige Kontrolle, können unvollständige Informationen gewonnen werden. Beschränkt bekannt.	keine Information,	sehr hoch, da beide Akteure i.d.R. unvollständig informiert sind.
Hemmstoffe, Spurenelemente	Durch regelmäßige Kontrolle, können unvollständige Informationen gewonnen werden. Beschränkt bekannt.	keine Information,	sehr hoch, da beide Akteure i.d.R. unvollständig informiert sind.
Verfahrenstechnik			
Beschickung	bekannt, steuerbar	Unbekannt, maximal Rückschlüsse über Einsatzstofftagebuch möglich	mittleres Potential
Durchschnittliche HRT	berechenbar, steuerbar	unbekannt, evtl. berechenbar.	mittleres Potential
Durchmischung	bekannt, steuerbar.	unbekannt	mittleres Potential
Gärvolumen	bekannt, planbar.	bekannt im Rahmen der Genehmigung	geringes Potential
Gärrestlager(-volumen)	bekannt, planbar.	bekannt im Rahmen der Genehmigung	geringes Potential
Technische Auslegung	Bekannt, plan- und steuerbar. betriebsinterne Modifikationen ohne direkten Einblick des Staates in gewissem Rahmen möglich.	Bekannt, wie genehmigt Bekannt durch technische Gutachten, Umweltgutachter Bekannt durch Augenschein	mittleres Potential
Reststoffe			
Gärreste	Anfall und Verwertung sind vollständig plan- und steuerbar.	Ausbringungsmenge – Orte im Rahmen des DüngemittelVO (Kataster), aber in der Regel nicht energiewirtschaftlich für Vergütungsvoraussetzung relevant	mittleres Potential
Sonstige Reststoffe	Steuerbar- und planbar. Im Rahmen des rechtlich Zulässigen, freie Wahl des Verwertungsweges.	Evtl. Entsorgungsnachweise, aber keine energiewirtschaftliche Vergütungsvoraussetzung	mittleres Potential

Abbildung 4.14: Potential bzgl. des Auftretens von Informationsasymmetrien im Rahmen des Anlagenbetriebes (Quelle: eigene Darstellung)

4.5 Zwischenfazit

Die Analyse des Energiegewinnungsprozesses in Biogasanlagen hat ergeben, dass das Potential für Informationsasymmetrien im Bereich der Substrate hoch ist. Der Energiegehalt der Substrate kann nicht verlässlich ermittelt werden. Sowohl Anlagenbetreiber (Agent) als auch der Staat (Prinzipal) sind auf Schätzungen angewiesen. Es liegt ein Informationsdefizit sowohl auf Seiten des Anlagenbetreibers als auch auf Seiten des Prinzipals vor, wobei der Agent bessere Aufklärungsmöglichkeiten, durch messen und verproben hat, als der Prinzipal. Er ist letztlich auf die wahrheitsgemäßen Erklärungen des Anlagenbetreibers angewiesen.

Im Bereich des Fermentationsprozesses liegt ebenfalls ein allgemeines Informationsdefizit vor. Der Fermentationsprozess ist nicht einsehbar und nur indirekt über die Messung gewisser biochemischer und physikalischer Parameter erfassbar. Letztlich ist man auch hier auf Schätzungen angewiesen. Der Biogasanlagenbetreiber hat allerdings aufgrund seiner Erfahrung und des laufenden Anlagenbetriebes einen deutlichen Informationsvorsprung gegenüber dem Prinzipal.

Im Hinblick auf die eingesetzte Verfahrenstechnik bietet sich ein besseres Bild. Es besteht zwar eine Informationsasymmetrie, die eingesetzte Verfahrenstechnik ist im Wesentlichen aufklärbar. Die Informationsasymmetrie ließe sich durch Kontrollmaßnahmen verringern.

Eine vergleichbare Situation ergibt sich bzgl. der Reststoffe. Da die Reststoffe regelmäßig die Anlage verlassen und ausgebracht bzw. entsorgt werden, ließe sich ihre Qualität und Quantität ebenfalls überprüfen. Die Informationsasymmetrie zwischen Agent und Prinzipal kann reduziert werden.

Das Auftreten der Informationsasymmetrien in einem komplexen Produktionsprozess, welches Fehlallokationen nach sich ziehen kann, ist ein Phänomen, das bereits in vielen Wirtschaftszweigen untersucht worden ist. Generell tritt bei der Erzeugung von Gütern, das Problem auf, dass Unternehmen - aufgrund ihres gewinnmaximierenden Kalküls - die Qualität ihrer Erzeugnisse reduzieren können und nicht den erwarteten Nutzen der Käufer bzw. Konsumenten erfüllen. Die Erzeugung von Produkten in der vereinbarten Qualität und Güte wird vom Käufer erwartet. Er kann diese Eigenschaften häufig nicht im Vorfeld des Kaufes verifizieren. Es liegen also Informationsasymmetrien vor. Man kann zwischen Suchgütern, Erfahrungsgütern, Vertrauensgütern (Nelson, 1970; Darby und Karni, 1973) und potemkinschen Gütern (Spiller, 1996; Tietzel und Weber, 1991) unterscheiden. Bei Suchgütern sind die Eigenschaften von Produkten vor dem Kauf durch Inspektion für den Käufer überprüfbar. Bei Erfahrungsgütern zeigt sich erst im Gebrauch die tatsächliche Qualität. Bei Vertrauensgütern sind die Informationskosten für den einzelnen Käufer zu hoch, lediglich fachkundige und sachverständige Drittinstitutionen können das Endprodukt überprüfen. Bei potemkinschen Gütern können die Prozessqualitäten am Endprodukt nicht mehr nachkontrolliert werden. Bei potemkinschen Gütern ist demnach das Risiko des „*Moral Hazard*“ besonders stark ausgeprägt. Die Informationsasymmetrie bzgl. der Qualität und des Erzeugungsprozesses ist bei potemkinschen Gütern am stärksten

ausgeprägt (Jahn et al., S. 4). Diese Informationsasymmetrie ermöglicht eine Täuschung des Käufers.

Bei der durch eine Biogasanlage erzeugten Energie, sowohl bzgl. des Stroms als auch hinsichtlich der Wärme, handelt es sich letztlich um *potemkinsche* Güter. Sie enthalten bei ihrer Einspeisung ins Netz keinerlei Hinweis auf ihre Erzeugung und Herkunft. Sie können aus regelkonformer Erzeugung auf Basis erneuerbaren Energieträgern stammen oder aber auch regelwidrig unter Verletzung der EEG-Vorgaben hinsichtlich der Technologie erzeugt worden sein. Dies ist für den Verbraucher letztlich nicht feststellbar.

Der Problematik, die man bei der Beschaffung, Produktion und dem Absatz von Produkten entlang der zahlreichen Transaktionen in der Supply-Chain feststellen kann, kann durch die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems begegnet werden (Hofmann et al., 2008). Hier wurden zahlreiche Systematiken und Konzepte, in der Regel aufbauend auf der Normenfamilie ISO 9000 ff., wie z.B. Total Quality Management (TQM), das Modell der „European Foundation for Quality Managment“ (EFQM) und u.a. Six Sigma, entwickelt und eingeführt (Herrmann und Fritz, 2016, S. 203 ff.). Der Produktionsprozess wird hierbei durch überwiegend externe Berater überprüft, auditiert und zertifiziert. Es findet eine systematische Überwachung des Produktionsprozesses statt (Herrmann und Fritz, 2016, S. 233 ff.). Damit sollen letztlich aus mikroökonomischer Sicht Informationsasymmetrien aufgeklärt und reduziert werden. Die Kontrollen und der Zertifizierungsprozess sollen die Möglichkeit von „*Hidden Action*“ und damit des „*Moral Hazard*“ reduzieren und durch die Einhaltung der Standards eine gleichbleibende Qualität der Produktion und des Erzeugnisses gewährleisten. Die Zertifizierungssysteme durch externe unabhängige Berater stellen somit Kontrollsysteme dar, mit denen man dem Ausnutzen von Informationsasymmetrien durch den Agenten begegnen kann.

Diese Wirkung von Qualitätsmanagementsystemen aus Sicht der Prinzipal-Agenten-Theorie wird vielfach in der Literatur aufgegriffen. So wird beispielsweise in der Agrarwirtschaft die Thematik im genossenschaftlichen Umfeld betrachtet (Iselborn et al., 2014). Jahn et al. (2003) setzt sich grundsätzlich mit der Glaubwürdigkeit von Zertifizierungssystemen auseinander. Allgemeinere Werke greifen den Themenkomplex im Zusammenhang mit der wettbewerbsorientierten Gestaltung von Informationsasymmetrien auf (McLachlan, 2004). Nelson (1970) setzt sich generell mit Informationsasymmetrien und Konsumentenverhalten auseinander. Es bietet sich deshalb eine Übertragung der Konzepte auf die Biogasproduktion an.

Durch Zertifizierungen kann die Einhaltung der technischen Standards überprüft werden. Es ist zwar nicht ausgeschlossen, dass dennoch Abweichungen von den Standards durch den Biogasanlagenbetreiber vorgenommen werden, aber dies ist mit einer Erhöhung seiner Kosten verbunden. Diese Erhöhung der Kosten reduziert den Anreiz des Betreibers für „*Hidden Action*“. Im Biogasbereich wurden zahlreiche Zertifizierungen, die den Produktionsprozess betreffen, eingeführt. So existieren beispielsweise spezielle Begutachtungen für die Inanspruchnahme:

- des Bonus für Strom, der durch innovative Technologien erzeugt wird (Technologie-

4 Technologisches Potential für Informationsasymmetrien

- Bonus EEG 2009),
- des Bonus für Strom, der in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird (KWK-Bonus EEG 2009),
 - des Bonus für Strom aus Gülle (Gülle-Bonus EEG 2009),
 - des Bonus für Strom aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen,
 - die im Rahmen der Landschaftspflege anfallenden Boni (Landschaftspflege-Bonus EEG 2009),
 - der Vergütung des für Strom aus Biogas nach unterschiedlichen Einsatzstoffvergütungsklassen (§ 27 EEG 2012),
 - der Vergütung für Strom aus Biogas aus Bioabfällen (§ 27a EEG 2012),
 - des Gasaufbereitungs-Bonus für Strom aus Biomethan (§ 27c EEG 2012),
 - der Flexibilitätsprämie (§ 33i EEG 2012) bei Nachweis eines bedarfsorientierten Betriebs der Stromerzeugungsanlage.

Durch das Einführen eines Zertifizierungssystems durch externe Berater entsteht allerdings ein neues Prinzipal-Agenten-Verhältnis auf Ebene des Biogasanlagenbetreibers - als Prinzipal - und dem Auditor bzw. Berater - als Agenten. Diese Konstellation lässt erneut ein Prinzipal-Agenten-Problem entstehen. Diese Struktur wurde grundlegend für Situationen in der Wirtschaftsprüfung beschrieben und ist auf die Konstellation bei Zertifizierungen übertragbar (Jahn et al.). Dem Wirtschaftsprüfer bzw. dem zertifizierenden Gutachter (Auditor) wird regelmäßig kein benevoltes Verhalten unterstellt (Makkawi und Schick, 2003). Vielmehr hat der Unternehmer ein Interesse seine Prüfungskosten zu reduzieren. Darüber hinaus erfolgt die Auftragsvergabe vom Management eines zu kontrollierenden bzw. zu zertifizierenden Unternehmens, das selbst nicht an der Aufdeckung bestehender Mängel interessiert ist (Loitlsberger, 2002; Marten, 1999).

Für Umweltgutachter bzw. Zertifizierungsunternehmen können demnach Interessenkonflikte entstehen. Entlang der Prozesskette des Biogasanlagenbetriebes ist das Auftreten von Konstellationen mehrstufiger Prinzipal-Agenten-Konflikte somit nicht ausgeschlossen.

5 Rechtliches Potential für Informationsasymmetrien

Der Staat hat sich Ziele im Hinblick auf den Ausbau der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien gesetzt. In früheren Zeiten bestand die Möglichkeit solche Aufgaben im Rahmen der Daseinsvorsorge über öffentliche Unternehmen durch den Staat selbst zu übernehmen. Nach einer über Jahrzehnte anhaltenden Tendenz zur Deregulierung besteht hierfür heute keine Basis mehr. Die Zielerreichung überlässt der Staat vielmehr den freien Kräften des Marktes. Er setzt über Förderungssysteme Anreize und versucht möglichen Fehlentwicklungen und Marktversagen durch Reformen und Gesetzesänderungen, welche auf eine Verbesserung des Anreizsystems abzielen, entgegen zu steuern.

Die Interaktion zwischen Staat und Anlagenbetreiber lässt sich unter den Gesichtspunkten der Prinzipal-Agenten-Theorie beschreiben. Ausgangspunkt der Überlegungen bildet die Konstellation, dass der Staat als Prinzipal die Erreichung seiner EEG-Ziele letztendlich über ein System von Verträgen bzw. Rechtsverhältnissen auf die Betreiber von Anlagen nach dem EEG überträgt. Ein Anlagenbetreiber nimmt letztlich die Rolle des Agenten ein und verfolgt wiederum seine Eigeninteressen, welche in der Regel in der Gewinnmaximierung seines Betriebes liegen.

5.1 Das Rechtsverhältnis zwischen Staat und Anlagenbetreiber

Das Rechtsverhältnis zwischen Staat und Anlagenbetreiber, das sich aus dem EEG ergibt, ist komplex. Die Ursachen hierfür sind vielschichtig. Die Erzeugung von Strom und Wärme aus Biogas nach dem EEG berührt zahlreiche angrenzende Rechtsgebiete, wie beispielsweise das Abfallrecht und das Agrarrecht. Nicht zuletzt ist die Erzeugung alternativer Energien auch verbunden mit der Einspeisung und dem Absatz der Energien in ein Leitungsnetz. Damit sind automatisch energierechtliche Deregulierungsfragen berührt. Neben diesen eher speziellen Rechtsgebieten gibt es zahlreiche allgemeinere Rechtsgebiete, wie Baurecht, Immissionschutzrecht und Gewerberecht, die den Anlagenbetrieb berühren. In diesem Zusammenhang sind zunächst die Annahmen des Grundmodells der Prinzipal-Agenten-Theorie kritisch zu beleuchten. Zwischen Anlagenbetreiber und Staat wird nicht ein einziger eindeutiger Vertrag geschlossen, der abschließende verifizierbare Konditionen besitzt, vielmehr handelt es sich um ein Dauerschuldverhältnis zwischen einem Energieversorger über den letztlich die staatlich gewährten Vergütungen ausgezahlt werden. Dieses Schuldverhältnis ist, wie die Entwicklung der Vergangenheit gezeigt hat,

dem Risiko gesetzlicher Novellierungen, die sofern eine faktische Rückwirkung eintritt auch den Gewinn einer Anlage nachhaltig beeinflussen, ausgesetzt. All dies sind nur Determinanten, die daraufhin untersucht werden müssen, ob sie dazuführen, dass die vom Prinzipal - hier dem Staat - vorgegebenen Zielvorgaben durch den Agenten - hier dem Anlagenbetreiber - unterwandert werden.

Zwischen Staat und Anlagenbetreiber wird nicht unmittelbar ein vertragliches Verhältnis begründet. Vielmehr wird ein Rechtsverhältnis zwischen Anlagenbetreiber und dem Netzbetreiber, d.h. einem Energieversorgungsunternehmen (EVU) begründet, das Voraussetzung für die Abrechnung der entsprechenden Vergütung und die Einspeisung der Energie ins Netz ist. Hierbei handelt es sich nicht um ein einfaches vertragliches Rechtsverhältnis. Vielmehr handelt es sich nach § 4 EEG (2012) um ein gesetzliches Schuldverhältnis.¹ Insbesondere sieht § 4 Abs. 1 EEG vor, dass der Netzbetreiber die Erfüllung seiner gesetzlichen Verpflichtungen nicht vom Abschluss eines Vertrages abhängig machen darf. Es besteht also im Hinblick auf Abnahme und Vergütung ein unmittelbarer gesetzlicher Anspruch. Seit 1991 Stromeinspeisungsg hat es immer wieder erhebliche Probleme im Hinblick auf die Anschluss-, Abnahme- und Vergütungsverpflichtung des Netzbetreibers gegeben.

Das Rechtsverhältnis zwischen Anlagenbetreiber und Netzbetreiber umfasst mehrere **Hauptleistungsverpflichtungen**. Es werden von § 4 Abs. 1 EEG folgende Verpflichtungen erfasst (Frenz, 2009, § 4 Rz. 12):

- Anschlusspflicht gegenüber dem Anlagenbetreiber (§ 5 Abs. 1, § 5 Abs. 4 i.V.m. § 9) Pflicht zur Vorlage von Unterlagen und Daten, die zur Ermittlung des Verknüpfungspunktes gem. § 5 Abs. 1 und/oder für eine nachprüfbare Netzverträglichkeitsprüfung erforderlich sind (§ 5 Abs. 5).
- Pflicht zur vorrangigen Abnahme, Übertragung und Verteilung gegenüber dem Anlagenbetreiber oder einer dritten Person (§ 8 Abs. 1)
- Pflicht zur vorrangigen Abnahme, Übertragung und Verteilung von durchgeleitetem Strom gegenüber dem Anlagenbetreiber oder einer dritten Person, die nicht Netzbetreiber i.S.v. § 3 Nr. 8 ist (§ 8 Abs. 2)
- Pflicht jedes sonstigen Netzbetreibers zur vorrangigen Abnahme, Übertragung und Verteilung im Fall der Weitergabe nach der Maßgabe des § 8 Abs. 2 (Angebot des Stroms mittels kaufmännisch-bilanzieller Weitergabe durch ein Netz in ein anderes Netz nach § 3 Nr. 7, § 8 Abs. 4)
- Pflichten zur Optimierung, Verstärkung und zum Ausbau der Netze gegenüber Einspeisewilligen (§ 9)
- Unterrichts- und Veröffentlichungspflichten gegenüber Anlagenbetreibern (§ 9 Abs.

¹Str. nach wie vor die eigentliche Rechtsnatur. Die h.M. nimmt ein gesetzl. Schuldverhältnis an. A.A. vertreten unmittelbaren Kontrahierungszwang, mittelbaren Kontrahierungszwang, atypisches gesetzliches Schuldverhältnis, gesetzliches Schuldverhältnis mit Kopplungsverbot.

1 Satz 2 und Satz 3)

- Pflicht zum Nachweis der Erforderlichkeit einer Regelung nach § 11 Abs. 2 gegenüber Anlagenbetreibern (§ 11 Abs. 3)
- Pflicht zur Vergütung gegenüber dem Anlagenbetreiber (§ 16 Abs. 1)
- Pflicht zur Vergütung bei Zwischenspeicherung (§ 16 Abs. 3)
- Pflicht zur unverzüglichen Weitergabe des nach § 16 vergüteten Strom an den vorgelagerten Übertragungsnetzbetreiber (§ 34)
- Pflicht zur Vergütung der nach § 16 vergüteten Strommengen durch den Übertragungsnetzbetreiber (§ 35 Abs.1)
- Pflicht der Übertragungsnetzbetreiber untereinander, den unterschiedlichen Umfang und zeitlichen Verlauf der nach § 16 vergüteten Strommengen sowie die Vergütungsmengen zu erfassen und vorläufig zu vergüten (§ 36 Abs. 1)
- Pflicht der Übertragungsnetzbetreiber zur Ermittlung von Strommengen, die bis zum 31. Juli eines jeden Jahres abgenommen, vergütet oder vorläufig ausgeglichen wurden und den Anteil dieser Menge an der gesamten Strommenge, die Elektrizitätsunternehmen im Bereich des jeweiligen Übertragungsnetzbetreibers, an Letztverbraucher geliefert haben (§ 36 Abs. 2)
- Pflicht zur Abnahme und Vergütung von Differenzstrommengen zwischen Übertragungsnetzbetreibern (§ 36 Abs. 3)
- Pflicht der Übertragungsnetzbetreiber zur Durchleitung von Strom an die ihnen nachgelagerten Elektrizitätsversorgungsunternehmen (§ 36 Abs. 4)
- Pflicht der Übertragungsnetzbetreiber zur Geltendmachung von Ansprüchen gegen Elektrizitätsversorgungsunternehmen nach § 37 Abs. 1 (§ 37 Abs. 4)
- Diverse Mitteilungs- und Veröffentlichungspflichten (§ 45, § 47, § 48, § 51 Abs.1, § 52).

Allein die Vielzahl der Hauptleistungspflichten zeigt die Komplexität des Rechtsverhältnisses zwischen EVU und Anlagenbetreiber auf. Die Komplexität der Rechtsbeziehungen begünstigt strategisches Verhalten der Akteure.

5.2 Das Erneuerbare-Energien-Gesetz und die Bonifikation für Biogas

In den letzten 20 Jahren hat sich der Biogasmarkt als Segment im Bereich der Erneuerbaren Energien etabliert. Grundlage für die Entwicklung und das starke Wachstum des Segmentes sind nicht nur die vorhandenen Primärenergiepotentiale der Biomasse und die besonderen Eigenschaften des Biogases, sondern vor allem die staatliche Förderung von Biogastechnologien durch die im EEG verankerten Bonifikationen. Grundsteine für die

Entwicklung wurden 1992 mit dem Stromeinspeisungsgesetz gelegt, dass durch das EEG im Jahr 2000 ersetzt wurde. Das EEG selbst hat bis 2012 drei Novellierungen erfahren.

Die Einordnung der im EEG vorgesehenen Bonifikationen als Subventionen ist juristisch umstritten. Stellt man aus volkswirtschaftlicher Sicht auf den Wirkungsmechanismus ab, so sind die zahlreichen im Gesetz vorgesehenen Boni als Subvention² einzustufen. Nach h.M. wird aber auf die Haushaltshoheit des Parlaments abgestellt, da die EEG-Umlage letztlich durch die Endverbraucher finanziert wird und das Budget nicht der Haushaltshoheit unterliegt handelt es sich um keine Subvention.

Das EEG hat in diesem Zeitraum zahlreiche Veränderungen erfahren und die Vergütungsstruktur für die Biogastechnologie mehrfach geändert. Die Komplexität hat stark zugenommen. Die im EEG-Vergleich umfangreichsten und komplexesten Vergütungsregelungen weist die Biomasse auf (Wenzel, 2010, 18). Dies wird sowohl von Interessenverbänden, wie der Fachverband Biogas und der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe als auch seitens der Bundesregierung selbst bemängelt. Es wird die Möglichkeit von Fehlsteuerungen durch die intransparente Förderungsstruktur in Betracht gezogen (BMU, 2011, 69 ff.). Aus diesem Grunde ist es notwendig die Vergütungsstruktur und die Normgenese näher zu betrachten.

Grundsätzlich sieht die Vergütung für Strom eine nach Leistungsstufen und nach Substraten bzw. weiteren technischen Voraussetzungen gestalteten Staffeltarif aus einer Grundvergütung und diversen möglichen Zusatzvergütungen vor. Die Zusammensetzung und Berechnungsgrundlage der Einspeisvergütung des EEG war jedoch seit 2000 durch die Novellen von 2004, 2009, 2012 großen Veränderungen unterworfen. Neben der Grund- bzw. Mindestvergütung gibt es je nach geltender EEG-Fassung folgende Zusatzvergütungen: den NawaRo-Bonus, den Gülle-Bonus, den Technologiebonus, den KWK-Bonus, den Emissionsminderungsbonus (auch Formaldehydbonus, Luftreinhaltebonus genannt), den Landschaftspflegebonus und den Gasaufbereitungsbonus. Ferner existieren besondere Regelungen für die Bioabfallvergärung. Die einzelnen Bonifikationen können allerdings nur beschränkt miteinander kombiniert werden.³ Sie unterliegen einer Degression. Der maximale Zeitraum für ihre Beanspruchung beträgt in der Regel 20 Jahre.⁴

5.2.1 Grundvergütung

Die Grundvergütung, auch Mindestvergütung genannt, wird für aus Biogas erzeugten Strom weitgehend unabhängig von den gewählten biogenen Einsatzstoffen (Substraten) oder bestimmten technologischen Eigenschaften der Biogaserzeugung gewährt. Während der Geltung des Stromeinspeisungsgesetzes erreichte die durchschnittliche Vergütung für Biogas kurz vor Einführung des EEG (2000) in Höhe von 7,223 ct/kWh. Die Situation

²vgl. Rede Hermann Scheer zum 10 jährigen Bestehen des EEG.

³Im Hinblick auf die Kombinationsmöglichkeiten wird verwiesen auf die Darstellung in Frenz u. Müggenborg (2009).

⁴Es handelt sich um eine grundsätzliche und vereinfachte Darstellung der einzelnen Boni. Zur genauen Gültigkeit und den einzelnen und Abgrenzungsprobleme s. Frenz u. Müggenborg (2009).

änderte sich erst mit Einführung des EEG. Das Stromeinspeisungsgesetz wurde am 1. April 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 29. März 2000 (BGBl. I S. 305) ersetzt.

Das EEG 2000 verankerte erstmalig eine Differenzierung der Vergütung nach den Sparten: Wind-, Photovoltaik, Wasserkraft, Biomasse und Geothermie gesetzlich. Dies sollte den Charakter der EEG-Förderung als Anschubfinanzierung unterstreichen. Das EEG 2000 sah für Strom aus Biomasse eine Vergütung von mindestens 10,23 ct pro kWh für Anlagen mit einer elektrisch installierten Leistung von 500 kW (§ 5 Abs. 1 Nr. 1 EEG) und von 9,21 ct/kWh für Anlagen mit einer elektrisch installierten Leistung von 5 MW (§ 5 Abs. 1 Nr. 2 EEG) vor. Ab einer elektrisch installierten Wirkungsleistung von 5 MW wird eine Vergütung von mindestens 8,70 ct/kWh (§ 5 Abs. 1 Nr. 3 EEG) gewährt. Die Förderung sah eine jährliche Degression von 1 % vor. Die Degression wurde ab dem 1. Januar 2002 für neu in Betrieb gehende Anlagen im Bereich der Biomasse um 1,5 % gesenkt. Das EEG 2000 sieht keine Zusatzvergütungen oder ein differenziert ausgestaltetes Bonussystem für Strom aus Biomasse vor.

Im April 2004 hat der Deutsche Bundestag eine umfassende Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) verabschiedet, dem der Bundesrat im Juli 2004 zugestimmt hat. Mit dieser Novelle wird die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien deutlich verbessert. § 8 EEG regelt nun die Vergütung von Strom aus Biomasse. Demnach erhalten Anlagen, die Strom aus Biomasse produzieren eine leistungsgrößenabhängige Grundvergütung von 8,4 bis 11,5 ct/kWh (jährliche Degression 1,5 % ab 2005). Die Einteilung der Leistungsklassen wird etwas verfeinert. Es wird eine Leistungsklasse für Anlagen bis 150 kW eingeführt, die eine Grundvergütung von bis zu 8,4 ct/kWh erhalten (§ 8 Abs.1 Nr. 1 EEG). Die Höhe der Vergütung wird bestimmt durch die Höhe des gültigen Vergütungsbetrages im Inbetriebnahmejahr der Anlage und besteht über die Laufzeit von maximal zwanzig Jahren fort (Inbetriebnahmejahr + 20 Jahre). Die leistungsgrößenabhängige Grundvergütung reduziert sich jährlich um 1,5 Prozent. Das EEG wird ab 2004, insbesondere durch das nun eingeführte Bonussystem, zu einem der entscheidenden Instrumente zur Lenkung der Stromerzeugung aus Biomasse. Neben der Grundvergütung können jetzt bei Vorliegen bestimmter Voraussetzungen, ein NawaRo-Bonus, Technologiebonus und der KWK-Bonus beansprucht werden.

Mit der Einführung des EEG 2009 wird das Bonussystem für die Stromerzeugung aus Biogas neu gefasst und erfährt tiefgehende Veränderungen. Die Regelungen des § 8 EEG 2004, der bislang Regelungen für die Vergütung zur Stromerzeugung aus Biomasse enthielt, wird im EEG 2009 durch § 27 ersetzt. Die Regelung des § 27 Abs. 1 Satz 1 EEG (2009) enthält, wie die Vorgängerregel, einen nach vier Leistungsklassen (150 kW, 500 kW, 5 MW, 20 MW) differenzierte Grundvergütung, wobei weiterhin den höheren Stromerzeugungskosten kleiner Anlagen Rechnung getragen wird. Kleine Anlagen erhalten auch nach EEG 2009 eine höhere Vergütung als Großanlagen. Die Zuordnung nach Leistungsklassen erfolgt nunmehr nach § 18 EEG. Der Gesetzgeber hat sich u.a. auch für eine Erhöhung der Grundvergütung für Kleinanlagen wegen des erheblichen Anstiegs der Rohstoffpreise entschieden (Frenz, 2009, § 27 Rz. 3). Eine weitere wichtige Neuerung ist die

Lockerung des **Ausschließlichkeitsprinzips**⁵ hinsichtlich bisher vergütungsschädlicher Einsatzstoffe, die nicht der BiomasseV unterfallen. So fielen einige Substrate außerhalb der BiomasseV bislang zwar nicht unter den weiten (naturwissenschaftlichen) Biomassebegriff des § 3 Abs. 1 EEG 2004 und der sog. EE-Richtlinie⁶, jedoch wurde deren energetische Verwertung durch ein besonders strenges und auf den Anwendungsbereich der BiomasseV verengtes Ausschließlichkeitsprinzip von der Vergütung ausgeschlossen. Eine Privilegierung fand hier nur durch die sonstigen Regelungen des EEG (z.B. über den Netzzugang) statt. Bei *Mischeinsatz* ging der Vergütungsanspruch generell insgesamt verloren, auch für den Anteil des erzeugten Stroms, der „*quasi gesetzeskonform*“ aus der Biomasse nach BiomasseV gewonnen wurde. Nunmehr kann Biomasse, die unter die EE-Richtlinie fällt zusammen mit der Biomasse nach dem engeren Begriff der BiomasseV verstromt werden, allerdings wird nur der Anteil vergütet, der aus Biomasse i.S.d. BiomasseV gewonnen wird, wie der Wortlaut des § 27 Abs. 1 deutlich macht (BT-Drs. 16/8148, S. 55) (Frenz, 2009, § 27 Rz. 3). Eine weitere relevante Neuerung ist die Aufhebung des **Ausschlussprinzips** für Anlagen im Bereich über 20 MW. Sie erhielten früher gar keine Vergütung. Dem dadurch implizierten Fehlanreiz zum *Anlagensplitting*⁷ wurde damit entgegengewirkt. Das EEG 2009 sieht nunmehr eine Grundvergütung auch für solche Anlagen vor, die eine größere elektrische Wirkleistung i.S.d. § 3 Nr. 5 aufweisen, allerdings nur für den Anteil des eingespeisten Stromes, der dem Leistungsanteil bis zur Förder-Höchstgrenze 20 MW entspricht (Frenz, 2009, § 27 Rz. 3). Eine weitere Neuerung ist die explizite **Gleichstellung von Pflanzenölmethylester** mit Biomasse i.S.d. Satz 1, allerdings nur im Rahmen der Anfahr-, Zünd- und Stützfeuerung. (Frenz, 2009, § 27 Rz. 3). § 27 Abs. 2 EEG 2009 (ehemals § 8 Abs. 1 Satz 3 EEG 2004) regelt unter welchen Voraussetzungen dem Gasnetz entnommenes Gas als Biomasse gilt und dementsprechend vergütet werden kann. So muss im Rahmen der sog. **Gasäquivalentnutzung** die Menge des dem Gasnetz entnommenen Gases im Wärmeäquivalent der Menge Biogas entsprechen, die an anderer Stelle ins Gasnetz eingespeist wurde. Die einzige Änderung besteht hier in der ausdrücklichen Bezugnahme auf das Kalenderjahr und der damit verbundenen Aufgabe des sog. Vorzeitigkeitsprinzips (Frenz, 2009, § 27 Rz. 4).

5.2.2 NawaRo-Bonus

Der NawaRo-Bonus ist eine einatzstoffbezogene Zusatzvergütung für Strom aus Biomasse. Er wird für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe gewährt. Welche Substrate hiervon erfasst sind regelt Anlage 2 Abs. 2 Nr. 1 EEG 2009. Diese Form der einatzstoffbezogenen Vergütung wird im EEG 2012 durch die Vergütung nach sog. Einatzstoffvergütungsklassen ersetzt. Der NawaRo-Bonus wurde erstmalig mit dem EEG 2004 eingeführt. § 8 Abs. 2 EEG 2004 sah eine Bonushöhe von bis zu 6,00 ct/kWh vor. Mit dem EEG 2009 wird der NawaRo-Bonus durch § 27 Abs. 4 Nr. 2 i.V.m. Anlage 2 geregelt (Frenz, 2009, § 27 Rz. 46 ff). Der Bonus für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe verfolgt den Zweck, die

⁵Vgl. § 16 Abs. 1 EEG 2009.

⁶Ehemals Richtlinie 2001/77/EG der Europäischen Gemeinschaft.

⁷Vgl. Erfahrungsbericht 2007, S. 96 f.

Erschließung des Nutzungspotentials von Biomasse aus land- und forstwirtschaftlicher Herkunft anzureizen und einer Fehlleitung von Abfallströmen zu begegnen. Insgesamt soll so ein Beitrag zur Erschließung nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Nutzung geleistet werden (BT-Drs. 16/8148, S. 79). Der NawaRo-Bonus ist ebenfalls nach Anlagengrößen gestaffelt, wodurch die unterschiedlichen Kostenstrukturen zum Ausdruck kommen sollen. Der NawaRo-Bonus wird nur für den Stromanteil gezahlt, der aus nachwachsenden Rohstoffen oder ggf. Gülle erzeugt wird. Mit dem EEG 2012 wird eine neue Systematik für die Einteilung der NawaRos kodifiziert.

5.2.3 Technologiebonus

Im EEG 2004 wurde der Technologie-Bonus durch § 3 Abs. 4 EEG geregelt. Der Technologie-Bonus soll mittel- und langfristig zu einer allgemeinen Kostensenkung beitragen sowie Anlagen mit möglichst hohen Wirkungsgraden und niedrigen Schadstoffwerten anreizen, indem er die regelmäßig höheren Investitionskosten innovativer Technologien abfangen soll (Frenz, 2009, § 27 Rz. 38). Nach dem Willen des Gesetzgebers soll ein spezifischer Anreiz zum Einsatz besonders umwelt- und klimaschonender Anlagentechnik gesetzt werden (BT-Dr. 16/8148., S. 56) Die Bestimmungen bzgl. der innovativen Technologien waren in der Anlage 1 EEG beschrieben und wurden mit der Novellierung zum EEG 2012 gestrichen.

5.2.4 KWK-Bonus

Mit der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2009 wurde das Gesetz um eine zusätzliche Bonusvergütung, den KWK-Bonus erweitert. Während die Kraft-Wärme-Kopplung schon im EEG 2004 berücksichtigt und gesondert vergütet wurde, können Anlagenbetreiber mit der Anerkennung des KWK-Bonus des EEG 2009 einen um 50 % erhöhten Bonus beanspruchen. Mit der Neuerung des Erneuerbaren Energie Gesetzes im Jahr 2009 wurde auch die Bonusvergütung für die Kraft-Wärme-Kopplung angepasst. Im EEG 2004 ist für die Kraft-Wärme-Kopplung noch eine geringere Vergütung vorgesehen, sollten aber die im EEG 2009 Anlage 3 I KWK-Bonus genannten Voraussetzungen erfüllt werden, kann die Vergütung auch höher ausfallen. Die Vergütung auf den erzeugten Strom bezieht sich hier vielmehr auf die Ausnutzung der Wärmeenergie, welche einen wesentlich größeren Anteil an der gesamt erzeugten Energie einer Biogasanlage besitzt. Somit spielt die wirtschaftliche Nutzung der Abwärme aus der Stromproduktion maßgebend in die Vergütung der Stromproduktion mit hinein. Die Anlage muss laut Positivliste subventionsberechtigt sein. Die Voraussetzungen hierfür sind:

1. Die Wärmeenergie, die in das Netz eingespeist wird und die Verlustenergie durch den Transport darf nicht 25% des Nutzwärmebedarfs des Kunden überschreiten.
2. Die Wärme für die Beheizung von Geflügel oder Tierställen genutzt wird, sofern definierte Grenzwerte je Tier und / oder Quadratmeter nicht überschritten werden.

3. Die Wärme für die Beheizung von Unterglasanlagen für die Aufzucht und Vermehrung von Pflanzen genutzt wird.
4. Die Wärme für die Nutzung als Prozesswärme zur Aufbereitung von Gärresten zum Zweck der Düngemittelherstellung genutzt wird.

Der KWK-Bonus bezuschusst Anlagen, die neben der Stromerzeugung im Blockheizkraftwerk der Biogasanlage auch Wärme für die eigene Nutzung oder die Einspeisung in das öffentliche Fernwärmenetz erzeugen. Seit 2009 werden somit Anlagen mit weiteren 3 ct/kWh begünstigt, während es vorher noch 2 ct/kWh waren. Diese Neuerung galt für Alt- wie auch Neuanlagen, die eine gesonderte Bezugsberechtigung nachweisen konnten.

Mit der EEG-Novelle 2012 wurde der KWK-Bonus abgeschafft, weil die Abwärmenutzung von Biogasanlagen nun verpflichtend ist. Vor dem Hintergrund dieser Verpflichtung erschien eine Bonuszahlung nicht mehr sinnvoll. Der Bonus wurde daher in die Grundvergütung eingepreist.

5.2.5 Formaldehyd-Bonus

Mit dem EEG 2009 wurde erstmals der Emissionsminderungsbonus mit § 27 Abs. 5 EEG bzw. § 66 Abs. Nr 4 a EEG eingeführt. Er wird auch als Formaldehydbonus bzw. Luftreinhaltebonus bezeichnet. Seine Einführung wurde aufgrund einer Änderung der TA-Luft notwendig. Hierin werden für Kohlenwasserstoffe Grenzwerte vorgeschrieben welche Biogasanlagen ohne zusätzliche Reinigungsstufe nicht einhalten. Biogasanlagen alter Bauweise emittieren die Chemikalie Formaldehyd in Mengen, die über dem zulässigen Grenzwert laut TA-Luft liegen. Anlagen mit einem besonders niedrigen Formaldehydausstoß sollten begünstigt werden. Er wird auch als Luftreinhaltebonus bezeichnet. § 27 Abs. 5 EEG 2009 wurde verhältnismäßig spät in das novellierte Gesetz aufgenommen und beschreibt somit gesetzgeberisches „Neuland“⁸, als dass ein in ihm normierter Bonus für die Einhaltung bestimmter Grenzwerte, namentlich Formaldehyd (CH_2O) von 1 ct/kWh bislang nicht im EEG vorgesehen war.⁹ Folge sind zahlreiche rechtliche und technische Ungeheimheiten, die sich mit seinen Voraussetzungen verbinden (Frenz, 2009, § 27 Rz. 84). Der Bonus gilt nur für Biogasanlagen mit anaerober Vergärung, nicht jedoch für solche, die Gasäquivalentnutzung zur Stromerzeugung aus dem Gasnetz entnehmen. Die Anlage muss ferner nach § 4 Abs. 1 BImSchG u.V.m. 4. BImSchV immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig sein (Frenz, 2009, § 27 Rz. 85). Besondere Unklarheiten ergeben sich aus der Bezugnahme auf das **Emissionsminderungsgebot** der TA-Luft bezüglich der Formaldehydgrenzwerte (Frenz, 2009, § 27 Rz. 86). Ein Grund hierfür ist der rechtsbegriffslogische Widerspruch zwischen den miteinander verknüpften Termini „Minderungsgebot“ und „Grenzwert“ (Frenz, 2009, § 27 Rz. 86). Einerseits wird lediglich auf eine gesetztes- und genehmigungskonforme, allerdings nicht selbständig überobligatorische

⁸Von Bredow/Hammon, in Loibl und Altröck (2009, S. 166, Rn. 1); vgl. insbes. BT-Drs. 16/9477, S. 33 ff.

⁹Vgl. Frenz (2009, § 27 Rz. 84) mit weiteren detaillierten Ausführungen.

Einhaltung abgestellt (Loibl und Altröck, 2009, S. 172 ff., Rn. 22 ff.), andererseits gibt es auch gute Gründe die dafür sprechen vom Anlagenbetreiber eine überobligatorische Emissionsminderungsleistung zu verlangen (Frenz, 2009, § 27 Rz. 86). Der Nachweis bzgl. der Einhaltung der Voraussetzung ist durch Bescheinigung der zuständigen Behörde zu erbringen. Es fehlt jedoch an einer Kompetenzzuweisung (Frenz, 2009, § 27 Rz. 88). Der Luftreinhaltungsbonus wird in Abhängigkeit von der Anlagenleistung gewährt, wobei nur Anlagen mit einer installierten Dauerleistung (Leistungsbegriff des § 3 Nr 6 EEG) bis maximal 500 kW den Bonus erhalten. Dieser ist auch kumulativ zu den anderen Boni zu zahlen (Frenz, 2009, § 27 Rz. 89).

5.2.6 Güllebonus

Der Gülle-Bonus ist eine wesentliche Neuerung im Zuge der Novellierung des EEG 2009 (Frenz, 2009, § 27 Rz. 62 ff.). Er wurde erstmals mit der EEG Novelle 2009 eingeführt und zielt auf den Abbau schädlicher Emissionen ab. Mit der Regelung sollte dem stagnierenden Interesse an der Gülle-Vergärung in Biogasanlagen entgegengewirkt werden. (BT-Drs. 16/8148, S. 81.) Bei Einhaltung der Voraussetzungen steht dem Anspruchsinhaber eine weitere Erhöhung des NawaRo - „Güllebonus“ zu. Der Gülleanteil muss mindestens 30 Masseprozent betragen, was anteilig zum Gesamtdurchsatz und durch Wiegung zu bestimmen ist. (Loibl und Altröck, 2009, S. 118 ff., Rn. 3.) Die „**jederzeit**“ vorliegenden Voraussetzung der Mindestmenge muss durch nach dem Umweltauditgesetz¹⁰ akkreditierte *Umweltgutachter* (vgl. § 3 Nr. 12 EEG 2009) bestätigt werden. Der Bonus gilt gestaffelt für alle Biogasanlagen, wird allerdings nur bis einschließlich einer Leistung von 500 kW gezahlt. Er kann nicht im Rahmen der Gasäquivalentnutzung geltend gemacht werden (vgl. Nr. VI. 2. lit b) Satz3) (Frenz, 2009, § 27 Rz. 63). Im Zusammenhang mit der Neuregelung ist das Merkmal: „jederzeit“ umstritten. Schwankende Volumenströme, die in landwirtschaftlichen Betrieben entstehen können, können hier zu Problemen führen, da hierdurch eine kontinuierliche Beschickungsplanung erheblich erschwert wird. Fraglich ist ob ein zeitweiser Ausstieg möglich ist.¹¹ Problematisch ist auch eine Kollision mit dem Seuchenrecht (vgl. § 26 TierSG).¹² In Ausnahmefällen ist damit ein Ausstieg u.U. möglich. Ein Umweltgutachter muss allerdings, die Umstände testieren um den Nachweis gegenüber dem Netzbetreiber führen zu können.

5.2.7 Landschaftspflegebonus

Seit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2009 gibt es den Landschaftspflegebonus: Pro kWh Strom, erzeugt aus Landschaftspflegematerial, erhält der Anlagenbetreiber zusätzliche 2 Cent. Gekoppelt ist dieser Bonus im EEG 2009 allerdings an die Forderung,

¹⁰Gesetz zur Ausführung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19.3.2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS).

¹¹Vgl. Wedemeyer (2009); der sich für ein flexibles Aus- und Einstiegsmodell ausspricht.

¹²Tierseuchengesetz i.d.F. 22.6.2004.

dass der **überwiegende Anteil** der Einsatzstoffe, nach h.M. mindestens 50 % des Substrates, aus der Landschaftspflege stammen müssen. Der Nachweis erfolgt auch hier durch **Umweltgutachter**. Der Landschaftspflege-Bonus kann auch im Rahmen der Gasäquivalentnutzung geltend gemacht werden. Der Landschaftspflegebonus soll den Mehraufwand des Landwirtes ausgleichen, wenn dieser Energie aus Naturschutzmaterial gewinnt. Die Regelung weist große Abgrenzungsprobleme hinsichtlich des Begriffs „**Landschaftspflege**“ auf, da das Gesetz keine Legaldefinition vorsieht (Frenz, 2009, § 27 Rz. 66). In der juristischen Literatur wird eine Eingrenzung auf den naturschutzrechtlichen Landschaftspflegebegriff, der alle Maßnahmen zur Erhaltung der vorhandenen Natur- und Landschaftssubstanz mit einem gewissen Naturschutzbezug umfasst, favorisiert. Weitere Möglichkeiten für unterschiedliche juristische Auffassung bietet das Abstellen auf den Begriff des „*überwiegenden*“ Einsatzes dieser Materialien und die Möglichkeit eines flexiblen Ein- und Ausstiegs-Modells.

5.3 Bonifikationen - Verwendungshäufigkeit und Kombinationen

Im Hinblick auf eine ökonomische Analyse des Biogasmarktes ist es von Interesse zu wissen, wie stark die einzelnen Bonifikationen am Markt in Anspruch genommen und sich spezifische Vergütungskombinationen bei den Biogasanlagen durchsetzen konnten.

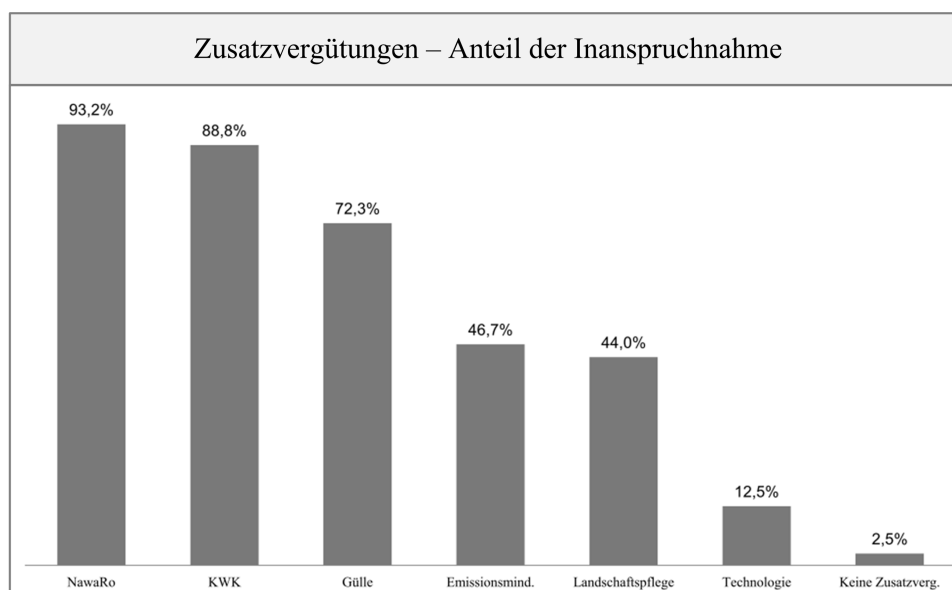


Abbildung 5.1: Zusatzvergütungen - Anteil der Inanspruchnahme (2011) (Quelle: DBFZ, 2012)

Anhaltspunkte für die Bedeutung der einzelnen Bonifikationen gibt Abb. 5.1. Nach der Betreiberbefragung des DBFZ (DBFZ, 2012, S. 32), an der 703 Betreiber teilnahmen,

erhalten 93,2% der Anlagen den NawaRo-Bonus, 80,8% den KWK-Bonus, 77,5 % den Gülle-Bonus. Der Technologiebonus wird für 12,5 % der Anlagen gewährt und 4,4 % der Betreiber erhalten den Landschaftspflegebonus. Eine Vergütungserhöhung wegen Emissionsminderung erhalten 46,7 % der Anlagen. 2,5 % der Anlagenbetreiber erhalten keine der aufgeführten Zusatzvergütungen, wie Abb. 5.1 zeigt. Es wird somit deutlich, dass dem NawaRo- und KWK-Bonus eine herausragende Bedeutung bei der Anlagenförderung zu kommt. Für fast 3/4 aller Anlagenbetreiber ist auch der Erhalt des Gülle-Bonus von Bedeutung. Der Emissionsminderungsbonus spielt für ca. die Hälfte der Anlagenbetreiber eine wichtige Rolle bzgl. der Zusatzvergütung. Von geringerer Bedeutung ist im Hinblick auf die gezahlten Boni in 2011/2012 der Technologiebonus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass er überwiegend im Zusammenhang mit der Biogasaufbereitung gewährt wird, der Anteil solcher Anlagen am derzeitigen Anlagenbestand allerdings noch gering ist. Der Landschaftspflegebonus spielt unter den Zusatzvergütungen eine untergeordnete Rolle. Ähnliche Werte sind auch dem EEG-Erfahrungsbericht der Bundesregierung zu entnehmen.

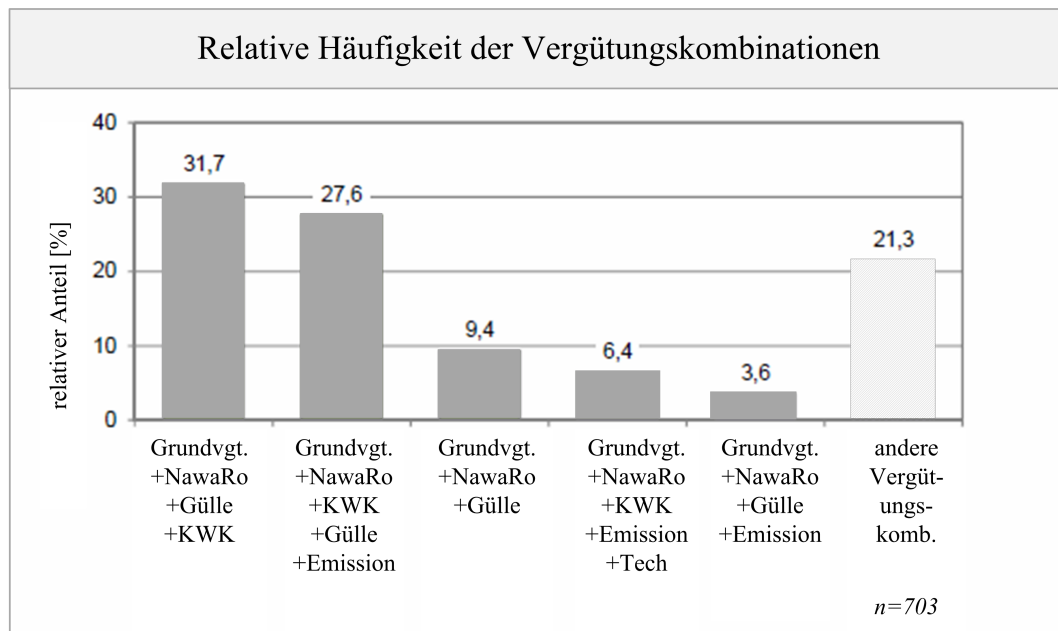


Abbildung 5.2: Relative Häufigkeit Boni (Quelle: DBFZ)

Nach der Betreiberbefragung Biogas des DBFZ verwenden 31,7 % eine Vergütungskombination von Grundvergütung, den NawaRo, den Gülle und den KWK-Bonus (DBFZ, 2012, S. 32). Weitere 27,6 % bezogen, neben den genannten Boni, auch den Emissionsbonus. Es wird deutlich, dass die Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Zusatzvergütungen vielfach sind und letztlich eine klare Dominanz einer Vergütungskombination nicht vorliegt. Insbesondere ist festzustellen, dass neben den fünf hier explizit aufgeführten Kombinationsmöglichkeiten 21,3 % der befragten Anlagenbetreiber keine explizit aufge-

5 Rechtliches Potential für Informationsasymmetrien

führte Vergütungskombination wählten. Dies ergibt auch ein Blick auf die Verteilung der einzelnen Boni auf die Anspruchsinhaber - Anlagenbetreiber (DBFZ, 2012, S. 50).

Einen Überblick über die Entwicklung möglicher Vergütungsbestandteile des EEG i.d.F. 2004 bis zum EEG i.d.F. 2012. zzgl. der jeweils geltenden Degression aufgeteilt nach den gesetzlich vorgesehenen Leistungsklassen gibt Abb. 5.3.

Vergütungsbestandteile der EEG Novellen 2004 bis 2012											
Vergütungsbestandteile	bis kW	EEG 2004			EEG 2009			EEG 2012			
		Deg.	2004	2008	Deg.	2009	2011	Deg.	2012		
Grundvergütung	Kleinanlage min. 80% Gülle										
	150	1.5%	11,5		1.0%	11,67	11,44	2.0%	25,00		
	500	1.5%	9,9		1.0%	9,18	9	2.0%	14,30		
	5.000	1.5%	8,9		1.0%	8,25	8,09	2.0%	12,30		
	20.000	1.5%	8,4		1.0%	7,79	7,63	2.0%	11,00		
	500							2.0%	6,00		
	20.000							2.0%	16,00		
								2.0%	14,00		
	Güllebonus bis 150 kW	150				1.0%	4	3,92			
	Güllebonus bis 500 kW	500				1.0%	1	0,98			
NawaRo IEVK 1	500		6,00	2,00	1.0%	7	6,86		6,00		
NawaRo IEVK 1	750		4,00	4,00	1.0%	4	3,92		5,00		
NawaRo IEVK 1	5.000		4,00	4,00	1.0%	4	3,92		4,00		
EVK 2 Gülle	500								8,00		
EVK 2 Gülle	5.000								6,00		
EVK 2 ohne Gülle	5.000								8,00		
Landschaftspflege	20.000				1.0%						
Technik	Kraft-Wärme-Kopplung	20.000	2,00	2,00	1.0%						
	Technologie Bioerdgasverstromung	20.000	2,00	2,00	1.0%				1,00 bis 3,00		
	Technologie innovative Technologie	20.000	2,00	2,00	1.0%						
	Emissionsminderung	500			1.0%						
Markt	Marktprämie	20.000							variabel		
	Managementprämie	20.000							0,30		
	Flexibilitätsprämie	20.000							130 €/kW		

Abbildung 5.3: Vergütungsanteile der EEG Novellen 2004 bis 2012 (Quelle: eigene Darstellung)

5.4 Ausschlüsse und Degression

Für die Vergütungen des § 27 Abs. 1 und 2 EEG (2012) gelten bestimmte Ausschlüsse und Degression. Grundsätzlich gilt das Ausschließlichkeitsprinzip, die Vergütung wird nicht bei Direktvermarktung gewährt und die Vergütung sinkt im Zeitablauf (Degression), auch sind die Vorgaben des § 6 EEG (2012) zu beachten (Salje, 2012, § 27 Rz. 111).

5.4.1 Ausschließlichkeitsprinzip (§ 16 EEG 2012)

Grundsätzlich ist der Anlagenbetreiber verpflichtet ausschließlich erneuerbare Energien oder Grubengas bei der Verstromung von Biomasse einzusetzen. Gesetzlich ist allerdings die Zwischenspeicherung des Stroms (§ 16 Abs. 2 EEG) erlaubt. (Salje, 2012, § 27 Rz. 112)

5.4.2 Direktvermarktung (§§ 33a ff. EEG 2012)

Durch die Novelle 2012 wurde der Anlagenbetreiber, wie in § 16 Abs. 3 EEG (2012) geregelt, verpflichtet den gesamten in der Anlage erzeugten Strom, soweit dem Grunde nach für ihn ein Vergütungsanspruch besteht, in das Netz einzuspeisen und dem Netzbetreiber zur Verfügung zu stellen. Damit kann der Netzbetreiber anders als noch bis zum 31.12.2008 im Rahmen des Netzmanagements nun fest mit den prognostizierten Einspeisungen rechnen. Er muss nicht mehr befürchten, dass der Strom unstetig zur Verfügung gestellt wird (Salje, 2012, § 27 Rz. 113).

Es besteht somit ein Andienzwang der nur durch zwei Ausnahmen durchbrochen wird, nämlich den Eigenverbrauch ohne Netzdurchleitung und den Verbrauch durch Dritte in unmittelbarer räumlicher Nähe zur Anlage (ohne Netzdurchleitung). (Salje, 2012, § 27 Rz. 114)

Die Nachweise bestehen etwa in der doppelten Erfassung der Strommengen einerseits unmittelbar nach der Erzeugung, andererseits unmittelbar vor der Einspeisung ins Netz. Lassen sich die Zählerdifferenzen nicht über die genannten Gründe - Eigenverbrauch, Nachbarverbrauch - oder über Leitungsverluste schlüssig begründen, wird der Netzbetreiber die Vergütungszahlung insgesamt unter Hinweis auf § 17 Abs. 2 Ziff. 3 auf den Monatsmittelwert des energieträgerspezifischen Marktwerts herabsetzen. Dieser ist nach Ziff. 1.1 der Anlage 4 zum EEG zu berechnen.

Die optionale Direktvermarktung ist nach §§ 33 a ff. möglich. Nach rechtzeitiger Ankündigung ist der Anlagenbetreiber berechtigt, innerhalb des angekündigten Zeitraums (§ 33f) den Strom selbst zu vermarkten, wobei der Vergütungsanspruch insgesamt für den angekündigten Zeitraum entfällt. Der Vergütungszeitraum wird durch die Eigenvermarktung nicht berührt, insbesondere nicht verlängert (Anrechnungsprinzip). Hat der Anlagenbetreiber die Wahlmöglichkeit ausgeübt, darf er den Vergütungsanspruch im darauffolgen-

den Zeitraum wieder geltend machen. Hierfür ist ebenfalls eine Anzeige erforderlich (§ 33d Abs. 2). (Salje, 2012, § 27 Rz. 116)

5.4.3 Anforderungen an die Messeinrichtung (§ 19 EEG 2012)

Sollten die an die Messeinrichtungen zu stellenden Anforderungen nicht beachtet werden, ist ein Teilausschluss der Vergütung ohne grundsätzlichen Vergütungswegfall zu befürchten. Der Vergütungsanspruch ist nach § 19 Abs. 1 zunächst davon abhängig, ob eine oder mehrere Anlagen vorliegen. Sind mehrere kleine Anlagen vorhanden, ergibt sich nach den Vorgaben für die Mindestvergütung (s. § 37 Abs. 1) ein typischerweise höherer Vergütungsanspruch. Der Vergütungsanspruch sinkt drastisch, wenn mehrere Anlagen nach § 19 Abs. 1 zu einer Anlage zusammenzufassen sind. Die Anlagen werden in der Regel zu einer Anlage zusammengefasst, wenn es sich um dieselbe Biogaserzeugungsanlage oder ein identisches Grundstück in unmittelbarer räumlicher Nähe handelt bzw. ein gleichartiger Primärenergieeinsatz und eine leistungsabhängige Vergütungsart bei Inbetriebsetzung innerhalb von 12 aufeinanderfolgenden Kalendermonaten vorliegt. (Salje, 2012, § 27 Rz. 117)

Unabhängig davon, ob es sich um einen oder mehrere Anlagen im Sinne von § 19 Abs. 1 handelt, kann nach § 19 Abs. 3 Strom aus mehreren Generatoren über eine gemeinsame Messeinrichtung abgerechnet werden. Der erzeugte Strom wird dann bei Vorliegen mehrerer Anlagen rechnerisch auf die einzelnen Anlagen verteilt. Der hierfür erforderliche Schlüsselfaktor ist lediglich in Bezug auf Windenergieanlagen festgelegt (s. § 19 Abs.3, hier erfolgt eine Zuordnung im Verhältnis der jeweiligen Referenzerträge). Im Übrigen muss ein geeigneter Schlüsselungsfaktor ausgewählt und mit dem Netzbetreiber abgesprochen werden. (Salje, 2012, § 27 Rz. 118).

Ein Verstoß gegen § 19 zieht als Rechtsfolge nach sich, dass die Verpflichtung des Netzbetreibers einen Mindestvergütung für die nicht ordnungsgemäß gemessenen Stromanteile abzurechnen entfällt. Die nicht ordnungsgemäß gemessenen Arbeitsmengen müssen ggf. geschätzt und separiert werden. Nur die übrige elektrische Arbeit ist mindestvergütungspflichtig. Dies bedeutet allerdings nicht, dass unter Verstoß gegen Messvorschriften eingespeiste elektrische Arbeit überhaupt nicht vergütet werden darf; vielmehr sind diejenigen Grundsätze anwendbar, die der Bundesgerichtshof zur Zahlung von vermiedenen Kosten entwickelt hat. (Salje, 2012, § 27 Rz. 119)

5.4.4 Absenkung der Mindestvergütung (§ 20 EEG 2012)

Bereits nach früherem Recht waren, hinsichtlich der Mindestvergütung bei der Erzeugung von Strom aus Biomasse, Absenkungen der Vergütung im Zeitablauf vorgesehen. Mit Einführung des EEG 2012 hat der Gesetzgeber die Degression gegenüber 1,5 % (EEG 2008) bzw. 1 % (EEG 2009) angehoben. § 20 Abs. 2 Ziff. 5 EEG (2012) sieht einen Degressionsatz von 2% vor. Die Rundung erfolgt aus zwei Stellen hinter dem Komma, s.

§ 20 Abs.3. Nach Inbetriebnahme der Anlage erfolgt keine weitere Absenkung, maßgebend ist vielmehr der (ggf. abgesenkte) Vergütungsbetrag im Jahr der Inbetriebnahme. Der Degressionsfaktor ist sowohl auf die Grundvergütung (Abs.1) als auch auf die Zusatzvergütungen (Abs. 2) anzuwenden. Die Gesamtvergütungen ergeben sich wiederum gem. § 18 Abs. 1 Ziff. 1, indem die Strommengen anteilig nach der Bemessungsleistung der Anlage im Verhältnis zum jeweils anzuwendenden Schwellenwert zugeordnet werden. (Salje, 2012, § 27 Rz. 120)

5.5 Anlagentypen nach EEG (2012)

Das EEG 2012 bildet gewisse Anlagentypen ab. Es gibt allgemeine Voraussetzungen, die für den Erhalt von Bonifikationen für die Stromerzeugung aus Biogas erfüllt sein müssen (§ 27 EEG 2012). Darüber hinaus gibt es spezielle Anlagentypen, wie die Gülleanlage (§ 27b EEG), die Abfallvergärungsanlage (§ 27a EEG) und Anlagen zur Biomethanherzeugung (§ 27c EEG), die jeweils unter speziellen Voraussetzungen besondere Bonifikationen erhalten können.

5.5.1 Standard mit Maisdeckel gem. § 27 EEG

Zum Erhalt der Grundvergütung und der einsatzstoffbezogenen Vergütung für Substrate der Einsatzstoffvergütungsklassen I und II sieht das Gesetz gewisse Mindestanforderungen vor. Diese betreffen die Mindestwärmenutzung, um eine gewisse Wärmeeffizienz bzgl. der Stromerzeugung aus Biogas zu gewährleisten. Darüber hinaus ist der Einsatz bestimmter nachwachsender Rohstoffe - Mais begrenzt. Ferner muss die Anlage bestimmte technische Vorgaben erfüllen.

Die **Grundvergütung** ist, wie bereits in Abschnitt 5.2.1 ausgeführt, nach Leistungsklassen gestaffelt (§ 27 Abs. 1 u. 2 EEG). § 27 Abs. 3 Abs. 3 legt in Befolgung der gesetzgeberischen Zielsetzung fest, mittlere und große Biomasse einsetzende Anlagen zukünftig vom Mindestvergütungssystem auszuschließen. Dieser Vergütungsausschluss betrifft solche Anlagen, bei denen die installierte Leistung 750 kW übersteigt. Dieser Ausschluss wird ab 1.1.2014 wirksam und soll bewirken, dass die Betreiber dieser Anlagen zukünftig veranlasst werden, ihren Strom direkt zu vermarkten. (Salje, 2012, § 27 Rz. 7)

Der Gesetzgeber hat die Anforderungen an die **Mindestwärmeanforderung** in § 27 Abs. 4 EEG festgelegt. Grundsätzlich müssen mindestens 60 % des Strom in Kraft-Wärme-Kopplung pro Kalenderjahr erzeugt werden (§ 27 Abs. 4 Nr. 1 b EEG). Eine Ausnahme gilt nur im Inbetriebnahmejahr und im 1. Jahr danach (§ 27 Abs. 4 Nr. 1 a EEG). Hier müssen lediglich 25 % nachgewiesen werden. 25% können für Fermenter angerechnet werden, 35 % externe Wärmenutzung sind somit nachzuweisen. Der Nachweis ist für den gesamten Zeitraum zu erbringen. Bei Nichteinhaltung erfolgt eine Absenkung der Vergütung auf Preise an der Strombörse. Ab dem 6. auf die Inbetriebnahme der

Anlage folgenden Jahr erfolgt eine Absenkung der Grundvergütung auf 80 % bei Nichteinhaltung. Ausgenommen hiervon sind nur Gülleanlagen (§ 27 Abs. 4 Nr. 2 EEG). Der Nachweis des Vorliegens der Voraussetzungen erfolgt durch Umweltgutachten.

Der Gesetzgeber hat ferner den Einsatz von Mais in Biogasanlagen beschränkt - **Maisdeckel**. Der Input der Biogasanlage darf maximal 60 % (Massenanteil) Mais, CCM, Lieschkolbenschrot und Getreidekorn einschließlich Körnermais in jedem Kalenderjahr betragen. Bei Nichteinhaltung sieht das Gesetz eine Absenkung auf Preise an der Strombörse vor. Der Nachweis hat über das Einsatzstofftagebuch zu erfolgen.

Vorausgesetzt wird auch die Einhaltung der **technische Vorgaben** nach § 6 Abs. 4 EEG 2012. Sie werden ebenfalls als Grundlage für die Gewährung der Vergütung festgelegt. Neu zu errichtende Gärrestelager am Standort der BGA sind gasdicht auszuführen. Die Einhaltung einer Mindestverweilzeit im gasdichten Raum von 150 Tagen ist zu gewährleisten. Die Anlage muss über eine zusätzliche Gasverbrauchseinrichtung verfügen. Die Nichteinhaltung der Vorschriften führt zur Reduktion der Vergütung auf Null. Ausnahme hinsichtlich des Gärrestelagers gelten nur bei Anlagen mit 100% Gülle - Einsatz i.S.d. Düngemittelrechts.

5.5.2 Gülleanlagen gem. § 27b EEG

Für Gülleanlagen gewährt das Gesetz eine Vergütung 25,0 ct/kWhel bis 75 kWel installierter Leistung.

Voraussetzungen sind die Stromerzeugung am Standort der Biogaserzeugung, eine installierte Leistung von maximal 75 kWel Anlagen (nicht Bemessungsleistung) und der Einsatz von mindestens 80 % Gülle (Massenanteil) im Jahresdurchschnitt (Nachweis durch Einsatzstofftagebuch). Unter den Begriff der Gülle fallen Mist und Gülle von Schweinen und Rindern, Pferdemist, Ziegen- und Schafmist. Geflügel und Geflügeltrockenkot sind nicht auf die 80% anrechenbar. Gülleanlagen i.S.d. § 27 b EEG sind vom Wärmenutzungsgrenzwert ausgenommen. Es ist keine Kombination mit der Grundvergütung und/oder den Einsatzstoffvergütungsklassen I und II möglich.

5.5.3 Abfallanlage gem. § 27a EEG

Für Abfallanlagen sieht das Gesetz eine Vergütung von 16,0 ct/kWhel bis 500 kW (Bemessungsleistung) und 14,0 ct/kWhel im Leistungsbereich über 50 kW bis 20 MW (Bemessungsleistung) vor.

Um diese Vergütung zu erhalten, muss der Input im jeweiligen Kalenderjahr durchschnittlich mindestens 90% Bioabfälle (Massenanteil) im Sinne der Bioabfallverordnung (Abfallschlüssel: 20 02 01, 20 03 01 und 20 03 02) betragen. Ferner muss eine Nachrotte der festen Gärrückstände und stoffliche Verwertung der Gärreste erfolgen. Abfallvergärungsanlagen

i.S.d. § 27b EEG sind vom Wärmenutzungsgrenzwert ausgenommen. Es kann keine Kombination mit der Grundvergütung und/oder den Einsatzstoffvergütungsklassen I und II stattfinden. Die Regelung ist auch auf Altanlagen anwendbar.

5.5.4 Biomethananlage gem. § 27c EEG

Einer besonderen Betrachtung bedürfen auch Anlagen, die Gas aus dem Erdgasnetz entnehmen, das zuvor durch die Aufbereitung von Biogas entstanden ist und an anderer Stelle in das Erdgasnetz eingespeist wurde. Solche KWK-Anlagen können bei Vorliegen der allgemeinen Voraussetzungen des § 27 EEG und der speziellen Voraussetzungen des § 27c EEG den Gasaufbereitungsbonus erhalten. Im Wesentlichen sind neben den bereits genannten Voraussetzung hier die Einhaltung des Äquivalenzprinzips und die Verwendung eines Massenbilanzsystem.

Die Einhaltung des **Äquivalenzprinzips** (§ 27c Abs. 1 Nr.1 EEG) setzt voraus, dass an anderer Stelle im Geltungsbereich des EEG in dem selben Kalenderjahr eine im Wärmeäquivalent entsprechende Menge Biogas ins Netz eingespeist wurde.

Hinsichtlich des **Massenbilanzsystem**, dass der Gesetzgeber in § 27 Abs. 1 Nr. 2 EEG als Voraussetzung nennt, ist festzustellen, dass für den Begriff keine Legaldefinition existiert. In der Gesetzesbegründung wird auf das EEWärmeG verwiesen. Es findet sich allerdings auch dort keine greifbare Ausprägung des Begriffes. Die Bundesregierung wurde ermächtigt die Anforderungen an den Massenbilanzsystem zur Rückverfolgung von aus einem Erdgasnetz entnommenem Gas (§ 64 a Abs. 2 EEG 2012) festzulegen. Es sind diesbezüglich u.U. europäische Vorgaben zu berücksichtigen. Nach den Übergangsbestimmungen ist § 27c Abs. 1 bei Strom der von dem 1. Januar 2013 erzeugt wurde, nicht anzuwenden (§ 66 Abs. 10).

5.6 Verifizierbarkeit - Dokumentation und Nachweise

Zur Erhalt der Vergütung sieht das Gesetz folgende Nachweisvoraussetzungen vor:

1. Nach § 27 Abs. 2 (2012) EEG sind die Einsatzstoffe, Energieerträge und Mengenanteile durch Umweltgutachten nachzuweisen.
2. Nach § 27 Abs. 4 Nr. 1 EEG (2012) ist der 60%/25% KWK-Stromanteil durch Umweltgutachten nachzuweisen.
3. § 27 Abs. 4 Nr. 2 EEG (2012) regelt die Nachweispflicht für den Gülleiensatz fest. Der Einsatz von bis zu 60% Gülle ist durch Umweltgutachten nachzuweisen.
4. § 27 Abs. 5 Nr. 1 EEG (2012) regelt den Nachweis der KWK-Stromerzeugung durch Umweltgutachten.

Umweltgutachten und **Einsatzstofftagebüchern** kommen als Beweismittel bzw. als Nachweis zur Einhaltung der vertraglichen Konditionen somit herausragende Bedeutung zu. Einsatzstofftagebücher enthalten typischerweise personenbezogene Daten, weil auf alle Fälle betriebstintern feststellbar sein muss, wer zu welchem Zeitpunkt die Anlage bedient und bestimmte vergütungs- oder sicherheitsrelevante Maßnahmen veranlasst hat. Solche personenbezogene Daten müssen besonders geschützt werden, § 27 Abs. 8 EEG (2012). Hierzu sind diese Daten zu schwärzen, also unleserlich zu machen (Salje, 2012, § 27 Rz. 105). Ganz wesentlich ist es hierbei allerdings, zwischen für den Nachweis erforderlichen Daten und solchen Daten zu unterscheiden, die für Nachweiszwecke nicht erforderlich sind. Für den Netzbetreiber ist es nicht erforderlich zu wissen, welcher Mitarbeiter zu welchem Zeitpunkt für den Anlagenbetreiber tätig geworden ist; dieser Name ist zu schwärzen. Bedeutsam kann aber sein, welcher Umweltgutachter die Anlage inspiziert und zu welchem Zeitpunkt welche Befunde erhoben wurden; diese personenbezogene Angabe darf daher nicht geschwärzt sein. (Salje, 2012, § 27 Rz. 106)

5.7 Sanktionen und Rechtsdurchsetzung

Im Hinblick auf das strategische Verhalten der Akteure - Anlagenbetreiber, EVU und Behörden kommen neben dem Nachweissystem, dem System der Sanktionen und den Möglichkeiten der Rechtsdurchsetzung große Bedeutung zu. Ein Anspruch, der dem Anlagenbetreiber gesetzlich oder auch vertraglich zusteht, hat nur dann einen Wert bzw. einen Nutzen, wenn er notfalls gerichtlich durchzusetzen ist. Auf der anderen Seite kann der Staat das Verhalten der Anlagenbetreiber nur steuern, wenn er Verstöße gegen Vergütungsvoraussetzungen wirksam sanktionieren kann. Dies bedingt, dass den Anlagenbetreiber im Fall eines Verstoßes das Risiko einer empfindlichen finanziellen Einbuße trifft.

5.7.1 Sanktionssystem

Um die Einhaltung der Regeln zu gewährleisten, hat der Gesetzgeber in § 27 Abs. 7 EEG (2012) **spezielle Sanktionen** für die Betreiber von Biomasseanlagen vorgesehen. Sie sind zusätzlich zu den **allgemeinen Sanktionen** nach § 17 EEG (2012) möglich. Ein Überblick über die Sanktionen, die hinsichtlich der Vergütung von Strom aus Biogas Bedeutung erlangen können, sind in Abb. 5.4 dargestellt.

Für den Bereich Biogas, können i.d.R nur einige der Sanktionen des § 17 EEG Bedeutung erlangen. Hierzu gehört ein Verstoß gegen die technischen Voraussetzungen des § 6 Abs. 4 EEG, der nach § 17 Abs. 1 EEG zu einem vollständigen Wegfall des Vergütungsanspruches führt. Ein Verstoß gegen den Andienzwang nach § 16 Abs. 3 ist für Biogasanlagenbetreiber denkbar. Dieser würde nach § 17 Abs. 2 Nr. 3. sanktioniert. Eine Vergütung erfolgt nur noch in Höhe des tatsächlichen Mittelwerts des energiespezifischen Marktwerts. Auch kann ein Verstoß gegen die Regeln der Anzeige der Direktvermarktung vorliegen und damit die Sanktion des § 17 Abs. 3 EEG greifen. Der Gesetzgeber

EEG – vergütungsrelevante Sanktionen in Bezug auf Verstöße nach §§ 27 ff. EEG 2012			
§ 17 EEG 2012			
Norm:	§ 17 Abs. 1	§ 17 Abs. 2 Nr. 3	§ 17 Abs. 3
Voraussetzung:	Verstoß gegen die technischen Förderungsvoraussetzung nach § 6 Abs. 1,2,4,5	Verstoß gegen den Andienzwang	Verstöße im Rahmen der Anzeigepflicht der Direktvermarktung
Rechtsfolge:	Vergütung entfällt	Tatsächlicher Monatsmittelwert des energiespezifischen Marktwerts	Tatsächlicher Monatsmittelwert des energiespezifischen Marktwerts
§ 27 Abs. 7 EEG 2012			
Norm:	§ 27 Abs. 7 Satz 1	§ 27 Abs. 7 Satz 2	
Voraussetzung:	Verstoß gegen § 27 Abs. 4 und/oder Abs. 5	Verstoß gegen § 27 Abs. 4	
Anwendbarkeit:	Grundsätzlich neben § 27 Abs. 7 Satz 2 anwendbar. Keine gleichzeitige Sanktionierbarkeit eines Verstoßes nach § 27 Abs. 4 nach § 27 Satz 1 und nach § 27 Abs. 7 Satz 2.	Anwendbar frühestens im fünften Jahr nach Inbetriebnahme. Ein Verstoß gegen § 27 Abs. 4 kann danach nur noch entweder nach § 27 Abs. 7 Satz 1 oder nach § 27 Abs. 7 Satz 2 geahndet werden.	
Rechtsfolge:	Vergütung entfällt	80 % der Vergütung	

Abbildung 5.4: Vergütungsrelevante EEG-Sanktionen bezogen auf die Stromerzeugung aus Biogas

hat hier ebenfalls Herabsetzung der Vergütung auf den tatsächlichen Monatsmittelwert des energiespezifischen Marktwertes vorgesehen.

Ein Verstoß gegen § 27 Abs. 4 und/oder 5 hat zur Folge, dass die Gesamtvergütung auf den Marktwert des Stromes, ausgedrückt durch den Monatsmittelwert der Stundenkontrakte an der Strombörse in Leipzig (Spotmarkt SE) sinkt (Salje, 2012, § 27 Rz. 108). Satz 2 enthält eine Sonderregelung, die nur Verstöße gegen Abs. 4 (60 % KWK-Stromerzeugung oder 60 Masseprozent Gülleeinsatz) sanktioniert. Letzter Verstoß lässt die Folgegrundvergütung im darauffolgenden Kalenderjahr auf 80 % der in einem Jahr eigentlich geschuldeten Vergütung sinken (Satz 2), wobei die Sanktion erstmals fünf Jahre nach erstmaliger Geltendmachung des Vergütungsanspruchs verhängt werden darf (Salje, 2012, § 27 Rz.107). Beide Sanktionen schließen sich gegenseitig nicht aus. Allerdings wird man bei Verstößen gegen Abs. 4 die Sanktion nicht doppelt - also nach Satz 1 und nach Satz 2 - verhängen dürfen. Deshalb tritt ab dem sechsten Förderjahr Satz 2 insofern an die Stelle von Satz 1, wenn es um die Sanktionierung von Verstößen gegen Abs. 4 geht. Satz 1 ist für Verstöße gegen Abs. 5 weiterhin anwendbar; bei gleichzeitiger Anwendbarkeit beider Sanktionen ist die weitgehendere Sanktion - im Regelfall Satz 1 - anzuwenden. (Salje, 2012, § 27 Rz. 108)

Die Regierungsbegründung führt zu § 27 Abs. 7 wie folgt aus (BT-DrS 17/6071, S.72.):

5 Rechtliches Potential für Informationsasymmetrien

»Absatz 7 regelt die Rechtsfolgen der Nichteinhaltung der besonderen Vergütungs-voraussetzungen nach den Absätzen 4 und 5. Nach Satz 1 reduziert sich der Vergütungsanspruch insgesamt auf den Marktwert; dies entspricht dem allgemeinen Rechtsgedanken, wie er in § 17 Absatz 2 und 3 niedergelegt ist. Diese Verringerung bezieht sich auf die gesamte Vergütung für das jeweilige Kalenderjahr, in dem die Vergütungsvoraussetzungen nicht eingehalten werden, also auf die Grundvergütung nach Absatz 1 als auch auf die einsatzstoffbezogenen Vergütungserhöhungen nach Absatz 2 sowie den Gasaufbereitungs-Bonus nach § 27c Absatz 2. Wird z. B. die geforderte Wärmenutzung von 60 Prozent in einem Kalenderjahr nicht nachweislich eingehalten und wird nicht die alternative Vergütungsvoraussetzung nach Absatz 4 Nummer 2 erfüllt, so tritt die Rechtsfolge des Absatzes 7 Satz 1 für das gesamte Kalenderjahr ein. Werden die Vergütungsvoraussetzungen für das folgende Jahr wieder nachgewiesen, so lebt der volle Vergütungsanspruch für dieses Folgejahr wieder auf. Nach Satz 2 hat ein fehlender oder nicht den Nachweisvorgaben entsprechender Nachweis zu den alternativen Voraussetzungen der Mindestwärmenutzung bzw. Mindestgüllennutzung ab dem sechsten auf die erstmalige Geltendmachung des Vergütungsanspruchs folgenden Kalenderjahr nicht mehr die Verringerung auf den Marktwert zur Folge. Vielmehr entfällt in diesen Fällen der Vergütungsanspruch nach Absatz 1 nur in Höhe von 20 Prozent, Anlagenbetreiberinnen und Anlagenbetreiber können also ab dem sechsten Kalenderjahr auch ohne Mindestwärmenutzung oder Mindestgüllennutzung weiterhin 80 Prozent der Vergütung nach Absatz 1 geltend machen, sofern alle übrigen Vergütungsvoraussetzungen im Fall von Strom aus Biogas insbesondere die nach Absatz 5 Nummer 1 vorgeschriebene Obergrenze für den Einsatz von Mais oder Getreidekorn nachweislich erfüllt sind. Die Vergütung nach Absatz 2 kann in diesen Fällen weiterhin in vollem Umfang geltend gemacht werden, eine Kürzung auf 80 Prozent findet insoweit nicht statt. Diese Regelung schafft Planungs- und Investitionssicherheit für die Betreiber von Biomasseanlagen, denen andernfalls etwa bei einem unvorhersehbaren und von ihnen nicht zu vertretenden Wegbrechen der für eine anerkannte Wärmenutzung erforderlichen Wärmesenke nach mehreren Jahren der Verlust ihres EEG-Vergütungsanspruchs drohen würde.«

Zeitlicher Bezugspunkt der Sanktionen ist das Kalenderjahr; die entweder nach Satz 1 oder nach Satz 2 verringerte Vergütung - Grund- bzw. Zusatzvergütung - wird für jedlichen Strom herabgesetzt, der in diesem Kalenderjahr eingespeist wurde. Zwar vermag der Anlagenbetreiber angesichts einer bevorstehenden Sanktion in die Direktvermarktung zu wechseln; dies befreit ihn aber nicht von den in Abs. 4 festgesetzten Vorgaben (§ 33c Abs. 3). Da auch der direkt vermarktete Strom mittelbar - über Prämien oder Teilnahme am Grünstromprivileg - seitens des EEG gefördert wird, müssen die Vorgaben des Abs. 5 gleichwohl eingehalten werden. Allerdings vermag die Sanktion nach § 27 Abs. 7 bei Direktvermarktung nicht zu greifen. Es besteht allerdings die Gefahr, dass der Anlagenbetreiber wegen Nichteinhaltung der Direktvermarktungsvorgaben ganz aus dem Fördersystem herausfällt, also ein Rückwechsel in die Mindestvergütung nicht mehr möglich ist. (Salje, 2012, § 27 Rz. 110)

5.7.2 Besonderheiten der Rechtsdurchsetzung

Der rechtliche Anspruch des EEG auf Vergütung des erzeugten und eingespeisten bzw. angebotenen EEG - Stroms aus Biomasse, oder des erzeugten Biomethans ist nicht nur im Hinblick auf das Nachweissystem verifizierbar, sondern auch justiziabel. Es ist also für den Anspruchsinhaber möglich seinen Anspruch auf Zahlung der Vergütung notfalls gerichtlich durchzusetzen. Es ist im Hinblick auf die Rechtsdurchsetzung von EEG-Ansprüchen jedoch eine Besonderheit zu berücksichtigen. Die Anlagenbetreiber und EVU können die Klärung von EEG-Auslegungsfragen die EEG-Clearingstelle anrufen. Aufgabe der Clearingstelle ist es, Fragen bei der Umsetzung der Vorschriften des EEG zum Netzanschluss mit den Netzbetreibern und den Betreibern von Anlagen zur Gewinnung von Strom auf Basis erneuerbarer Energien zu klären. Die Clearingstelle sieht ihren Schwerpunkt in der Behandlung technischer und wirtschaftlicher Fragestellungen des Netzanschlusses. Ziel ist es, auf freiwilliger Basis zu Verständigungen zwischen den Verbände- und Unternehmensvertretern beider Seiten zu kommen (Konsensprinzip), anhand derer sich Einzelfälle in der Praxis ohne gerichtliche Auseinandersetzung lösen lassen. Die Erarbeitung genereller Lösungsansätze schloss die Behandlung von Einzelfällen nicht aus. Es hat sich gezeigt, dass die Diskussionen häufig auf rechtliche Fragestellungen hinauslaufen, deren Klärung nicht von der Clearingstelle geleistet werden kann. Da das EEG privatrechtliche Ansprüche und Verpflichtungen von Erzeugern regenerativen Stroms und Netzbetreibern begründet, sind für eine rechtsverbindliche Auslegung des EEG im Streitfall die Gerichte zuständig. Die Clearingstelle ist kein Schiedsgericht und kann den Rechtsweg daher nicht ersetzen. (BMW, 2002, S. 35)

Nach der Verfahrensordnung der Clearingstelle EEG (2007) unterscheidet im wesentlichen das Einigungsverfahren, das Votumsverfahren, das Schiedsrichterliche Verfahren, das Stellungnahmeverfahren, das Empfehlungsverfahren und das Hinweisverfahren.

Im **Einigungsverfahren** (§ 17 ff. VerFO) suchen zwei - oder mehr - Parteien eines drohenden oder bereits eingetretenen Konflikts durch ein der Mediation ähnliches Vorgehen selbst nach einer für alle Beteiligten akzeptablen Lösung. Das Verfahren wird von einem oder mehreren Mitgliedern und/oder Koordinatorinnen bzw. Koordinatoren der Clearingstelle EEG geleitet. Die Clearingstelle EEG übernimmt dabei die Rolle einer neutralen Moderatorin; sie greift nicht inhaltlich in das Gespräch ein, sondern gestaltet lediglich den Gesprächsprozess zwischen den Parteien. Einigen sich die Parteien, wird die Einigung meist in Form eines gegenseitigen Vertrages festgehalten und von den Parteien unterzeichnet. Dieses Verfahren findet unter absoluter Vertraulichkeit und Diskretion statt: Die Parteien sowie die Clearingstelle EEG sichern sich untereinander gegenseitig zu, hinsichtlich des Verfahrens Stillschweigen zu bewahren. Einigungsverfahren werden nicht veröffentlicht.

Im **Votumsverfahren** (§ 26 ff. VerFO) beurteilt die Clearingstelle EEG, wie eine konkrete Streitigkeit zwischen zwei oder mehr Parteien nach dem EEG rechtlich zu lösen ist. Nach einer schriftlichen Sachverhaltserfassung findet eine mündliche Erörterung in den Räumlichkeiten der Clearingstelle EEG statt, es sei denn, alle Parteien wünschen ein rein

schriftliches Verfahren. Beim Votumsverfahren ist die Clearingstelle EEG grundsätzlich mit ihrer oder ihrem Vorsitzenden sowie zwei ständigen Beisitzerinnen oder Beisitzern besetzt. Stellt die Clearingstelle EEG indes die „*grundsätzliche Bedeutung der Streitigkeit*“ fest, kann sie auf Wunsch der Streitparteien in Kammerbesetzung beschließen, d.h. es werden zwei Vertreterinnen oder Vertreter der im Teil A des Anhangs zur Verfahrensordnung akkreditierten Verbände als nichtständig Beisitzende hinzugezogen. Die Verbände, welche die Clearingstelle EEG um die Entsendung von Beisitzenden bittet, werden von den Parteien zu diesem Zweck benannt. Das Votum ist aus sich heraus nicht rechtlich bindend. Allerdings können die Parteien eine Bindungswirkung herstellen, indem sie miteinander vertraglich vereinbaren, sich dem Votum zu unterwerfen. Tun sie dies nicht, liefert das Votum dennoch Hinweise, wie ein Verfahren vor der ordentlichen Gerichtsbarkeit möglicherweise enden würde. Voten werden in der Regel in anonymisierter und verfremdeter Form veröffentlicht, da die im Votum dargestellten rechtlichen Bewertungen auch für Andere von Interesse sein können. Die Anonymisierung und Verfremdung ist notwendig, um die Identität und Interessen der an den Votumsverfahren beteiligten Parteien zu schützen.

Im **schiedsrichterlichen Verfahren** (§§ 21a ff. VerFO) fällt die Clearingstelle EEG auf Wunsch der Parteien eine rechtsverbindliche Entscheidung, den Schiedsspruch. Dazu kann sie - soweit erforderlich - Beweise erheben.

Im **Stellungnahmeverfahren** (§§ 29a ff. VerFO) wird die Clearingstelle EEG auf Ersuchen eines ordentlichen Gerichts, bei dem ein Verfahren anhängig ist, welches eine Streitigkeit zwischen Anlagenbetreiber und Netzbetreiber aus dem EEG behandelt, tätig. Die Clearingstelle gibt daraufhin eine Einschätzung der Rechtslage im konkreten Fall ab.

Im **Empfehlungsverfahren** (§§ 22 ff. VerFO) behandelt die Clearingstelle EEG abstrakte, vom Einzelfall losgelöste Anwendungsfragen des EEG, sie gibt also Empfehlungen zur Auslegung des EEG. Anregungen für Empfehlungsverfahren können von jedermann eingebracht werden, also von Netz- oder Anlagenbetreiberinnen oder -betreibern und/oder deren Verbände, öffentlichen Stellen, Behörden, Rechtsanwältinnen oder -anwälten und interessierten Bürgerinnen oder Bürgern. Die Clearingstelle EEG leitet ein Empfehlungsverfahren ein, wenn die zu behandelnden Fragen eine Vielzahl von Anlagenbetreiberinnen, -betreiber und Netzbetreiber betreffen und von besonderer Bedeutung sind. Im Gegensatz zum Hinweisverfahren werden im Empfehlungsverfahren in der Regel energieträgerübergreifende Fragen geklärt. Im Empfehlungserfahren gibt es keine Parteien. Dennoch ist die Clearingstelle EEG auch hier um einen Interessenausgleich bemüht, weshalb ein umfangreicher Konsultationsprozess der eigentlichen Erarbeitung der Empfehlung vorausgeht. In diesem werden die in den Teilen A und B des Anhangs zur Verfahrensordnung der Clearingstelle EEG registrierten Interessengruppen und öffentlichen Stellen von der zu behandelnden Anwendungsfrage unterrichtet und zur Stellungnahme aufgefordert. Diese Stellungnahmen werden auf den Internetseiten der Clearingstelle EEG beim jeweiligen Empfehlungsverfahren veröffentlicht. Die beschlussfassende Kammer besteht aus der Vorsitzenden oder dem Vorsitzenden und zwei ständigen Beisitzerinnen oder Beisitzern sowie

zusätzlich zwei nichtständigen Beisitzerinnen oder Beisitzern, die von einem der in Teil C des Anhangs zur Verfahrensordnung aufgeführten Spitzenverbände von Anlagen- und Netzbetreibern ernannt werden. Letztere nehmen nur dann ausnahmsweise nicht teil, wenn die Anwendungsfrage überwiegend andere Kreise betrifft als die von den Spitzenverbänden vertretenen. Nach der Einholung der Stellungnahmen kann die Clearingstelle EEG zusätzlich eine öffentliche Anhörung durchführen. Die - sodann von der Kammer erarbeitete - Empfehlung soll die in den Stellungnahmen und gegebenenfalls in der Anhörung ausgedrückten berechtigten Interessen möglichst weitgehend berücksichtigen. Empfehlungen werden auf den Internetseiten der Clearingstelle EEG veröffentlicht.

Das **Hinweisverfahren** (§§ 25 a ff. VerfO) hat - wie das Empfehlungsverfahren - generelle Anwendungs- und Auslegungsfragen Empfehlungsverfahren bestehen darin, dass auch das Hinweisverfahren auf Anregung von Netz- oder Anlagenbetreiberinnen oder -betreibern, öffentlichen Stellen, Verbänden, Behörden und interessierten Bürgerinnen oder Bürgern, also von jedermann, durch die Clearingstelle selbst eingeleitet wird und dass es darin ebenfalls keine Parteien gibt. Die Clearingstelle EEG beantwortet in ihren Hinweisen Anwendungs- und Auslegungsfragen, die in der Regel nur einen Energieträger betreffen und oft von geringerer Komplexität sind als die den Empfehlungsverfahren zugrundeliegenden Fragen. Im Vergleich zum Empfehlungsverfahren wurde beim Hinweisverfahren deshalb die Beteiligung der Fachverbände eingeschränkt; unter anderem werden nur ausgewählte betroffene Kreise zur Stellungnahme aufgefordert, und die Begründung fällt weniger umfangreich aus. Die Clearingstelle EEG veröffentlicht ihre Hinweise ebenfalls auf ihren Internetseiten.

Im Hinblick auf die Bedeutung der Clearingstelle kann festgestellt werden, dass die Anzahl einfallbezogener Anfragen an die EEG-Clearingstelle seit ihrer Errichtung steigt. So waren im IV. Quartal 2007 84 einzelfallbezogene Verfahren bei der Clearingstelle anhängig. Im III. Quartal 2012 hingegen lagen 1.363 einzelfallbezogene Verfahren vor. Die hohe Anzahl an laufenden Verfahren darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass es die meisten Anfragen im „*Freihandverfahren*“ abgehandelt, d.h. nicht förmlich beantwortet, werden. Von 1437 Verfahren (Stand: 2012 September) wurden 1421 im Freihandverfahren erledigt, 8 im Votumsverfahren, Hinweise ergingen in 4 Fällen, ein Verfahren wurde im Einigungsverfahren erledigt und ein Verfahren im Stellungnahmeverfahren.¹³ Es muss jedoch mit Blick auf das strategische Verhalten der Akteure in Betracht gezogen werden, dass die Verfahren vor der EEG-Clearingstelle zur Durchsetzung oder auch u.U. zur Aufweichung eines Sanktionsanspruchs herangezogen werden.

5.8 Zwischenfazit

Die Betrachtung des gesetzlichen Rahmens hat gezeigt, dass auch ein rechtliches Potential für Informationsasymmetrien besteht. Die Ursache hierfür liegen einerseits in dem

¹³vgl. Tätigkeitsbericht der Clearingstelle EEG 01.01 bis 30.09.2012, S.4

grundlegenden Problem, dass das EEG eine technologisch neue und sich schnell entwickelnde Materie regelt und dies zu Auslegungsproblemen einzelner Vorschriften führt. Die Einrichtung der Clearingstelle sollte dieses Problem entschärfen. Allerdings ist es nun möglich seitens des Anlagenbetreibes diesen Akteur mit in seine strategische Interaktion mit dem Prinzipal einzubinden. Sollte es zu rechtlichen Auseinandersetzungen zwischen Agent und Prinzipal kommen, könnten Verfahren in die Länge gezogen werden.

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl verschiedener EEG-Fassungen die verschiedene Vergütungsvoraussetzungen, Nachweis- und Dokumentationspflichten sowie Verfahrensabläufe vorsehen. Durch Überschneidungen und Systembrechungen wird die Rechtsunsicherheit verstärkt.

Die Abgrenzungsprobleme allein sind bereits ausreichend um Informationsasymmetrien und Informationsdefizite hervorzurufen bzw. zu verstärken. Sie führen zur Rechtsunsicherheit in diesem Bereich. Je nach Kenntnisstand des Anlagenbetreibers oder auch des Prinzipals kann dies zur Verfolgung eigener Interessen und damit zur eigenen Nutzenmaximierung eingesetzt werden. Die Auslegungsproblematik kann folglich im gesamten Prozess nach Vertragsschluss zu Problemen des „*Moral Hazard*“ führen.

Die Betrachtung rechtsprechender und rechtsetzender Akte unter den Gesichtspunkten der Prinzipal-Agenten-Theorie ist nicht neu. So betrachtet beispielsweise Kahnert (2012) die Rechtsetzung und Rechtsprechung in der Europäischen Union unter den Gesichtspunkten des Prinzipal-Agenten Ansatzes. Wenzel (2012) greift den Ansatz im Kontext von Rechtssetzung zur Regulierung, Deregulierung und Marktsteuerung auf. Höreth (2008) greift den Ansatz auf zur Beschreibung des Einflusses des EuGHs als rechtsprechender Akteur innerhalb der Europäischen Union. Seibert (2011) nutzt den Ansatz um gesetzliche Steuerungsinstrumente im Gesellschaftsrecht zu untersuchen. Gentsch (2012) setzt sich mit Vergaberecht und Compliance im Rahmen staatlicher Beschaffung und Korruptionsprävention auseinander. Gezielte mikroökonomische Modellierungen finden sich allerdings nicht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass auch im Rahmen der Anspruchsdurchsetzung der Anlagenbetreiber auf dem Rechtswege auf eine Vielzahl externer Akteure, wie z.B. Rechtsanwälte, Sachverständige und Gutachter angewiesen ist. Es entstehen hier wiederum mehrstufige Prinzipal-Agenten-Konstellationen zwischen dem Anlagenbetreiber (hier Prinzipal) und den beauftragten Beratern (Agenten), die ihre Eigeninteressen verfolgen und Informationsvorsprünge bzgl. prozessualer und rechtlicher Aspekte besitzen und für sich nutzenmaximierend einsetzen. Da sich in rechtlichen Auseinandersetzungen die Höhe der Vergütung der Berater häufig nach dem Streitwert oder aber dem Zeitaufwand bemisst, können die beauftragten Berater ein Interesse an einem langwierigen Prozess haben. Auf diesem Wege wird ihr Nutzen maximiert. Dies wird nicht immer im Interesse des beauftragenden Anlagenbetreibers (hier Prinzipal) sein, der eventuell an einem schnellen und kostengünstigen Ausgang des Prozesses interessiert sein kann. Dieses strategische Verhalten der Beteiligten wird in der Regel Ineffizienzen nach sich ziehen.

6 Das Modell: Energieerzeugung unter Informationsasymmetrie

6.1 Die strategische Interaktion zwischen Anlagenbetreiber und Staat

Nachdem das Potential für Informationsasymmetrien sowohl faktisch, d.h. bzgl. der technologischen Faktoren, als auch rechtlich untersucht wurde, wird gezielt die strategische Interaktion zwischen Anlagenbetreiber und Staat auf Basis der Prinzipal-Agenten-Theorie untersucht. Es ist wesentlich den zeitlichen Ablauf der Interaktion und die Möglichkeiten der Verifizierbarkeit und Justiziabilität zu betrachten. Gerade diese haben erhebliche Auswirkungen auf die Sanktionsmechanismen und den monetären Nutzen des Anlagenbetreibers. Von Interesse hierbei ist es zu ermitteln, welche Formen der Informationsasymmetrie - Hidden Action, Hidden Characteristics oder Hidden Information bzgl. der Energieerzeugung aus Biogas auftreten können. Abb. 6.1 stellt die grundlegenden Entscheidungssituationen, die Form der Informationsasymmetrie, das Vertragsrisiko und die möglichen Lösungsansätze dar.

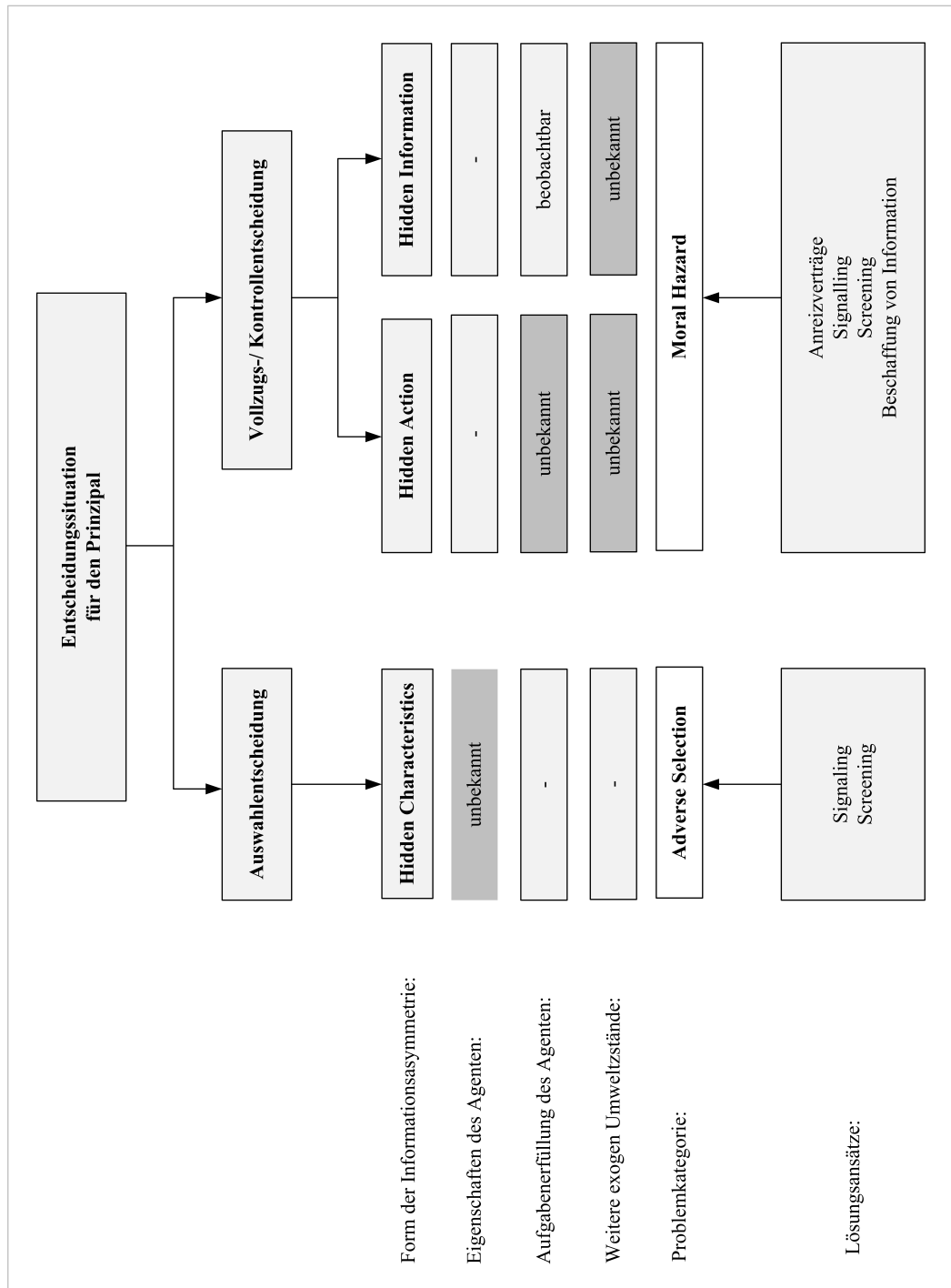


Abbildung 6.1: Entscheidungssituationen des Agenten (Quelle: eigene Darstellung)

Der Agent übernimmt, um die entsprechende Vergütung zu erhalten, die Verpflichtung

Strom nach den im EEG vorgeschriebenen Regeln zu produzieren. Die Produktion selbst ist nicht von Seiten des Staates oder des EVUs - dem Prinzipal - einsehbar. Der Agent folgt dem, in Abb. 6.2. in der Ereignis-Prozess-Kette (EPK) vereinfacht und verallgemeinert dargestellten, Prozessschema. Nach Vertragsschluss, aber vor Produktionsbeginn, gibt es einen mehr oder minder von Prinzipal und Agenten einsehbaren Ausgangszustand, z.B. der Errichtung der Biogasanlage mit gewissen technischen Eigenschaften. Spätestens mit Produktionsbeginn ist allerdings nun die Einsichts- und Informationsmöglichkeit des Prinzipals extrem eingeschränkt. Der Agent beginnt mit der Erzeugung von Energie. Dies erfolgt durch eine Abfolge verschiedenster Prozessschritte. Das Verhalten des Agenten in dem Produktionsprozess entzieht sich weitgehend jeder Kontrolle. Der Prinzipal kann die „Zwischenergebnisse“ im Prozess in der Regel keiner Überprüfung unterziehen. Er muss sich auf die Einhaltung der im EEG vorgesehenen Regel und Vergütungsvoraussetzungen verlassen. Lediglich das Ergebnis des Produktionsprozesses, nämlich die Strom- oder Gaseinspeisung ins Netz ist kontinuierlich messbar und damit überprüfbar. Es ist dieses Produktionsergebnis, dass die Basis für die Entlohnung - Vergütung des Anlagenbetreibers (Agenten) bildet. Die Prüfung ist wiederum ein Prozess im Machtbereich des Prinzipals, der vom Agenten nicht direkt einsehbar ist.

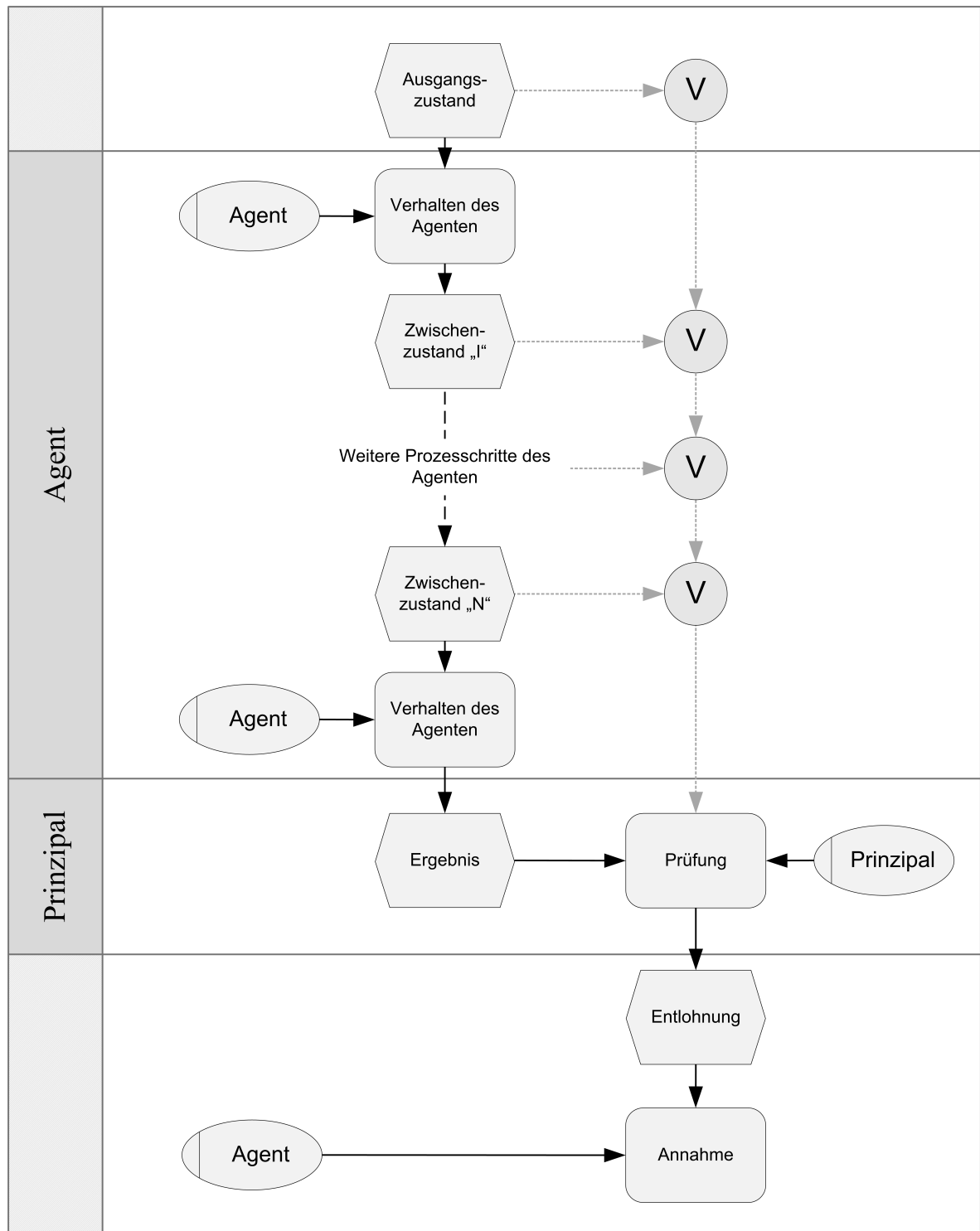


Abbildung 6.2: Verhalten der Akteure: Agent und Prinzipal dargestellt als Ereignis-Prozess-Kette (Quelle: eigene Darstellung)

Die Situation für den Prinzipal kann auch als Spiel in extensiver Form dargestellt werden, wie Abb. 6.3 zeigt. Der Agent (Biogasanlagenbetreiber) hat drei Möglichkeiten. Er kann eine EEG-regelkonforme Energieerzeugung durchführen oder er kann schwach bzw. stark bei der Produktion gegen die gesetzlichen Vorgaben verstoßen. Der Prinzipal weiß, dass diese drei Möglichkeiten bestehen, er kann jedoch den Typ des Agenten nicht erkennen. Es gibt zwei weitere Stufen in der Energieerzeugung, die sich dem Einblick des Prinzipals entziehen. Es sind dies die Arbeitsanstrengungen, die der Agent zur Erzeugung der Energie unternimmt und die exogenen Faktoren, die den Produktionsprozess beeinflussen. All diese Faktoren bilden die Grundlage für das Informationsdefizit des Prinzipals. Auf der letzten Stufe trifft der Prinzipal die Entscheidung, ob die entsprechende Vergütung an den Agenten ausgezahlt wird. Es gibt die Möglichkeit einer vollen Auszahlung oder einer geminderten Auszahlung, die bis hin zur vollständigen Versagung der Vergütung reichen kann.

Besondere Betrachtung verdienen die drei Möglichkeiten hinsichtlich der Regeltreue auf der ersten Stufe des Spiels. Es gibt drei Bereiche, die das Produktionsergebnis des Agenten bestimmen. Erstens ist das Produktionsergebnis abhängig von dem Einhalten der EEG-Regelungen, bzw. der Verpflichtungen die sich aus dem Einspeisevertrag ergeben. Der Agent (Biogasanlagenbetreiber) kann sich diesbezüglich regelkonform verhalten, er kann schwach gegen einige Vorschriften verstoßen oder er kann einen starken Verstoß gegen die rechtlichen Vorgaben unternehmen. Grundsätzlich besteht ein Vergütungsanspruch nur bei regelkonformen Verhalten. Eine Unterscheidung zwischen schwachen und starkem Regelverstoß macht allerdings mit Hinblick auf die Realität Sinn. Starke Regelverstöße sind solche, die einen schweren Vertragsbruch darstellen und evtl. auch eine strafrechtliche Sanktionierung nach sich ziehen. Hier wird im Hinblick auf den monetären bewerteten Nutzen des Agenten eine hohe Einbuße entstehen, da der Agent im Falle der Aufdeckung mit hohen Schadensersatzzahlungen, Geldbußen oder sonstigen empfindlichen Strafen und Sanktionen zu rechnen hat. Bei schwachen Verstößen bestehen seitens der Rechtsordnung unterschiedliche Optionen. Es ist hier sinnvoll eine gewisse Flexibilität zu bewahren. Ob und inwiefern der Verstoß sanktioniert wird, zu einem Wegfall oder Minderung des Vergütungsanspruches führt kann pauschal nicht festgelegt werden. Die Existenz eines solchen „Mittelweges“ ist gerade in Bezug auf die EEG-Förderungen wichtig. Das EEG ist ein neues Gesetz, das strukturell keinen Vorgänger hat. Es setzt Förderanreize in einem technologischen Umfeld und induziert damit Innovationen, eine positive Marktentwicklung und Marktdynamik. Es gibt daher bei vielen gesetzlich verankerten Regeln Auslegungsbedarf und keine gefestigte Rechtsprechung, die als Orientierung gelten könnte. Insbesondere sei in diesem Punkt auf die Bedeutung der EEG-Clearingstelle hingewiesen.

Betrachtet man den Spielbaum der alle theoretischen Möglichkeiten aufzeigt, so ergeben sich real folgende Konstellationen. Bei regelkonformen Verhalten wird der Prinzipal die Vergütung in vollem Umfang gewähren. Es sind somit die Zustände $\{(1), (3), (5), (7)\}$ erreichbar. Die Zustände $\{(2), (4), (6), (8)\}$ sollten nicht realisiert werden. Bei schwerem Regelverstoß wird der Prinzipal die Vergütung mindern bzw. vollständig versagen. Folglich werden die Zustände $\{(18), (20), (22), (24)\}$ angestrebt. Diese Zustände treten ein,

wenn der Prinzipal den Regelverstoß aufdeckt und er nachweisbar ist. Hier ist meist notwendig, den Regelverstoß dem Anlagenbetreiber auch subjektiv zuordnen zu können, d.h. er muss vorsätzlich oder zumindest fahrlässig gehandelt haben. Die Zustände $\{(17), (19), (21), (23)\}$ werden vom Prinzipal als unbillig angesehen. Dies sind Zustände, die dann eintreten, wenn der Prinzipal den Regelverstoß nicht festgestellt hat bzw. nicht nachweisen konnte. Für einen schwachen Regelverstoß ist nicht pauschal festzulegen, ob die Zustände $\{(9), (11), (13), (15)\}$ gegenüber den Zuständen $\{(10), (12), (14), (16)\}$ vorzuziehen sind. Dies wird letztlich von der angestrebten Anreizwirkung abhängen. Ohne an dieser Stelle in eine eingehendere Analyse einzusteigen, zeigt sich bereits jetzt folgendes deutliches Ergebnis. Der Prinzipal kann, da Regelverstöße, exogene Faktoren des Energieerzeugungsprozesses und Arbeitsanstrengungen für ihn nicht beobachtbar sind, auf der letzten Stufe nicht sicher sein, die richtige Vergütungsentscheidung zu treffen. Für ihn ist letztlich nicht ersichtlich in welchem Knoten des Spielbaums $\{(1), \dots, (24)\}$ er sich befindet und daher bleibt aufgrund der herrschenden Informationsasymmetrie offen, ob er die richtige Auszahlungsentscheidung trifft.

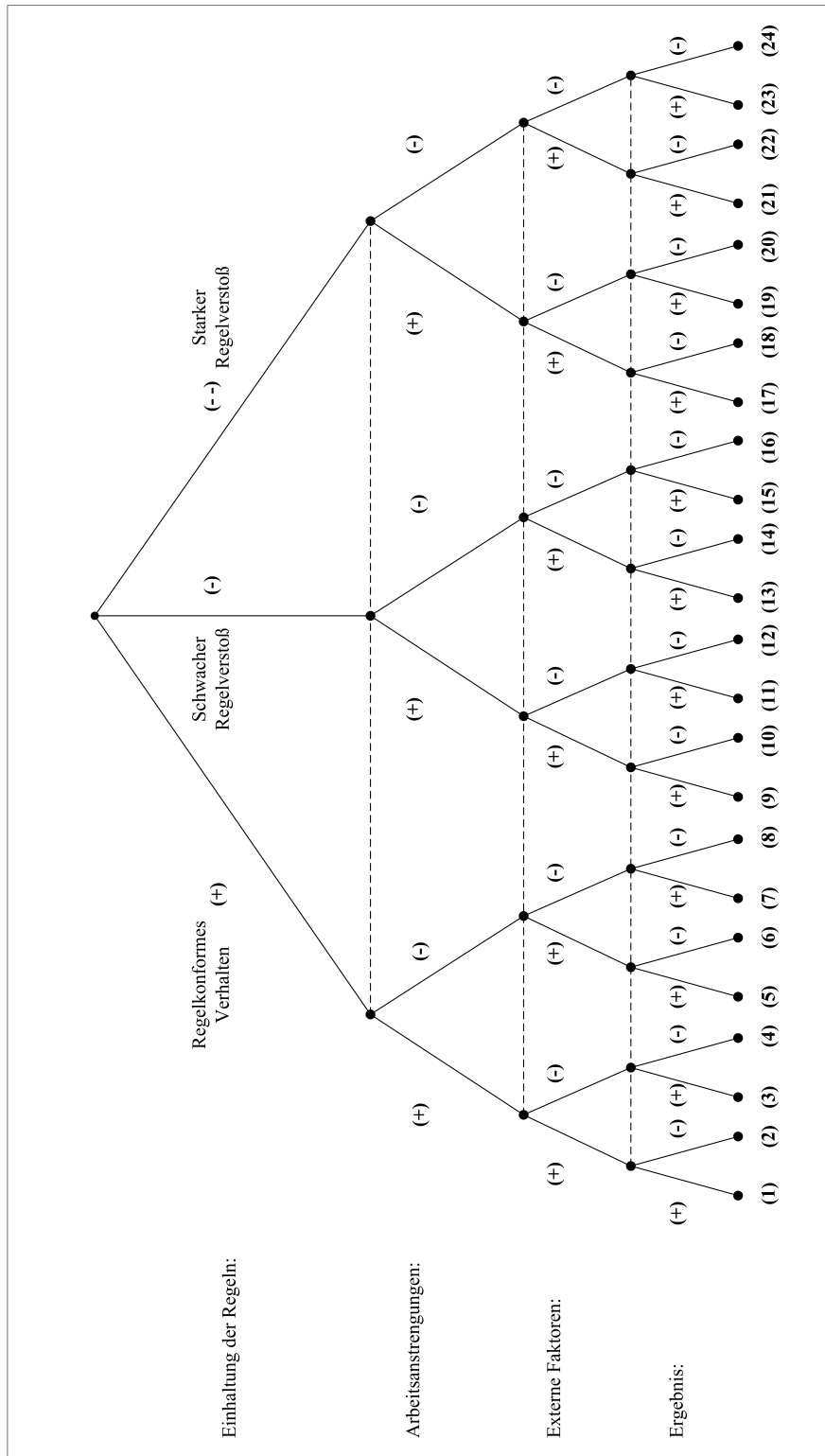


Abbildung 6.3: Informationsasymmetrie dargestellt als Spiel in extensiver Form (Quelle: eigene Darstellung)

6.2 Energieerzeugung unter Informationsasymmetrie

Der Anlagenbetreiber (Agent) verfolgt als „*homo oeconomicus*“ das Ziel seinen Nutzen zu maximieren. Der Erfüllung der Ziele des Staates (Prinzipals), wie sie in § 1 Abs. 1 EEG beschrieben werden, wird der Anlagenbetreiber in der Regel keine direkte Beachtung schenken. Die Situation ist im Vergleich zur Situation im Grundmodell m.E. noch etwas extremer. Im Grundmodell wird davon ausgegangen, dass der Prinzipal aufgrund eines unmittelbaren Vertragsverhältnisses dem Agenten eine Aufgabe überträgt. Hierbei wird es sich i.d.R. um eine konkrete Aufgabe handeln, die auch für den Agenten transparent ist. Die in § 1 Abs. 1 EEG festgelegten Staatsziele sind aber dabei für jeden Anlagenbetreiber abstrakt. Die Verwirklichung dieser Staatsziele ergibt sich aus der Aggregation aller Allokationen der Marktakteure im Bereich der erneuerbaren Energien. Wie und ob diese Ziele erreicht werden, entzieht sich der Kenntnis des einzelnen Marktteilnehmers und somit auch der Kenntnis des Agenten (Anlagenbetreiber) selbst. Selbst der Staat kann bestenfalls Prognosen über die Zielerreichung abgeben.

Der Anlagenbetreiber strebt nach Gewinnmaximierung seiner Anlage. Dieses betriebswirtschaftliche Oberziel wird regelmäßig dergestalt operationalisiert, dass der Anlagenbetreiber versucht seine Umsätze bzw. Erlöse soweit als möglich zu steigern und die Kosten soweit als möglich zu minimieren. Der Anlagenbetreiber kann Umsätze aus der Produktion und dem Absatz von Strom und Wärme erzielen. Darüber hinaus kann auch der Einsatz des Gärrestes als Wirtschaftsdünger für den Betrieb einen wirtschaftlichen Nutzen bringen. Es ist denkbar den Gärrest im eigenen landwirtschaftlichen Betrieb einzusetzen und damit Kosten für Industriedünger zu sparen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Vermarktung des Gärrestes. Der zusätzliche Nutzen, der durch die Nutzung der Gärreste entsteht, ist allerdings monetär als gering einzustufen. Deshalb wird dieser Aspekt bei der Analyse nicht betrachtet. Der Verkauf der Energie durch den Anlagenbetreiber setzt zunächst den Netzanschluss der Anlage (§ 5 EEG) und das Zustandekommen des gesetzlichen Schuldverhältnisses (§§ 4, 8 EEG) mit der entsprechenden Vergütungsgrundlage (§ 16 EEG) voraus. Als nächster Schritt sind zum Erhalt der Vergütung neben dem tatsächlichen Andienen des Stroms, der Nachweis bestimmter Vergütungsvoraussetzungen erforderlich. Sollten die Vergütungsvoraussetzungen nicht erfüllt sein, so wird der Vergütungsanspruch verringert oder entfällt vollständig. Der Staat tritt bzgl. Vergütung und der Ausgestaltung der Rechtsverhältnisse zwischen Anlagenbetreiber und Netzbetreiber nicht direkt in Erscheinung. Der Netzbetreiber übernimmt im konkreten „Set“ die Funktion des Prinzipals - der Anlagenbetreiber die Funktion des Agenten. Es wird in der Analyse davon ausgegangen, dass zwischen dem Staat und dem Netzbetreiber kein strategisches Verhalten der Akteure auftritt.

Die Hauptgefahr für Prinzipal-Agenten-Konflikte in dieser Konstellation liegt im Bereich der „*Hidden Action*“ und „*Hidden Information*“ und bergen das Risiko des „*Moral Hazard*“.

Konfliktsituationen, die im Bereich der „*Hidden Characteristic*“ fallen, sind nur schwer denkbar. Eine solche Situation würde voraussetzen, dass der Anlagenbetreiber (Agent)

den Prinzipal (Netzbetreiber) über die persönlichen Eigenschaften, d.h. hier produktionsrelevante Kapazitäten und Fähigkeiten besser informiert ist, als der Netzbetreiber. Den persönliche Eigenschaften des Agenten kommt hier keine Relevanz zu. Der Abschluss des Vertrages ist an das Vorliegen rein technischer und verifizierbarer rechtlicher Voraussetzungen geknüpft. Eine Auswahlentscheidung seitens des Prinzipals gibt es wegen des Charakters eines gesetzlichen Schuldverhältnisses nicht.

Die auftretenden Konfliktsituationen haben somit die Struktur der „*Hidden Action*“ bzw. „*Hidden Information*“. Nach Zustandekommen des Einspeisevertrages ist sowohl die Einhaltung der vertraglichen Verpflichtungen hinsichtlich des eingesetzten Substratmixes als auch hinsichtlich der Verwendung der produzierten Wärme und die Erfüllung der technischen Voraussetzungen in die Hände des Anlagenbetreibers gelegt. Er verfügt über die Möglichkeit aus eigenem Interesse, dem Gewinnmaximierungskalkül folgend, von diesen Vorgaben abzuweichen. Der Netzbetreiber muss sich auf die Richtigkeit der Dokumentation verlassen und kann nur punktuell das Vorliegen der Voraussetzungen prüfen. Es könnte demnach, je nach Rahmenbedingungen, eine Motivation seitens des Anlagenbetreibers bestehen von dem offiziell erklärten Substratmix abzuweichen, bzw. technische Regeln nicht einzuhalten. Das Problem wird insbesondere auf Seiten des Prinzipals dadurch verstärkt, dass selbst wenn die Aktionen des Agenten beobachtbar sind, die Gaserträge des eingesetzten Substrates von exogenen, von außen nicht verifizierbaren Umständen abhängig sind. Die Komplexität der Situation zeigt, dass es sich um ein Problem handelt, das hauptsächlich in eine „*Hidden Aktion*“ - Konstellation mündet.

6.3 Die Standardanlage als Analyseobjekt

Möchte man die potentiellen Auswirkungen von Informationsasymmetrien bzgl. der Förderung von Biogasanlagen durch das EEG untersuchen, stellt sich die Frage welchen Anlagentyp man sich in der Betrachtung zuwendet. Denn rein technisch gesehen, gibt es eine unüberschaubare Vielzahl unterschiedlicher Anlagentypen und Anlagenkonfigurationen. Betrachten wir die technische Konfiguration der Anlagen, deren zentrales Element auf eine möglichst optimale Gestaltung des Fermentationsprozesses abzielt, so lassen sich bereits nach der Art der Beschickung, Batch-, Speicher-, Wechselbehälter-, Durchfluss- und Durchfluss-Speichersystemen unterscheiden. Mit Focus auf den Fermenter sind nach Anzahl der Prozessstufen einstufige, zweistufige und mehrstufige Systeme im Markt vorzufinden. Mit Blick auf den Temperaturbereich wird differenziert in psychrophil, mesophil und thermophil. Darüber hinaus ist die Differenzierung in Fest- und Flüssigfermentationsanlagen erheblich.¹ Festfermentations- und Flüssigfermentationsanlagen unterscheiden sich grundlegend im Aufbau und im Anlagenbetrieb. Hieraus ergeben sich regelmäßig auch für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit bzgl. der Betriebskosten und der zu tätigen Investitionen Unterschiede. Weiterhin entscheidet der zur Verfügung stehende Substratmix erheblich über die Frage, ob eine Festfermentations- oder Flüssigfermen-

¹Vgl. Biogashandbuch Bayer BFLU 2007, S. 38.

tationsanlage betrieben wird. Substrate mit hohem Trockensubstanzgehalt und hohen Lignocelluloseanteilen - holzige Substrate - sind eher für eine Festfermentation geeignet. Hingegen lassen sich Substrate, wie Mais und Gülle sehr gut in der Flüssigfermentation umsetzen.

Darüber hinaus wird die bereits technisch komplexe Ausgangslage dadurch erschwert, dass das EEG mehrfach novelliert wurde und somit unterschiedliche Förderregime für den Bestand an Biogasanlagen gelten. Neben Anlagen der „ersten Stunde“, die noch unter dem EEG 2000 errichtet und in Betrieb genommen wurden, existieren heute Anlagen, die unter dem rechtlichen Rahmen des EEG 2004, 2009 und 2012 in Betrieb genommen wurden.² Dies kann u.U. zu zahlreichen Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen im Gesetz vorgesehenen Bonifikationen und Fördergesichtspunkten führen. So ist in jeder Novellierung neu zu regeln, wie sich die Gesetzesnovelle auf die Vergütung und technischen Anforderungen von Alt- bzw. Bestandsanlagen auswirken.

Um die generellen Auswirkungen von potentiellen Informationsasymmetrien aufzuzeigen, wird daher ein mittlerer Anlagentyp verwandt, der in Folgendem als Standardanlage bezeichnet wird. Dieser Anlagentyp wird deshalb betrachtet, weil es ein Anlagentyp ist, der in dem Leistungssegment liegt, in dem die meisten Biogasanlagen existieren. Es wird eine Nassfermentationsanlage³ betrachtet. Darüber hinaus handelt es sich um einen Typ, der im Hinblick auf den in Deutschland üblichen Substratmix: NawaRo und Gülle, den am häufigsten eingesetzten Substratmix repräsentiert.

Einen Anlagentyp aus dem Segment bis 150 kW zu betrachten, ist wenig ergiebig, da Anlagentypen in diesem Bereich nur ca. 19,7 % des Biogasanlagenbestandes ausmachen. Anlagen dieses Typs produzieren auch nur einen geringen Anteil der elektrischen Energie aller Biogasanlagen. (DBFZ 2014, S. 9.)

Es bestand insbesondere seit 2009 eine positive Tendenz im Zubau an Großanlagen. Jedoch ist die Bedeutung dieser Großanlagen mit einem Anteil von ca. 4,9 %, gemessen am Anlagenbestand, eher gering. Biogasanlagen sind häufig technisch betrachtet modular konzipiert, d.h. Großanlagen sind technisch betrachtet häufig aus kleineren Aggregaten (BHKW's) zusammengesetzt. Insofern stellen sie aus technischer Sicht nur geringe Unterschiede zu Standardanlagen dar. Man möchte sich in diesem Bereich die steigenden Skalenerträge und Größendegressionsvorteile zu Nutzen machen.

Das EEG kennt darüber hinaus auch den Anlagentypus der Abfallvergärungsanlage. Dieser Anlagentyp hat allerdings ebenfalls eine untergeordnete Bedeutung am Markt. Die Ursachen hierfür liegen in den zahlreichen Restriktionen im Bereich des Abfallrechts und den technischen Herausforderungen bei diesem Anlagentyp. Abfallstoffe müssen oft vor

²Vgl. hierzu DBFZ-Bericht Biomasse (2014, S. 29 ff.); bei 79,3 % erfolgt eine Vergütung nach EEG 2000, 2004 oder 2009; 4,6 % werden nach EEG 2012 vergütet; bei 20,7 % der Anlagen fand ein Wechsel der Vergütung nach § 16 EEG oder Direktvermarktung statt; 14,9 % befinden sich in der Direktvermarktung; nur 0,2 % erhalten keine EEG-Vergütung und 1 % der Befragten machten keine Angaben.

³Vgl. DBFZ (2014, S. 39) ca. 92 % der Anlagen im Geltungsbereich des EEG sind Flüssigfermentationsanlagen, nur ca. 7% setzen das Verfahren der Trockenfermentation ein.

der Fermentation aufbereitet und von Störstoffen befreit werden. Dies ist oft nur mit unverhältnismäßig hohen Investitionen in die Anlagentechnik darstellbar. Hierdurch wird die Amortisation der Anlage gefährdet. Aufgrund der geringen Bedeutung wird dieser Anlagentyp nicht als Analyseobjekt herangezogen.

Die Abb. 6.4 bis 6.6 zeigen den Zuwachs an Anlagen in den einzelnen Anlagensegmenten.

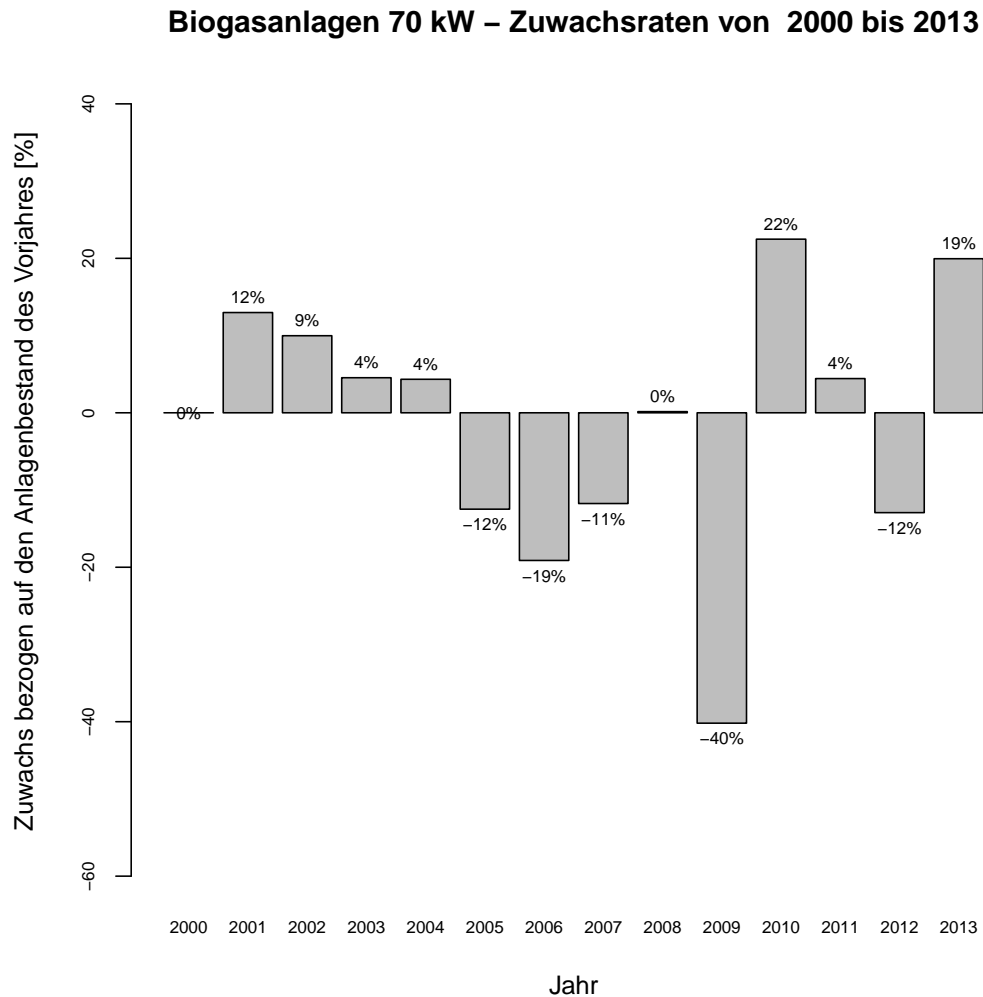


Abbildung 6.4: Zuwachsraten kleiner Biogasanlagen

Biogasanlagen (70 500] kW – Zuwachsraten von 2000 bis 2013

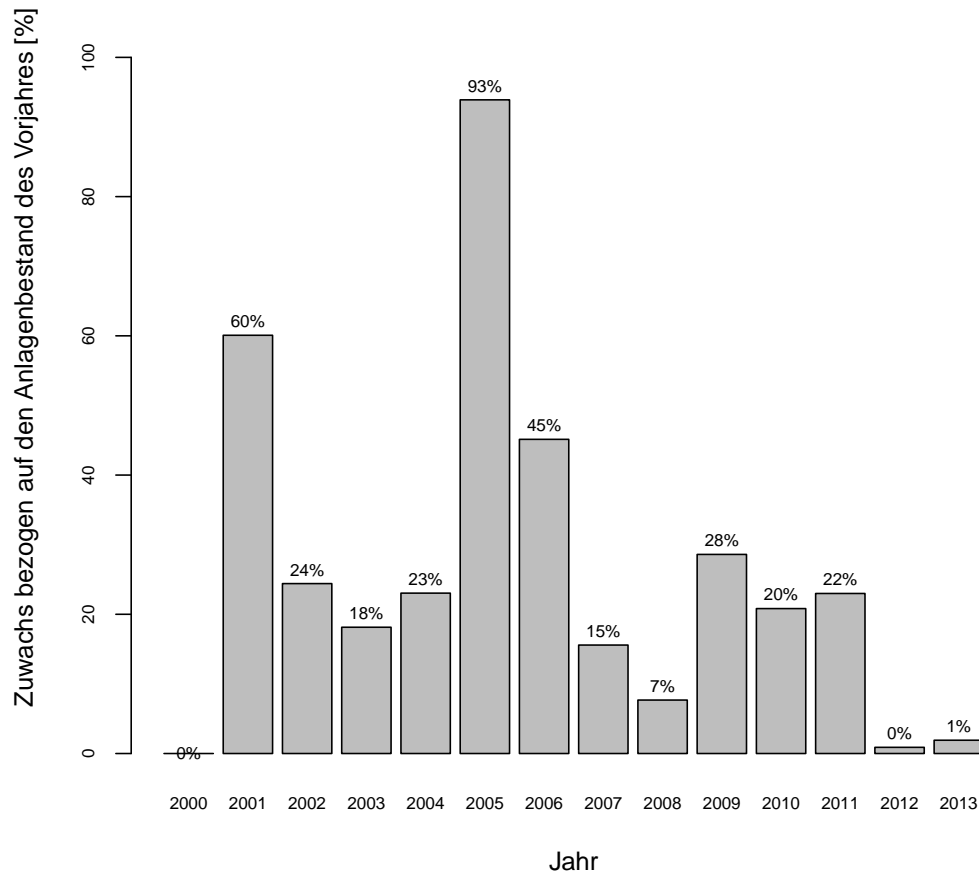


Abbildung 6.5: Zuwachsraten mittlerer Biogasanlagen

Biogasanlagen größer 500 kW – Zuwachsraten von 2000 bis 2013

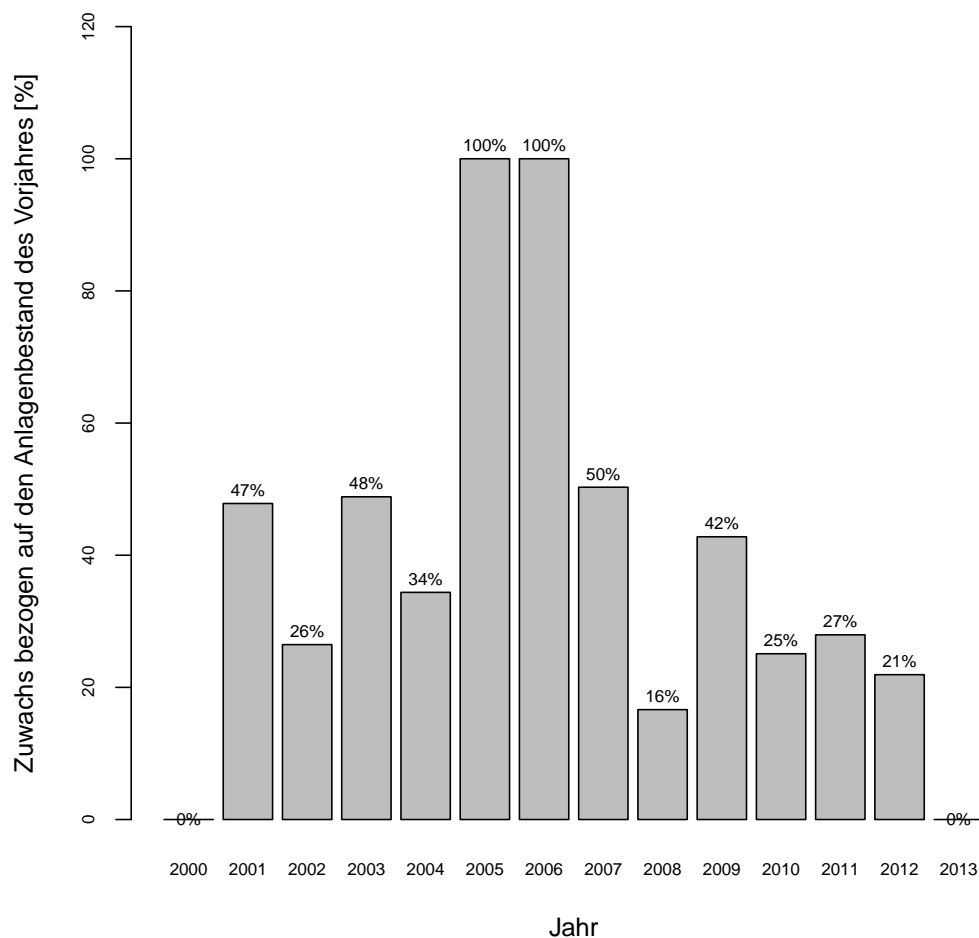


Abbildung 6.6: Zuwachsraten großer Biogasanlagen

Der kontinuierliche positive Zuwachs im mittleren Anlagensegment hat dazu geführt, dass genau in diesem Bereich der größte Anlagenbestand aufgebaut werden konnte. Folglich wird als Analyseobjekt eine Anlage mittlerer Größe gewählt.

6.4 Grundmodell und Voraussetzungen

Aufgezeigt wird, ob und unter welchen Voraussetzungen im Hinblick auf die Regelungen des EEG 2012 ein Prinzipal-Agenten-Konflikt auf der Ebene zwischen Staat und Anlagenbetreiber entstehen kann. Im Weiteren wird untersucht, inwiefern der Staat über

Möglichkeiten verfügt, solche Konflikte zu vermeiden. Es werden die im EEG vorgeschlagenen Anlagentypen auf die Prinzipal-Agenten-Konflikte hin untersucht.

6.4.1 Der Staffeltarif für Biomasse

Die Vergütung des in Biomasseanlagen erzeugten Stroms erfolgt auf Basis eines nach Leistungsklassen und Einsatzstoffen gestaffelten Tarifs. Für das EEG 2012 ergeben sich folgende, in den nachfolgenden Tabellen 6.1, 6.2 und 6.3 dargestellten, Vergütungen.

Leistungsklasse	Grundvergütung
[0 kW; 75 kW]	25,0 ct/kWh
]75 kW; 150 kW]	14,3 ct/kWh
]150 kW; 500 kW]	12,3 ct/kWh
]500 kW; 750 kW]	11,0 ct/kWh
]750 kW; 5.000 kW]	11,0 ct/kWh
]5.000 kW; 20.000 kW]	6,0 ct/kWh

Tabelle 6.1: Grenzvergütungen Biogasanlagen EEG 2012

Leistungsklasse	EV I	EV II
[0 kW; 75 kW]	25,0 ct/kWh	25 ct/kWh
]75 kW; 150 kW]	6,0 ct/kWh	8,0 ct/kWh
]150 kW; 500 kW]	6,0 ct/kWh	8,0ct/kWh
]500 kW; 750 kW]	5,0/2,5 ct/kWh	8,0/6,0 ct/kWh
]750 kW; 5.000 kW]	4,0/2,5 ct/kWh	8,0/6,0 ct/kWh
]5.000 kW; 20.000 kW]	0,0 ct/kWh	0,0 ct/kWh

Tabelle 6.2: Einsatzstoffklassen - Vergütung (EV)

Leistungsklasse	Bioabfallvergütung
[0 kW; 75 kW]	25,0 ct/kWh
]75 kW; 150 kW]	16,0 ct/kWh
]150 kW; 500 kW]	14,0 ct/kWh
]500 kW; 750 kW]	14,0 ct/kWh
]750 kW; 5.000 kW]	14,0 ct/kWh
]5.000 kW; 20.000 kW]	14,0 ct/kWh

Tabelle 6.3: Vergütung für Bioabfallanlagen

Abb. 6.7 zeigt den Verlauf der Grundvergütung in Abhängigkeit von der Leistungsklasse. Sie kann als Grenzvergütung aufgefasst werden. Wobei jedoch bei Betrachtung einer konkreten Biogasanlage zu beachten ist, dass sich die Grenzvergütung nicht nur aus der Grundvergütung, sondern auch aus den speziellen Vergütungen der Einsatzstoffe und ggf.

6 Das Modell: Energieerzeugung unter Informationsasymmetrie

weiteren speziellen Vergütungsbestandteilen ergibt. Zur Darstellung der vom Gesetzgeber gewählten Vergütungsstruktur - Staffeltarifierung - eignet sich die Darstellung der Grundvergütung exemplarisch.

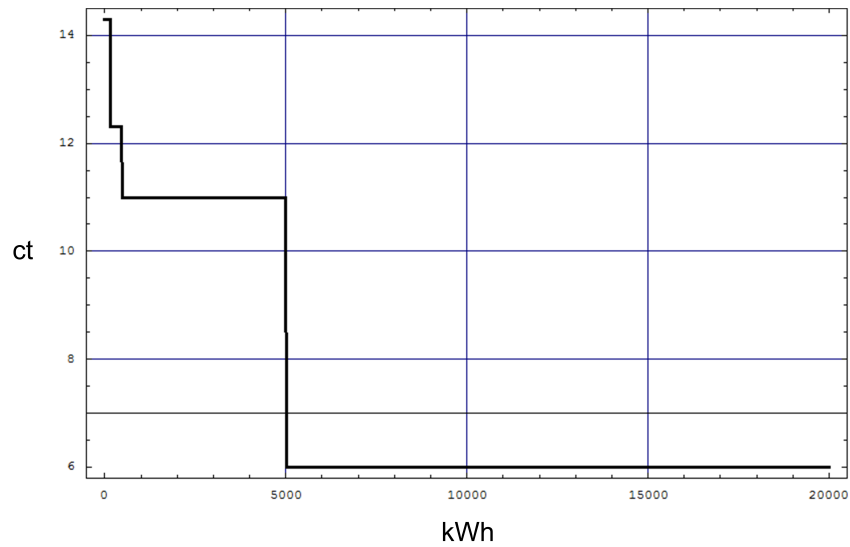


Abbildung 6.7: EEG 2012 Grundvergütung

Auf Basis des Staffeltarifs ergibt sich folgender in Abb. 6.8 und Abb. 6.9 dargestellte Verlauf der Durchschnittsvergütung.

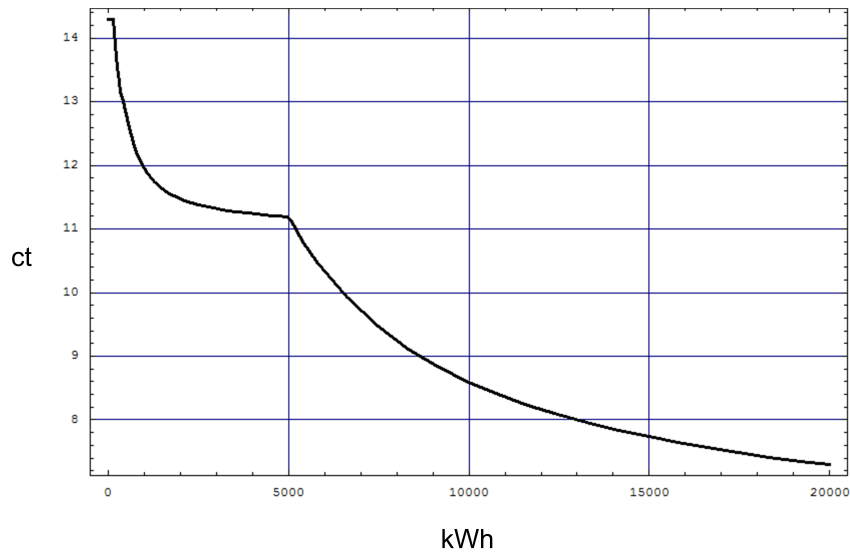


Abbildung 6.8: Durchschnittsvergütung EEG 2012 bis 20.000 kW_{el}

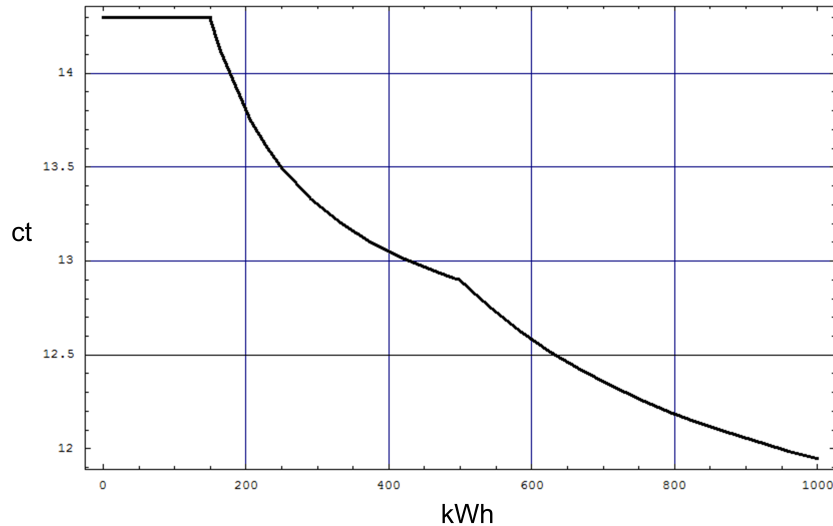


Abbildung 6.9: Durchschnittsvergütung EEG 2012 bis 1.000 kW_{el}

Ziel des Anlagenbetreibers ist es seinen Nutzen zu maximieren. Regelmäßig strebt er danach den Gewinn seiner Biogasanlage zu maximieren. Bevor allerdings die Gewinnfunktion hergeleitet wird, ist zunächst die Produktionsfunktion einer Biogasanlage zu betrachten.

6.4.2 Input - Substrate

Der Betrieb setzt pro Jahr einen Substratmix S zur Energieproduktion ein. Dieser setzt sich zusammen aus Substraten, die sich nach der Biomasseverordnung (2012) in die Einsatzstoffvergütungskategorie I oder die Einsatzstoffvergütungskategorie II einordnen lassen. Stoffe, die dort nicht aufgeführt sind, aber zulässige Substrate darstellen, fallen unter die Anlage 1 der BiomasseV (2012). Die Mengen der Substrate, die zulässig sind, aber keine gesonderte Vergütung erhalten, werden mit s_{0i} bezeichnet. Die Menge der Substrate der Einsatzstoffvergütungskategorie I mit s_{1j} und die Menge der Einsatzstoffe der Einsatzstoffvergütungskategorie II mit s_{2k} . Die Gesamtmenge der eingesetzten Substrate ist die Summe der Einzelmengen der Einsatzstoffe s_{0i} , s_{1j} , s_{2k} gemäß Einteilung der BiomasseV. Es werden l unterschiedliche Substrate, die nicht den Einsatzstoffvergütungsklassen I und II zuzuordnen sind, eingesetzt. Es kommen m Substrate der Einsatzstoffklasse I zum Einsatz und n Substrate, die der Einsatzstoffklasse II entstammen. Die Gesamtmenge S , der in einer Periode eingebrachten Substrate beträgt S und es gilt:

$$S = \sum_{i=1}^l s_{0i} + \sum_{j=1}^m s_{1j} + \sum_{k=1}^n s_{2k} \quad (6.1)$$

Die nach BiomasseV angenommene, in einem Substrat i enthaltene, Energie ergibt sich als Produkt des Methanreferenzertrages (γ_i) und dem unteren Heizwert von Methan⁴. Diese Größe β_i wird nachfolgend als substratspezifischer Energiegehalt pro t_{FM} (Tonne Frischmasse) des betrachteten Substrates i bezeichnet. β_i repräsentiert demnach den Energiegehalt, der in einer spezifischen Menge Biogas, die auf Basis des Substrates i erzeugt wird, vorhanden ist. Der entscheidende Energielieferant im Biogas ist das Methan. Der Faktor γ_i ist somit ein Maß für den Methananteil, der bei der Fermentation des entsprechenden Substrates freigesetzt wird.

$$\beta_i = \gamma_i H_{Methan} \quad (6.2)$$

Die gesamte in den Substraten verfügbare Energie bzw. die Energie des Inputs W_{in} bestimmt sich zu:

$$W_{in} = \sum_{i=1}^l \beta_{0i} s_{0i} + \sum_{j=1}^m \beta_{1j} s_{1j} + \sum_{k=1}^n \beta_{2k} s_{2k} \quad (6.3)$$

6.4.3 Output - Strom und Wärme

Die Energieerzeugung in der Biogasanlage erfolgt durch Kraft-Wärme-Kopplung. Es wird einerseits Energie in Form von Wärme W_{th} und andererseits Energie in Form von Strom W_{el} erzeugt. Die gesamte erzeugte Energie W ergibt sich zu:

$$W = W_{th} + W_{el} \quad (6.4)$$

Die Zusammensetzung der bereitgestellten Energie ist durch den technischen Wirkungsgrad des BHKW fest vorgegeben. Bei den Anlagen ist die Menge an erzeugter thermischer Energie immer größer als die gewonnene Menge an elektrischer Energie. Insofern verlaufen, wie in Abb. 6.10 gezeigt, die möglichen Energieoutput-Kombinationen unterhalb der ersten Winkelhalbierenden. Bei einer vollen Auslastung der Anlage lässt sich im Jahr maximal die Energiemenge \overline{W} produzieren.

Diese Energiemenge kann durch den Fermentationsprozess freigesetzt und verfügbar gemacht werden. Die Energie ist in dem entstandenen Biogas gebunden und wird in einer Biogasanlage in der Regel durch Kraft-Wärme-Kopplung in elektrische und thermische Energie überführt. Für die Bonifikation knüpft das EEG 2012 an die elektrische Energie W_{el} an. Sie ergibt sich als Produkt des elektrischen Wirkungsgrades η und der durch die

⁴Der untere Heizwert von Methan beträgt $H_{Methan} = 9,986 \text{ kWh/m}^3$.

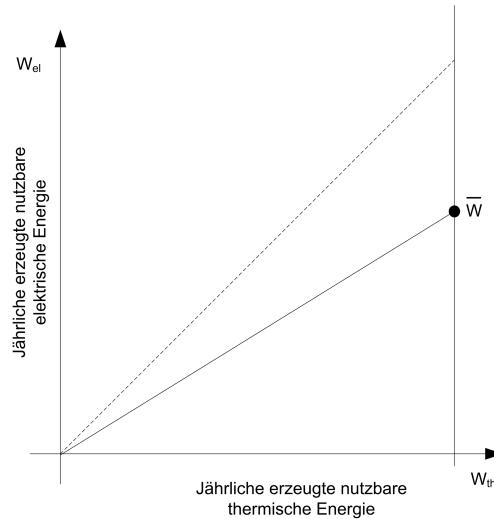


Abbildung 6.10: Zusammensetzung der erzeugten Energiemenge aus thermischer Energie (Wärme) und elektrischer Energie (Strom) - schematisch

Substrate zugeführten Energie W_{in} . Der elektrische Wirkungsgrad η gibt den Anteil der zugeführten Energie an, der in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

$$W_{el} = W_{in} \eta \quad (6.5)$$

Diese Energie wird in Strom und thermische Energie umgewandelt. Die Bemessungsleistung der Anlage (P) ist das Verhältnis aus aufgenommener Energiemenge (W_{in}) und Jahresvollbenutzungsstunden (T_a) unter Berücksichtigung des elektrischen Wirkungsgrades (η). Es ergibt sich:

$$P = \frac{W_{el}}{T_a} = \frac{W_{in} \eta}{T_a} \quad (6.6)$$

Es ergibt sich folgender Zusammenhang zwischen der in den Substraten gebundenen Energie, der elektrisch erzeugten Energie, den Jahresvolllaststunden, der Bemessungsleistung und dem elektrischen Wirkungsgrad der Biogasanlage:

$$W_{in} = \sum_{i=1}^n \beta_i s_i = \frac{P T_a}{\eta} = \frac{W_{el}}{\eta} \quad (6.7)$$

Im Produktionsprozess einer Biogasanlage fällt als weiterer Output der sog. Gärrest an. Gärreste sind Fermentationsrückstände, welche unter Umständen einer späteren Verwendung in der Landwirtschaft zugeführt werden können. Die Produktionsmöglichkeitsmenge

der Biogasanlage ist in Abb. 6.11 dargestellt. Mit zunehmender erzeugter Energie nimmt regelmäßig auch die Menge an Gärresten zu. Dabei hängt die produzierte Menge an Gärresten von zahlreichen Faktoren ab und ist weder einfach vorherzusagen noch fest vorgegeben. Insbesondere spielen hier die Güte des Fermentationsprozesses und die technische Auslegung der Anlage eine erhebliche Rolle. Daher ergibt sich mit Hinblick auf mögliche Output-Kombinationen, bestehend aus der erzeugten Gesamtenergiemenge und der Menge an Gärresten, der in Abb. 6.11 dargestellte graue Bereich (WG).

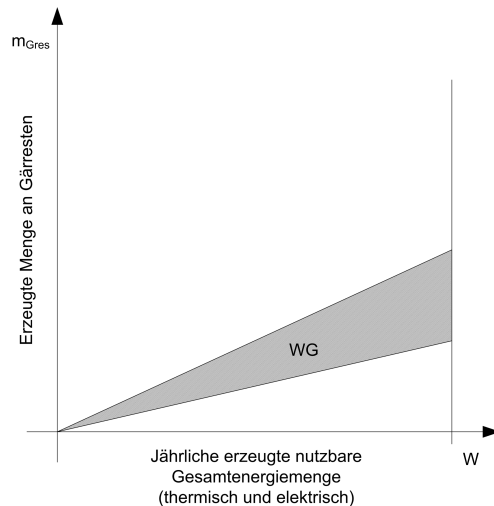


Abbildung 6.11: Produktionsmöglichkeitsmenge - Energie und Gärrest

6.4.4 Technologische Restriktionen

Die Biogaserzeugung ist ein sehr komplexer und sowohl physikalisch als auch biochemisch nicht einfach zu messender und abzubildender Vorgang. Er unterliegt gewissen natürlichen Schwankungsbreiten. Insofern tritt u.a. bei den Parametern Biogasertrag, Biogasgehalt, thermischer und elektrischer Wirkungsgrad sowohl ex ante als auch ex post eine nicht einfach zu erfassende Volatilität auf. Der realisierte Wirkungsgrad η liegt häufig unterhalb des technisch maximal möglichen Wirkungsgrades $\bar{\eta}$. Es gilt folglich:

$$\eta \leq \bar{\eta} \quad (6.8)$$

6.4.5 Biogaserträge, Methangehalt und im Substrat verfügbare Energie

Der Biogasertrag eines Substrats ist von einer Vielzahl externer Faktoren abhängig, die beispielsweise durch Anbau, Lagerung und Verarbeitung bestimmt werden. Je Substrat

schwankt auch der spezifische Methangehalt. Der spezifische Methanertrag eines Substrates i liegt in einem Schwankungsbereich zwischen $\underline{\beta}_i$ und $\overline{\beta}_i$. Somit gilt folgende Bedingung:

$$\underline{\beta}_i \leq \beta_i \leq \overline{\beta}_i \quad (6.9)$$

6.4.6 Untersuchung der Isoquanten

Betrachtet wird der Fall einer Biogasanlage in der zwei Substrate aus unterschiedlichen Vergütungsklassen eingesetzt werden. Ein Substrat sei der Anlage 1 der Biomasseverordnung zugeordnet und wird mit der Menge s_0 in der Biogasanlage eingesetzt. Dieses Substrat erhält keine einsatzstoffbezogene Vergütung. Das zweite Substrat fällt in die Einsatzstoffvergütungsklasse I. Es wird mit der Menge s_1 eingesetzt. Dieses Substrat erhält demnach eine einsatzstoffbezogene Vergütung. Durch die Technologie ist die Einsatzmenge s_0 in Abhängigkeit von Substrat s_1 wie folgt bestimmt:⁵

$$s_0 = \frac{P T_a}{\eta \beta_0} - s_1 \frac{\beta_1}{\beta_0} \quad (6.10)$$

Die Gleichung repräsentiert eine Isoquante, d.h. den geometrischen Ort aller Kombinationen von Produktionsfaktoren, deren maximaler Output gleich groß ist. Der Verlauf der Isoquanten ist in Abb. 6.12 dargestellt. Die Gerade T_{Ref} stellt die Isoquante dar. Sie hat einen fallenden Verlauf mit der Steigung $-\frac{\beta_1}{\beta_0}$. Sie schneidet die Ordinate bei $\frac{P T_a}{\eta \beta_0}$.

Zu untersuchen ist, wie der Verlauf der Isoquanten auf eine marginale Veränderung der Faktoreinsatzmenge s_1 , der spezifischen Energiegehalte β_1 und β_2 sowie des elektrischen Wirkungsgrades η und der Leistung P sowie der Jahresvolllaststunden T_a reagiert. Ermittelt wird folglich, wie die Faktormenge s_0 bei Aufrechterhaltung des Produktionsniveaus auf Änderung der obigen Parameter c.p. reagiert.

Betrachtet wird zunächst, wie sich eine Veränderung des spezifischen Energiegehaltes (β_0) des Substrates auf seine Einsatzmenge (s_0) auswirkt.

$$\frac{\partial s_0}{\partial \beta_0} = -\frac{P T_a}{\eta \beta_0^2} + s_1 \frac{\beta_1}{\beta_0^2} \quad (6.11)$$

⁵Aus Gleichung 7.5 ergibt für zwei Substrate s_0 und s_1 folgende Gleichung: $\beta_0 s_0 + \beta_1 s_1 = \frac{P T_a}{\eta}$.

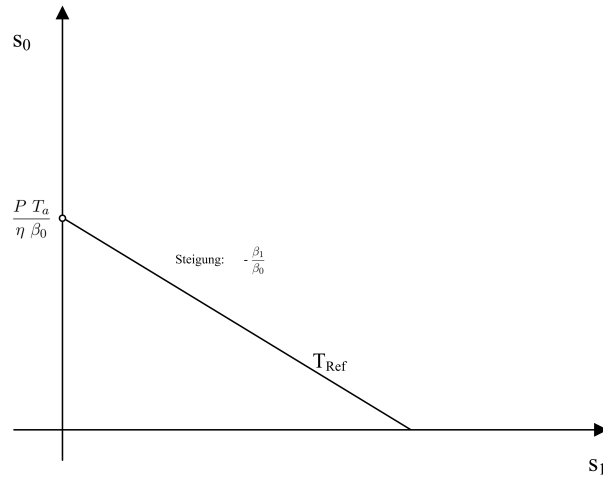


Abbildung 6.12: Verlauf der Isoquaten - schematisch

Wie Gleichung 6.11 zeigt, besteht die Marginalbedingung aus zwei Teileffekten. Überwiegt der erste Term, so kommt es bei steigendem Energiegehalt des Einsatzstoffes zu einem Rückgang seiner Einsatzmenge (s_0). Überwiegt hingegen der zweite Teileffekt, so wird die Einsatzmenge bei steigendem Energiegehalt ausgeweitet. Steigender Energiegehalt des Substrats s_0 kann c.p. zu einem Anstieg seiner Einsatzmenge s_0 führen. Es sind jedoch auch Fälle möglich, in denen es zu einem Rückgang der Einsatzmenge s_0 kommt. Dies ist davon abhängig, welcher der beiden Teileffekte in der Gleichung 6.11 überwiegt.

Betrachtet werde nun, inwiefern die technischen Parameter der Leistung P , der Jahresvolllaststunden T_a und des Wirkungsgrades η der Anlage c.p. zu Veränderungen der Faktoreinsatzmenge s_0 führen.

$$\frac{\partial s_0}{\partial P} = \frac{T_a}{\eta \beta_0} > 0 \quad (6.12)$$

Die Ungleichung 6.12 drückt aus, dass eine höhere installierte Leistung einer Biogasanlage eine Erhöhung des Substrateinsatzes s_0 nach sich zieht. Ein Leistungsanstieg bedingt bei gleichbleibender Betriebsdauer T_a eine Erhöhung des Substrateinsatzes, da mehr Energie durch die Anlage erzeugt wird. Eine Erhöhung der Substratmenge ist notwendig, da diese die der Anlage zugeführte Energie beinhalten.

$$\frac{\partial s_0}{\partial T_a} = \frac{P}{\eta \beta_0^2} > 0 \quad (6.13)$$

Die Ungleichung 6.13 drückt aus, dass eine Erhöhung der Jahresvolllaststunden zu einer Erhöhung des Substrateinsatzes führt. Eine längere Betriebszeit einer Anlage zieht eine

Erhöhung der notwendigen Energiemenge nach sich, da sich ebenfalls die von der Anlage abgegebene Energiemenge erhöht.

$$\frac{\partial s_0}{\partial \eta} = -\frac{P T_a}{\eta^2 \beta_0} < 0 \quad (6.14)$$

Die Ungleichung 6.14 drückt aus, dass eine Erhöhung des Wirkungsgrades der Anlage zu einer Verringerung des Substrateinsatzes führt. Wenn der Wirkungsgrad steigt, wird weniger Energie in Form des Substrates benötigt, um das gleiche Outputniveau an elektrischer Energie zu erzeugen.

Ein Anstieg der Leistung P und der Jahresvolllaststunden T_a führen c.p. zu einem Anstieg von s_0 . Eine Erhöhung des Wirkungsgrades η führt hingegen c.p. zu einem Rückgang der notwendigen Einsatzmenge (s_0).

Im Hinblick auf die EEG-Förderung für Biogasanlagen haben Prinzipal-Agenten-Konflikte in der Form von „Hidden-Action“ die größte Bedeutung. Im Hinblick auf eine solche Konstellation könnte es für einen Anlagenbetreiber sinnvoll sein, teures aber gefördertes Substrat s_1 , der Einsatzstoffvergütungsklasse I, durch „günstiges“ Substrat s_0 zu ersetzen, für das er keine Förderung erhält und dieses in den Büchern als s_1 auszuweisen. Hierbei muss er allerdings die unterschiedlichen Energiegehalte der Substrate beachten. Von diesen hängen hauptsächlich die Einsatzmengen für den Anlagenbetrieb ab.

Mit Sicht auf den Prinzipal-Agenten-Konflikt ist es entscheidend, welche Auswirkungen eine Verringerung oder Erhöhung der Einsatzmengen (s_1) des Substrates aus der Einsatzstoffvergütungsklasse I c.p. und eine Veränderung des Energiegehaltes (β_1) c.p. auf die Faktoreinsatzmenge (s_0) haben.

Sowohl ein Anstieg des Substrates s_1 als auch ein Anstieg des Energiegehaltes s_1 führen c.p. zu einem Rückgang der Einsatzmenge s_0 .

$$\frac{\partial s_0}{\partial s_1} = -\frac{\beta_1}{\beta_0} < 0 \quad (6.15)$$

Eine Erhöhung des Energiegehaltes β_1 führt c.p. zum flacheren Abfallen der Geraden, die die Faktoreinsatzkombinationen widerspiegelt.

$$\frac{\partial s_0}{\partial \beta_1} = -\frac{s_1}{\beta_0} < 0 \quad (6.16)$$

Der Maisdeckel von 60 % beschränkt die Zusammensetzung des Substratmixes. Die Menge an Substraten aus der Einsatzstoffvergütungsklasse I unterliegt der folgenden Restriktion: $\frac{s_0}{s_1} \leq \frac{40}{60}$. Somit darf die Faktorkombination der Substrate folgende Bedingung nicht verletzen.

$$s_0 \geq \frac{2}{3}s_1 \quad (6.17)$$

Die Restriktionen können damit, wie in Abb. 6.13 zusammengefasst, dargestellt werden. Zunächst ist festzustellen, dass mit der Technologie (Biogasanlage) Substratkombinationen entlang der Geraden T_{Ref} , welche sich aus der Gleichung 6.10 ergibt, eingesetzt werden können. Diese Technologie entspricht den technischen Zulassungen und ermöglicht eine gesetzeskonforme Produktion von Biogas und dessen Verstromung. Da in gewissen Umfang von technologischen Eigenschaften abgewichen werden kann; es sich sogar bei einer Biogasanlage um ein komplexes System aus mechanischen aber auch biologischen bzw. biochemischen Prozessen handelt, kann es zu Abweichungen der Lage der Geraden T_{Ref} kommen. Diese werden in Folgendem mit T_1 bis T_4 bezeichnet. Es ergibt sich also beim Anlagenbetrieb sowohl für den Agenten als auch für den Prinzipal ein gewisser Bereich der „Unschärfe“ um T_{Ref} herum. In Abb. 6.13 wird dieser Bereich durch die graue Fläche dargestellt. Dieser Bereich stellt mögliche Einsatzfaktorkombinationen dar, die bei Verwendung in der Anlage zum gleichen beobachteten Outputniveau führen.

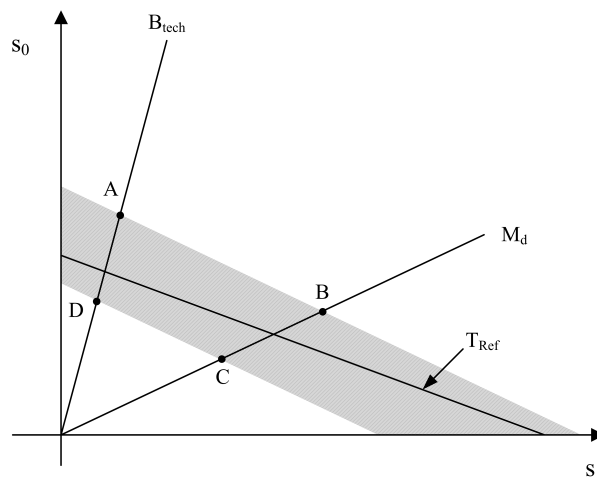


Abbildung 6.13: Mögliche Einsatzfaktorkombinationen

Die zulässige Substratkombination im Faktorraum wird jedoch durch die Kurven B_{Tech} und M_d beschränkt. Die Gerade B_{Tech} repräsentiert eine technologische Produktionsbeschränke. Faktorkombinationen links bzw. oberhalb der Kurve sind technisch nicht un-

setzbar. Es sind Substratkombinationen, die sehr hohe Anteile an Stoffen s_0 (ohne besondere Einsatzstoffvergütungskategorie) aufweisen und relativ wenig Substrat der Einsatzstoffvergütungskategorie I. Solche Inputkombinationen enthalten viel „Abfall“. Diese Inputkombinationen sind normalerweise deshalb nicht realisierbar, weil hierzu sehr hohe Investitionen - in Mülltrennung und Abfallaufbereitung - notwendig sind, die letztlich als hoher Fixkostensockel den Betrieb belasten. Auch können in diesen Bereich Substratkombinationen fallen, bei denen der Fermentationsprozess sehr schwer kontrollierbar und stör anfällig ist. Die Gerade M_d bildet die, durch den „Maisdeckel“ gesetzte Schranke, ab. In § 27 Abs. 6 EEG ist vorgesehen, dass die Vergütung für Substrate der Einsatzstoffvergütungskategorie I nur dann gewährt wird, wenn die Maismasse nicht mehr als 60% beträgt. Substratkombinationen unterhalb dieser Gerade gelangen wegen ihres hohen Maisanteils nicht in der Biogasanlage zum Einsatz. Sie sind zwar technisch möglich, allerdings ökonomisch nicht sinnvoll. Die Verwendung einer solchen Kombination zieht den Verlust der Förderung nach sich. Die Verwendung einer solchen Kombination würde somit dem Gewinnmaximierungsziel des Anlagenbetreibers widersprechen. Die zulässigen Faktoreinsatzkombinationen werden letztlich durch das Trapez mit den Eckpunkten A,B,C,D dargestellt. Alle Punkte innerhalb dieser Fläche stellen mögliche und technologisch durch den Anlagenbetreiber realisierbare Substratkombinationen dar, um unter den beschriebenen Schwankungen der Parameter denselben Output zu erreichen.

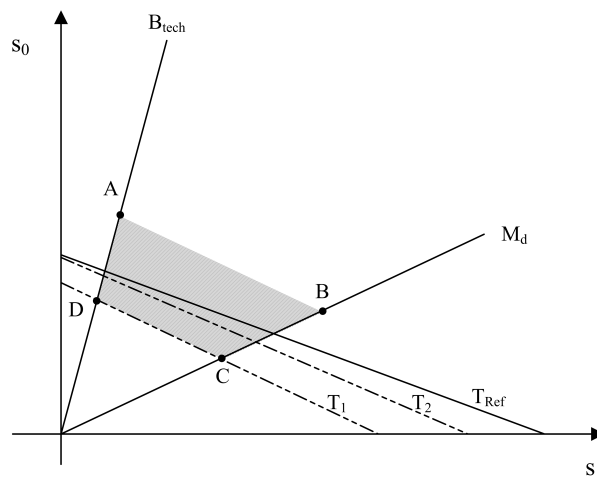


Abbildung 6.14: Produktionsfunktion - Inputreduktion

Abb. 6.14 stellt die Situation dar, in der von der Referenztechnologie T_{Ref} der Anlage abgewichen wird und die Technologie T_1 oder T_2 betrieben wird. Dies hat zur Folge, dass das gleiche Outputniveau an Energie mit weniger Substrateinsatz erlangt werden kann.

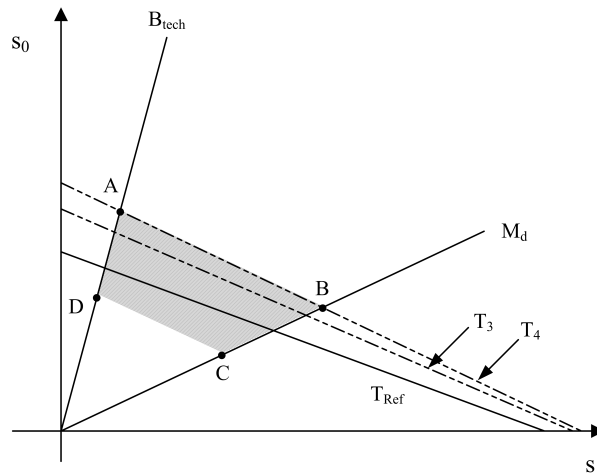


Abbildung 6.15: Produktionsfunktion - Inputausweitung

Abb. 6.15 stellt die Situation dar, in der von der Referenztechnologie T_{Ref} der Anlage abgewichen wird und der Anlagenbetreiber die Technologie T_3 oder T_4 betreibt. Dies hat zur Folge, dass das gleiche Outputniveau an Energie einen höheren Substrateinsatz fordert.

Damit kann bereits festgestellt werden, dass insbesondere für den Prinzipal ein Informationsdefizit dahingehend herrscht, auf welcher Geraden sich die, durch den Anlagenbetreiber realisierte Technologie, befindet. Der Prinzipal unterstellt die Richtigkeit der gemachten Angaben und wird in seinen weiteren Betrachtungen die Verwirklichung der Geraden T_{Ref} unterstellen.

6.4.7 Die Gewinnfunktion

Der Gewinn π der Anlage wird durch die Erlöse R und die auf die Anlage entfallenden Kosten C bestimmt.

$$\pi = R - C \quad (6.18)$$

Bereits auf der Erlösseite sind mehrere Quellen zu berücksichtigen. In Betracht zu ziehen ist, dass bei der Annahme gewisser Substrate - insbesondere bei solchen, die als Abfälle zu qualifizieren sind - weitere Erlöse erzielt werden können. In der Regel begründet eine Verwendung dieser Substrate nach Anlage 1 der BiomasseV (2012) keinen Anspruch auf eine einsatzstoffbezogene Vergütung. Für die Annahme solcher Stoffe kann der Anlagenbetreiber einen Entsorgungspreis verlangen. Gärreste können unter Umständen als Dünger eingesetzt werden. In diesem Bereich sind ebenfalls Umsätze denkbar. Der Gesamtumsatz R ergibt sich aus den Erlösen der Stromproduktion R_{el} (EEG-Vergütung),

sofern vorliegend aus den Erlösen aus der Wärmenutzung R_{th} , aus Erlösen basierend auf der Annahme biogener Abfallstoffe R_{Abf} und aus den Erlösen des Gärrestverkaufs R_{Grest} . Somit lässt sich der Gesamtumsatz darstellen als:

$$R = R_{el} + R_{th} + R_{Abf} + R_{Grest} \quad (6.19)$$

Die Vergütung der erzeugten Energie R_{el} setzt sich zusammen aus der Grundvergütung \underline{R}_{el} und einer von den verwendeten Einsatzstoffen abhängigen Vergütung \overline{R}_{el} .

$$R_{el} = \underline{R}_{el} + \overline{R}_{el} \quad (6.20)$$

Die im EEG vorgesehenen Vergütungssätze werden mit α bezeichnet. Die Grundvergütung basiert auf der mit dem Satz α_{gv} bewerteten Energiemengen der durch die Substrate der unterschiedlichen Einsatzstoffvergütungsklassen geliefert wird. Die Grundvergütung berechnet sich wie folgt:

$$\underline{R}_{el} = \alpha_{gv} \left(\sum_{i=1}^l \beta_{0i} s_{0i} + \sum_{j=1}^n \beta_{1j} s_{1j} + \sum_{k=1}^m \beta_{2k} s_{2k} \right) \eta \quad (6.21)$$

Die Verwendung von Einsatzstoffen aus den Einsatzstoffvergütungsklassen I und II wird besonders vergütet. Sie erhalten eine zusätzliche Vergütungskomponente α_{ev1} bzw. α_{ev2} . Die einsatzstoffbezogene Vergütungskomponente errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$\overline{R}_{el} = \alpha_{ev1} \eta \sum_{j=1}^m \beta_{1j} s_{1j} + \alpha_{ev2} \eta \sum_{k=1}^n \beta_{2k} s_{2k} \quad (6.22)$$

Der Betrieb der Anlage verursacht Kosten. Hierunter fallen die Kosten für den Input - die Substrate, die Personalkosten, die Wartungskosten, die Kosten für Reparaturen, die Kosten für Energie, die Instandhaltungskosten, die Investitionskosten (Abschreibungen) sowie u.a. Zinsen (FNR, 2010), S. 114). Alle Positionen, außer den Kosten für den Substrateinsatz werden im folgenden unter die Fixkosten, subsumiert. Dies ist deshalb zulässig, weil diese Positionen in einer relevanten Beziehung zum hier untersuchten Phänomen der „Hidden Action“ stehen.

Die Kostenfunktion lautet:

$$C = C_{fix} + \sum_{i=1}^l c_{0i} s_{0i} + \sum_{j=1}^m c_{1j} s_{1j} + \sum_{k=1}^n c_{2k} s_{2k} \quad (6.23)$$

In der betrachteten Standardanlage gelangt ein Substratmix bestehend aus zwei Substraten zum Einsatz. Ein Substrat entstammt der Einsatzstoffvergütungsklasse I. Bei dem zweiten Einsatzstoff handelt es sich um ein biogenes Substrat nach Anlage 1 BiomasseV (2012). Unter den dargestellten Voraussetzungen ergibt sich folgende Gewinnfunktion:

$$\pi = \alpha_{gv} (s_0 \beta_0 + s_1 \beta_1) \eta + \alpha_{ev1} s_1 \beta_1 \eta - c_1 s_1 + p_0 s_0 - C_{fix} \quad (6.24)$$

Der erste Teil des Terms repräsentiert die Grundvergütung. Der zweite Term repräsentiert die zusätzliche Vergütung, die durch die Verwendung des Einsatzstoffes aus der Einsatzstoffvergütungsklasse I gewährt wird. Der dritte Term bildet die variablen Kosten in Abhängigkeit der Einsatzmenge des Substrates aus der Vergütungsklasse I ab. Für die Annahme des Substrates aus der Anlage 1 der BiomasseV (2012) wird ein Entsorgungserlös angenommen. Dies wird durch den vierten Term in der Formel repräsentiert. Die Anlage operiert auf einem Fixkostensockel in Höhe von C_{fix} .

Für die Isogewinnlinien der Anlage ergibt sich folgende Gleichung:

$$s_0 = \frac{\pi + s_1(c_1 - \eta \beta_1(\alpha_{gv} + \alpha_{ev1})) + C_{fix}}{p_0 + \alpha_{gv} \eta \beta_0} \quad (6.25)$$

Je weiter die Isogewinnlinie vom Nullpunkt in der grafischen Darstellung entfernt ist, um so höher ist das erreichte Gewinnniveau.

Wäre dem Anlagenbetreiber eine Gewinnmaximierung möglich ohne die technischen Restriktionen B_{tech} und die rechtlichen Restriktionen M_d zu produzieren, würde er eine Faktorallokation der Substratmengen (s_0) und (s_1) wählen, die die Bedingung

$$\frac{\partial \pi}{\partial s_0} = \frac{\partial \pi}{\partial s_1} = 0 \quad (6.26)$$

erfüllt.

Demnach sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

$$\frac{\partial \pi}{\partial s_1} = (\alpha_{gv} + \alpha_{ev1})\eta\beta_1 - c_1 = 0 \quad (6.27)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial s_0} = \alpha_{gv}\beta_0\eta + p_0 = 0 \quad (6.28)$$

Die Parameter der Gleichungen werden nur in „*pathologischen*“ Fällen die Bedingungen erfüllen. Im Normalfall ist weder die Bedingung 6.27 noch die Bedingung 6.28 erfüllt. Die Bedingung 6.28 kann, solange die Parameter positiv und damit verschieden von Null sind, nicht erfüllt sein. Hieraus kann gefolgert werden, dass ein globales Maximum nur in den Randpunkten, d.h. dem Schnittpunkt der höchsten Isogewinnlinie mit der Kurve M_d oder B_{tech} existiert.

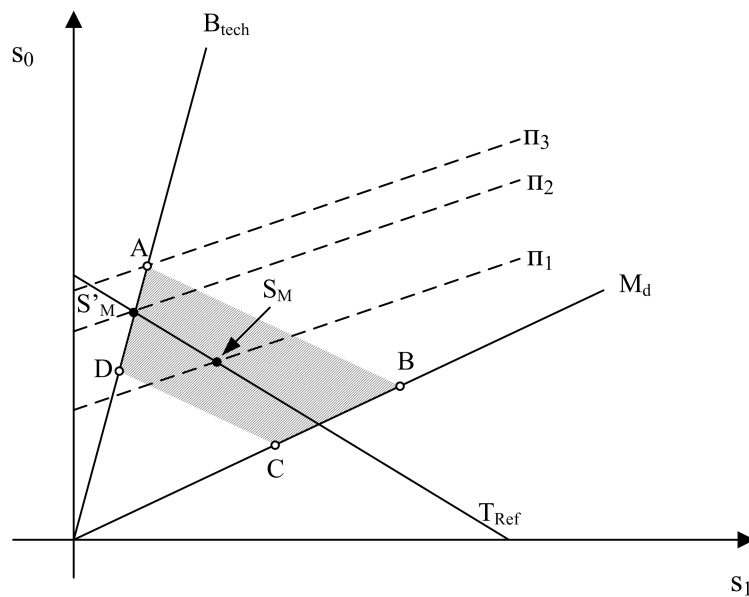


Abbildung 6.16: Substratallokation unter steigenden Isogewinnlinien

Untersucht wird nun im nachfolgenden der Verlauf der Isogewinnlinien. Die Steigung der Isogewinnlinien ist abhängig vom Wert der Marginalbedingung 6.29, die sich aus Gleichung 6.25 herleiten lässt:

$$\frac{\partial s_0}{\partial s_1} = \frac{c_1 - \eta \beta_1(\alpha_{gv} + \alpha_{ev1})}{p_0 + \alpha_{gv} \eta \beta_0} \quad (6.29)$$

Der Nenner obiger Bedingung ist, wie bereits festgestellt, regelmäßig verschieden von Null und positiv. Damit hängt der Verlauf der Isogewinnlinie vom Zähler ab.

Es besteht die Möglichkeit, dass die Isogewinnlinie steigend verläuft. Dies ist der Fall, wenn gilt: $c_1 > \eta \beta_1(\alpha_{gv} + \alpha_{ev1})$.

Ein fallender Verlauf der Isogewinnlinie ergibt sich bei: $c_1 < \eta \beta_1(\alpha_{gv} + \alpha_{ev1})$

Abb. 6.16 zeigt die Situation für einen Anlagenbetreiber, dessen Gewinnfunktion zu steigenden Isogewinnlinien führt. Es sei angenommen, dass in der Ausgangssituation der Anlagenbetreiber den Substratmix S_M einsetzt. Der Anlagenbetreiber hat einen Anreiz von dieser Substratkombination abzuweichen und den Substrateinsatz von s_0 auszuweiten sowie den Substrateinsatz von s_1 einzuschränken. Solange ihm nur eine Produktion entlang der Geraden T_{Ref} möglich ist, wird er eine Produktion im Punkt S'_M realisieren, da diese Faktorkombination unter dieser Restriktion den Anlagenbetreiber den höchsten Gewinn realisieren lässt. Verfügt der Anlagenbetreiber allerdings aufgrund technischer, individueller oder rechtlicher Rahmenbedingungen über die Möglichkeit Faktorkombinationen im Trapez ABCD zu realisieren, wird er eine Produktion im Punkt A anstreben, da hier ein noch höheres Gewinnniveau realisierbar ist, wie der Verlauf der Isogewinnlinien zeigt.

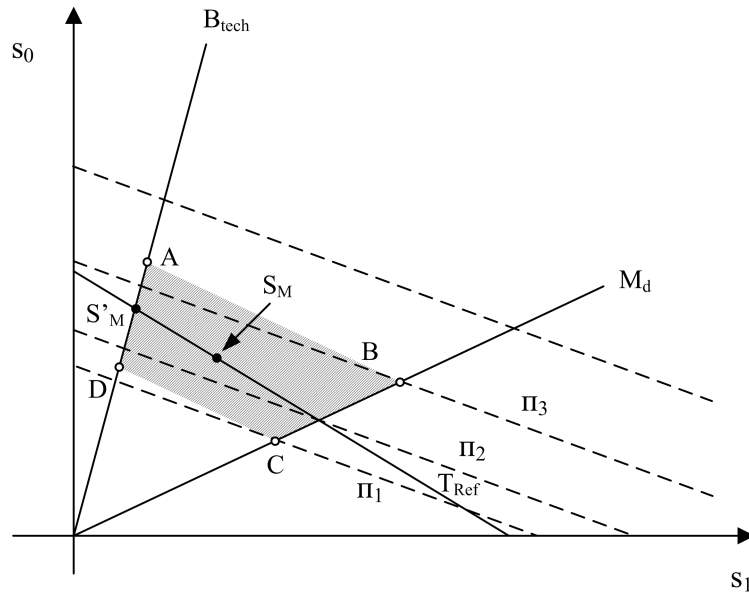


Abbildung 6.17: Substratallokation unter leicht abfallenden Isogewinnlinien

Abb. 6.17 zeigt die Situation für den Anlagenbetreiber auf, wenn dieser unter einer Ge-

winnfunktion wirtschaftet, die zu leicht abfallenden Isogewinnlinien führt. Leicht abfallend bedeutet, dass die Steigung betragsmäßig kleiner ist als die Steigung der Geraden T_{Ref} . Es ergibt sich in diesem Fall eine vergleichbare Situation, wie im Falle steigender Isogewinnlinien. Der Anlagenbetreiber hat einen Anreiz von der anfänglichen Substratkombination S_M abzuweichen und den Substrateinsatz von s_0 auszuweiten sowie den Substrateinsatz von s_1 zu reduzieren. Solange ihm nur eine Produktion entlang der Geraden T_{Ref} möglich ist, wird er eine Produktion im Punkt S'_M realisieren, da diese Faktorkombination unter dieser Restriktion dem Anlagenbetreiber den höchsten Gewinn realisieren lässt. Verfügt der Anlagenbetreiber allerdings aufgrund technischer, individueller oder rechtlicher Rahmenbedingungen über die Möglichkeit Faktorkombinationen im Trapez ABCD zu realisieren, wird er eine Produktion im Punkt A anstreben. In diesem Punkt ist ein noch höheres Gewinnniveau realisierbar als im Punkt S_M , wie der Verlauf der Isogewinnlinien zeigt.

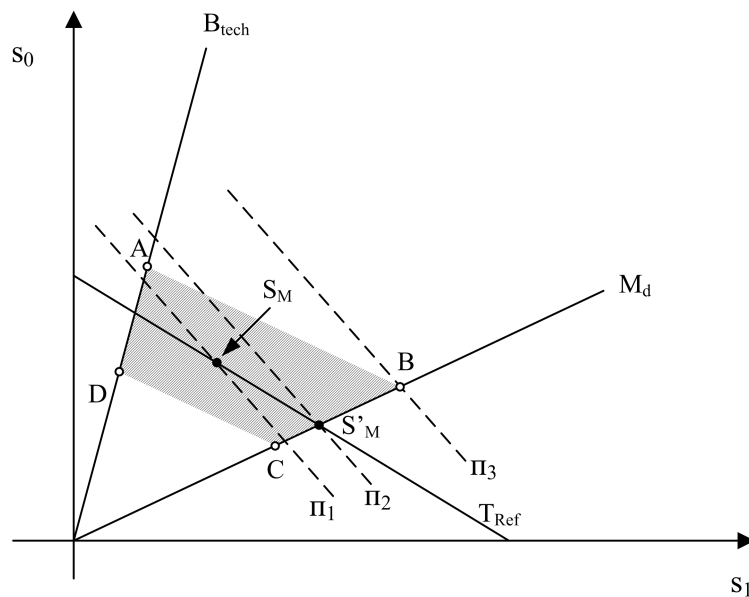


Abbildung 6.18: Substratallokation unter stark abfallenden Isogewinnlinien

Eine etwas andere Lage ergibt sich, wenn die Isogewinnlinien stark abfallen, wie Abb. 6.18 zeigt. Stark abfallende Isogewinnlinien sind im vorliegenden Fall solche, die eine betragsmäßig größere Steigung aufweisen, als die Steigung der Geraden T_{Ref} . In einer solchen Konstellation hat der Anlagenbetreiber ebenfalls den Anreiz von der Faktoreinsatzkombination der Ausgangslage S_M abzuweichen. Er wird allerdings in diesem Falle, um ein höheres Gewinnniveau zu erreichen, den Faktoreinsatz von s_1 ausweiten und den Einsatz von s_0 reduzieren. Sollten nur Punkte auf der Geraden T_{Ref} realisierbar sein, wird er eine Produktion in S'_M anstreben. In diesem Fall liegt der Punkt aber auf der Gerade M_d , die den Maisdeckel abbildet. Verfügt der Anlagenbetreiber allerdings aufgrund technischer, individueller oder rechtlicher Rahmenbedingungen über die Möglichkeit Faktorkombina-

tionen im Trapez ABCD zu realisieren, wird er eine Produktion im Punkt B anstreben. Er erreicht hierdurch eine höhere Isogewinnlinie und damit ein höheres Gewinnniveau.

6.4.8 Nutzenfunktion des Prinzipal

Der Nutzen des Prinzipals hängt von mehreren Parametern ab. Er strebt danach effiziente Technologie zu fördern. Er hat ein Interesse die intensive einseitige Flächennutzung für NawaRo zu reduzieren. Er möchte das biogene und agroindustrielle Abfälle energetisch in Biogasanlagen entsorgt werden und langfristig bedeutet das Ziel „*Etablierung neuer Energien*“ nicht zuletzt die Reduktion der Einspeisebonifikationen. Es lassen sich eine Vielzahl von Nutzenfunktionen konstruieren, die diesen Bedingungen genügen. Für Zwecke der Modellierung wird eine Nutzenfunktion angenommen, die Bedingungen enthält, die jede potentiell in Frage kommende Nutzenfunktion des Prinzipals als Mindestanforderungen erfüllen sollte. Es wird folgende Nutzenfunktion für den Prinzipal angenommen:

$$U = U(\eta, s_{0i}, s_{1j}, s_{2k}) \quad (6.30)$$

Die Wohlfahrt ist eine Funktion der eingesetzten Substratmengen s_{0i} , s_{1j} und s_{2k} , des Wirkungsgrades der eingesetzten Technologie η . Es lassen sich folgende sinnvolle Eigenschaften der Nutzenfunktion postulieren:

Der Grenznutzen einer Erhöhung der Substratmengen s_{0i} , s_{1j} und s_{2k} ist solange strikt positiv, bis die effiziente Substratmengenkombination S^* mit s_{0i}^* , s_{1j}^* und s_{2k}^* erreicht ist.

Diese Bedingungen sind für Faktoreinsatzkombinationen entlang der Geraden T_{Ref} erfüllt. Damit kann die Gerade T_{Ref} als eine konkrete Ausprägung der Nutzenfunktion verstanden werden, die dem Nutzenkalkül des Prinzipals entspricht. Um den Zweck des EEGs zu erfüllen, gewährt der Staat in Abhängigkeit von der verwendeten Technologie und den eingesetzten Substraten Förderungen, um bestmögliche Anreize für die Anlagenbetreiber zur Entwicklung innovativer Technologien im Bereich der erneuerbaren Energien zu schaffen. Die konkrete Wahl und Ausgestaltung des Anlagenbetreibers hinsichtlich der Konfiguration der Anlage überlässt der Staat, als Prinzipal, aber dem Anlagenbetreiber selbst. Er legt lediglich über das EEG das Anreizschema fest.

Dies führt für den untersuchten Fall der Standardanlage mit den Inputmengen s_0 und s_1 für Faktorkombinationen unterhalb der Geraden T_{Ref} zu folgenden Restriktionen:

$$\frac{\partial U}{\partial s_0} > 0 \quad (6.31)$$

$$\frac{\partial U}{\partial s_1} > 0 \quad (6.32)$$

Demnach strebt der Prinzipal an den Input von s_0 und s_1 solange zu erhöhen, bis ein Punkt auf der Geraden T_{Ref} erreicht ist.

Für alle Substratmengen oberhalb der effizienten Substratmengenkombination s_0^* und s_1^* , d.h. oberhalb von T_{Ref} , soll gelten:

$$\frac{\partial U}{\partial s_0} < 0 \quad (6.33)$$

$$\frac{\partial U}{\partial s_1} < 0 \quad (6.34)$$

Der Prinzipal ist demnach daran interessiert, dass der Anlagenbetreiber in solchen Fällen die Inputmengen von s_0 und s_1 reduziert, bis die optimale Allokation S^* erreicht ist.

Die Nutzenfunktion soll über eine weitere wesentliche Eigenschaft verfügen: Ein höherer Wirkungsgrad η ist mit einem höheren Wohlfahrtsniveau verbunden. Es gilt somit die Bedingung:

$$\frac{\partial U}{\partial \eta} > 0 \quad (6.35)$$

Es ergibt sich die in Abb. 6.19 dargestellte Situation. Im betrachteten Zwei-Substrate-Fall hat die Nutzenfunktion die Form einer Geraden, die deckungsgleich mit den vom Agenten nach EEG (2012) angestrebten Substratkombinationen ist, sofern der Agent sich regelkonform verhält. Es ist der Fall, in dem davon ausgegangen wird, dass der Agent also in Übereinstimmung mit den gesetzlichen Vorschriften handelt. Er verwendet die in den Einsatzstofftagebüchern deklarierten Einsatzstoffmengen und setzt die gegenüber dem Prinzipal erklärte Technologie ein. Für Substratkombinationen oberhalb der Geraden lässt sich der Nutzen aus Sicht des Prinzipals durch Wahl einer Substratkombination steigern, die näher an der Geraden T_{Ref} liegt. Dies bedeutet mindestens die Verringerung der Einsatzmenge eines Substrates. Allokationen oberhalb der Geraden T_{Ref} sind ineffizient und sie stellen eine Form von Verschwendung dar - zu viel Substrat wird verbraucht. Für Allokationen unterhalb der Geraden T_{Ref} kann eine Steigerung des Nutzens durch Ausweitung mindestens eines Substrates erzielt werden. S^* repräsentiert eine aus Sicht des Prinzipals nutzenoptimale Allokation von Substraten. Bzgl. der genauen Lage von S^* auf der Geraden T_{Ref} lässt sich keine Aussage treffen. Alle Allokationen auf dieser

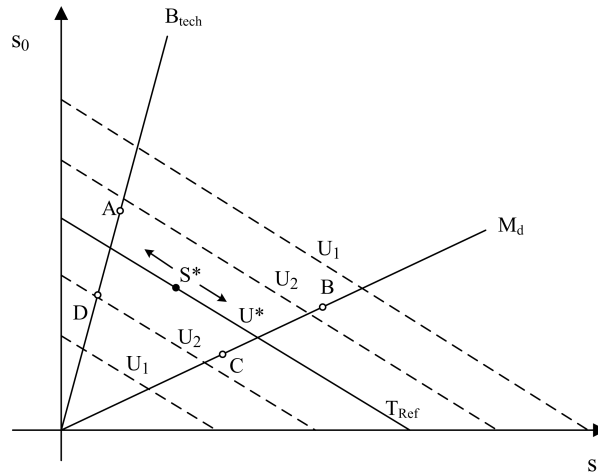


Abbildung 6.19: Isoquanten unter EEG 2012

Geraden weisen die gleiche Effizienz auf. Der Gesetzgeber hat hier im EEG keine Anhaltspunkte dafür gegeben, welche dieser Allokationen er präferiert. Insoweit sind alle Punkte auf der Geraden T_{Ref} zwischen den Schnittpunkten mit der Geraden M_d und der Geraden B_{tech} möglich. Es ist allerdings notwendig, dass die vom Agenten gegenüber dem Prinzipal erklärte Substratkombination auch tatsächlich eingesetzt wird.

Erklärt der Anlagenbetreiber die Verwendung von S^* , weicht allerdings hiervon ab, so entsteht ein ineffizientes Ergebnis, denn der Prinzipal (Staat) gewährt nun zu geringe oder zu hohe Subventionen. Ein solches Verhalten des Agenten, welches als „Hidden Action“ zu qualifizieren ist, kann deshalb auftreten, weil er durch Produktion auf einer anderen Isoquanten ein höheres Gewinnniveau erreichen kann. Diese Situation ist nun im Folgenden genauer zu betrachten.

6.4.9 Möglichkeit der Fehlallokation aufgrund privater Informationen

Der Agent kennt das Nutzenkalkül des Prinzipals. Dies wird ihm vermittelt durch das Vergütungsschema des EEG (2012). Zwar wird der einzelne Anlagenbetreiber sich keine Gedanken über den konkreten Nutzen machen, den der Staat mit der Förderung der erneuerbaren Energien erzielt, dies ist aber auch nicht notwendig. Hinreichend ist, dass er dem Anreizschema des EEG folgt. Hierdurch würde bei wahrheitsgemäßer Dokumentation und Erklärung, sowie Messung der erforderlichen Parameter ein Gewinn gem. der Gleichung (7.35) erzielt. Im Hinblick auf das strategische Verhalten des Agenten ist es nun erforderlich diese Funktion näher zu betrachten.

Der Gewinn des Agenten in der Ausgangssituation beträgt:

$$\pi_A = \alpha_{gv}(s_0\beta_0 + s_1\beta_1)\eta + \alpha_{ev1}s_1\beta_1 \eta - c_1s_1 + p_0s_0 - C_{fix} \quad (6.36)$$

Hierbei wird davon ausgegangen, dass der Anlagenbetreiber wahrheitsgemäß die eingesetzten Inputmengen als Grundlage der Vergütung angibt.

Betrachtet wird nun, wie sich eine Veränderung des Inputs s_1 und s_0 auf den Gewinn auswirkt (s. auch Gleichungen 6.27 und 6.28).

$$\frac{\partial \pi}{\partial s_1} = (\alpha_{gv} + \alpha_{ev1})\eta\beta_1 - c_1 \quad (6.37)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial s_0} = \alpha_{gv}\beta_0\eta + p_0 \quad (6.38)$$

Eine Betrachtung beider Terme zeigt, dass grundsätzlich eine Tendenz besteht, den Einsatz der Substrate im Rahmen der technologischen und rechtlichen Restriktionen auszuweiten. Während eine Erhöhung von Substrat der Klasse I s_0 immer einen positiven Effekt hat, da der Anlagenbetreiber hierfür zusätzlich Entsorgungserlöse erzielen kann, ist bei der Erhöhung von s_1 auch zu konstatieren, dass die Substratkosten als variable Kosten steigen. Auch ist in Bezug auf die Ausweitung von s_1 der Maisdeckel, als bindende Restriktion zu beachten. Im Endeffekt wird in solchen Fällen eine Randlösung realisiert.

Da der Nachweis der einzelnen eingesetzten Mengen nur über die Einsatzstofftagebücher erfolgt und Mengenabweichungen, solange sie sich in einer gewissen Bandbreite bewegen, nicht seitens des Prinzipals feststellbar sind, impliziert das Vergütungsschema des EEG unter Gewinnmaximierungsgesichtspunkten auf Seiten des Agenten eine andere Gewinnfunktion, als vom EEG angenommen wird. Der Agent wird zunächst eine Abwägung zwischen deklariertes, im Einsatzstofftagebuch angegebener und tatsächlich eingesetzter, für den Prinzipal extern nicht nachweisbarer, Einsatzmenge unterscheiden. Seien die gegenüber dem Prinzipal angegebenen Einsatzmengen in Folgendem mit \bar{s}_1 und \bar{s}_0 bezeichnet und s_0 und s_1 die tatsächlich eingesetzten Mengen. Es ergibt sich folgende Gewinnfunktion des Agenten:

$$\pi_B = \alpha_{gv}(\bar{s}_0\beta_0 + \bar{s}_1\beta_1)\eta + \alpha_{ev1}\bar{s}_1\beta_1 - c_1s_1 + p_0s_0 - C_{fix} \quad (6.39)$$

Betrachtet wird nun, wie sich eine Veränderung des Inputs s_1 und s_0 , ausgehend von $s_1 = \bar{s}_1$ und $s_0 = \bar{s}_0$, auf den Gewinn auswirkt.

$$\frac{\partial \pi_B}{\partial s_1} = -c < 0 \quad (6.40)$$

$$\frac{\partial \pi_B}{\partial s_0} = p > 0 \quad (6.41)$$

Der gewinnmaximierende Anlagenbetreiber wird die angegebenen Mengen im Einsatzstofftagebuch so wählen, dass seine Vergütung nach EEG maximal wird. Dabei wird er darauf achten, dass die Angaben auch technisch plausibel erscheinen und auf T_{Ref} innerhalb der Restriktion M_d und B_{tech} liegen. Er wird allerdings die tatsächlichen Einsatzmengen s_1 und s_0 nun so optimieren, dass sein Gewinn tatsächlich - in seinem Sinne - optimal wird, auch wenn dies den Interessen des Prinzipals zuwider läuft. Ein Blick auf die Marginalbedingungen zeigt, dass der Prinzipal ein Interesse hat, den Einsatz von Substrat der Einsatzstoffvergütungsklasse I (s_1) zu reduzieren, da hier Grenzkosten vorhanden sind und diesen keine Grenzerlöse mehr gegenüber stehen. Jede weitere Substrateinheit verursacht also Kosten. Bei Substraten der Anlage 1 der BiomasseV (2012), also Substrate außerhalb der Einsatzstoffvergütungsklasse I und II, ergibt sich ein anderes Bild. Es besteht der Anreiz die Einsatzstoffmenge s_0 fortlaufend auszuweiten, da den Grenzerlösen p hier keine Grenzkosten gegenüberstehen.

Die Isogewinnlinien (s. Gleichung 6.25) der tatsächlichen Gewinnfunktion des Anlagenbetreibers laufen demnach in der Regel steigend. Die Folge ist ein Rückgang der eingesetzten Menge an s_1 und eine Ausweitung an s_0 . Die Restriktion, die diesem Verhalten Einhalt gebieten kann, ist lediglich die Plausibilität der erklärten Einsatzstoffmengen \bar{s}_1 und \bar{s}_0 .

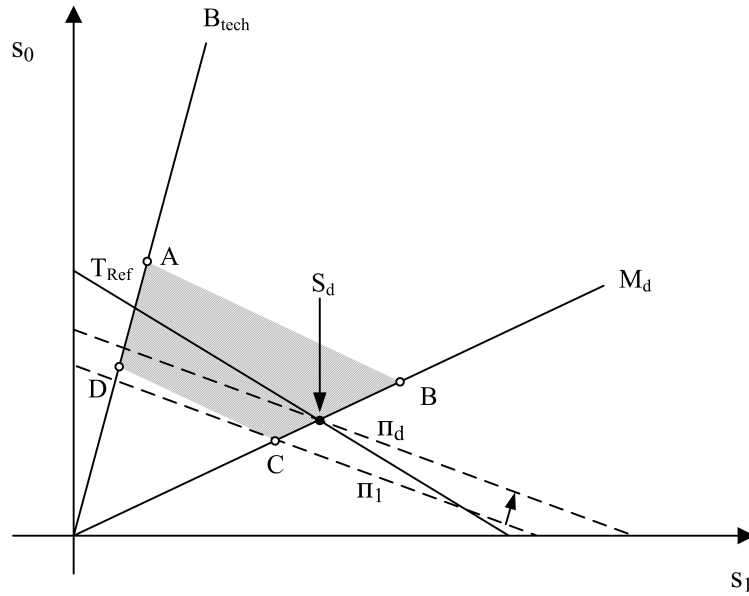


Abbildung 6.20: Dem Prinzipal gegenüber erklärte Allokation an Einsatzstoffen

Abb. 6.20 stellt eine mögliche Situation dar. Der Anlagenbetreiber (Agent) erklärt gegenüber dem Prinzipal eine Inputkombination S_d . Hier wird aus Sicht des Prinzipals das Gewinnniveau π_d realisiert, da dieser davon ausgeht, dass $s_0 = \bar{s}_0$ und $s_1 = \bar{s}_1$. Aus Sicht des Agenten liegen jedoch steigende Isogewinnlinien vor und er kann durch eine Abweichung in Form von $s_0 \neq \bar{s}_0$ und $s_1 \neq \bar{s}_1$ seinen Gewinn erhöhen. Es liegt ein Fall steigender Isogewinnlinien vor.

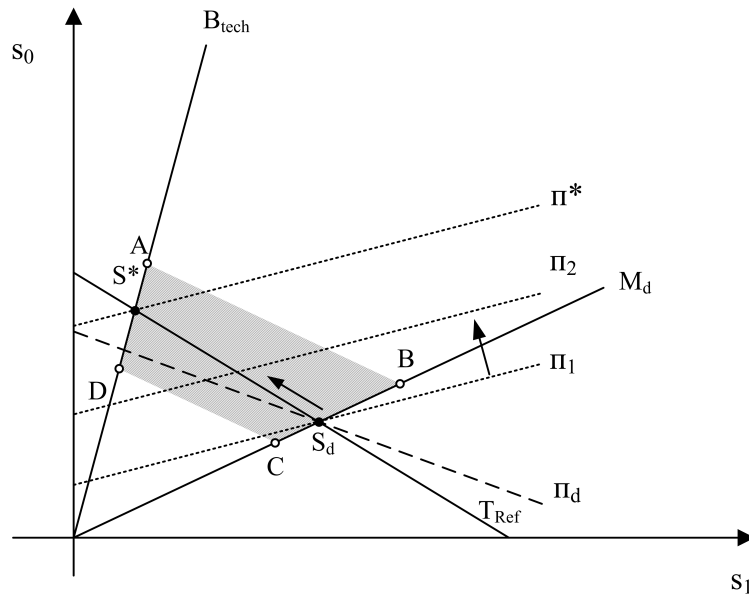


Abbildung 6.21: Tatsächlich vom Agenten angestrebte Allokation auf Basis privater Informationen bzgl. der Einsatzstoffe und des Produktionsprozesses

Der Zustand π_d ist, wie in Abb. 6.21 dargestellt, zwar optimal aus Sicht des Prinzipals, wird aber durch den Agenten nicht angestrebt. Bei steigenden Isogewinnlinien ist es sinnvoll für den Anlagenbetreiber den Einsatz von s_0 auszudehnen und die Verwendung von s_1 zu reduzieren. Der Anlagenbetreiber wird also von der erklärten Allokation S_d abweichen und eine Allokation S^* anstreben, die für den Agenten technologisch darstellbar ist und ihn damit sein optimales Gewinnniveau π^* realisieren lässt. Die Situation wird sich dadurch verstärken, dass die Isogewinnlinien des Agenten (hier gepunktete Linien) tatsächlich einen anderen Verlauf haben, als die vom Prinzipal angenommenen Isogewinnlinien (hier beispielsweise π_d). Die Isogewinnlinien unterscheiden sich in ihrer Steigung. Der Grund hierfür liegt darin, dass der Anlagenbetreiber seine wirkliche Gewinnfunktion dem Prinzipal nicht vollständig offenbart und der Prinzipal von regelkonformen Verhalten des Prinzipals ausgeht. Die bestehende Informationsasymmetrie führt also zum Risiko des „Moral Hazard“.

Die hier untersuchte Konstellation kommt im Hinblick auf den Substratmix, der überwiegend in Biogasanlagen zum Einsatz kommt, eine große Bedeutung zu. Die Substratkombinationen aus Stoffen der Einsatzstoffvergütungskategorie I und landwirtschaftlichen Abfälle, die keine Sondervergütung erhalten, sind bedeutend. Daneben sind natürlich auch Kombinationen aus anderen Substraten, wie z.B. eine Mischung von Substraten aus der Einsatzstoffvergütungskategorie II mit solchen aus der Einsatzstoffvergütungskategorie I denkbar. Mit einem Blick auf das Vergütungsschema des EEG wird sich, aufgrund der geringeren Unterschiede in den Vergütungssätzen, der Anreiz für eine „Hidden Action“ durch den Anlagenbetreiber reduzieren. Die grundlegende, hier analysierte, Struktur des Problems ändert sich nicht. Ebenso ist ein Mix aus Substraten der Einsatzstoff-

vergütungsklasse I und II unter Hinzumischung von Stoffen, die keine Sondervergütung erhalten, denkbar. Die Anzahl und Zusammensetzung denkbarer Substratkombinationen ist theoretisch sehr vielfältig. Die hier beschriebene und diskutierte Anreizproblematik bleibt allerdings bestehen.

6.5 Zwischenfazit

Für die Standardanlage im EEG 2012 konnte gezeigt werden, dass das Vergütungsschema Anreize für den Anlagenbetreiber (Agenten) liefert, von den im EEG vorgesehenen Inputmengen abzuweichen und andere als die in dem Einsatzstofftagebuch angegebenen Mengen an Input der Einsatzstoffvergütungsklasse I zu verwenden. Durch die Reduktion der Einsatzstoffe der Klasse I erspart sich der Anlagenbetreiber zusätzliche Kosten. Kompensiert er diesen Input durch den Einsatz von Stoffen der BiomasseV außerhalb der Einsatzstoffvergütungsklasse I und II, erspart er sich nicht nur zusätzliche Kosten, sondern erlangt sogar in der Regel noch Entsorgungserlöse. Der Informationsvorsprung und die Nichteinsehbarkeit des eigentlichen Energieerzeugungsprozesses ermöglicht es dem Agenten, von den seitens des Gesetzgebers vorgesehenen Allokationen, die durch das Vergütungsschema vermittelt werden, abzuweichen.

7 Diskussion - Annahmen und Erweiterungen des Prinzipal-Agenten-Modells

Eine Möglichkeit dem Marktversagen zu begegnen, stellt eine Verstärkung der Kontrollen dar. Kontrollen erhöhen das Risiko für den Betreiber, dass eine EEG - Vergütung versagt oder sein Vergütungsanspruch gemindert wird. In solchen Fällen wird der Anlagenbetreiber in seiner Gewinnfunktion das Risiko, dass die falschen Angaben aufgedeckt werden, als potentielle Kosten berücksichtigen. Eine Erhöhung bzw. Verbesserung der Kontrollen reduziert folglich das Risiko seitens des Prinzipals zu hohe Vergütungen an den Agenten zu zahlen. Allerdings stellt sich die Frage, ob dies die einzige Möglichkeit ist um den potentiellen Fehlallokationen zu begegnen und welche Restriktionen auf Seiten des Prinzipals eine Intensivierung der Kontrolle beschränken. Ferner sind die Modellvoraussetzungen kritisch zu hinterfragen.

7.1 Modellvoraussetzungen

Das Modell zeigt die Grundproblematik, die auftreten kann, wenn der Agent in Form von „*Hidden Action*“ einen Substrataustausch vornimmt, eine falsche Deklaration abgibt und somit zu Unrecht eine erhöhte EEG-Vergütung erhält. Die Problematik wurde für einen Mix von Substraten der Einsatzstoffvergütungsklasse I mit Substraten, die außerhalb der Einsatzstoffvergütungsklassen liegen (Abfallstoffe), untersucht.

Zunächst sollen einige Modellannahmen kritisch beleuchtet werden.

7.1.1 Substratmix

Die im Modell untersuchte Substratkombination kann im ersten Blick als extreme Einschränkung gesehen werden. Dem kann allerdings entgegengehalten werden, dass in der Realität auch andere Substratkombinationen zum Einsatz gelangen. Für diese Substratkombinationen ist allerdings aufgrund der additiven Struktur der Gleichungen (6.1),(6.2) und (6.21) ersichtlich, dass das Grundproblem - eines durch das Vergütungsschema induzierten Anreizes zur „*Hidden Action*“ - ebenfalls entsteht, sobald Einsatzstoffe aus unterschiedlichen Klassen gemischt werden.

Es stellt sich nun lediglich theoretisch die Frage, inwiefern sich durch eine zunehmende Mischung von Substraten die Problematik der „*Hidden Action*“ verstärkt. Dieser Fra-

ge muss allerdings aus Sicht des realen Anlagenbetriebes entgegengehalten werden, dass im Hinblick auf die „Fütterung“ einer Anlage (Beschickung mit Substraten) der Anlagenbetreiber für eine effiziente Energieproduktion auf möglichst konstante und planbare Bedingungen angewiesen ist. Ein Austausch von Substraten birgt das Risiko, dass die Gesamtleistung der Anlage abfällt, da die Biogasproduktion durch Milieueränderungen im Fermenter gestört wird. Solche Produktionsrisiken bergen die Gefahr einer enormen Kostenexplosion. Insofern ist ein willkürlicher Austausch von Substraten, der auf rein ökonomischen Überlegungen beruht, eher unwahrscheinlich.

7.1.2 Erlöse aus Wärme- und Gärrestabsatz

In der Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf die Analyse der Erträge gelegt, die aus der Erzeugung und dem Verkauf elektrischer Energie entstehen. Die Erträge aus Wärme- und Gärrestabsatz wurden nicht in die Analyse einbezogen. Hierfür sind im Wesentlichen folgende Argumente anzuführen: Produktionstechnisch gesehen, entstehen alle Outputs der Anlage in Form von Kuppelprodukten. Die Erzeugung elektrischer Energie führt automatisch zur Erzeugung von Wärme und von Gärrest. Die Wärmenutzung ist teilweise Voraussetzung für den Erhalt der EEG-Vergütung. Sollten darüber hinaus Vergütungen für den Verkauf von Wärme und den Gärrest anfallen, sind diese Erlöse unabhängig von den gezahlten EEG-Vergütungen. Sie erhöhen die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Diese Erlöse haben keine unmittelbare Auswirkung auf das Anreizproblem.

7.1.3 Entdeckungsrisiko

Die Analyse zeigt die Grundproblematik der „*Hidden Action*“ auf. Es ist allerdings als Restriktion zu beachten, dass die Analyse keine Aussage über das Entdeckungsrisiko des Agenten beinhaltet. Es kann also lediglich festgestellt werden, dass grundlegend ein Anreiz besteht von dem deklarierten Substratmix abzuweichen. Bei der Entscheidung über den tatsächlichen Substrateinsatz in der Anlage, wird der Anlagenbetreiber (Agent) allerdings das Entdeckungsrisiko gegenüberstellen und die auftretenden Sanktionen mit in die Betrachtung einbeziehen. Allgemein kann festgehalten werden, dass es je geringer das Entdeckungsrisiko und auch das Sanktionsrisiko ist, um so wahrscheinlicher ist, dass der Anlagenbetreiber von dem deklarierten Substrat zu seinen Gunsten abweicht. Die Erhöhung des Entdeckungsrisikos als auch die Erhöhung von Sanktionen (Strafzahlungen oder Schadenersatz) verringern den Anreiz vom deklarierten Substratmix abzuweichen.

7.1.4 Einfluss des Marktpreises für Substrate

Das Modell betrachtet lediglich die Option, dass der Anlagenbetreiber die Substrate in seiner Anlage einsetzt. Es wird allerdings nicht betrachtet, dass eine Anlage bzgl. des Bezugs des Inputs in einen Markt eingebettet ist. Sind die Futtermittelpreise auf einem

hohen Niveau, so könnte das Substrat S_1 auch für einen hohen Preis durch den Anlagenbetreiber am Markt verkauft werden. Es könnte für ihn sinnvoll sein, das Substrat am Markt als Futtermittel zu verkaufen und deshalb in der Anlage durch andere Substrate, hier z.B. S_0 , zu substituieren. Bei niedrigen Substratpreisen am Markt bietet die Verwendung des Substrats S_1 wegen der relativ hohen Vergütung, die durch die EEG-Förderung gewährt wird, einen Anreiz das Substrat regelkonform in der Anlage einzusetzen.

7.2 Handlungsmöglichkeiten des Prinzipals

Das Anreizschema des Agenten stellt, wie bereits von staatlicher Seite bemängelt, eine Herausforderung dar, da es zu Fehlallokationen führt, wie mit der Analyse gezeigt werden konnte. Zu überlegen ist, welche grundsätzlichen Möglichkeiten bestehen, diesem Problem zu begegnen.

7.2.1 Kontrolle und Monitoring

Eine Möglichkeit der Gefahr zu begegnen, besteht in einem Ausbau der Kontrolle. Eine Erhöhung der Kontrolle und des Monitorings der Anlage führt zu einer Erhöhung der Entdeckungswahrscheinlichkeit bzgl. der „*Hidden Actions*“ des Agenten. Die Erhöhung des Entdeckungsrisikos verbunden mit sicheren Sanktionen seitens des Prinzipals, die mit empfindlichen Kosten für den Anlagenbetreiber verbunden sind, zwingt den Agenten dazu Allokationen auf der Geraden T_{Ref} zu realisieren, also Zustände herbeizuführen, die dem Nutzenkalkül des Prinzipals entsprechen.

Allerdings steht der Prinzipal hier vor der Herausforderung, dass eine Erhöhung der Kontrolle auch zu einer Erhöhung der Kosten auf der Seite des Prinzipals führt. Für ihn erhöhen sich beispielsweise die Personalkosten, da er zusätzliche Prüfer beschäftigen muss. Es können sich auch die Kosten für den Prinzipal dadurch erhöhen, dass er in komplizierte IT-Lösungen investiert und die Kosten der Systemimplementierung Risiken bergen. Der Prinzipal steht hier auch vor einem „*Trade-off*“.

Eine Erhöhung des Monitoring-Aufwands ist allerdings aus Sicht des Prinzipals nur dann sinnvoll, wenn tatsächlich die Auswirkungen für den nicht regelkonform agierenden Agenten in eine Erhöhung seiner Kosten münden. Bei Aufdecken des Regelverstößes muss der Agent mit empfindlichen Kosten durch Sanktionen konfrontiert sein. Dies setzt allerdings Rechtssicherheit im Hinblick auf die Sanktionen voraus. Wie die Analyse der Regelungen der §§ 17, 27 EEG zeigte, können die Auswirkungen im Hinblick auf die Kostensituation des Agenten nur schwer abgeschätzt werden. Hierzu wären weitere empirische Erhebungen sinnvoll.

7.2.2 Differenzierung in der Vertragsgestaltung

Das hier analysierte Problem basiert hauptsächlich auf dem Phänomen der „*Hidden Action*“ und ggf. der „*Hidden Information*“. Die Analyse knüpft also an die Erfüllung oder das Vorliegen vertragsrelevanter Merkmale nach Vertragsabschluss an. Bei genauerer Betrachtung könnte man allerdings auch zur Ansicht gelangen, dass bzgl. des eigentlichen Aktionsfeldes, der Anlagenbetreibers zumindest schon vor Vertragsschluss - *ex ante* - die Absicht in sich trägt, unter gegebenen Umständen zu einem späteren Zeitpunkt, von den aus dem gesetzlichen Schuldverhältnis erwachsenden Verpflichtungen hinsichtlich des Substrateinsatzes abzuweichen. Dehnt man die Betrachtung auf einen solchen Typus von Agenten aus, liegt ein Fall von „*Hidden Intention*“ oder „*Hidden Characteristics*“ vor.

Fallvarianten der „*Hidden Intention*“ sind denkbar. Hierbei wird der Prinzipal durch Vertragsschluss in eine negative Position versetzt. Es entsteht ein „*Hold-up*“ Problem. Er kann sich seinerseits trotz Vertragsverletzung nicht aus dem Vertrag lösen, da die Kosten für ihn hierfür zu hoch wären oder - rein faktisch gesehen - ein Auflösen des Vertrages unmöglich ist. Man könnte hier beispielhaft an folgende Situation denken. In einem Gebiet wird eine Biogasanlage genehmigt und erbaut. Der Prinzipal - hier vermittelt über Netzbetreiber - trifft nun Dispositionen hinsichtlich des Netzausbaus. Diese Investitionen stellen „*sunk costs*“ dar. Bei vertragswidrigem Verhalten des Agenten (Biogasanlagenbetreiber) stellt sich nun für den Prinzipal das Problem, dass er aufgrund der getroffenen finanziellen Dispositionen in die Netzinfrastruktur und wegen des komplexen Vertragswerks, das Netzanschluss- und Vergütungsverpflichtungen gegenüber dem Agenten enthält, nicht einfach aus dem Vertrag aussteigen kann. Der Agent würde sich in diesem Falle einen vorher bereits in Betracht gezogen Nutzen auf Kosten des Prinzipals verschaffen. Diese Konstellation stellt ein Problem unvollständig ausgehandelter Verträge dar. Es handelt sich um Vereinbarungen, die auf einen längeren Zeitraum abzielen und bei denen rechtliche Lücken - Regelungslücken - vorhanden sind. Jedoch muss bei realistischer Betrachtung aufgrund des Charakters gesetzlicher Schuldverhältnisse festgehalten werden, dass dem Prinzipal Handlungsmöglichkeiten bzgl. einer individuellen Nachbesserung oder Vertragsgestaltung mit dem Anlagenbetreiber aufgrund der Bindung an Art. 3 GG. genommen sind. Eventuelle Lücken könnte er nur durch grundsätzliche gesetzliche Änderungen des Schuldverhältnisses begeben.

Fallvarianten der „*Hidden Characteristics*“ sind auch denkbar, wenn man zwei unterschiedliche Typen von Agenten postuliert. Der eine Typus von Agent verfüge bereits vor Vertragsschluss, also *ex ante*, über Täuschungsabsichten hinsichtlich des späteren Substrateinsatzes. Der andere Typus von Agent verfüge über keinerlei Täuschungsabsichten. Bei ihm ergäbe sich die Erkenntnis, dass das Anreizschema des EEG strategische Handlungen wie „*Hidden Action*“ ermöglicht, erst *ex post*, also nach Vertragsschluss. Die Differenzierung zwischen diesen beiden Typen von Anlagenbetreibern ermöglicht nun Fallkonstellationen unter den Gesichtspunkten der „*Hidden Characteristics*“ zu betrachten. Beide Agenten unterscheiden sich einfach formuliert in der „*Zuverlässigkeit*“ hinsichtlich ihrer Aufgabenerfüllung.

Solche Konstellationen könnten durch das Design unterschiedlicher Vertragstypen - „*Self Selection*“ oder durch „*Signalling*“ überwunden werden. Allerdings bestehen hier aufgrund des Vorliegens von gesetzlichen Schuldverhältnissen grundsätzlich verfassungsrechtliche Bedenken. Die in der Privatwirtschaft üblichen Ideen stoßen im Hinblick auf gesetzliche Schuldverhältnisse aufgrund der Bindung des Staates an die Verfassung auf grundsätzliche Bedenken hinsichtlich der Vereinbarkeit mit Art. 3 GG.

Beim *Signalling* kann der Agent seine Eigenschaften (Typus) signalisieren. Hierbei nimmt der Agent Kosten auf sich, um ein bestimmtes Signal zu produzieren. Dabei muss der Nutzen der Signalproduktion (Vorteile abzüglich Kosten) für erwünschte Agenten positiv, für unerwünschte Agenten dagegen negativ sein. Das Signal, das der Agent in dem untersuchten Fall produzieren muss, ist dass er „*zuverlässig*“ ist, d.h. seinen vertraglichen Verpflichtungen nachkommen wird. Dies könnte rein theoretisch durch die Einführung eines Gütesiegels für Anlagenbetreiber erreicht werden. Dieses Gütesiegel würde auf betreiberbezogenen Informationen basieren, die der künftige Anlagenbetreiber selbst, bereits vor der Genehmigung der Anlage, zur Verfügung stellt und die geeignet sind seine zuverlässige Arbeit als Unternehmer über die letzten Jahre nachzuweisen. Man würde dem Siegel den Grundgedanken zugrunde legen, dass bereits unzuverlässiges Verhalten in der Vergangenheit mit unzuverlässigem Verhalten in der Zukunft, also nach Genehmigung der Anlage, positiv korreliert. Die Zulassung der Anlage und die zu zahlende Vergütungshöhe könnten dann im Nachgang an das Gütesiegel des Anlagenbetreibers (Agenten) geknüpft werden. Der Prinzipal würde also nur mit solchen Anlagenbetreiber einen Vertrag abschließen, die sich bereits als zuverlässig in der Vergangenheit erwiesen haben.

Bei der *Self-Selection* werden seitens des Prinzipals den verschiedenen Typen von Agenten unterschiedliche Verträge angeboten. Für den jeweiligen Agenten ist nur ein Vertragsangebot optimal. Übliche Beispiele sind hier Versicherungsverträge mit unterschiedlichen hohen Selbstbeteiligungen. Ein derart gestaltetes Vertragsangebot für den Anlagenbetreiber im Rahmen der Energieerzeugung aus Biogas ist aufgrund der Komplexität der Rechtslage und des Charakters eines gesetzlichen Schuldverhältnisses nicht ersichtlich.

7.2.3 Direktvermarktung

Ein Ausweg aus der Problematik stellt die Möglichkeit seitens des Prinzipals dar, dem Anlagenbetreiber den Weg in die Direktvermarktung zu eröffnen.

Der Begriff Direktvermarktung wurde erstmals in § 17 EEG (2009) eingeführt und führte damals zum Verlust des Vergütungsanspruchs. Mit der Novellierung des EEG 2012 wurden die Regelungen weiterentwickelt (§§ 33a bis 33i EEG 2012). Diese Art der Direktvermarktung soll durch die sogenannte optionale Marktprämie gefördert werden. Seit Neufassung des Gesetzes 2014 finden sich die Bestimmungen in den §§ 34 bis 36 EEG 2014. Die Marktprämie soll einen Anreiz für EEG-Anlagenbetreiber liefern, ihre Anlagen marktorientiert zu betreiben.

Bei der Direktvermarktung leitet der Anlagenbetreiber den Strom auch - ungefördert - durch ein öffentliches Netz und verkauft ihn direkt an einen interessierten Abnehmer. Die Idealvorstellung ist die, dass die Stromproduktion letztlich ohne EEG-Förderung auskommt. Die eingeführten Regelungen zur Direktvermarktung sind allerdings komplex und sehen selbst mit der Marktprämie und Managementprämie eine funktionale Verknüpfung mit den hier dargestellten EEG-Bonifikationen vor. Derzeit ist man von einem liquiden Handel von Energie, der ohne EEG-Bonis auskommt, weit entfernt.

7.3 Mehrstufiges Prinzipal-Agenten-Modell

Im Hinblick auf die Vergütungsstruktur liegt bei genauerer Betrachtung ein mehrstufiges Prinzipal-Agenten-Problem vor. Ein mehrstufiges Prinzipal-Agenten-Problem tritt auf, wenn bei Entscheidungen in einer Organisation bzw. in einem System (Teilsystem) eine Organisationseinheit mit Hinblick auf die innere Struktur des Systems sich einmal in der Position des Prinzipals bzgl. nachgelagerter Organisationseinheiten und einmal in der Position des Agenten bzgl. übergeordneter Organisationsstrukturen befindet. Da viele Entscheidungen in gesellschaftlichen Systemen hierarchisch über mehrere Organisationsebenen oft „*Top-Down*“ erfolgen sind mehrstufige Prinzipal-Agenten-Probleme häufig anzutreffen.

Es gibt daher zahlreiche Vorschläge für die Erweiterung des klassischen Prinzipal-Agenten-Ansatzes um Phänomene im Bereich hierarchischer Organisationen genauer diskutieren zu können. Einen Überblick liefert Kräkel (1999, S. 89-99).

Während Holmstrom und Milgrom (1991) sich Konstellationen widmen, die durch mehrere Agenten unter einem Prinzipal gekennzeichnet sind, also als Mehrfachagenten-Problem beschrieben werden können, widmet sich Tirole (1986) Strukturen, die Kollisionsprobleme in mehrstufigen Prinzipal-Agenten-Beziehungen beschreiben. Mehrfachagenten-Modelle sind beispielsweise geeignet um Verhaltensmuster und Anreizmuster bei der Teamarbeit zu untersuchen. Diese Struktur findet sich allerdings nicht bei den hier betrachteten Konstellationen, bei denen ein Anlagenbetreiber weitgehend hierarchisch untergeordnet einer Struktur aus Energieversorgern und Behörden gegenübersteht. Vielmehr sind dies Kollisionsprobleme, die auf Mehrprinzipal-Konstellationen beruhen. Es sind Konstellationen in denen mehrere Prinzipale einem Agenten gegenüberstehen. Solche Konstellationen untersuchen Bernheim und Whinston (1986). Man findet sie beispielsweise bei Verträgen zwischen mehreren Kunden und einem Intermediär oder hinsichtlich der Interaktion der Organe einer Aktiengesellschaft - Aktionäre, Vorstände und Aufsichtsräten. So entstehen in Konzernen häufig Konstellationen, in denen sich die Konzernleitung (Vorstände) in der Rolle des Agenten gegenüber den Anteilseignern (Aktionären) befindet, sie aber auch zugleich die Rolle des Prinzipals im Hinblick auf die Leitung der Tochtergesellschaften (Beteiligungen) übernimmt (Lube, 1997, S. 263).

Nimmt man den Blickwinkel des Anlagenbetreibers, als Agenten, ein, so stellt sich aus dessen Sicht ein Mehrprinzipal - Problem ein. Er sieht sich mit verschiedensten Institutio-

7 Diskussion - Annahmen und Erweiterungen

nen, Behörden und Unternehmen konfrontiert, die aus seiner Sicht über die Einhaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen und der Erfüllung der EEG-Verpflichtungen „wachen“. Diese Wirtschaftssubjekte stehen allerdings wiederum in besonderen rechtlichen und wirtschaftlichen Beziehungen untereinander, so dass sich eine komplexe Problematik hinsichtlich Interessenkonflikten zwischen den einzelnen Akteuren entwickeln kann. Phänomene wie Trittbrettfahrerverhalten sind ebenfalls nicht auszuschließen.

Das Potential für das Auftreten mehrstufiger Prinzipal-Agenten-konflikte kann nachfolgender Tabelle (Abb. 7.1) entnommen werden. Die tatsächlichen Auswirkungen bzw. der „Impact“ möglicher Interessenskollisionen bedürfen allerdings weiterer Forschung.

7 Diskussion - Annahmen und Erweiterungen

	Akteure	Rolle als Prinzipal	Rolle als Agent
Internationale Organisationen	UN	Umsetzung / Erlass internationaler Verträge Klimaschutzziele: z.B.: Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) und „Kyoto Protokoll“	./.
	Europäische Union	Aufstellen von Strategie- und Rahmenkonzepten: z.B. Strategie Europa 2020 Erlass von Richtlinien: z.B. 2009/28/EG sog. Erneuerbare-Energien-Richtlinie	Umsetzung der international vereinbarten Ziele auf UN-Ebene
Nationalstaatliche Ebene	Nationalstaaten und ihre Organe: Legislative, Judikative, Exekutive	Erlass von Gesetzen als Umsetzung der EU-Richtlinien in nationales Recht, z.B.: EEG, EnWG etc.	Umsetzung internationale Vorgaben
	EEG-Clearingstelle	neutrale und unabhängige Einrichtung zur Klärung konkreter Streitigkeiten und abstrakter Anwendungsfragen im Bereich des Erneuerbare-Energien-Gesetzes.	Funktionen innerhalb der Exekutivorgane - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Privatwirtschaftliche Akteure	EVU, Übertragungsnetzbetreiber	Bereitstellung der Netzinfrastruktur und „vollziehende“ Aufgaben aus dem EEG, Zahlung der Bonifikation bei erfüllten Voraussetzungen	Umsetzung der Ausgleichsmechanismusverordnung (AusglMechV)
	Anlagenbetreiber	Auftraggeber für Gutachter, Berater, Zertifizier, Händler	Einhaltung der Verpflichtung zur regelkonformen Stromerzeugung gem. gesetzlicher Vorgaben
	Händler- Vermarkter	./.	Übernahme von Vermarktungsaufträgen durch den Anlagenbetreiber
	Gutachter, Berater, Zertifizierer	./.	Übernahme von Aufträgen durch den Anlagenbetreiber

Abbildung 7.1: Bereiche möglicher mehrstufiger Prinzipal-Agenten-Konflikte (Quelle: eigene Darstellung)

8 Fazit und Ausblick

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es wurde gezeigt, dass Vergütungsregelungen im EEG 2012 ein nicht zu unterschätzendes Potential für das Auftreten von Informationsasymmetrien zwischen Staat bzw. Netzbetreiber auf der einen Seite und Anlagenbetreiber auf der anderen Seite bieten. Die Betrachtung stellte einen mittleren Anlagentyp in den Fokus der Untersuchung. Es wurde von einem Substratmix ausgegangen, wie er häufig am Markt vorzufinden ist.

Die auftretende Problematik des „*Moral Hazard*“ kann durch eine konsequente Einführung der Direktvermarktung reduziert werden. Die derzeit gesetzlich angelegten Konzepte und Regelungen zur Marktprämie, Regelenergie und flexible Energieerzeugung sind hierzu jedoch nicht ausreichend. Ein entscheidender Grund hierfür ist, dass in die Vergütungsberechnung des Anlagenbetreibers weiterhin das EEG-Vergütungsschema mit einfließt, in dem die Differenz zwischen Börsenpreis und EEG-Vergütung gewährleistet wird. Dies führt im Falle eines geringen Börsenpreises dazu, dass das EEG-Vergütungsschema wieder auflebt. Die vorgesehenen Konzepte können das Problem des „*Moral Hazard*“ auch deshalb nicht ausräumen, da dem Anlagenbetreiber nach EEG 2012 ein Wechsel zurück in das feste EEG-Vergütungssystem möglich ist (§ 33d EEG) und er somit frei zwischen Direktvermarktung und Festvergütung wählen kann. Eine Option Prinzipal-Agenten-Konflikte in Form des „*Moral Hazard*“ bzgl. der Energievergütung zu eliminieren, wäre die Einführung einer Direktvermarktung, die vollständig ohne Förderung in Form des EEG-Vergütungsschemas auskommt.

Eine weitere Möglichkeit das aus „*Hidden Action*“ und „*Hidden Information*“ resultierende Problem des „*Moral Hazard*“ zu lösen, ist es verbesserte Controlling- bzw. Monitoring-Mechanismen einzuführen. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass bzgl. der Biogastechnologie immer ein Bereich verbleibt, nämlich der Fermentationsprozess und die Schwankungsbreite der Biogasproduktion, der sich letztlich einer vollständigen Überprüfung und Überwachung entzieht, da die Substratqualität und die biologischen Abbauprozesse faktisch viel zu komplex sind. Insofern sind klassischen Kontrollmechanismen Grenzen gesetzt.

8.2 Anregungen für künftige Forschungsarbeiten

Die Arbeit hat die grundlegenden Potentiale für das Auftreten von Informationsasymmetrien und deren Auswirkungen im Hinblick auf die Allokationsmechanismus im Rahmen der Prinzipal-Agenten-Theorie bzgl. des EEG 2012 untersucht. Dabei konnte wegen der Komplexität der möglichen Anlagentypen und Substratkombinationen nicht jeder Anlagentyp betrachtet werden. Folgende Punkte wurden beispielsweise offen gelassen und bilden Ansatzpunkte für zukünftige Forschungsarbeiten:

- Im Hinblick auf die gesetzliche Ausgestaltung der Förderregime im EEG 2012 für Biogasanlagen wäre eine Untersuchung der Anlagentypen, die hier nicht explizit untersucht wurden, interessant. Die im EEG 2012 vorgesehenen Anlagentypen sind die Abfallanlage (§ 27a EEG), Gülleanlage (§ 27b EEG) und Anlagen zur Biomethaneinspeisung (§ 27c Abs. 2 EEG).
- Das EEG hat im Jahr 2014 eine erneute Novellierung erfahren. Das neue Regelwerk, wird den Ausbau- und die Neuerrichtung von Biogasanlagen erheblich reduzieren. Dies wird durch die Festlegung eines Ausbaukorridors, eine Abschaffung der erhöhten Vergütung für nachwachsende Rohstoffe erzielt. Das EEG 2014 etabliert Mechanismen, die eine weitere Flexibilisierung der Stromerzeugung führen sollen. Wie die Flexibilisierung der Anlagen in den folgenden Jahren tatsächlich umgesetzt wird, bleibt abzuwarten. Es gibt allerdings derzeit noch einige Herausforderungen zu lösen. Es wäre für zukünftige Forschungsarbeiten reizvoll, die Regelung zur Marktflexibilisierung auf Prinzipal-Agenten-Konflikte einer genaueren Betrachtung zu unterziehen.
- Das Ergebnis legt die Vermutung nahe, dass bei anderen Anlagenkonfigurationen insbesondere bei solchen, die unter dem EEG 2009 entstanden sind, vergleichbare Informationsasymmetrien auftreten. Die Hypothese lässt sich u.a. darauf stützen, dass die Gewährung des Nawaro-Bonus abhängig ist von Einsatzstoffen, die auf der Positivliste nach BiomasseV stehen. Es handelt sich somit strukturell um eine ähnliche Situation, wie im EEG 2012. Die Situation könnte weiterhin für Anlagen unter EEG 2009 dahin gehend erschwert werden, dass eine Vielzahl weiterer Boni unter unterschiedlichsten technischen Voraussetzungen gewährt werden.
- Die auftretende Problematik des „*Moral Hazard*“ kann durch konsequente Einführung der Direktvermarktung reduziert werden. Es stellt sich die Frage, wie ein solcher Direktvermarktungsmechanismus gestaltet werden sollte und ob dieser vollständig ohne Förderinstrumente, die anfällig für einen Prinzipal-Agenten-Konflikt sind auskommen kann.
- Dem auftretenden „*Moral-Hazard-Problem*“ kann mit verstärkter Kontrolle und Sanktionsmechanismen entgegen getreten werden. Die EEG-Regelungen, die sich über die letzten 15 Jahre etabliert haben, sind komplex. Genauere Betrachtung sollte in diesem Zusammenhang der Ausgestaltung von Controlling- und Monitoring-Mechanismen geschenkt werden.

8 *Fazit und Ausblick*

- In der Untersuchung wurde angenommen, dass der Staat bzw. der Netzbetreiber die Rolle des Prinzipals innehat. Dieser gewährt die Bonifikation bzw. zahlt diese aus. Es wurde bewusst auf eine Trennung der einzelnen Institutionen verzichtet. In die Durchführung und Abwicklung der Vergütungsregelungen sind faktisch mehrere Institutionen und Akteure involviert. Es bleibt offen zu untersuchen, inwiefern die gesetzlichen Regelungen auch hier dazu geeignet sind Prinzipal-Agenten-Probleme entstehen zu lassen. Es bietet sich eine Untersuchung unter den Gesichtspunkten für mehrstufige Prinzipal-Agenten-Konflikte an.

A Anhang

Nachfolgende Tabellen geben einen Überblick über die Biogasausbeute einiger üblicher Substrate. Dargestellt ist insbesondere die mögliche Abweichung des Referenzenergieertrages nach BiomasseV und des errechneten Energiegehaltes auf Basis von Futtermitteltabellen. Die LfL Bayern¹ führt hierzu aus:

Für viele Substrate gibt es entweder keine oder nur unbrauchbare Literaturangaben zu Gasausbeute und Methangehalt. Deshalb wird hier eine Methode vorgestellt, diese über bestimmte Bezugsgrößen näherungsweise zu berechnen. Die Ergebnisse stellen maximal mögliche Gasausbeuten und Methangehalte unter optimalen Gärbedingungen dar. Für viele Substrate gibt es leider keine Literaturangaben zu Gasausbeuten und Methangehalten oder die genannten Werte weisen so große Spannen auf, dass fast jedes gewünschte Ergebnis einer Wirtschaftlichkeitsberechnung möglich und begründbar ist.

Biogasausbeuten verschiedener Substrate: Angaben beruhen auf errechneten Werten des LfL Bayerns. Zu den genauen Bedingungen vgl. Baserga (1998) und Rutzmoser (2002).

¹<http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/031560/>; abgerufen 21.12.16

- * Eigene Berechnung des Energieertrages auf Basis der veröffentlichten Werte
- ** Das Potential ist die Differenz zwischen errechneten Energieertrag und dem betreffenden Energiereferenzertrag der BiomasseV 2012
- TM [%] Anteil der Trockenmasse
- oTM organische Trockenmasse
- Nl/kg oTM Gasertrag in Norm-Liter pro kg organische Trockenmasse
- Nm/t FM Gasertrag in Norm-Kubikmetern pro Tonne Frischmasse
- CH4 Methangehalt des Gases in Volumenprozent
- 1) der Substratbezeichnung zugeordnete Substrate. Einzelangaben aus LfL-Datenbank
- 2) der Substratbezeichnung zugeordnete Substrate. Einzelangaben aus LfL-Datenbank

A Anhang

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Corn-Cob-Mix (CCM)	Anl. 2 Nr. 1		Gemisch aus Maiskörnern und variierenden Spindelanteilen. Die Maisspindel ist der Teil des Maiskolbens, auf dem die Maiskörner in Reihe angeordnet sind.				242
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
CCM Kornspind.gem. 3.5% Rfas	65	97,9	669,1	425,8	52,7	224,4	-17,6
CCM Kornspind.gem. 5.3% Rfas	60	97,9	664,7	390,4	52,7	205,7	-36,3
CCM Maiskornsil. 2% Rfas	65	98	708,4	451,3	52,6	237,4	-4,6
Lieschkolbensil. gesiebt	50	97,9	652,9	319,6	52,6	168,1	-73,9
Lieschkolbensilage LKS	45	97,1	644,8	281,8	52,6	148,2	-93,8
Maiskolbenschrot 7.6 % Rfaser	55	97,9	652,9	351,6	52,6	184,9	-57,1
Maiskornsilage	65	98	708,4	451,3	52,6	237,4	-4,6
Maissilage	33	95,8	586,1	185,3	52,2	96,7	-145,3
Maissilage Pflückhäcksel 2+2	40	96	628,4	241,3	52,3	126,2	-115,8
Maissilage Pflückhäcksel 2+4	35	96	617,9	207,6	52,2	108,4	-133,6
Maissilage in Kolbenbildung	18	93	543,7	91	52,8	48,0	-194,0
Maissilage in Milchreife	22	94,6	563,1	117,2	52,4	61,4	-180,6
Maissilage teigreif. kö.reich	30	95,7	594,6	170,7	52,5	89,6	-152,4
Maissilage teigreif. körn.arm	26	94,8	562,6	138,7	52,3	72,5	-169,5
Maissilage teigreif. mitt. Kö.	28	95,5	577,8	154,5	52,1	80,5	-161,5
Maissilage wachtreif.kö.reich	35	96	599,6	201,5	52,3	105,4	-136,6
Maissilage wachtreif.körn.arm	32	95,4	573	174,9	52,2	91,3	-150,7
Maissilage wachtreif.mitt. Kö.	33	95,8	586,1	185,3	52,2	96,7	-145,3

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Futterrübe	Anl. 2 Nr. 2		Speicherorgan, bestehend aus Kopf, Hals und Rübenschwanz von Beta vulgaris ssp. Crassa.				52
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
Massenfutterrübe	11	88,2	696,7	67,6	51,6	34,9	-17,1
Gehaltsfutterrübe	14,6	90,3	683,9	90,2	51,1	46,1	-5,9

Biogasausbeute - Schwankungsbereiche einiger Substrate exemplarisch

A Anhang

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Corn-Cob-Mix (CCM)	Anl. 2 Nr. 1		Gemisch aus Maiskörnern und variierenden Spindelanteilen. Die Maisspindel ist der Teil des Maiskolbens, auf dem die Maiskörner in Reihe angeordnet sind.				242
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
CCM Kornspind.gem. 3.5% Rfas	65	97,9	669,1	425,8	52,7	224,4	-17,6
CCM Kornspind.gem. 5.3% Rfas	60	97,9	664,7	390,4	52,7	205,7	-36,3
CCM Maiskornsil. 2% Rfas	65	98	708,4	451,3	52,6	237,4	-4,6
Lieschkolbensil. gesiebt	50	97,9	652,9	319,6	52,6	168,1	-73,9
Lieschkolbensilage LKS	45	97,1	644,8	281,8	52,6	148,2	-93,8
Maiskolbenschrot 7.6 % Rfaser	55	97,9	652,9	351,6	52,6	184,9	-57,1
Maiskornsilage	65	98	708,4	451,3	52,6	237,4	-4,6
Maissilage	33	95,8	586,1	185,3	52,2	96,7	-145,3
Maissilage Pflückhäcksel 2+2	40	96	628,4	241,3	52,3	126,2	-115,8
Maissilage Pflückhäcksel 2+4	35	96	617,9	207,6	52,2	108,4	-133,6
Maissilage in Kolbenbildung	18	93	543,7	91	52,8	48,0	-194,0
Maissilage in Milchreife	22	94,6	563,1	117,2	52,4	61,4	-180,6
Maissilage teigreif. kö.reich	30	95,7	594,6	170,7	52,5	89,6	-152,4
Maissilage teigreif. körn.arm	26	94,8	562,6	138,7	52,3	72,5	-169,5
Maissilage teigreif. mitt. Kö.	28	95,5	577,8	154,5	52,1	80,5	-161,5
Maissilage wachstreif.kö.reich	35	96	599,6	201,5	52,3	105,4	-136,6
Maissilage wachstreif.körn.arm	32	95,4	573	174,9	52,2	91,3	-150,7
Maissilage wachstreif.mitt. Kö.	33	95,8	586,1	185,3	52,2	96,7	-145,3

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Futterrübe	Anl. 2 Nr. 2		Speicherorgan, bestehend aus Kopf, Hals und Rübenschwanz von Beta vulgaris ssp. Crassa.				52
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
Massenfutterrübe	11	88,2	696,7	67,6	51,6	34,9	-17,1
Gehaltsfutterrübe	14,6	90,3	683,9	90,2	51,1	46,1	-5,9

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Futterrübenblatt	Anl. 2 Nr. 3		Blattapparat der Futterrübe als Nebenenergieprodukt, kann auch den Rübenkopf enthalten.				38
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
Futterrübenblatt grün sauber	12	81,4	605,5	59,1	53,3	31,5	-6,5
Futterrübenblattsilage	15	79,1	596,8	70,8	54,2	38,4	0,4

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Getreide (Ganzpflanze³⁾)	Anl. 2 Nr. 4		Halm samt Blätter und Fruchtstand von Getreide. Zum Getreide zählen v. a. Weizen, Roggen, Gerste, Triticale, Hafer, Mais, Reis und Hirse.				103
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
Gerste grün i.Ährenschieben	24	91,8	611,3	134,7	54,1	72,9	-30,1

A Anhang

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Corn-Cob-Mix (CCM)	Anl. 2 Nr. 1		Gemisch aus Maiskörnern und variierenden Spindelanteilen. Die Maisspindel ist der Teil des Maiskolbens, auf dem die Maiskörner in Reihe angeordnet sind.				242
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
CCM Kornspind.gem. 3.5% Rfas	65	97,9	669,1	425,8	52,7	224,4	-17,6
CCM Kornspind.gem. 5.3% Rfas	60	97,9	664,7	390,4	52,7	205,7	-36,3
CCM Maiskornsil. 2% Rfas	65	98	708,4	451,3	52,6	237,4	-4,6
Lieschkolbensil. gesiebt	50	97,9	652,9	319,6	52,6	168,1	-73,9
Lieschkolbensilage LKS	45	97,1	644,8	281,8	52,6	148,2	-93,8
Maiskolbenschrot 7.6 % Rfaser	55	97,9	652,9	351,6	52,6	184,9	-57,1
Maiskornsilage	65	98	708,4	451,3	52,6	237,4	-4,6
Maissilage	33	95,8	586,1	185,3	52,2	96,7	-145,3
Maissilage Pflückhäcksel 2+2	40	96	628,4	241,3	52,3	126,2	-115,8
Maissilage Pflückhäcksel 2+4	35	96	617,9	207,6	52,2	108,4	-133,6
Maissilage in Kolbenbildung	18	93	543,7	91	52,8	48,0	-194,0
Maissilage in Milchreife	22	94,6	563,1	117,2	52,4	61,4	-180,6
Maissilage teigreif. kö.reich	30	95,7	594,6	170,7	52,5	89,6	-152,4
Maissilage teigreif. körn.arm	26	94,8	562,6	138,7	52,3	72,5	-169,5
Maissilage teigreif. mitt. Kö.	28	95,5	577,8	154,5	52,1	80,5	-161,5
Maissilage wachstreif.kö.reich	35	96	599,6	201,5	52,3	105,4	-136,6
Maissilage wachstreif.körn.arm	32	95,4	573	174,9	52,2	91,3	-150,7
Maissilage wachstreif.mitt. Kö.	33	95,8	586,1	185,3	52,2	96,7	-145,3

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Futterrübe	Anl. 2 Nr. 2		Speicherorgan, bestehend aus Kopf, Hals und Rübenschwanz von Beta vulgaris ssp. Crassa.				52
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
Massenfutterrübe	11	88,2	696,7	67,6	51,6	34,9	-17,1
Gehaltsfutterrübe	14,6	90,3	683,9	90,2	51,1	46,1	-5,9

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Futterrübenblatt	Anl. 2 Nr. 3		Blattapparat der Futterrübe als Nebenerte Produkt, kann auch den Rübenkopf enthalten.				38
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
Futterrübenblatt grün sauber	12	81,4	605,5	59,1	53,3	31,5	-6,5
Futterrübenblattsilage	15	79,1	596,8	70,8	54,2	38,4	0,4

Substrat ¹⁾	Einteilung nach BiomasseVO		Beschreibung lt. BiomasseVO				Referenz-Energieertrag Nm ³ /t FM
Getreide (Ganzpflanze³⁾)	Anl. 2 Nr. 4		Halm samt Blätter und Fruchtstand von Getreide. Zum Getreide zählen v. a. Weizen, Roggen, Gerste, Triticale, Hafer, Mais, Reis und Hirse.				103
Substrat ²⁾	TM [%]	oTM [%]	Nl/kg oTM	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	Energieertrag* Nm ³ /t FM	Potential** Nm ³ /t FM
Gerste grün i.Ährenschieben	24	91,8	611,3	134,7	54,1	72,9	-30,1

Literaturverzeichnis

- AGEE-STAT** (2012): Erneuerbare Energien 2011, Daten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011 auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Vorläufige Angaben, Stand 08. März 2012, 2012. Technischer Bericht, AGEE-STAT.
- Adler, P.; Billig, E. et al.** (2014): *Leitfaden Biogasaufbereitung und -einspeisung*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V (FNR).
- Alparslan, A.** (2006): *Strukturalistische Prinzipal-Agent-Theorie : eine Reformulierung der Hidden-Action-Modelle aus der Perspektive des Strukturalismus*. Information - Organisation - Produktion. Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden, 1. Auflage.
- Amon, T.** (2003): Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee gras. Endbericht Juli 2003. Technischer Bericht, Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur Wien.
- Amon, T.; Kryvoruchko, V. et al.** (2004): *Untersuchungen zur Wirkung von Rohglycerin aus der Biodieselerzeugung als leistungssteigerndes Zusatzmittel zur Biogaserzeugung aus Silomais, Körnermais, Rapspresskuchen und Schweinegülle*. Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Wien.
- Anonymus** (1998): Die Herstellung von Biodiesel, 3-98. Technischer Bericht, innovas news, München.
- Arrow, K.J.** (1984a): *The Economist of Agency*. Bosten: Harvard Business School Press.
- Arrow, K.J.** (1984b): *The Economist of Agency*, Band Technical Report No. 451. Bosten: Harvard Business School Press.
- BMEL** (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung - Empfehlungen an die Politik. Technischer Bericht, Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- BMEL** (2015): Preisvolatilität und Spekulation auf den Märkten für Agrarrohstoffe. Technischer Bericht, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BMELV** (2012): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Daten und Fakten zur Biomasse - Die Novelle 2012. Technischer Bericht, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).

Literaturverzeichnis

- BMELV** (2013): Pressemitteilung - Hintergrundpapier Irrtümer über die Landwirtschaft: 10 Vorurteile - 10 Fakten. Technischer Bericht, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BMF** (15. August 2013): 24. Subventionsbericht - Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Finanzhilfen des Bundes und der Steuervergünstigungen für die Jahre 2011 bis 2014. Technischer Bericht, Bundesfinanzministerium.
- BMU** (2004): Die wichtigsten Merkmale des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare Energien Gesetz) vom 21. Juli 2004. Technischer Bericht.
- BMU** (2011): *Entwurf-EEG-Erfahrungsbericht 2011 (Stand: 3.5.2011): Erfahrungsbericht 2011 zum Erneuerbare-Energien-Gesetz gem. § 65 EEG*. Bundesregierung.
- BMU** (2013): Thesenpapier 2. EEG-Dialog - Potenzial und rolle von Biogas v. 04.02.2013. Technischer Bericht, BMU.
- BMWi** (2002): Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Erfahrungsbericht zum EEG). Technischer Bericht, BMWi.
- BNA** (2016): *Monitoringbericht 2016 gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB Stand: 30. November 2016*. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, Bunde kartellamt.
- Baserga, U.** (1998): Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen. Technischer Bericht, FAT-Berichte Nr. 512.
- Bender, D.; Berg, H. et al.** (1999): *Vahlens Kompendium der Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik. 1.* Vahlen, München, 7. Auflage.
- Bensman, M.** (2013): Anlagenzubau möglich gezielt Standorte erschließen. *Biogas Journal*, 6: 70–77.
- Bernheim, B.D. und Whinston, M.D.** (1986): Common agency. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*: 923–942.
- Bernoulli, D.** (1738): *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*. St. Petersburg.
- Bertrand, J.** (1883): *Théorie Méthématique de la Richesse Sociale. Journal des Savants*.
- Bühner, R.** (1999): *Betriebswirtschaftliche Organisationslehre*. Oldenbourgs Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Oldenbourg, München ; Wien, 9. Auflage.
- Bischoff, M.** (2009): *Erkenntnisse beim Einsatz von Zusatz- und Hilfsstoffen sowie Spurenelementen in Biogasanlagen;*, Band Nr. 2057. VDI Verlag, Düsseldorf, S.111–123.
- Blau, P. und Scott, W.** (2003): *Formal organizations a comparative approach*. London.

- Bleser, P.** (2012): Die Rolle von Biogas und dessen besondere Bedeutung Rede des Parlamentarischen Staatssekretärs Peter Bleser bei der Jahrestagung BIOGAS des Fachverbandes Biogas (11.01.12).
- Buchanan, J. und Tullock, G.** (1962): *The Calculus of Consent - Logical Foundation of Constitutional Democracy*. University of Michigan Press.
- Buchanan, J.M.** (1965): An Economic Theory of Clubs. *Economica*, 21: 1–14.
- Bundestag, D.** (2014): Unterrichtung durch die Bundesregierung - Erster Fortschrittsbericht Energiewende, 18. Wahlperiode, Drucksache 18/3487. Technischer Bericht, Deutscher Bundestag.
- Buswell, A. und Mueller, H.** (1952): Mechanism of Methane Fermentation. *Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 4, No. 3: S. 550–552.
- Cournot, A.** (1938): *Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie de la Richesse*. Calmann-Lévy, Paris.
- DBFZ** (2012): *DBFZ Report Nr. 12: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse*.
- Darby, M.R. und Karni, E.** (1973): Free competition and the optimal amount of fraud. *The Journal of law and economics*, 16(1): 67–88.
- Dietl, H. und van der Velden, R.** (2003): Ungenaue Leistungsmessung und leistungsabhängige Entlohnung in einem Multitasking-Principal-Agent-Modell. *WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 32: 318–321.
- Dietz, M.** (1998): *Korruption. Eine institutionenökonomische Analyse*. Berlin.
- Downs, A.** (1957): *An Economic Theory of Democracy*. Harper & Brother, New York.
- Dörfler, H., Hg.** (1990): *Der praktische Landwirt*. BLV Verl.-Ges., München, 4. Auflage.
- EU-Kommission** (2013): *Staatliche Beihilfe SA.33995 (2013/C) (ex 2013/NN) Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Begrenzung der EEG-Umlage für energieintensive Unternehmen, ABl. C 37 v. 7.2.2014, 74*. Amtsblatt der Europäischen Union.
- Ebers, M. und Gotsch, W.** (1999): Institutionenökonomische Theorien der Organisation. in: Alfred, Hg., *Organisationstheorien*. Stuttgart, 3. Auflage, 199–251.
- Edelmann, W.** (2001): Biogaserzeugung und Nutzung. In: Energie aus Biomasse Grundlagen, Technik und Verfahren. *KALTSCHMITT, M., HARTMANN, H. (2001): Energie aus Biomasse. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag: 641–692*.
- Edgeworth, F.** (1881): *Mathematical Psychics*. London.
- Emsland-Stärke GmbH** (2002): Umweltbericht; Emsland-Stärke; Download vom 16.09.2002. Technischer Bericht.
URL www.emsland-staerke.de/d/umwelt.htm

- FAO** (2010): Food Outlook -Global Market Analysis. Technischer Bericht, FAO.
- FAO** (2012): Food Outlook - Global Market Analysis. Technischer Bericht, FAO.
- FNR** (2006): *Biogas-Messprogramm*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.), Gülzow.
- FNR** (2008): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Technischer Bericht, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow.
- FNR** (2010): *Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung*. FNR.
- FNR** (2012): Basisdaten Bioenergie Deutschland, August 2012. Technischer Bericht, Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR).
- Fachverband Biogas, F.** (2011): Branchenzahlen 2011 und Prognose der Branchenentwicklung 2012/2013. Technischer Bericht, Fachverband Biogas e.V.
- Fachverband Biogas, F.** (2016): Branchenzahlen 2015 und Prognose der Branchenentwicklung 2016. Technischer Bericht, Fachverband Biogas e.V.
- Frenz, W.; Müggenborg, H.J.** (2009): *Erneuerbare-Energien-Gesetz : EEG ; Kommentar*. Berlin : Schmidt, Berlin, 2., völlig neu bearb. und erw. Auflage.
- FvB** (2011): Stellungnahme des Fachverbandes Biogas e.V. zum Hintergrundpapier des NABU Landesverbandes Schleswig-Holstein - Agrargasanlagen und Maisanbau Eine kritische Umweltbilanz. Technischer Bericht, Fachverband Biogas e.V.
- Gaderer, M.; Lautenbach, M. et al.** (2007): Bayerisches Landesamt für Umwelt Wärmenutzung bei kleinen landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Eine Studie über die Abwärmenutzung bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit einer Leistung von 150 und 500 kWel. Technischer Bericht, Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V. (ZAE Bayern), Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU).
- Gale, D. und Hellwig, M.** (1985): Incentive-Compatible Debt Contracts: The One-Period Problem. *The Review of Economic Studies*, 52: 647–663.
- Gentsch, J.** (2012): *Staatliche Beschaffung und Korruptionsprävention*. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Geradi, M.** (2003): *The microbiology of anaerobic digesters*, John Wiley Sons Inc., Hoboken, New Jersey.
- Gillingham, K. und Palmer, K.** (2014): Bridging the energy efficiency gap: Policy insights from economic theory and empirical evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(1): 18–38.
- Graf, W.** (2001): *Kraftwerk Wiese*. Norderstedt Books on Demand, 2. Auflage.
- Grethe, H.** (2011): Landwirtschaft, Pflanzenproduktion und Nährstoffmanagement im Jahr 2020 - Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e. V. (VLK) und

Literaturverzeichnis

- des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD) am 12. und 13. April 2011 in Würzburg. Technischer Bericht, Bundesarbeitskreis Düngung (BAD).
- Hart, O.** (1995): *Firms, Contracts, and Financial Structure. Clarendon Lectures in Economics*. Clarendon Press, Oxford and New York.
- Hartwig, K.H.** (1988): *Ordnungspolitik*, Kapitel Ordnungstheorie und Tradition des ökonomischen Denkens. D. Cassel, B.T. Ramb, H.J. Thieme (Hg.), München, 31–51.
- Hax, H.** (1965): *Die Koordination von Entscheidungen, Ein Beitrag zur betriebswirtschaftlichen Organisationslehre*, Band Heft 17. Annales Universitatis Saraviensis, Köln, Berlin, Bonn München.
- Hayer, F.v.** (1971): *Die Verfassung der Freiheit*. Tübingen (Mohr).
- Hecht, M.; Clemens, J.W.S.** (2007): Entwicklung eines einfachen und für den Landwirt durchführbaren Verfahrens zur Überwachung der Prozessstabilität in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Technischer Bericht, ISSN 1610-2460.
- Herrmann, J. und Fritz, H.** (2016): *Qualitätsmanagement-Lehrbuch für Studium und Praxis*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.
- Heydemann, F.** (2011): Agrargasanlagen und Maisanbau. Technischer Bericht, NABU Schleswig-Holstein.
- Hill, D.** (1982): comprehensive dynamic model for animal waste methanogenesis. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 25: 1374–1380.
- Hoberg, P.** (2007): BWL in der Praxis: Wir gut arbeiten Markler? Ein Prinzipal-Agent-Problem. *WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 10: 531–536.
- Hofmann, C.; Hofmann, E. et al.** (2008): Kontrollrechte und Anreize in Supply Chains. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 59(1): 1–29.
- Holmstrom, B.** (1979): Moral Hazard and Observability. *The Bell Journal of Economics*, Band 10(Nr. 1): 74–91.
- Holmstrom, B. und Milgrom, P.** (1991): Multitask principal-agent analyses: Incentive contracts, asset ownership, and job design. *Journal of Law, Economics, & Organization*, 7: 24–52.
- Höreth, M.** (2008): *Die Selbstautorisierung des Agenten*. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- IEA/OECD** (2012): World Energy Outlook 2012. Technischer Bericht, International Energy Agency (IEA).
- Iorio, M. und Reizein, R.** (2010): *Regel, Norm, Gesetz - eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme*. Peter Lang, Frankfurt a.M.

- Iselborn, M.; Jungbluth, L. et al.** (2014): Probleme Des Qualitätsmanagements Bei Winzergenossenschaften. *Wirtschafts-und Sozialwissenschaften des Landbaues eV GEWISOLA, Göttingen.*
- Jahn, G.; Schramm, M. et al.** (): Zur Glaubwürdigkeit von Zertifizierungssystemen: Eine ökonomische Analyse der Kontrollvalidität.
- Jahn, G.; Schramm, M. et al.** (2003): *Zur Glaubwürdigkeit von Zertifizierungssystemen: Eine ökonomische Analyse der Kontrollvalidität.* Inst. für Agrarökonomie.
- Jensen, M.; Meckling, W.** (1976): Theory of the Firm: Managerial behavior, agency cost and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, Ausgabe 4: 305–360.
- Jäger, F.** (2002): Mais als Energiepflanzen für die Biogasproduktion. Technischer Bericht, KWS Mais GmbH, Fachberatung Mais.
- Jost, P.-J.; Backes-Gellner, U.** (2001): *Die Prinzipal-Agenten-Theorie in der Betriebswirtschaftslehre.* Stuttgart : Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- Kahnert, T.** (2012): *Rechtsetzung im Europäischen Gesellschaftsrecht: Harmonisierung, Wettbewerb, Modellgesetze*, Band 4. Mohr Siebeck.
- Kaiser, F.; Metzner, T. et al.** (2007): Sicherung der Prozessstabilität in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Technischer Bericht, LfL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.** (2001): *Energie aus Biomasse.* Berlin [u.a.] Springer.
- Karpenstein-Machan, M.** (2005): *Energiepflanzenbau für Biogasanlagenbetreiber.* Frankfurt/M.
- Kieser, A. und Mark, E.** (2006): *Organisationstheorien.* Kohlhammer, Stuttgart [u.a.], 6. Auflage.
- Klinski, S.** (2014): Chancen und Risiken für die Energiewende - Die EEG- Reform 2014: Steuerung oder Bremse für die Energiewende beim Strom? Technischer Bericht, Berlin.
- Knight, F.H.** (1921): *Risk, Uncertainty, and Profit.* Boston, MA: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Co.
- Kortmann, W.** (2004): Subventionen: Die verkannten Nebenwirkungen. *Wirtschaftsdienst*, 7: 462.
- Kräkel, M.** (1999): Organisation und Management. *Tübingen: Mohr Siebeck.*
- Kraus, N.** (2011): Boni optimal nutzen, TÜV Süd Industrieservice. *Neue Landwirtschaft*, Sonderdruck aus 1-2011.
- Krautkremer, B.** (2006): FVS Themen 2006, Stromerzeugung aus Biomasse - effizient, dezentral und grundlastfähig. Technischer Bericht, Forschungs Verbund Erneuerbare Energien (FVS).

- Le Bouthillier, Y.; Cowie, A. et al.** (2016): *The Law and Policy of Biofuels*. Edward Elgar Publishing.
- Lebuhn, M.; Bauer, C. et al.** (2008): Probleme der Biogasproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen im Langzeitbetrieb und molekularbiologische Analytik. *VDLUFA-Schriftenreihe 64*: S. 118–125.
- Lehr, U. und Lutz, C.** (2012): Volkswirtschaftliche Effekte der Energiewende: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Technischer Bericht, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Osnabrück.
- Lin, J.** (2011): Governing biofuels: A principal-agent analysis of the European Union biofuels certification regime and the Clean Development Mechanism. *Journal of Environmental Law*, 24(1): 43–73.
- Loibl, H. und Altrock, M.** (2009): *Biogasanlagen im EEG 2009*.
- Loitsberger, E.** (2002): Das Münchhausen-Dilemma der Abschlussprüfung und die Bedingungen seiner Überwindung. *Die Wirtschaftsprüfung*, 55(14): 705–716.
- Lube, M.M.** (1997): Strategisches Controlling in international tätigen Konzernen, zugleich Dissertation.
- M. Kaltschmitt, M.; Althaus, W. et al.** (2005): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse Untersuchung im Auftrag von BGW und DVGW Band 2: Biomassepotenziale in Deutschland, Nutzungstechniken und ökonomisch-ökologische Bewertung ausgewählter Nutzungspfade (IE Leipzig), August 2005. Technischer Bericht, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie; Institut für Energetik und Umwelt gGmbH; Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik (UMSICHT).
- Makkawi, B. und Schick, A.** (2003): Are auditors sensitive enough to fraud? *Managerial Auditing Journal*, 18(6/7): 591–598.
- Mancur, O.** (1971): *The Logic of Collective Action, Public Goods and the Theory of Groups*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Mankiw, N.G.** (2012): *Principles of economics*. South-Western Cengage Learning, Mason, Ohio, 6. Auflage.
- Marten, K.U.** (1999): Der Markt für Prüfungsleistungen-Ausgewählte Forschungsbeiträge, theoretische Grundlagen, nationale und internationale Einflüsse. *Theorie und Praxis der Wirtschaftsprüfung II, Potsdam*: 101–165.
- Maurer, H.** (2009): *Allgemeines Verwaltungsrecht*. Grundrisse des Rechts. Beck, München, 17. Auflage.
- Mayer, J. und Burger, B.** (2014): Kurzstudie zur historischen Entwicklung der EEG-Umlage. Technischer Bericht, Fraunhofer ISE.

- McCarty, P.** (1964): Anaerobic waste treatment fundamentals. *Public works*, 95: 91–126.
- McLachlan, C.** (2004): *Wettbewerbsorientierte Gestaltung von Informationsasymmetrien: eine informationsökonomisch fundierte Analyse des anbieterseitigen Informationsverhaltens*. BoD–Books on Demand.
- Meinhövel, H.** (2004): Grundlagen der Prinzipal-Agent-Theorie. *WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, Ausgabe 8: 470–475.
- Mirrless, J.** (1976): The Optimal Structure of Incentives an Authority within an Organization. *The Bell Journal of Economics*, Ausgabe 7, Nr. 1: 105–131.
- Müller, C.** (1995): Agency-Theorie und Informationsgehalt. Der Beitrag des normativen Prinzipal-Agenten-Ansatzes zum Erkenntnisfortschritt in der Betriebswirtschaftslehre. *Die Betriebswirtschaft*, 55(Nr. 1): 61–76.
- Nash, J.** (1950): The Bargaining Problem, *Econometrica* 18, 155-162. *Econometrica*: 286–295.
- Nelson, P.** (1970): Information and consumer behavior. *Journal of political economy*, 78(2): 311–329.
- Neser, S.; Reitberger, F. et al.** (2012): *Biogashandbuch Bayern - Materialienband*. LfU.
- Neumann, J.v..M.O.** (1944): *Theory of Games and Economic Behavior*. University Press, Princeton.
- Niskanen, W.A.** (1968): The peculiar economics of bureaucracy. *American Economic Review*: 293–305.
- Oswald, I.** (2001a): in: J. Allmendiger, Hg., *Gute Gesellschaft? Verhandlungen des 30. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in Köln 2000*, Kapitel Die Korruptionstriade. Zur sozialen Beziehungsform der Korruptionstirade in Ost- und Westeuropa. Leske & Budrich, Opladen, 1053–1076.
- Oswald, I.** (2001b): Die Korruptionstriade. Zur sozialen Beziehungsform der Korruption in Ost - und Westeuropa. in: Opladen, Hg., *Gute Gesellschaft? Verhandlungen des 30. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in Köln 2000*. Leske & Budrich.
- Pandey, V.; Shanoyan, A. et al.** (2013): Principal-Agent Governance Mechanism in an Emerging Biofuels Supply Chain in USA. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 3(8): 532.
- Pehnt, M.; Dürrschmidt, W. et al.** (2011): Erneuerbare Energien - Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft. Technischer Bericht, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- Pellmeyer, J.** (2013): Biogasbranche leidet unter Rahmenbedingungen und kritisiert Altmaiers Vorschläge zur EEG-Umlage. *EUWID - Neue Energien*, 6.

- Pelte, D.** (2014): *Die Zukunft unserer Energieversorgung, Eine Analyse aus mathematisch-naturwissenschaftlicher Sicht*. Springer Vieweg, 2. Auflage.
- Peltzman, S.** (1976): Toward a More General Theory of Regulation. *Journal of Law and Economics*, 19(2): 211–240.
- Picot, A.** (2003): *Die grenzenlose Unternehmung*. Gabler Verlag.
- Picot, A.; Dietl, H. et al.** (2012): *Organisation*. Schaeffer Poeschel Verlag, 6. Auflage.
- Pratt, J.; Zeckhauser, R.** (1985): Principal and Agents: An Overview. in: R. John W. Pratt Zeckhauser, Hg., *Principals and agents : the structure of business*, Research colloquium / Harvard Business School. Harvard Business School Pr., Boston, Mass., 1–35.
- Röhling, I.; Kaymer, U.** (2007): Biogasanlagen in Bayern 2006 , Ergebnisse einer Umfrage.
- Roitsch, J.; Büscher, W.** (2009): Charakterisierung und Optimierung von NawaRo-Biogasanlagen in typischen Ackerbauregionen in NRW. Technischer Bericht, Lehr- und Forschungsschwerpunkt "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft", Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Ross, S.** (1973): The Economic Theory of Agency: The Principal's Problem. *American Ec*, 63(2): 134–139.
- Rutzmoser, K.; Spann, B.** (2002): Zielwert-Futteroptimierung. Technischer Bericht, Bayer. Landesanstalt für Tierzucht, Grub.
- Salje, P.** (2012): *Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 - Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) vom 25.10.2008 (BGBl. I S. 2074) in der Fassung von Art. 1 des Gesetzes zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien vom 28.7.2011 (BGBl. I S. 1634) : Kommentar*. Heymanns Verlag GmbH, Köln, 6. Auflage.
- Savigny, F.C.v.** (1840): *System des heutigen Römischen Rechts*, Band 3. Bd. Veigt, 1. Auflage.
- Schaumann** (2012): Entstehung von Biogas - ein komplexer Prozess (Handreichung). Technischer Bericht, Schaumann, Bioenergy GmbH.
- Schiller, U.** (2007): Informationsökonomik. in: R. Köhler, Hg., *Handwörterbuch der Betriebswirtschaft - Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre*, Band Bd. 1. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 742–750.
- Schlegel, S.; Kraemer, R.A. et al.** (2005): Bodenschutz und nachwachsende Rohstoffe, Gutachten für die Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes, 31. Juli 2005. Technischer Bericht, Ecologic, Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik.
- Schulte-Zurhausen, M.** (2014): *Organisation*. Vahlen, 6. Auflage.

- Schulz, H.; Perwanger, A. et al.** (1982): Einsatzmöglichkeiten verschiedener Energieträger in der Landwirtschaft. Technischer Bericht, Endbericht des Landtechnischen Vereins in Bayern e.V., München.
- Schwab, M.; Reinhold, G.** (2006): Biogaserträge aus Energiepflanzen - Eine kritische Bewertung des Datenpotentials.
URL http://www.biogas-infoboard.de/pdf/4SCHWAB_Biogasertraege.pdf
- Schweizer, U.** (1999): *Vertragstheorie*. Mohr Siebeck.
- Seibert, U.** (2011): Gesetzliche Steuerungsinstrumente im Gesellschaftsrecht. *Zeitschrift für Rechtspolitik*: 166–169.
- Shell** (2013): New Lens Scenarios, A Shift in Perspective for a World In Transition. Technischer Bericht, Royal Dutch Shell.
- Smith, A.** (1776): *Wealth of Nation*. W. Strahan and T. Cadell, London.
- Spiller, A.** (1996): Ökologieorientierte Produktpolitik: Forschung. *Medienberichte und Marktsignale, Marburg*.
- Stigler, G.J.** (1971): The theory of economic regulation. *Bell Journal of Economics and Management Sciences*, 2: 3–21.
- Stiglitz, J.E.** (1974): Incentives an Risk Sharing in Sharecropping. *The Review of Economic Studies*, Ausgabe 41: 219–255.
- Stiglitz, J.E.** (1975): Incentives, Risik, and information: notes Towards a Theory of Hierarchy. *The Bell Journal of Economics*, Ausgabe 6, Nr. 2: 552–579.
- Tietzel, M. und Weber, M.** (1991): Von Betrügern, Blendern und Opportunisten—Eine ökonomische Analyse—. *Zeitschrift für Wirtschaftspolitik*, 40(1): 109–138.
- Tirole, J.** (1986): Hierarchies and bureaucracies: On the role of collusion in organizations. *Journal of Law, Economics, & Organization*, 2(2): 181–214.
- Tirole, J.** (1999): Incomplete Contracts: Where Do We Stand? *Econometrica*, 67: 741–781.
- Townsend, R.** (1979): Optimal Contracts and Competitive markets with Costly State Verification. *Journal of Economic Theory*, 21: 265–293.
- Tullock, G.** (1980): Efficient rent-seeking. in: J.M. Buchanan; R.D. Tollison und G. Tullock, Hg., *Toward a theory of the rent-seeking society*, Kapitel III. Texas A&M Univeristy Press, Collection Station.
- Urban, W.; Girod, K. et al.** (2009): Technologien und Kosten der Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz Ergebnisse der Markterhebung 2007-2008. Technischer Bericht, Fraunhofer-Institut f. Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik.

- VDI** (2001): Grundlagen der Methangärung Biologie und Substrate. in: *VDI-Berichte, Nr. 1620 Biogas als regenerative Energie Stand und Perspektiven*. VDI-Verlag, S.19–32.
- VDZ** (1996): *Schnitzel und Melasse Daten, Fakten, Vorschriften*;. Verein der Zuckerindustrie, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- Vahrenholt, F.** (1998): Globale Marktpotentiale für erneuerbare Energien. Technischer Bericht, Deutsche Shell AG, Hamburg.
- Walter, R.** (2011): Produktion und Einspeisung von Biogas und das EEG 2012. Technischer Bericht, Fachverband Biogas.
- Wedemeyer, H.** (2009): Das novellierte EEG 09 unter besonderer Berücksichtigung der Biomasseanlagen. *NuR (Natur und Recht)*, 1: 24–32.
- Weiland, P.** (2000): Stand und Perspektiven der Biogasnutzung und erzeugung in Deutschland; Gülzower Fachgespräche, Band 15: Energetische Nutzung von Biogas: Stand der Technik und Optimierungspotenzial;. Technischer Bericht.
- Weiland, P.** (2001): Grundlagen der Methangärung - Biologie der Substrate; VDI-Berichte, Nr. 1620 „Biogas als regenerative Energie - Stand und Perspektiven“,. *VDI-Berichte, Nr. 1620*: S.19–32.
- Weiland, P. et al.** (2007): Bundesweite Evaluierung neuartiger Biomasse-Biogasanlagen. *16. Symposium Bioenergie- Festbrennstoffe, Biokraftstoffe, Biogas; Bad Staffelstein*: S.236–241.
- Wellinger, A.** (2000): Strom aus Gras? Kein Problem! *Blick ins Land 7/2000*: S. 25.
- Wenger, E. und Terberger, E.** (1988): Die Beziehung zwischen Agent und Prinzipal als Baustein einer ökonomischen Theorie der Organisation. *WiST*, Heft 10: 506–513.
- Wenzel, C.** (2012): Begriff der Regulierung und Regulierungstheorien. in: *Selbstorganisation und Public Value*. Springer, 20–28.
- Wenzel, B; Nitsch, J.** (2010): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global; Entwicklung der EEG-Vergütungen, EEG-Differenzkosten und der EEGUmlage bis zum Jahr 2030 auf Basis eines aktualisierten EEG-Ausbaupfades. Technischer Bericht, Arbeitsgemeinschaft Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Kassel Ingenieurbüro für neue Energien (IFNE), Teltow.
- Wesolowski, S.; Ferchau, E. et al.** (2009): Untersuchung und Bewertung organischer Stoffe aus landwirtschaftlichen Betrieben zur Erzeugung von Biogas in Co- und Monofermentationsprozessen. Technischer Bericht, Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Heft 18/2009; Dresden,.

- Wilfert, R. und Schattauer, A.** (2002): Biogasgewinnung aus Gülle, organischen Abfällen und aus angebaute Biomasse - Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse-Zwischenbericht. *Institut für Energetik und Umwelt, DBU-Projekt*, 15071.
- Wittmann, N. und Yildiz, Ö.** (2013): A microeconomic analysis of decentralized small scale biomass based CHP plantsThe case of Germany. *Energy policy*, 63: 123–129.
- Yildiz, Ö.** (2013): Energiegenossenschaften in Deutschland–Bestandsentwicklung und institutionenökonomische Analyse. *Zeitschrift für das gesamte Genossenschaftswesen*, 63(3): 173–186.
- bdew** (2011): Umsetzungshilfe zum EEG 2009 - Empfehlungen für Netzbetreiber zur Umsetzung des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energie-Gesetz - EEG) und der damit verbundenen Verordnungen. Technischer Bericht, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW).
- dena** (2013): Die Energiewende - das neue System gestalten. Technischer Bericht, dena.
- von Wright, G.H.** (1951): Deontic Logic. *Mind, New Series*, 60(237): 1–15.