

**Florian Noll, Bernard Wern,
Wolfgang Peters, Sven Schicketanz, Pascal Kinast,
Gerrit Müller-Rüster, Dietrich Clemens**

Naturschutzbezogene Optimierung der Rohstoffbereitstellung für Biomasseanlagen

Endbericht im Projekt BiogasNatur



Naturschutzbezogene Optimierung der Rohstoffbereitstellung für Biomasseanlagen

Endbericht im Projekt BiogasNatur

**Florian Noll
Bernhard Wern
Wolfgang Peters
Sven Schicketanz
Pascal Kinast
Gerrit Müller-Rüster
Dietrich Clemens**

Titelbild: Impressionen aus den Beispielregionen (IZES; Bosch & Partner GmbH)

Adressen der Autorinnen und des Autors:

Florian Noll	IZES gGmbH
Bernhard Wern	Altenkesseler Straße 17A, 66115 Saarbrücken E-Mail: izes@izes.de
Dr. Wolfgang Peters	Bosch & Partner GmbH
Sven Schicketanz	Kantstraße 63a, 10627 Berlin
Pascal Kinast	E-Mail: buerobertin@boschpartner.de
Gerrit Müller-Rüster	Treurat und Partner Unternehmensberatung mbH
Dietrich Clemens	Niemannsweg 109, 24105 Kiel E-Mail: info@treurat-partner.de

Fachbetreuung im BfN:

Jens Ponitka II 4.3 „Naturschutz und erneuerbare Energien“

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (FKZ: 3517 86 1100).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).
Das BfN-Skript kann unter <http://www.bfn.de/skripten.html> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>).

ISBN 978-3-89624-293-8

DOI 10.19217/skr555

Bonn - Bad Godesberg 2020

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	11
1. Vorwort	13
2. Zusammenfassung.....	14
3. Einleitung.....	18
3.1 Hintergrund	18
3.1.1 Die Sicht des Naturschutzes	18
3.1.2 Die Sicht der Bioenergiebranche.....	19
3.2 Zielstellung.....	20
3.3 Definitionen	21
3.3.1 Grünland, Intensiv- und Extensivgrünland.....	21
3.3.2 Dauergrünland	22
3.3.3 High Nature Value-Farmland.....	22
3.3.4 Grünschnitt und Landschaftspflegegras	22
3.3.5 Flächendruck	23
4. Relevanz und Nutzung von Landschaftspflegegras	24
4.1 Bestand und Entwicklung von Extensivgrünland	24
4.2 Implikationen auf die Entwicklung des extensiven Grünlands durch die Siedlungsentwicklung, den Energiepflanzenanbau und die Viehhaltung.....	25
4.3 Wertigkeit des extensiven Grünlands für den Naturschutz.....	26
4.4 Greening	27
5. Auswahl von Beispielanlagen	30
5.1 Biogasanlagenbestand.....	30
5.2 Flächenbedarf der Biogassubstrate.....	31
5.3 Konkurrenz um die Nutzung von Grünland durch die Viehhaltung.....	32
5.4 Grünlandsituation im Umfeld der bestehenden Biogasanlagen	34
5.5 Naturschutzbezogene Flächenkriterien	36
5.6 Standortkategorien unter Berücksichtigung der Viehhaltung und Biogaserzeugung sowie des Naturschutzes.....	39
5.7 Beispielanlagen.....	40

5.7.1	Biogasanlage 01	41
5.7.2	Biogasanlage 02	43
5.7.3	Biogasanlage 03	44
5.7.4	Biogasanlage 04	46
6.	Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Landschaftspflegegras in den Beispielanlagen aus naturschutzbezogener Sicht.....	48
6.1	Flächenkulisse im Umkreis der Biogasanlage 01	49
6.1.1	Status quo.....	49
6.1.2	Bewertung der Grünlandflächen aus Sicht des Naturschutzes	52
6.1.3	Nutzungspotenziale aus heutiger Sicht	52
6.1.4	Entwicklungsprognose	52
6.2	Flächenkulisse im Umkreis der Biogasanlage 02	53
6.2.1	Status quo.....	53
6.2.2	Bewertung der Grünlandflächen aus Sicht des Naturschutzes	56
6.2.3	Nutzungspotenziale aus heutiger Sicht	56
6.2.4	Entwicklungsprognose	56
6.3	Flächenkulisse im Umkreis der Biogasanlage 03	57
6.3.1	Status quo.....	57
6.3.2	Bewertung der Grünlandflächen aus Sicht des Naturschutzes	60
6.3.3	Nutzungspotenziale aus heutiger Sicht	60
6.3.4	Entwicklungsprognose	60
6.4	Flächenkulisse im Umkreis der Biogasanlage 04	61
6.4.1	Status quo.....	61
6.4.2	Bewertung der Grünlandflächen aus Sicht des Naturschutzes	63
6.4.3	Nutzungspotenziale aus heutiger Sicht	63
6.4.4	Entwicklungsprognose	64
7.	Alternative Anlagenkonzepte für die Beispielanlagen.....	65
7.1	Alternative Anlagenkonzepte zur verstärkten Nutzung von Landschaftspflegegras in den Beispielanlagen	66
7.1.1	Szenario I.....	66
7.1.2	Szenario II.....	67
7.1.3	Szenario III.....	67
7.1.4	Szenario IV	68

7.2	Zusätzliche technische Restriktionen	68
7.3	Bewertung der Wirtschaftlichkeit der alternativen Anlagenkonzepte	70
7.3.1	Szenario I.....	70
7.3.2	Szenario II.....	73
7.3.3	Szenario III.....	77
7.3.4	Szenario IV	80
7.3.5	Zusammenfassung der Szenarienergebnisse	83
7.4	Naturschutzbezogene Bewertung der alternativen Anlagenkonzepte	84
7.4.1	Auswirkungen veränderter Nutzung des Grünlands sowie der Landschaftspflegeflächen (Ex- und Intensivierung)	84
7.4.2	Mögliche Änderungen der Greening-Maßnahmen aufgrund neuer Stoffströme	85
7.4.3	Restriktionen bei der Nutzung von Grünland aus naturschutzbezogener Sicht.	86
7.5	Beachtung der naturschutzbezogenen und sonstigen Restriktionen im Kontext der alternativen Anlagenkonzepte	86
7.5.1	Transportkosten Feld-Biogasanlage.....	87
7.5.2	Transportkosten Biogasanlage-Feld.....	88
7.5.3	Szenario I.....	90
7.5.4	Szenario II.....	93
7.5.5	Szenario III.....	97
7.5.6	Szenario IV	101
7.5.7	Zusammenfassung der Szenarienergebnisse	105
7.6	Übertragung der Ergebnisse auf Deutschland	106
7.7	Wirtschaftliche Tragfähigkeit und Naturverträglichkeit	108
8.	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	111
9.	Literaturverzeichnis	114
10.	Anhang.....	119
10.1	Modellierung.....	119
10.2	BiogasNatur Flächensteckbrief.....	124

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Entwicklung der Großvieheinheiten in Deutschland von 2010 bis 2016 nach Landkreis.....	32
Abbildung 2	Bedarf an Grünland im Verhältnis zur Verfügbarkeit von Grünland im 10-Kilometer-Umkreis der untersuchten Anlagenstandorte (eigene Abbildung).....	36
Abbildung 3	Bundesweite Bewertung der naturschutzbezogenen Wertigkeit von Grünlandflächen.....	39
Abbildung 4	BGA 01 Weidelgraswiese, Juli 2018 (bosch & partner).....	50
Abbildung 5	BGA 01 Artenreiches Feuchtgrünland, Juli 2018 (bosch & partner).....	51
Abbildung 6	BGA 01 Weidelgraswiese mit nasser Senke, Juni 2018 (bosch & partner).	54
Abbildung 7	BGA 02 Magerweide, Juni 2018 (bosch & partner).	55
Abbildung 8	BGA 03 Weidelgraswiese, Juni 2018 (bosch & partner).....	58
Abbildung 9	BGA 03 Blühfläche, Juni 2018 (bosch & partner).....	59
Abbildung 10	BGA 04 Weidelgraswiese, Juni 2018 (bosch & partner).....	62
Abbildung 11	Gegenüberstellung der ermittelten Entsorgungserlöse in den Szenarien für die Beispielanlagen 01 bis 04 ohne Berücksichtigung der Potenzialsituation an den jeweiligen Standorten.....	84
Abbildung 12	Gegenüberstellung der ermittelten Entsorgungserlöse in den Szenarien für die Beispielanlagen 01 bis 04 unter Berücksichtigung der Potenzialsituation an den jeweiligen Standorten.....	106
Abbildung 13	Problemkonstituenten einer Biogasanlage in Linearer Programmierung (Sauß, 2014).....	119
Abbildung 14	Haupteinflussparameter auf die Betriebsführung einer Biogasanlage (Otte, 2012).....	121
Abbildung 15	Grafische Darstellung eines einfachen LP-Problems (Sauß, 2014).....	122

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Anteil der Grünlandfläche mit hohem Naturwert (HNV-Anteil) an der Landwirtschaftsfläche in Deutschland in den Jahren 2009 bis 20017 (BfN, 2018).....	24
Tabelle 2	Vergleich der mit den Ökologisierungszahlungen verbundenen Forderungen am Beispiel von Stilllegungsflächen in Niedersachsen und in Nordrhein-Westfalen.....	28
Tabelle 3	Biogasanlagenbestand im Jahr 2018 (Quelle: DBFZ Hochrechnung Szenario SZ 1 Ref.).....	30
Tabelle 4	Flächenbedarf einer 500-kW-Beispielanlage (FNR, 2014)	32
Tabelle 5	Rechnerisch ermittelter Flächenbedarf an Grünland für die Fütterung von Rindern und Schafen (BZL, 2017, S. 95; Destatis, 2017, S. 16; TLL, 2010, S. 4 folgend; TLL, 2010, S. 5; KTBL, 2018, S. 4)	33
Tabelle 6	Überblick der Kriterien zur Indikation naturschutzbezogener Wertigkeit von Grünland.....	37
Tabelle 7	Unterscheidungskriterien der vier Beispielanlagen	41
Tabelle 8	Erträge der Biogasanlage 01	42
Tabelle 9	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01	43
Tabelle 10	Erträge der Biogasanlage 02	44
Tabelle 11	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02	44
Tabelle 12	Erträge der Biogasanlage 03	45
Tabelle 13	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03	45
Tabelle 14	Erträge der Biogasanlage 04	47
Tabelle 15	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04	47
Tabelle 16	Umfang des Grünlandbestandes in den Untersuchungsregionen und dort ermittelte Flächenpotenziale.....	48
Tabelle 17	Übersicht der Bewertungsstufen für die Ansprache der Wertigkeit des Grünlandes aus Sicht des Naturschutzes	49
Tabelle 18	Übersicht ermittelter Potenzialflächen in der Untersuchungsregion 01.....	51
Tabelle 19	Übersicht ermittelter Potenzialflächen in der Untersuchungsregion 02.....	54
Tabelle 20	Übersicht ermittelter Potenzialflächen in der Untersuchungsregion 03.....	59
Tabelle 21	Übersicht ermittelter Potenzialflächen in der Untersuchungsregion 04.....	62
Tabelle 22	Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario I.....	70
Tabelle 23	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario I.....	70
Tabelle 24	Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario I.....	71
Tabelle 25	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario I.....	71

Tabelle 26	Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario I.....	72
Tabelle 27	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario I.....	72
Tabelle 28	Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario I.....	73
Tabelle 29	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario I.....	73
Tabelle 30	Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario II.....	74
Tabelle 31	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario II.....	74
Tabelle 32	Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario II.....	74
Tabelle 33	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario II.....	75
Tabelle 34	Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario II.....	75
Tabelle 35	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario II.....	75
Tabelle 36	Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario II.....	76
Tabelle 37	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario II.....	76
Tabelle 38	Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario III.....	77
Tabelle 39	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario III.....	77
Tabelle 40	Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario III.....	78
Tabelle 41	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario III.....	78
Tabelle 42	Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario III.....	78
Tabelle 43	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario III.....	79
Tabelle 44	Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario III.....	79
Tabelle 45	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario III.....	80
Tabelle 46	Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario IV	80
Tabelle 47	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario IV	81
Tabelle 48	Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario IV	81
Tabelle 49	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario IV	81
Tabelle 50	Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario IV	82
Tabelle 51	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario IV	82
Tabelle 52	Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario IV	83
Tabelle 53	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario IV	83
Tabelle 54	Gegenüberstellung der in den Szenarien benötigten Mengen an Landschaftspflegegras mit den heute verfügbaren Flächenpotenzialen im Umkreis der Beispielanlagen in Tonnen Frischmasse.....	87
Tabelle 55	Transportkosten für Grassilage in Euro pro Tonnenkilometer nach (LfL, 2006, S. 22).....	88
Tabelle 56	Jährliche Transportkosten in Euro	88

Tabelle 57	Jährliche Transportkosten in Euro pro Tonne Frischmasse	88
Tabelle 58	Gärrestmengen infolge der Grünschnittnutzung in den Tonnen Frischmasse.....	89
Tabelle 59	Jährliche Kosten zur Entsorgung des Gärrests des eingesetzten Grünschnitts in Euro bei einem pauschalisierten Kostenansatz von 5 Euro pro Tonne Gärrest.....	89
Tabelle 60	Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario I.....	90
Tabelle 61	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario I.....	90
Tabelle 62	Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario I.....	91
Tabelle 63	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario I.....	91
Tabelle 64	Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario I.....	92
Tabelle 65	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario I.....	92
Tabelle 66	Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario I.....	93
Tabelle 67	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario I.....	93
Tabelle 68	Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario II.....	94
Tabelle 69	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario II.....	94
Tabelle 70	Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario II.....	95
Tabelle 71	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario II.....	95
Tabelle 72	Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario II.....	96
Tabelle 73	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario II.....	96
Tabelle 74	Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario II.....	97
Tabelle 75	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario II.....	97
Tabelle 76	Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario III.....	98
Tabelle 77	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario III.....	98
Tabelle 78	Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario III.....	99
Tabelle 79	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario III.....	99
Tabelle 80	Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario III.....	100
Tabelle 81	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario III.....	100
Tabelle 82	Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario III.....	101
Tabelle 83	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario III.....	101
Tabelle 84	Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario IV	102
Tabelle 85	Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario IV	102
Tabelle 86	Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario IV	103
Tabelle 87	Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario IV	103

Tabelle 88	Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario IV	104
Tabelle 89	Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario IV	104
Tabelle 90	Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario IV	105
Tabelle 91	Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario IV	105

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AAA-Modell	AFIS-ALKIS-ATKIS-Modell
AFIS	Amtliches Festpunktinformationssystem
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BauGB	Baugesetzbuch
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
CLC	CORINE Land Cover
ct	Eurocent
d	Tag
DGM	Digitales Geländemodell
DLM	Digitales Landschaftsmodell
EG	Europäische Gemeinschaft
el	elektrisch
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
EU	Europäische Union
FM	Frischmasse
GDB	Gesamtdeckungsbeitrag
GPS	Ganzpflanzensilage
GVE	Großvieheinheit
ha	Hektar
HNV	High-Nature-Value
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
l _n	Normliter
m	Meter
m ²	Quadratmeter

MWh	Megawattstunde
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NN	Normalnull
NRW	Nordrhein-Westfalen
oTS	organische Trockensubstanz
pH-Wert	negativer dekalischer Logarithmus der Wasserstoff-Kationen-Aktivität
S.	Seite
t	Tonne
TM	Trockenmasse
VO	Verordnung

1. Vorwort

Artenreiches, extensives Grünland besitzt einen besonderen Wert für verschiedene Aspekte des Natur- und Landschaftsschutzes. Mit seinen vielfältigen Strukturen bietet es Lebensraum für eine Vielzahl gefährdeter Tier- und Pflanzenarten. Es ist aber auch als CO₂-Speicher für den Klimaschutz von großer Bedeutung. Zudem erbringt Grünland wichtige ökologische Leistungen zum Beispiel für den Hochwasserschutz oder als Erholungs- und Naturerlebnisraum.

Allerdings ist in den letzten Jahren ein dramatischer Verlust und darüber hinaus vielfach eine erhebliche Qualitätsverschlechterung von Grünlandflächen durch die Intensivierung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung festzustellen. Auch die Förderung der energetischen Biomassenutzung hat dazu beigetragen. Weiterhin führen fehlende Verwertungsmöglichkeiten für Grünschnitt in Teilen Deutschlands zur Reduzierung oder zum Aussetzen der Grünlandbewirtschaftung. Insbesondere für extensive, artenreiche Standorte stellen sich damit Herausforderungen für deren Erhalt.

Gleichzeitig gibt es einen Bestand an mehreren tausend landwirtschaftlichen Biogasanlagen, welche Gras teilweise bereits heute als Substrat einsetzen oder auch verstärkt darauf umsteigen könnten. Allerdings sind Bestandsanlagen durch das sich nähernde Auslaufen der Förderung von einem Rückbau betroffen.

Ziel des vorliegenden Forschungs- und Entwicklungsvorhabens war es, Synergien zwischen den Zielen des Natur- und Klimaschutzes durch eine verstärkte Nutzung von Substrat insbesondere von extensiven Grünlandflächen aufzuzeigen. Hierfür wurden über die Untersuchung der Substratverfügbarkeit in ausgewählten Beispielregionen und die Analyse modellhafter Biogasanlagenkonzepte Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die energetische Verwertung von Grünschnitt extensiver Flächen Synergien für den Naturschutz und die Biogaserzeugung bergen kann. Allerdings ist dies von den standörtlichen und regionalen Rahmenbedingungen abhängig. Zu den sich ergebenden Chancen zählen unter anderen die Extensivierung von Grünland sowie die erneute Bewirtschaftung von aus der Nutzung gefallen Grünlandflächen. So bieten sich insbesondere Möglichkeiten zum Erhalt von Grünland mit einer hohen Bedeutung für den Naturschutz an Standorten mit einer vergleichsweise geringen Nutzungsintensität.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen zudem, dass die Erhöhung des Anteiles von derartigen Substraten zur Erzeugung von Biogas sowohl technisch möglich ist, als auch wirtschaftlich tragfähig sein kann. Dies setzt jedoch die Erarbeitung standortangepasster Konzepte zur Verwertung des Grünschnittes voraus. Es wird auch deutlich, dass die vor Ort vorherrschenden Informationsdefizite über die naturverträgliche Substratverfügbarkeit und die Verwertungspotenziale adressiert werden müssten, um die bestehenden Potenziale zu nutzen.

Mit dem vorliegenden BfN-Skript geben wir somit Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern sowohl einen Überblick über den aktuellen Kenntnisstand, als auch eine Hilfestellung zur Beurteilung der Möglichkeiten des Einsatzes von Grünschnitt extensiver Flächen in Biogasanlagen an die Hand.

Prof. Dr. Beate Jessel

Präsidentin des Bundesamtes für Naturschutz

2. Zusammenfassung

Die Bundesregierung fordert im Bioenergie- und vor allem im Biogassektor vor dem Hintergrund der Flächennutzungskonkurrenzen eine Substitution der flächenintensiven, nachwachsenden Rohstoffe. Nach dem Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD soll dieses Ziel durch eine verstärkte Verwertung von Rest- und Abfallstoffen erreicht werden. Die Nutzung von Grünschnitt von extensiv genutzten Grünländern kann hierzu einen Beitrag leisten.

Die Diskussion hierüber wird in der Praxis bislang allerdings kontrovers geführt. Allgemeingültige Aussagen zur Situation der Substratbeschaffung der Biogasanlagenbetreiber und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Naturschutz lassen sich nicht an Einzelbeispielen festmachen. Jede Region ist verschieden in ihren Voraussetzungen und Bedürfnissen. Zudem ist jede Anlage anders konzipiert und wird unterschiedlich mit Substraten versorgt, wodurch das, was im Einzelfall technisch, wirtschaftlich und naturschutzbezogen funktioniert, nicht zwingend auch an anderen Standorten funktionieren muss.

Vor diesem Hintergrund stellt sich nun die Frage, inwiefern Landschaftspflegegras grundsätzlich und im Speziellen als Substrat substituierend in Biogasanlagen eingesetzt werden kann und welche Refinanzierungsmöglichkeiten dies für die Landschaftspflege bietet. Gleichzeitig sind die Auswirkungen alternativer Beschickungskonzepte aus Sicht des Naturschutzes zu berücksichtigen. Unter bestimmten Standortvoraussetzungen und Anlagenkonstellationen könnte es dabei zur Verschärfung von naturschutzbezogenen Problemen kommen. Bei anderen Anlagenkonstellationen könnte durch eine entsprechende Umstellung die Freihaltung von wertvollem Grünland mit all seinen Facetten erst garantiert werden.

Das hier vorgestellte Forschungsvorhaben BiogasNatur hat zum Ziel, Biodiversität, Klimaschutz und Ökonomie in der Nutzung von Inputsubstratalternativen bei Biogasanlagen in einem ganzheitlichen Untersuchungsansatz zu berücksichtigen. Das Forschungsvorhaben beabsichtigt weitergehend zu evaluieren, ob aus Sicht des Naturschutzes technische und wirtschaftliche Möglichkeiten sowie räumliche Voraussetzungen für eine solche Transformation der Biogasproduktion bestehen. Die Nachhaltigkeitsbewertung des Anbaus und die Verwertung von Biomasse sind zwischen verschiedenen Akteuren umstritten. Einige Akteure stellen Biodiversität oder Wasserschutz an oberste Stelle der Nachhaltigkeitsbewertung, andere hingegen die Wirtschaftlichkeit oder die Treibhausgasreduzierungen. Letztendlich geht es um die Frage der Möglichkeiten der Entwicklung des Biogasanlagenbestandes im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes: Kann eine Ko-Existenz etabliert werden? Können eventuell darüber hinaus sogar Synergien identifiziert und genutzt werden? Dabei stellt sich zudem die Frage, inwiefern Kosten des Naturschutzes durch die Nutzung des Grünschnitts in Biogasanlagen gesenkt werden können.

Der vorliegende Bericht zeigt Möglichkeiten auf, wie durch den Einsatz von Landschaftspflegegras (grasartiges Landschaftspflegematerial von landwirtschaftlich genutzten Flächen) die Intensivierung der Flächennutzung durch den Anbau von Energiepflanzen, vor allem auf dem Ackerland, reduziert werden kann – und zwar unter Berücksichtigung von naturschutzbezogenen Belangen des Grünlandes. Die bei einer Umstellung des Biogassubstrates zugunsten des Landschaftspflegegrases zu erwartenden Veränderungen der spezifischen Eigenschaften der Anbauflächen (Rote Liste Arten, Artenvielfalt) werden in der Interaktion mit der Nutzung hinterfragt und dokumentiert.

Im weiteren Zusammenhang sind zudem auch die Themen ‚Nitratbelastung‘ (insbesondere in Verbindung mit der Nutzung von Gülle/Festmist) und ‚EU-Greening‘ wichtige Aspekte bei der Transformation des Biogassektors. Daher wird aufgezeigt, welche Synergien zwischen dem Naturschutz und der Biomassenutzung einerseits weiterentwickelt werden können und welche Grenzen andererseits aus Sicht des Naturschutzes bestehen.

Im Ergebnis wird die Frage beantwortet, ob und wenn ja, durch welche Regelungsansätze im Rahmen der Bioenergienutzung ein Beitrag zu einer naturschutzbezogenen Optimierung der Grünlandnutzung und weiterer wertvoller Flächen geleistet werden könnte und welche Konsequenzen sich hieraus für den Anlagenbetrieb auf der einen Seite und die Bewirtschaftung der Flächen auf der anderen Seite ergeben. Berücksichtigt werden dabei unterschiedliche innovative technische Ansätze im Kontext wirtschaftlich tragfähiger Lösungen sowie die Akzeptanz der verschiedenen Akteure der Landnutzung und des Naturschutzes.

Das zur Beantwortung dieser Fragen durchgeführte Forschungsvorhaben untergliedert sich in sechs aufeinander aufbauende inhaltliche Arbeitspakete.

Arbeitspaket 1 beinhaltet die systematische Auswahl von vier Biogasanlagenstandorten, an deren Beispiel die Einsatzmöglichkeiten von Landschaftspflegegras vor dem Hintergrund der Anforderungen des Naturschutzes untersucht und bewertet werden. Dazu wurde auf Grundlage einer bundesweiten Analyse der Intensität der Flächennutzung (durch die Viehhaltung sowie der Biogaserzeugung) sowie der naturschutzbezogenen Wertigkeit der Grünlands im Umkreis der Biogasanlagen eine Clusteranalyse durchgeführt. Die Ergebnisse dessen sowie schlussendlich die Auswahl der Beispielanlagen wurden mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe – bestehend aus Vertretern unterschiedlicher Behörden und Einrichtungen aus den Bereichen Biogas und Naturschutz – abgestimmt.

In **Arbeitspaket 2** wurde die Ausgangssituation an den vier Anlagenstandorten untersucht und bewertet. Hierbei wurden zum einen die technischen und betriebswirtschaftlichen Parameter der vier Beispielanlagen erfasst. Zum anderen wurde die Flächenkulisse im Umfeld der Beispielanlagen (Status quo, Nutzungspotenziale und Entwicklungstendenzen) aufgenommen, kartiert und klassifiziert, um sie anschließend gemeinsam mit den Akteuren vor Ort (Anlagenbetreiber, Naturschutzverbände, Landwirtschaftskammer etc.) zu bewerten.

In **Arbeitspaket 3** stand die Ermittlung der grundsätzlichen (technischen) Möglichkeiten und Grenzen alternativer Anlagenkonzepte im Vordergrund. Hierzu wurden unter Berücksichtigung des Technologie-Reifegrades vier unterschiedliche Szenarien entwickelt, mit deren Hilfe die technische und wirtschaftliche Machbarkeit eines verstärkten Einsatzes von Landschaftspflegegras untersucht werden sollte. Die Szenarien wurden wiederum mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe abgestimmt.

Arbeitspaket 4 wurden die in Arbeitspaket 3 entwickelten Szenarien aus naturschutzbezogener Sicht bewertet, indem die positiven und negativen Effekte eines verstärkten Einsatzes von Landschaftspflegegras zur energetischen Nutzung dargestellt und bewertet worden sind. Anschließend wurden die Szenarien bezüglich der konkret vor Ort zur Verfügung stehenden Mengen an Landschaftspflegegras angepasst, sodass die Nutzung des Landschaftspflegegrases im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes erfolgt.

In **Arbeitspaket 5** wurden die Szenarien (mit den reduzierten, ‚naturschutzverträglichen‘ Substratmengen) nochmals Neuberechnet und betriebswirtschaftlich bewertet. Die Ergebnisse der

Bewertung wurden zusammengefasst und hinsichtlich der bestehenden Sensitivitäten beschrieben. Zudem wurden die Aussagen – soweit dies auf Grundlage der getroffenen Daten und Annahmen möglich war – verallgemeinert und zu Thesen zusammengefasst.

Arbeitspaket 6 überträgt die Ergebnisse auf Grundlage der in Arbeitspaket 1 entwickelten Standortklassifizierung auf den gesamten Biogasanlagenbestand. Zudem wurden Handlungsempfehlungen für die Biogasbranche sowie für den Naturschutz abgeleitet.

Im Ergebnis zeigt die hervorgebrachte Studie, dass die energetische Verwertung von Landschaftspflegegras aus Sicht des Naturschutzes sinnvoll sein kann, solange die Nutzung auf das naturverträgliche Potenzial der Einzelstandorte abgestimmt ist. Dabei bieten die im Rahmen der Studie aufgezeigten Möglichkeiten (Extensivierung von Grünland sowie die erneute Bewirtschaftung von Grünlandflächen, die aus der Nutzung gefallen sind) besondere Chancen zum Erhalt des wertvollen Grünlands. Die durch die energetische Nutzung motivierte Bewirtschaftung von Grünlandflächen, die bereits aus der Nutzung gefallen sind beziehungsweise deren Erhalt und Pflege in der Zukunft nicht gesichert ist – zum Beispiel aufgrund eines Rückgangs der Schafbeweidung – eröffnet vor allem an den Standorten mit einer überdurchschnittlichen naturschutzbezogenen Wertigkeit des Grünlands und einer vergleichsweise geringen Nutzungsintensität ein erhöhtes Synergiepotenzial zwischen Naturschutz Biogaserzeugung. Bundesweit betrifft dies auf Basis der Erhebungen in der Studie etwa vier Prozent der bestehenden etwa 8.000 Biogasanlagenstandorte.

Zudem erscheint es naheliegend, den Aufwuchs von naturschutzrechtlichen Ausgleichsflächen, die zu extensiv genutztem Grünland entwickelt werden sollen und entsprechend zu pflegen sind, für die Biogaserzeugung zu nutzen. Insbesondere im Zuge der Erweiterung von Siedlungs- und Gewerbegebieten werden regelmäßig entsprechende Kompensationsmaßnahmen festgelegt. Sofern es den naturschutzfachlichen Entwicklungszielen nicht widerspricht, könnte zum Beispiel bei der Definition der Nutzungsmöglichkeiten des auf Kompensationsflächen anfallenden Grünschnitts die Rückführung von Gärresten berücksichtigt werden. Insbesondere die Rückführung von Gärresten steht dem regelmäßigen Ziel des Naturschutzes, der Entwicklung nährstoffarmer Standorte, nicht selten entgegen. In diesen Fällen sind individuelle Lösungen für die Verwertung der Gärreste, zum Beispiel auf anderen landwirtschaftlichen Flächen, gefragt, die eine Vereinbarkeit und damit die Nutzung der vorhandenen Synergieoptionen ermöglichen.

In einzelnen Untersuchungsregionen werden Stilllegungsflächen als Greening-Maßnahmen eingesetzt. Für die Stilllegung gilt, dass die bei der verpflichtenden Pflege anfallende Biomasse grundsätzlich nicht energetisch verwertet werden darf. Die Entwicklung nährstoffarmer Grünlandstandorte ist deshalb in der Regel wenig attraktiv, da die Abfuhr und Kompostierung des Grünschnitts sehr hohe Kosten verursacht. Deshalb werden die Flächen regelmäßig nur gemulcht. Mit der Entnahme des Materials könnte eine Aufwertung der Fläche im Sinne der Ziele des Naturschutzes erfolgen. Gleichzeitig könnten die entstehenden Kosten durch den Einsatz in der Biogasanlage ausgeglichen werden. Es ist demnach empfehlenswert, die gegenwärtig strengen Verordnungen zu Stilllegungsflächen hinsichtlich solcher Synergien zu überdenken. Übergangsweise könnte die energetische Verwertung der Aufwüchse zum Beispiel auch bei den Kreisstellen der Landwirtschaftskammern beantragt werden, um einen Verstoß gegen die Regelungen zu vermeiden. Auch in diesen Fällen gilt es zunächst die Frage der Gärrestrückführung zu klären.

Die Gespräche sowohl mit den Anlagenbetreibern als auch den Naturschutzexpertinnen und -experten in den Beispielregionen haben deutlich gemacht, dass die Kenntnisse über die zur Verfügung stehenden Mengen an Landschaftspflegegras und die Einsatzmöglichkeiten in der Biogasanlage beiden Seiten nicht ausreichend bekannt sind. Aus Sicht der Autoren der Studie könnten diese Informationsdefizite durch die Erarbeitung überörtlicher, standortangepasster Konzepte zur Verwertung von Landschaftspflegegras, die zum einen die zur Verfügung stehenden Substrate, zum anderen aber auch die Potenziale der Verwertung identifizieren, gelöst werden. Auf diese Weise kann dazu beitragen werden, die Synergien zwischen dem Natur- und Klimaschutz zu erkennen und zu nutzen. Entsprechende umsetzungsorientierte Konzepte inklusive der Einrichtung einer Stelle für das Management der Konzepte (in Anlehnung, zum Beispiel, an das Klimaschutzmanagement im Rahmen der Kommunalrichtlinie) sollten daher finanziell gefördert werden.

Insgesamt stellt das Landschaftspflegematerial aus naturschutzfachlicher Sicht für den Erhalt von artenreichem beziehungsweise naturschutzfachlich wertvollem Grünland und aus energetischer Sicht für die Energiebereitstellung aus Biomasse ein Potenzial dar, das es zu heben gilt. Daher sollte für das Landschaftspflegegras ein grundsätzliches Verwertungsgebot diskutiert werden. Damit verbunden sollte geprüft werden, inwiefern der Abtransport und die Verwertung von Schnittgut aus Landschaftspflegeflächen als notwendige Bedingung für den Erhalt von Fördergeldern formuliert werden kann. Durch diese Regelung und mit einer Neuregelung des Abfallbegriffs, sodass das Landschaftspflegegras nicht mehr als solcher anzusehen ist, würde eine Verwertung des Grasses zur Pflicht, was sowohl aus naturschutzfachlicher Sicht als auch aus klimapolitischer Sicht zielführend sein kann. Je nach individueller Situation vor Ort könnten dann Vertreterinnen und Vertreter des Naturschutzes mit Landwirtinnen und Landwirten eine Nutzung des Landschaftspflegegrases als Tierfutter oder zur Versorgung der Biogasanlage vereinbaren. Würden durch den Einsatz von Landschaftspflegegras in der Biogasanlage zusätzliche Entsorgungserlöse erzielt werden, könnten diese für den Naturschutz eingesetzt werden. Wie die vorliegende Studie beispielhaft gezeigt hat, ist dies allerdings nicht in allen Szenarien und an allen Standorten der Fall. Im Gegenteil: Unter Umständen sind zusätzliche Zahlungen notwendig, damit das Landschaftspflegegras im Hinblick auf das Betriebsergebnis als Futtermittel oder als Substrat in der Biogasanlage verwertet werden kann, ohne dass sich der wirtschaftliche Ertrag der Biogasanlage im Vergleich zur heutigen Ausgangslage verschlechtert. Sofern von einer Abfalleigenschaft des betroffenen Materials ausgegangen wird, sollte analog zum holzartigen Landschaftspflegematerial die Aufbereitung zur Verwertung in einer Biogasanlage als Ende der Abfalleigenschaft nach Kreislaufwirtschaftsgesetz Paragraph 5 Absatz 2 ermöglicht werden.

3. Einleitung

In dem einleitenden Kapitel werden die Hintergründe und Ziele des Berichts und damit des Vorhabens vorgestellt. Zudem wird auf einige wesentliche Begriffe eingegangen, um zu einer einheitlichen Definition für den vorliegenden Bericht zu gelangen.

3.1 Hintergrund

Der intensive Anbau von landwirtschaftlichen Substraten zur Biogasnutzung ist umstritten. Der Slogan „Vom Landwirt zum Energiewirt“ ist vor 15 Jahren entstanden – heute jedoch nicht mehr im Sprachgebrauch. Im Gegenteil: Die Politik hat aus den Erfahrungen der Vergangenheit gelernt und agiert nun mit Vorsicht, um unter anderem weitere Fehlentwicklungen zu Lasten des Naturschutzes durch die Förderung der Bioenergie zu vermeiden. Dies stellt die Bioenergiebranche vor zunehmende Herausforderungen. Zwei bisher kaum zu vereinende Ziele prallen somit aufeinander: die Perspektive des Naturschutzes und die Perspektive der Bioenergiebranche.

3.1.1 Die Sicht des Naturschutzes

In einigen Regionen hat der Ausbau der Bioenergie und insbesondere der Biogaserzeugung zu einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung von Acker- und Grünlandflächen beigetragen. „Besonders schlecht ist es um das Grünland bestellt. Hier gibt uns zu denken, dass mittlerweile nicht mehr nur die extensiv genutzten Biotoptypen betroffen sind, sondern auch Lebensräume mittlerer Nutzung wie die artenreichen Mähwiesen in die höchste Gefährdungskategorie fallen“ (BMU, 2017). Die Veränderung und Intensivierung der landwirtschaftlichen Flächennutzung ist dabei mit diversen nachteiligen Auswirkungen auf Natur und Landschaft (unter anderem in Bezug auf Biodiversität, Bodenschutz, Wasserschutz, Landschaftsbild) verbunden.

Dies gilt besonders für den Anbau von Mais, der unter anderem zu einer Erhöhung der Erosionsgefährdung, einem erhöhten Stickstoffeintrag in den Boden oder angrenzende Oberflächengewässer und tendenziell, wie auch andere Intensivkulturen und bei Konzentration auf wenige Kulturarten, zu einer geringeren Lebensraumeignung für bestimmte Artengruppen führt.

In der jüngeren Vergangenheit wurde daher immer wieder versucht, alternative Energiepflanzen in mehrjährigen Anbaukulturen zu etablieren, die Synergien für die Natur schaffen sollen. Die alternativen Anbauversuche haben sich allerdings in der Praxis nicht großflächig durchgesetzt.

In den letzten Jahren hat sich durch die Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung von Acker- und Grünlandflächen der naturschutzbezogene Wert des landwirtschaftlichen Grünlands kontinuierlich verschlechtert (BfN, 2017, S. 17 fortfolgende).

Dabei spielt gerade das artenreiche Grünland eine wesentliche Rolle, wenn es darum geht, den Rückgang der biologischen Vielfalt aufzuhalten.

Im Rahmen der jüngsten Agrarreform der Europäischen Union 2013, wurde der Erhalt von Dauergrünland neu geregelt. Seither gilt zumindest für Dauergrünlandflächen in FFH-Gebieten ein vollständiges Umwandlungs- und Pflugverbot. Weite andere Teile des Dauergrünlands unterliegen einer Genehmigungspflicht, sollten diese umgewandelt werden. Das Monitoring der

Auswirkungen dieser Agrarreformen läuft und wird im Rahmen der Begleitforschung des Bundesamtes für Naturschutz zum Greening der Gemeinsamen Agrarpolitik evaluiert.

Aufgrund des schlechten ökologischen Zustands des Dauergrünlands manifestieren sich auch in jüngster Zeit neue Herausforderungen für den Erhalt des artenreichen Grünlands. Einerseits ist eine Intensivierung vorhandener Grünlandstandorte zu beobachten. Andererseits führen fehlende Verwertungsmöglichkeiten für Grünschnitt in Teilen Deutschlands zur Reduzierung beziehungsweise zum Aussetzen der Grünlandbewirtschaftung und zum Beginn einer Sukzession hin zu Wald (Verbuschung). Beide Entwicklungen führen dazu, dass extensiv bewirtschaftete Grünlandstandorte verloren gehen. Dies gilt insbesondere für die Grünlandstandorte, wo die Bewirtschaftung der Flächen sehr aufwendig ist (kleinteilige Strukturen, vernässte Böden, Hanglage und so weiter).

Die Erhaltung und Pflege vieler wertgebender Grünlandflächen ist daher auf Fördermittel angewiesen. Da Grasschnitt beziehungsweise Grassilage nach Maissilage als zweithäufigstes pflanzliches Substrat in Biogasanlagen angegeben wird (DBFZ, 2015, S. 25), stellt sich zudem die Frage, in welchem Umfang sich ein Wegfall der Bioenergie-Förderung auf die Bewirtschaftung von Grünlandstandorten auswirken würde. Perspektivisch kommen durch den potenziellen Wegfall der landwirtschaftlichen Biogasanlagen bis 2035 nochmals etwa 200.000 Hektar Grünland hinzu, die anders genutzt werden müssten (IZES/ifeu, 2016). Da in den letzten Jahren im Durchschnitt schon 5.000 Hektar pro Jahr von Grünland in Gehölzflächen umgewandelt worden sind (UBA, 2017, S. 567), ist davon auszugehen, dass ein Teil der oben benannten 200.000 Hektar künftig zusätzlich aus der Bewirtschaftung und damit aus der Pflege fallen wird.

3.1.2 Die Sicht der Bioenergiebranche

Die Nutzung von Bioenergie ist einem grundsätzlichen Wandel unterworfen. Bis zum Erneuerbare-Energien-Gesetz 2009 wurde der Fokus im Sinne einer Mobilisierung von Biomassen auf die höchstmögliche Einspeisung von erneuerbaren Energien gelegt. Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 änderte sich dies im Zusammenhang mit der Einführung von Einsatzstoffvergütungsklassen. Hier wurde – im Sinne einer Optimierung von Nutzungsprozessen sowie einer Korrektur bereits erkennbarer Fehlentwicklungen – vor dem Hintergrund der Diskussionen rund um indirekte Landänderungsnutzungen, Monokulturen (Mais), Gewässerschutz und Nutzungskonkurrenzen die verstärkte Nutzung von Reststoffen adressiert. Dies wurde im Erneuerbare-Energien-Gesetz 2014 durch die stark reduzierten Einspeisevergütungen für Strom aus Anbaubiomassen noch deutlicher. Die Einbeziehung unter anderem von naturschutzbezogenen, landschaftspflegerischen und wasserschutzfachlichen Anforderungen im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 führte im Gegenzug zu steigenden spezifischen Stromgestehungskosten (IZES, 2014).

Im Biogassektor hatte diese fachliche Lenkung der Inputsubstrate keinen Einfluss auf die vorwiegend auf Mais orientierte Substratbereitstellung bestehender Anlagen. In 2012 neu errichtete Anlagen waren jedoch gezwungen, mit Einsatzstofftagebüchern die Substrate entsprechend den Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes nachzuweisen. Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz 2016 ist diese Möglichkeit zum Teil revidiert. Neuanlagenkonzepte werden unter den aktuellen Rahmenbedingungen in vielen Fällen nicht mehr rentabel betrieben werden können. Altanlagen sind nach Abschluss des Vergütungszeitraumes je nach Konzept unwirtschaftlich und werden – so die gängige Meinung – in vielen Fällen stillgelegt.

Dies begründet sich in den Grenzkosten für Altanlagen, die rein stromwirtschaftlich nicht mehr refinanziert werden können (IZES/ifeu, 2016). Der Wärmenutzung kommt danach eine maßgebliche Bedeutung zu. Die aktuell erzielten Wärmepreise sind jedoch nicht ausreichend für einen wirtschaftlichen Betrieb (IZES/ifeu, 2016). Der Wärmemarkt muss in Zukunft stärker Berücksichtigung finden, da Bioenergie oft die einzige regenerative Wärmequelle ist (BDI, 2018). Das Angebot einer Vollversorgung mit Wärme zeigt deutliche Zahlungsbereitschaft bei den Wärmekunden, so dass zukünftige Mindereinnahmen im Rahmen der Ausschreibung durch den Wärmemarkt kompensiert werden müssen.

3.2 Zielstellung

Die Bundesregierung fordert im Bioenergie- und vor allem im Biogassektor vor dem Hintergrund der Flächennutzungskonkurrenzen eine Substitution der flächenintensiven, nachwachsenden Rohstoffe. Dieses Ziel soll durch eine verstärkte Verwertung von Rest- und Abfallstoffen erreicht werden (CSU, CDU, SPD, 2018). Die Nutzung von Grünschnitt von extensiv genutzten Grünländern kann hierzu einen Beitrag leisten.

Die Diskussion hierüber wird in der Praxis bislang allerdings kontrovers geführt. Allgemeingültige Aussagen zur Situation der Substratbeschaffung der Biogasanlagenbetreiber und die damit verbundenen positiven oder negativen Auswirkungen auf den Naturschutz lassen sich nur schwer von wenigen, zufällig ausgewählten Einzelbeispielen ableiten. Jede Region ist verschieden in ihren Voraussetzungen und Bedürfnissen. Zudem ist jede Anlage anders konzipiert und wird unterschiedlich mit Substraten versorgt, wodurch das, was im Einzelfall technisch, wirtschaftlich und naturschutzbezogen funktioniert, nicht zwingend auch an anderen Standorten funktionieren muss.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern Landschaftspflegegras grundsätzlich und im Speziellen als Substrat substituierend in Biogasanlagen eingesetzt werden kann und welche Refinanzierungsmöglichkeiten dies für die Landschaftspflege bietet. Gleichzeitig sind die Auswirkungen alternativer Beschickungskonzepte aus Sicht des Naturschutzes zu berücksichtigen. Unter bestimmten Anlagenkonstellationen kann es dabei zur Verschärfung von naturschutzbezogenen Problemen kommen. Bei anderen Anlagenkonstellationen kann durch eine entsprechende Umstellung die Freihaltung von wertvollem Grünland mit all seinen Facetten erst garantiert werden.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben hat zum Ziel, Biodiversität, Klimaschutz und Ökonomie in der Nutzung von Inputsubstraten bei Biogasanlagen in einem ganzheitlichen Untersuchungsansatz zu behandeln. Das Forschungsvorhaben beabsichtigt weitergehend zu evaluieren, ob aus Sicht des Naturschutzes technische und wirtschaftliche Möglichkeiten sowie räumliche Voraussetzungen für eine solche Transformation der Biogasproduktion bestehen. Die Nachhaltigkeitsbewertung des Anbaus und der Verwertung von Biomasse kann aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfolgen. Einige Akteure stellen Biodiversität oder Wasserschutz an oberste Stelle der Nachhaltigkeitsbewertung. Andere hingegen die Wirtschaftlichkeit oder die Treibhausgaswirksamkeit.

Letztendlich geht es um die Frage der Entwicklung des Biogasanlagenbestandes im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes: Kann eine Ko-Existenz etabliert werden? Können eventuell darüber hinaus sogar Synergien identifiziert und genutzt werden?

Dabei stellt sich zudem die Frage, inwiefern Kosten des Naturschutzes durch die Nutzung des Grünschnitts in Biogasanlagen (teilweise) gesenkt werden können.

Der vorliegende Bericht soll Möglichkeiten aufzeigen, wie durch den Einsatz von Landschaftspflegegras die Intensivierung der Flächennutzung durch den Anbau von Energiepflanzen, vor allem auf dem Ackerland, reduziert werden kann – und zwar unter Berücksichtigung von naturschutzbezogenen Belangen des Grünlandes. Die bei einer Umstellung des Biogassubstrates zugunsten des Landschaftspflegegrases zu erwartenden Veränderungen der spezifischen Eigenschaften der Anbauflächen (Rote Liste Arten, Artenvielfalt) werden in der Interaktion mit der Nutzung hinterfragt und dokumentiert.

Im weiteren Zusammenhang sind zudem auch die Themen ‚Nitratbelastung‘ (insbesondere in Verbindung mit der Nutzung von Gülle/Festmist) und ‚EU-Greening‘ wichtige Aspekte bei der Transformation des Biogassektors. Daher soll aufgezeigt werden, welche Synergien zwischen dem Naturschutz und der Biomassenutzung einerseits weiterentwickelt werden können und welche Grenzen andererseits aus Sicht des Naturschutzes bestehen.

Im Ergebnis soll die Frage beantwortet werden, ob und wenn ja, durch welche Regelungsansätze im Rahmen der Bioenergienutzung ein Beitrag zu einer naturschutzbezogenen Optimierung der Grünlandnutzung und weiterer wertvoller Flächen geleistet werden kann und welche Konsequenzen sich hieraus für den Anlagenbetrieb auf der einen Seite und die Bewirtschaftung der Flächen auf der anderen Seite ergeben.

Zu berücksichtigen sind dabei unterschiedliche innovative, technische Ansätze im Kontext wirtschaftlich tragfähiger Lösungen sowie die Akzeptanz der verschiedenen Akteure der Landnutzung und des Naturschutzes.

3.3 Definitionen

Einige der in dem vorliegenden Bericht verwendeten Begriffe können je nach Kontext unterschiedlich aufgefasst werden. Daher werden die für das Verständnis des Vorhabens grundlegenden Begriffe nachfolgend definiert.

3.3.1 Grünland, Intensiv- und Extensivgrünland

Grünland umfasst nach BfN (2014) alle dauerhaften Pflanzengemeinschaften aus Kräutern und Gräsern, die natürlich oder durch Nutzung des Menschen entstanden sind (gedüngte und ungedüngte Wiesen und Weiden zur Futtergewinnung, Mähwiesen zur Biomasse- und Einstreugewinnung, Naturschutzflächen wie Feuchtgrünland, Magerrasen und Streuobstwiesen).

Natürliches Grünland ist ohne menschliche Nutzungseinwirkungen entstanden. Beispiele finden sich häufig in überschwemmten Bereichen von Flussniederungen oder am Rand von Sumpf- und Mooren, wo keine Büsche oder Bäume wachsen.

Im Gegensatz hierzu wird Grünland, das durch den Menschen bewirtschaftet und somit vor der Verbuschung (als Initialphase einer Wiederbewaldung) bewahrt wird, als anthropogenes Grünland bezeichnet. Anthropogenes Grünland wird nach der Intensität der Bewirtschaftung unterschieden. Jenes, das intensiv gemäht/beweidet und gedüngt wird, wird als Intensivgrünland – jenes mit einer geringen Nutzungsintensität als Extensivgrünland bezeichnet (Nitsche & Nitsche, 1994; Briemle, 2000; Briemle, Eickhoff, & Wolf, 1991). Mit steigender Nutzungsintensität

tensität sinkt in der Regel der Artenreichtum. Extensivgrünland weist demnach meist artenreichere Grünlandgesellschaften auf – Intensivgrünland ist durch eine artenarme Zusammensetzung an Pflanzengesellschaften gekennzeichnet.

3.3.2 Dauergrünland

Die Begriffe ‚Grünland‘ und ‚Dauergrünland‘ werden oftmals synonym verwendet, obwohl sie nicht notwendig identisch sind. Der Begriff ‚Dauergrünland‘ stammt aus der Landwirtschaft und bezeichnet nach Art. 4 Abs. 1 h) VO (EU) Nr. 1307/2013 durch Einsaat oder natürliche Weise (Selbstaussaat) entstandenes Grünland, das zum Anbau von Gras oder anderen Grünfütterpflanzen genutzt wird und seit mindestens fünf Jahren nicht Bestandteil der Fruchtfolge des landwirtschaftlichen Betriebs war und nicht umgepflügt worden ist.

3.3.3 High Nature Value-Farmland

Begründet auf der ELER-Durchführungs-Verordnung (VO Nr. 1974/2006/EG) sind die Mitgliedstaaten der EU verpflichtet, gegenüber der EU über die Entwicklungen im Zusammenhang mit der Integration von Umweltbelangen in die Agrarpolitik zu berichten. Die Berichterstattung erfolgt mithilfe von 35 Indikatoren, die langfristig erfasst werden.

Einer dieser Indikatoren ist der High Nature Value (HNV) Farmland Indikator. Er misst seit 2009 den Anteil von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert an der gesamten Agrarlandschaftsfläche und gibt somit Auskunft über die Entwicklung der Biodiversität auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Erfasst werden in Deutschland unter dem Stichwort ‚HNV-Farmland‘ „Nutzflächen wie Grünland-, Acker-, Brache-, Obst- und Rebflächen sowie agrarlandschaftstypische Landschaftselemente wie zum Beispiel Einzelbäume, Hecken, Kleingewässer, Trockenmauern und Staudenfluren“ (BfN, 2017). Dabei wird zwischen drei Wertstufen unterschieden:

- HNV I – äußerst hoher Naturwert
- HNV II – hoher Naturwert
- HNV III – mäßig hoher Naturwert.

3.3.4 Grünschnitt und Landschaftspflegegras

Als Grünschnitt werden frisch geschnittene, wenig oder nicht verholzte Pflanzenreste bezeichnet. Sofern der Grünschnitt im Zuge von Landschaftspflegemaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen anfällt, wird er in dem vorliegenden Bericht als Landschaftspflegegras bezeichnet. Der Fokus liegt dabei auf Extensivgrünland. Aber auch Blüh- und Stilllegungsflächen, bei denen es sich rein definitorisch nicht um Grünland, sondern um Ackerland handelt, werden aufgrund ihres naturschutzbezogenen Wertes und, insofern deren Gewinnung mit der Absicht der Verbesserung eines bestimmten Zustandes in der Natur verbunden ist, in die Betrachtungen mit einbezogen. Abweichend von dem Urteil der EEG-Clearingstelle (topagrarOnline, 2009; Grantner & Hoch-Steindl, 2012) wird dagegen weder der Grasschnitt aus der privaten und öffentlichen Garten- und Parkpflege, zum Beispiel von Golf- und Sportplätzen, noch der kommunale Grasschnitt in dem vorliegenden Dokument als Landschaftspflegegras bezeichnet. Gleiches gilt für den Grasschnitt von Landschaftspflegemaßnahmen an Straßenrändern, Gewässern und so weiter, der in der Literatur ohnehin als Straßengrasschnitt definiert ist (Kaltschmitt, Hartmann, & Hofbauer, 2009, S. 155).

3.3.5 Flächendruck

In dem vorliegenden Bericht wird der Begriff ‚Flächendruck‘ als Maß für die Intensität der Nutzung von landwirtschaftlich genutzten Flächen durch den Anbau von Futtermitteln für die Viehhaltung einerseits und für die Erzeugung von Biogas andererseits verwendet.

4. Relevanz und Nutzung von Landschaftspflegegras

Im dem folgenden Kapitel wird der Rahmen zur Nutzung von Landschaftspflegegrases sowie dessen Relevanz für den Naturschutz skizziert.

Die Ausführungen umfassen sowohl einen kurzen Abriss über die historische als auch einen Ausblick auf die zu erwartende künftige Entwicklung des Extensivgrünlands. Hierdurch soll beispielhaft das Ausmaß der Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung für den Naturschutz aufgezeigt werden. Des Weiteren wird im Kontext der Nutzungsintensivierung auf die Zusammenhänge von Siedlungsentwicklung, Energiepflanzenanbau und Viehwirtschaft eingegangen werden. Abschließend wird zudem die Wertigkeit des extensiven Grünlands für den Naturschutz nochmals hervorgehoben und mit der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union verknüpft.

4.1 Bestand und Entwicklung von Extensivgrünland

Wiesen und Weiden sind ein Teil der Kulturlandschaft, der sich aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung heraus entwickelt hat und ohne „Sense und Weidevieh“ so in unseren Breiten gar nicht existieren würde. Die mehr oder weniger baumlosen Offenlandschaften sind folglich fast ausschließlich durch menschliche Nutzung entstanden. Sie erreichten ihre höchste Diversität an Arten und Gesellschaften in Zeiten halbextensiver bis halbintensiver Landnutzung, also vor allem vom 18. bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts (Dierschke & Briemle, 2002).

Extensivgrünland wird in den Statistiken der Ämter des Bundes und der Länder – anders als zum Beispiel Ackerland und Dauergrünland – nicht gesondert erfasst. Allerdings ist eine Abschätzung des Bestandes an Extensivgrünland anhand des HNV-Farmland-Monitorings, das in Deutschland seit 2009 durchgeführt wird, möglich.

Innerhalb des HNV-Farmland-Monitorings wird auf Basis von Stichprobenerhebungen unter anderem der Grünlandanteil der naturschutzbezogen wertvollen Nutzflächen ermittelt. Dieser bildet eine Teilmenge des Extensivgrünlands ab und kann daher als Orientierung zur Abschätzung des Anteils an Extensivgrünland genutzt werden.

Im Jahr 2017 liegt der Wert für HNV-Grünland bei 5,2 % der Landwirtschaftsfläche Deutschlands (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Anteil der Grünlandfläche mit hohem Naturwert (HNV-Anteil) an der Landwirtschaftsfläche in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2017 (BfN, 2018)

	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Grünland-Anteil [%]	5,6	5,5	5,5	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2

Bei einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von rund 16,7 Millionen Hektar in Deutschland (Destatis, 2018a) entspricht dies einer extensiv genutzten Grünlandfläche von circa 870.000 Hektar – wobei der Entwicklungstrend im Zeitraum 2009 bis 2017 für das gesamte HNV-Grünland statistisch signifikant fallend ist (BfN, 2018).

Der HNV-Monitoring-Bericht zeigt zudem, dass ein Großteil des HNV-Farmlands und damit auch der überwiegende Verlust an HNV-Farmland der Qualitätsstufe III und damit der niedrigsten HNV-Wertstufe angehört (BfN, 2014, S. 40 folgend). Diese Beobachtung zeigt, dass

Grünland mit außergewöhnlichem Wert für den Naturschutz durch Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen gegenwärtig weitgehend gesichert ist. Artenreiches Grünland in extensiver Bewirtschaftung geht allerdings zurück. Dies ist wahrscheinlich der Fall, da sich die erforderlichen Bewirtschaftungsformen oft nicht wirtschaftlich darstellen lassen und Mittel des Naturschutzes für entsprechende Pflegemaßnahmen nicht im ausreichenden Maß vorhanden sind.

Der Verlust an HNV-Grünland führt zu einer qualitativen Verschlechterung des Zustands der Grünland-Lebensräume und damit zu einem Verlust der biologischen Vielfalt der Agrarlandschaft – auch wenn sich der Flächenanteil des Dauergrünlands insgesamt in der letzten Förderperiode der Gemeinsamen Agrarpolitik bundesweit weitgehend stabilisiert hat (BfN, 2017, S. 20 folgend).

Grund hierfür ist nach Einschätzung des Bundesamts für Naturschutz eine ungebremste Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung, durch die extensiv bewirtschaftete und mittlerweile verbreitet auch blütenreiche Grünlandtypen mittlerer Nährstoffgehalte und Bewirtschaftungsintensitäten massiv unter Druck geraten (BfN, 2017, S. 23) und eine anteilige Verschiebung von Extensiv- (überwiegend mit mäßig hohem Naturwert) zu Intensivgrünland stattfindet. Auf der anderen Seite verwildern gleichzeitig jedes Jahr (aufgrund einer fehlenden Bewirtschaftung) etwa 5.000 Hektar an Extensivgrünland zu Gehölzen (UBA, 2017, S. 567). Auch hierdurch sinkt der Anteil an extensiv genutztem Grünland. Die Umwandlung von Grünland in Ackerland, die in Vergangenheit mitverantwortlich für den Verlust an Grünland war, ist dagegen durch die Regelungen auf Bundesebene gestoppt.

4.2 Implikationen auf die Entwicklung des extensiven Grünlands durch die Siedlungsentwicklung, den Energiepflanzenanbau und die Viehhaltung

Die moderne Landwirtschaft kann als Intensivlandwirtschaft bezeichnet werden. Durch den Einsatz von Maschinen, Düngemitteln, Saatgut, Pflanzenschutzmitteln und so weiter konnten weltweit die Ernteerträge und somit die Menge an produzierten Nahrungs- und Futtermitteln über Jahrzehnte hinweg gesteigert werden. In Deutschland hat sich dadurch die Getreideproduktion allein im Zeitraum von 1990 bis 2010 von rund 37,6 Millionen Tonnen auf rund 50 Millionen Tonnen erhöht. Dies entspricht einer Steigerung von mehr als 30 Prozent innerhalb von 20 Jahren. Die Ernteerträge für Getreide haben sich gleichzeitig von 54,1 auf 72,1 Dezitonnen pro Hektar gesteigert. Im Umkehrschluss ist dadurch der Flächenbedarf für den Anbau von Getreide gesunken (Destatis, 2018b; Destatis, 2018c).

Infolge des sinkenden Flächenbedarfs für den Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln kam es – trotz des gleichzeitigen Verlusts an Ackerflächen infolge einer Ausweitung der Siedlungstätigkeiten (von Acker- zu Siedlungsflächen fand zwischen 1990 und 2015 eine Verschiebung von rund 500.000 Hektar statt, UBA, 2017, S. 566) – allerdings nicht zu einer Reduzierung der Ackerfläche. Ein Grund hierfür ist der mit der Förderung und Entstehung der Bioenergiebranche wachsende Bedarf an Flächen für den Anbau von Energiepflanzen. Die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe gibt für den Anbau von Energiepflanzen 2017 einen Flächenbedarf von 2,35 Millionen Hektar an. Alleine auf den Biogassektor fallen hiervon rund 1,4 Millionen Hektar (FNR, 2018). Zwei Drittel dessen wiederum werden zum Anbau von Energiemais genutzt, auf dem anderen Drittel werden andere Energiepflanzen wie Gräser, Getreide, Rüben und Leguminosen angebaut (topagraronline, 2018).

Der Verlust an Ackerflächen durch eine Ausweitung der Siedlungstätigkeiten konnte, vor allem, durch den Umbruch von Grünland kompensiert werden. In Summe ist der Ackerflächenanteil

somit in den vergangenen 20 Jahren bundesweit nahezu stabil geblieben. Dies war allerdings nur zulasten des Grünlands möglich: Der Grünlandanteil ist zwischen 1990 und 2015 um fast 870.000 Hektar zurückgegangen – davon um rund 560.000 Hektar zugunsten der Sicherung des Ackerflächenanteils (UBA, 2017, S. 566).

Somit hat der Anbau von Energiepflanzen indirekt – und im Zusammenspiel mit der gleichzeitigen Ausweitung der Siedlungsflächen zu einem Rückgang der Grünlandfläche geführt. Wie in Abschnitt 4.1 bereits dargestellt worden ist, geschah dies maßgeblich zulasten des Anteils von Extensivgrünland und damit zulasten der Biodiversität. Dieser Trend ist bundesweit zu beobachten.

Unabhängig hiervon ist auch der Viehbestand in Deutschland seit Jahren rückläufig. Zwischen den Jahren 1999 und 2010 ist der Viehbestand bundesweit von rund 14,6 auf 13,0 Millionen Großvieheinheiten zurückgegangen (ISPA, 2012, S. 8). Der Viehbesatz beziehungsweise die Viehdichte ist dagegen infolge des Rückgangs der landwirtschaftlich genutzten Fläche (von rund 18,3 Millionen Hektar in 1999 auf etwa 16,7 Millionen Hektar in 2010) gerade einmal von 0,80 auf 0,78 Großvieheinheiten je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche gesunken. Sie ist somit in dem benannten Zeitraum annähernd konstant geblieben. Allerdings gilt dies nur im bundesweiten Durchschnitt. Der Blick auf die einzelnen Landkreise zeigt, dass entweder durch einen überproportional hohen Rückgang der landwirtschaftlich genutzten Fläche oder durch einen Anstieg des Viehbestands der Viehbesatz in einzelnen Teilregionen Deutschlands in den letzten Jahren sogar zugenommen (ISPA, 2012, S. 17 folgend) und dort zu einer Intensivierung der Grünlandnutzung zulasten des Anteils an Extensivgrünland geführt hat.

Sowohl der Anbau von Energiepflanzen als auch die Viehhaltung haben demnach – direkt oder indirekt – zu einer Intensivierung der Grünlandnutzung und somit zu einer Verringerung des Anteils von extensiv genutztem Grünland geführt. Warum dies aus Sicht des Naturschutzes von Bedeutung ist, wird im folgenden Teilkapitel 4.3 erläutert.

4.3 Wertigkeit des extensiven Grünlands für den Naturschutz

Für den Naturschutz hat Grünland eine besondere Bedeutung. Die Wiesen und Weiden erfüllen eine Reihe von wichtigen Funktionen in der Landschaft. Vor allem sind sie ein Lebensraum für eine Vielzahl unterschiedlicher Pflanzen und Tiere. Über die Hälfte aller in Deutschland vorkommenden Tier- und Pflanzenarten sind dem Grünland zuzuordnen. Wiesen und Weiden tragen damit besonders zum Erhalt der Biodiversität bei. Dabei zählen insbesondere extensiv genutzte Grünlandflächen, wie beispielsweise Kalkmagerrasen, zu den artenreichsten Landnutzungsformen Mitteleuropas. Auf solchen Grünlandflächen besitzt eine Vielzahl von gefährdeten Arten, wie diversen Farn- und Blütenpflanzen, ihr Hauptvorkommen. Gleichzeitig bietet die unterschiedliche Struktur und Blühabfolge vielfältige Tierlebensräume. Wirbeltiere als auch Vögel und Amphibien haben hier ihr Habitat. Dabei erweisen sich die Grünlandflächen auch als wesentliche Elemente des Lebensraumnetzes des Biotopverbunds (Dierschke & Briemle, 2002; BfN, 2014).

Die Artenvielfalt eines Grünlandstandortes hängt neben den spezifischen Standortbedingungen im Wesentlichen von der Art der Bewirtschaftung ab. Der besondere Wert des extensiv genutzten Grünlands folgt aus der deutlich geringeren Bewirtschaftungsintensität. Geringere Düngemittelgaben und Schnitffrequenzen bieten einem größeren Artenspektrum Lebensräume. Während auf intensiv genutztem Grünland nur wenige Arten vorkommen, im Durchschnitt zehn bis 20 Pflanzenarten, führt eine extensive Nutzung zum Anstieg der Artenzahl auf

durchschnittlich 50 und mehr Pflanzenarten. Gleiches gilt für die Eignung als Brut- und Nahrungsraum vieler Tierarten (Dierschke & Briemle, 2002; BfN, 2014).

Grünlandstandorte besitzen aber auch wertvolle Boden- und Gewässerschutzfunktionen. Durch die starke Durchwurzelung und die ganzjährige Vegetationsdecke, die zu einem höheren Humusgehalt des Bodens führt, schützt Grünland die Bodenfunktionen und verhindert Bodenerosion. Dieser Effekt zeigt sich besonders in Hanglagen und Überschwemmungsgebieten. Gleichzeitig wirkt die Wurzeldecke als Filter und schützt das Grundwasser vor Schad- und Nährstoffeinträgen. Für angrenzende Fließgewässer oder Biotope bedeutet die besondere Pufferwirkung von extensiv genutztem Grünland ebenfalls ein vermindertes Einschwemmen von Schad- und Nährstoffen.

Nicht zuletzt stellen Wiesen und Weiden ein typisches Landschaftsbild mit besonderer Erholungsfunktion dar. Durch die Artenvielfalt extensiv genutzter Grünlandstandorte, besonders vielfältiger blühender Arten, werden die Flächen als besonders schön empfunden.

Extensiv genutztes Grünland ist somit von besonderer Bedeutung für den Naturschutz, vor allem für den Erhalt der biologischen Vielfalt sowie den Boden- und Gewässerschutz.

4.4 Greening

Landwirtschaftliche Betriebe erhalten von der Europäischen Union im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik sogenannte Direktzahlungen. Diese bilden die erste Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik. Die Direktzahlungen sind zur Kompensation von Einnahmeausfällen durch zum Teil erheblich schwankende Agrarpreise und als finanzieller Ausgleich für die durch die Landwirtschaft erbrachten gesellschaftlichen Leistungen (wie Naturschutz, Tierschutz und Verbraucherschutz, die nicht über den Markt entgolten werden) vorgesehen (LLH Hessen, 2017).

Mit der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union im Jahr 2013 wurden die Direktzahlungen in Form von Ökologisierungszahlungen an Umweltmaßnahmen geknüpft. Die Verknüpfung der Direktzahlungen mit einer Verpflichtung zur Umsetzung von Umweltmaßnahmen wird als Greening bezeichnet und ist seit 2015 in Deutschland in Kraft. Durch die Ökologisierung sollen die Direktzahlungen noch stärker als bisher an die Erbringung gesellschaftlicher Leistungen gebunden werden. Grundsätzlich regelt das Greening a) die Anbaudiversifizierung, b) den Erhalt von Dauergrünland sowie c) die Anlage von ökologischen Vorrangflächen. Befreit vom Greening sind Betriebe des ökologischen Landbaus, Betriebe, die unter die Kleinerzeugerregelung fallen sowie Betriebe, die bestimmte prozentuale Flächenanbauverhältnisse einhalten. Die mit den Ökologisierungszahlungen verbundenen Forderungen sind je nach Bundesland unterschiedlich geregelt, gleichen sich aber in vielen Punkten. Als Beispiel hierfür sind in Tabelle 2 die Regeln für die Handhabung von Stilllegungsflächen als Maßnahme zur Schaffung und Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen in den beiden Bundesländern Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen vergleichend gegenübergestellt.

Tabelle 2 Vergleich der mit den Ökologisierungszahlungen verbundenen Forderungen am Beispiel von Stilllegungsflächen in Niedersachsen und in Nordrhein-Westfalen

	Niedersachsen (agrarheute, 2015)	Nordrhein-Westfalen (LWK NRW, 2014)
Voraussetzung	<i>Ackerland</i>	<i>guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand der Fläche</i>
Nutzung	<i>keine landwirtschaftlicher Erzeugung</i> <i>Aussaat und Pflanzung mit Ernte im Folgejahr</i> <i>oder durch Schafe oder Ziegen</i>	<i>keine Nutzung</i>
Pflege	<i>mindestens einmal jährlich zerkleinern und verteilen oder mähen und abfahren</i>	<i>mindestens einmal jährlich zerkleinern und verteilen oder mähen und abfahren</i>
Sperrfrist	<i>01.04. - 30.06.</i>	<i>01.04. - 30.06.</i>

Insgesamt hat Deutschland eine Fläche von 1,35 Millionen Hektar als sogenannte Ökologische Vorrangfläche umgewandelt (Pietsch, 2019). Diese Vorrangflächen stellen neben der Erhaltung des Dauergrünlands und der Fruchtartenvielfalt die Grundlage des Greenings, um eine nachhaltigere Agrarwirtschaft zu verfolgen (BMEL, 2019).

Eine nennenswerte Neuerung aus Sicht des Naturschutzes ist die Bewilligung von zusätzlichen Geldern aus den Förderprogrammen der zweiten Säule, für nachhaltige Bewirtschaftung und ländliche Entwicklung, um die Grünlandstandorte mit besonderer Bedeutung zu sichern (BfN, 2019). Durch diese finanziellen Mittel ist der gegenwärtige Erhalt dieser Flächen verstärkt gewährleistet. Des Weiteren ist bei der Grünlanderneuerung zu beachten, dass die Fläche ab der Neuanlage mindestens für fünf folgende Jahre ausschließlich für die Erzeugung von Grünfütterpflanzen und Gras verwendet werden darf (StMELF, 2019, S. 7).

Die Diskussion über das naturschutzfachlich optimierte Greening wird jedoch ambivalent geführt. Der Naturschutzbund Deutschland sieht nur geringe Erfolge in Bezug auf die Greening-Auflagen. Um die Artenvielfalt zu sichern beziehungsweise den Artenschwund zu verhindern, müssen die Auflagen aus seiner Sicht verschärft werden. Bedeutsam wären strengere Richtlinien besonders für den Erhalt von Insekten- und Vogelpopulationen. Das betrifft insbesondere Grünlandflächen. Stärkere Maßnahmen seien auch hinsichtlich Ökologischer Vorrangflächen von immenser Bedeutung. (NABU, 2019). Bisläng seien diese in hohem Maße ineffizient und entfalten kaum Mehrwert für die Biodiversität (BfN, 2017). Gleiches gelte auch für Maßnahmen zum Schutz wertvollen Dauergrünlands sowie die Anbaudiversifizierung zur Förderung der Biodiversität (BfN, 2017, S. 1).

Diese Meinung teilt auch der Europäische Rechnungshof. Der Hauptaspekt, eine umweltorientierte Landwirtschaft zu erzielen, sei nicht erfüllt (Friedrich, Europäischer Gerichtshof prangert Greening-Milliarden als uneffektiv an, 2019). Deshalb sollte die Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union nach (Bongardt, 2019) nur noch Strategien mit effizienteren Aussichten unterstützen.

Die Kommission der Europäischen Union im Juni 2018 ein Legislativpaket zur Gemeinsamen Agrarpolitik vorgelegt. Darin sollen sich die Direktzahlungen zukünftig stärker an den erzielten Ergebnissen orientieren und gesellschaftliche Leistungen insbesondere bei Klima-, Umwelt-

und Naturschutz stärker honorieren. Gleichzeitig soll die Gemeinsame Agrarpolitik grundsätzlich vereinfacht werden (BMEL, 2018a). Inwiefern die Änderungen einen naturschutzfachlichen Vorteil in der Praxis bewirken, bleibt abzuwarten.

Das Legislativpaket der Kommission sieht vor, dass die Direktzahlungen auch weiterhin das wichtigste Element der Gemeinsamen Agrarpolitik für die Jahre 2021 bis 2027 bleiben. Eine Kürzung der Zahlungen, insbesondere für größere Betriebe, ist derzeit in Diskussion. Die für die nächste Förderperiode vorgesehenen Kürzungen des EU Agrarbudgets als Ganzes resultieren vor allem aus dem Austritt des Vereinigten Königreichs sowie einer grundsätzlichen Verschiebung der Prioritäten der Europäischen Union (Migration, Außengrenzen, digitale Wirtschaft, Verkehr). Für die erste Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik bedeutet dies voraussichtlich eine Kürzung der Zahlungen um etwa fünf Prozent. Gleichzeitig soll den Mitgliedstaaten nach dem Subsidiaritätsprinzip künftig mehr Verantwortung übergeben werden. Das bedeutet: Die Europäische Union soll lediglich den Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik setzen – für das „Wie“ sind die Mitgliedstaaten innerhalb ihrer nationalen Spielräume selbst verantwortlich. Dies soll dazu führen, dass die Strategiepläne und Maßnahmen auf nationaler Ebene besser an die Gegebenheiten in den Mitgliedstaaten angepasst werden können und somit eine höhere Flexibilität in der Gemeinsamen Agrarpolitik erzielt werden kann. Die bisherigen Ökologisierungszahlungen im Rahmen des Greenings sollen stärker an Bedingungen (sogenannte Konditionalität) geknüpft und außerdem durch Programme für Klima und Umwelt ersetzt werden. Verpflichtungen im Bereich Umwelt und Klima sollen zudem aus dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums finanziert werden (EP, 2018).

Kritik an den Vorschlägen der Kommission bezieht sich vor allem auf die geplanten Mittelkürzungen sowie die derzeit in Diskussion stehende verbindliche Obergrenze der Beihilfen. Zudem wird von den Kritikern befürchtet, dass sich durch die Verlagerung von Verantwortlichkeiten auf die Mitgliedstaaten ein höherer Verwaltungsaufwand ergibt. Die deutsche Landwirtschaftsministerin Klöckner begrüßt dagegen das neue Umsetzungsmodell, da es den unterschiedlichen Bedürfnissen und Strukturen in den Mitgliedstaaten Rechnung trage. Ebenso spricht sie sich für eine stärkere Bindung der Zahlungen an die Umweltleistungen aus. Allerdings dürfe der Bürokratieaufwand für die Landwirte durch die stärkere Förderung von Umwelt- und Klimaleistungen nicht zunehmen. Stattdessen müssten die Landwirte durch eine weitere Vereinfachung der Gemeinsamen Agrarpolitik von der Bürokratie entlastet werden. Die Ziele der Gemeinsamen Agrarpolitik könnten zudem nur mit einer ausreichenden Finanzierung erreicht werden. Damit spricht auch sie sich grundsätzlich gegen die geplante Kürzung der Zahlungen aus (BMEL, 2018b; BMEL, 2018c).

In Bezug auf die Entwicklung der Greening-Auflagen sehen die Landwirtschaftsminister der Europäischen Union den Schutz des Dauergrünlands künftig in Gefahr – insbesondere ohne detaillierte Information über den Brexitverlauf sowie über die künftigen Haushaltsgelder ab 2020 für den Agrarsektor (Friedrich, 2019). Obwohl die spezifische Weiterentwicklung des Erhalts von Dauergrünland ungewiss ist, sollten Aspekte des Greenings grundsätzlich auch nach 2020 (als voraussichtlicher Zeitpunkt des Endes der Greening-Regelungen) beibehalten werden. Die Erhaltung, der Schutz und die Förderung der Grünlandflächen sowie der Dauergrünlandflächen, insbesondere in Natura-2000-Gebieten, sei hierbei maßgebend (BUND, 2019). Ergänzend dazu solle das Pflug- und Umbruchverbot weiter integriert werden (Jasper, 2019).

5. Auswahl von Beispielanlagen

Inwiefern die Kosten des Naturschutzes durch die Nutzung von Landschaftspflegegras in Biogasanlagen (teilweise) gesenkt werden können, ist eine Frage, die pauschal nicht beantwortet werden kann. Sie erfordert vielmehr eine umfassende Auseinandersetzung mit den Rahmenbedingungen, unter denen der Anlagenbetrieb stattfindet.

Aus diesem Grund werden aus dem Biogasanlagenbestand vier Beispielanlagen ausgewählt, mit deren Hilfe in den nachfolgenden Kapiteln technische, wirtschaftliche sowie naturschutzbezogene Fragestellungen am konkreten Fallbeispiel untersucht werden können.

Die Auswahl der Beispielanlagen erfolgt systematisch, um die in den Fallbeispielen erzielten Ergebnisse am Ende auf den Anlagenbestand übertragen zu können. Hierzu wird in den nächsten Abschnitten der gesamte Biogasanlagenbestand hinsichtlich der bestehenden Flächensituation (systematisch) untersucht. Berücksichtigt werden hierbei insbesondere der Flächenbedarf der Biogasanlagen sowie der Futtermittelbedarf durch die Viehhaltung im Sinne eines Flächendrucks. Zusätzlich wird die Wertigkeit besonders der Grünlandflächen für den Naturschutz (auf Basis von Flächenindikatoren, wie der Reliefenergie und der Landschaftsstruktur) in die Betrachtungen mit einbezogen.

Schließlich wird die Auswahl der Beispielanlagen erläutert, bevor am Ende des Kapitels alle vier Beispielanlagen einzeln vorgestellt werden. Die Vorstellung der Beispielanlagen erfolgt aus Gründen des Datenschutzes anonymisiert.

5.1 Biogasanlagenbestand

Der aktuelle Biogasanlagenbestand beläuft sich derzeit auf rund 8.750 Anlagen und eine kumulierte elektrische Leistung von rund 5.000 Megawatt. Klassisch werden Biogasanlagen anhand der Leistung und der Einsatzstoffe unterteilt. Hintergrund dafür sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen, die durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz vorgegeben wurden und werden. Trotz der Änderungen von Einsatzstoffklassen und Vergütungshöhen durch die Novellierungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes lassen sich vier Hauptgruppen von Anlagentypen unterscheiden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3 Biogasanlagenbestand im Jahr 2018 (Quelle: DBFZ Hochrechnung Szenario SZ 1 Ref.)

	Gülleklein- anlagen	NawaRo- BGA	Biomethan- anlagen	Abfall-BGA	Summe
Anzahl [n]	421	7.998	212	116	8.747
Kumulierte Leistung [MW _{el}]	31,6	4.294,8	534,4	98,2	4.959
Anzahl [%]	4,8	91,4	2,4	1,3	100
Kumulierte Leistung [%]	0,6	86,6	10,8	2,0	100

Güllekleinanlagen dürfen nicht mehr als 20 Prozent ihres Substratbedarfs mit Mais oder Getreidekorn decken und die elektrische Leistung ist innerhalb der Vergütungskategorie auf 75 Kilowatt begrenzt. Aufgrund der geringen Leistung stellen diese Anlagen in Bezug auf die insge-

samt installierte Leistung den kleinsten Teil der Biogasanlagen dar. Durch den hohen Wärmebedarf der Anlagen können außerdem nur geringe Mengen an Wärme extern genutzt werden. Dieses ist meist direkt innerhalb des Betriebs, in Wohn- und Arbeitsgebäuden möglich.

Den größten Teil der Anlagen stellen mit etwa drei Viertel des Anlagenbestands die NawaRo-Anlagen dar. Deren primäres Substrat besteht aus Mais, der durch Ganzpflanzensilage, Gras und Gülle beziehungsweise Mist ergänzt wird. In Summe wird in diesen Anlagen zudem auch die größte Menge an Gülle eingesetzt. Aufgrund früherer Strukturen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes beträgt die durchschnittliche Anlagengröße circa 500 Kilowatt. Dabei reicht die Spanne von 150 Kilowatt bis zu über 1.000 Kilowatt. Hierbei steht die Stromproduktion im Vordergrund. Je nach Anlage werden 20 bis 25 Prozent der produzierten Wärme zur Wärmeversorgung innerhalb der Anlage benötigt. Der Rest steht für eine externe Wärmeversorgung zur Verfügung. Dabei ergibt sich auf Grund der unterschiedlichen, zum jeweiligen Zeitpunkt der Inbetriebnahme geltenden Regelungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und der lokalen Lage der Biogasanlagen ein sehr heterogenes Bild der Wärmenutzung.

Ab einer Rohgaskapazität von 630 Normkubikmetern pro Stunde sind vereinzelt Biogasanlagen auch mit einer Aufbereitung und Gaseinspeisung ausgestattet. In Deutschland gibt es derzeit 212 Anlagen mit Aufbereitung zu Biomethan, die verschiedene Energiesektoren bedienen (FNR, 2018).

Die vierte Hauptgruppe von Biogasanlagen sind Abfallanlagen, die ebenfalls aufgrund der teuren Anlagentechnik und höherer Genehmigungsaufgaben eher im oberen Leistungsbereich angesiedelt sind. Für eine Abfallnutzung muss der Abfall zum Teil thermisch hygienisiert werden, weswegen sich die Kombination mit Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen anbietet. Dennoch ist bei großen Anlagen eine zusätzliche Veräußerung der überschüssigen Wärme möglich. Abfallanlagen wie auch Güllekleinanlagen werden in dem aktuellen Erneuerbare-Energien-Gesetz gesondert behandelt und müssen nicht zwingend über das Ausschreibungsmodell um eine Vergütung bieten.

Der vorliegende Bericht bezieht sich im Weiteren ausschließlich auf die landwirtschaftlichen Anlagen, die das Gros des Anlagenbestands darstellen. Die Abfallbiogasanlagen werden im Weiteren nicht betrachtet.

5.2 Flächenbedarf der Biogassubstrate

Für den Betrieb von Biogasanlagen wird rechnerisch je Kilowatt installierter elektrischer Leistung pro Jahr etwa der Ertrag eines halben Hektars Silomais oder 0,8 bis 1,2 Hektar Grünland benötigt – wobei der Flächenbedarf in Abhängigkeit vom erzielten Biomasseertrag je Hektar und damit von den jeweiligen Gegebenheiten, wie der Bodenqualität, schwankt (Hartmann, 2008).

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe gibt hierzu ein konkretes Beispiel: Für eine durchschnittliche Biogasanlage mit einer installierten elektrischen Leistung von 500 Kilowatt kalkuliert sie einen Bedarf an Ackerfläche von insgesamt 179 Hektar für den Anbau von Mais und Getreide und einen Bedarf an Grünland von 42 Hektar für den Anbau von Gras (Tabelle 4). Zusätzlich werden in dem Beispiel etwa 2.200 Tonnen an Rindergülle benötigt, was der Güllemenge von rund 110 Milchkühen entspricht (FNR, 2014).

Tabelle 4 Flächenbedarf einer 500-kW-Beispielanlage (FNR, 2014)

	Maissilage	Getreide GPS	Grassilage	Gesamt
Menge	6.500	1.100	1.100	8.700
Flächenertrag [Ø t FM/ha]	50	40	30	
Fläche [ha]	148	31	41	221
Flächenbedarf [ha/kW _{el}]	0,30	0,06	0,08	0,44

Für den Anbau der Biogassubstrate ergibt sich aus den Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe demnach ein leistungsspezifischer Flächenbedarf von 0,44 Hektar je Kilowatt installierter elektrischer Leistung für eine durchschnittliche Biogasanlage – hiervon 0,36 Hektar an Ackerfläche und 0,08 Hektar an Grünland.

5.3 Konkurrenz um die Nutzung von Grünland durch die Viehhaltung

Wie bereits in Teilkapitel 4.2 beschrieben, hat sich die Viehdichte seit mehreren Jahren – trotz rückläufiger Viehzahlen und aufgrund der gleichzeitigen Abnahme der landwirtschaftlich genutzten Fläche – im bundesweiten Durchschnitt nur geringfügig verringert. In etwa 30 Prozent der Landkreise (vor allem im Nordwesten und Osten Deutschlands) ist die Viehdichte in den letzten Jahren gestiegen (vergleiche Abbildung 1) – dies zumeist infolge von Betriebserweiterungen oder Neuerrichtungen von wenigen großen Viehhaltungsbetrieben (ISPA, 2012, S. 17).

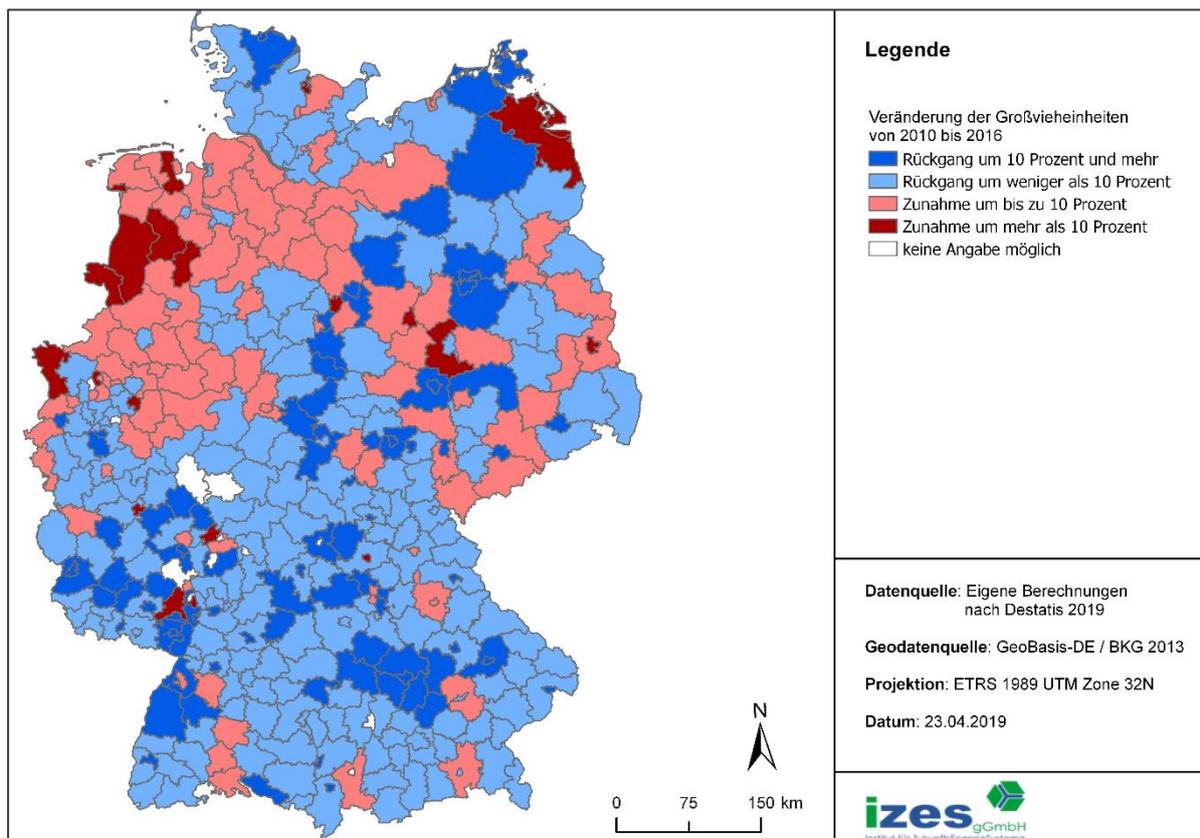


Abbildung 1 Entwicklung der Großvieheinheiten in Deutschland von 2010 bis 2016 nach Landkreis

Allerdings zeigt sich bundesweit eine zunehmende Zentralisierung in der Viehhaltung: Wurden im März des Jahres 2010 noch 216.000 landwirtschaftliche Betriebe mit Tierhaltung registriert, sind es sechs Jahre später im Jahr 2016 nur noch 185.000 Betriebe. Die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe mit 100 und mehr Großvieheinheiten ist im gleichen Zeitraum von etwa 37.000 auf 39.000 Betriebe angewachsen. Der Anteil kleinerer Viehhaltungsbetriebe hat sich dagegen verringert (Destatis, 2019). Dieser Trend wird sich voraussichtlich auch in den nächsten Jahren fortsetzen (DZBANK, 2017).

Ausgehend von einem bundesweiten Viehbestand von etwa 13 Millionen Großvieheinheiten im Jahr 2016 (vergleiche Tabelle 5) ergibt sich rechnerisch für die Grasfütterung von Rindern und Schafen ein aktueller Flächenbedarf von etwa 7,8 Millionen Hektar Grünland (Raufutterbedarf). Dies ist zur groben Orientierung eine rein rechnerische Größe für Grünlandflächen mittlerer Intensität sowie gemittelten Bedarfen an Tierfutter für verschiedene Tierrassen. Hierbei nicht berücksichtigt sind der zusätzliche Anbau von Futtergräsern (zum Beispiel Weidelgras) oder von Futterpflanzen auf Ackerland sowie der Zukauf von importiertem Futter.

Tabelle 5 Rechnerisch ermittelter Flächenbedarf an Grünland für die Fütterung von Rindern und Schafen (BZL, 2017, S. 95; Destatis, 2017, S. 16; TLL, 2010, S. 4 folgend; TLL, 2010, S. 5; KTBL, 2018, S. 4)

	Großvieheinheiten	Umrechnungsschlüssel	Viehbestand	Spezifischer Futterflächenbedarf (Grünland)	Futterflächenbedarf (Grünland)
Insgesamt	12.954.400				7.826.300 ha
Milchkühe	7.426.000	1,00	7.426.000	0,53 ha/Tier	3.935.800 ha
Sonstige Rinder	2.229.300	0,58	3.843.600	0,76 ha/Tier	2.921.100 ha
Zuchtsauen	1.487.600	0,50	2.975.200	0 ha/Tier	0 ha
Sonstige Schweine	2.434.900	0,21	11.594.800	0 ha/Tier	0 ha
Schafe	723.400	0,10	7.234.000	0,134 ha/Tier	969.400 ha
Geflügel	2.227.700	0,004	556.925.000	0 ha/Tier	0 ha

Für die Umrechnung der in der Tabelle angegebenen Großvieheinheiten in Viehzahlen sowie für die Ermittlung des Futterflächenbedarfs sind aus Gründen der Vereinfachung aus den Angaben der zitierten Literatur Durchschnittswerte gebildet worden. Der ermittelte Futterflächenbedarf ist somit als grobe Orientierungsgröße zu sehen. Er entspricht nicht zwangsläufig der realen Situation. Dennoch ermöglicht er eine grobe Einordnung, in welchem Umfang Grünland zur Fütterung in der Viehwirtschaft aktuell genutzt wird.

Bei einem Viehbestand von rund 13 Millionen Großvieheinheiten und einem Bedarf zur Grasfütterung von 7,8 Millionen Hektar Grünland ergibt sich rechnerisch ein spezifischer Flächenbedarf von 0,60 Hektar Grünland je Großvieheinheit. Wird der Futterflächenbedarf nur auf die Rinder und Schafe bezogen (10,4 Millionen Großvieheinheiten), erhöht sich der spezifische Flächenbedarf rechnerisch von 0,60 auf 0,75 Hektar Grünland je Großvieheinheit.

5.4 Grünlandsituation im Umfeld der bestehenden Biogasanlagen

Aufbauend auf den beiden vorausgehenden Kapiteln soll im Folgenden die Flächensituation mit Blick auf das Grünland im direkten Umfeld der bestehenden Biogasanlagen bewertet werden. Als Grundlage hierfür werden die Informationen zum Standort der Biogasanlagen aus dem Anlagenregister der Bundesnetzagentur (BNetzA, 2019) verwendet. Diese wurden mit dem Datenbestand des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik abgeglichen und im Rahmen des vorliegenden Berichts überarbeitet. Betrachtet werden alle als landwirtschaftliche Biogasanlage (ausgewiesene Anlagen inklusive Biogaseinspeiseanlagen), insofern ihnen anhand der Adresse oder der Koordinaten ein exakter Standort zugeordnet werden kann. Dies trifft auf 6.652 landwirtschaftliche Biogasanlagen und damit auf knapp zwei Drittel des Anlagenbestands zu.

Für die 6.652 landwirtschaftlichen Biogasanlagen werden im Rahmen einer flächenscharfen GIS-Analyse jeweils die vier folgenden Fragen beantwortet:

1. Wieviel Grünland befindet sich im Umkreis von zehn Kilometer um die Anlagen?
2. Wieviel des Grünlands wird theoretisch zur Versorgung der Biogasanlage(n) benötigt?
3. Wieviel des Grünlands wird theoretisch zur Viehhaltung benötigt?
4. Übersteigt der theoretische Bedarf an Grünland infolge der Biogaserzeugung und Viehhaltung das Grünlandvorkommen im 10-Kilometer-Umkreis um die jeweilige Biogasanlage oder ergeben sich stattdessen zusätzliche Potenziale zur Steigerung des Anteils der Grünlandflächen im Zugriff der Biogasanlage?

Der Umkreis wurde auf zehn Kilometer festgelegt, nachdem im Gespräch mit mehreren Biogasanlagenbetreibern unter den derzeitigen Rahmenbedingungen (Transportkosten) zehn Kilometer als maximal sinnvolle Transportentfernung im Anlagenbetrieb genannt worden sind. Lediglich bei größeren Flächenverbänden (zehn Hektar und mehr) seien die Bewirtschaftung und der Transport über größere Entfernungen zum Biogasanlagenstandort mitunter sinnvoll.

Punkt 1 – Grünland im Umkreis der Biogasanlagenstandorte

Zur Ermittlung des Grünlands im 10-Kilometer-Umkreis der Anlagen, wird der Datenbestand CLC10 des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie innerhalb eines Abstandes von zehn Kilometern um die Anlagen herum ausgewertet. Als Grünland werden dabei gemäß der Nomenklatur von CORINE alle Standorte mit dem Code 231 in die Betrachtung mit einbezogen (BKG, 2012). Das Ergebnis dessen ist eine Liste der 6.652 Biogasanlagen mit Angabe der jeweiligen Fläche der im 10-Kilometer-Umkreis befindlichen Grünlandstandorte.

Punkt 2 – Versorgung der Biogasanlagen mit Grünland

Hierauf aufbauend kann die Bemessungsleistung der Biogasanlagen auf die im Umkreis der jeweiligen Anlage befindlichen Grünlandstandorte übertragen werden. Liegt dabei einer dieser Standorte im Umkreis mehrerer Biogasanlagen, gehen die Bemessungsleistungen der betroffenen Biogasanlagen flächengewichtet in die Berechnung ein.

Anschließend lässt sich hieraus für jeden 10-Kilometer-Umkreis eine ‚effektive‘ Bemessungsleistung ermitteln, die nicht nur die Leistung der Biogasanlage im Zentrum des Kreises, sondern auch den Einfluss der umliegenden Biogasanlagen umfasst. Hierzu werden die Bemessungsleistungen der Einzelgrünlandstandorte innerhalb des 10-Kilometer-Umkreises um die jeweilige Biogasanlage aggregiert. Dies erfolgt wiederum gewichtet nach dem Anteil des jeweiligen Grünlandstandorts an der gesamten Grünlandfläche innerhalb des Umkreises.

Werden die auf diese Weise ermittelten Leistungen mit dem Flächenbedarf einer durchschnittlichen Biogasanlage (0,08 Hektar pro Kilowatt, vergleiche Teilkapitel 5.2) multipliziert, lässt sich daraus bestimmen, wieviel Grünland – unter der Annahme, dass sich alle Biogasanlagen wie die in Teilkapitel 5.2 beschriebene Modellanlage verhalten und nur Grünlandstandorte mit einer Entfernung zur Biogasanlage von maximal zehn Kilometern Luftlinie berücksichtigt werden – innerhalb des jeweiligen 10-Kilometer-Umkreises theoretisch zur Versorgung der Biogasanlagen benötigt wird.

Hierbei zeigt sich, dass unter den vorgenannten Annahmen für den Betrieb der Biogasanlagen im Durchschnitt lediglich rund elf Prozent der vorhandenen Grünlandflächen im Umkreis von zehn Kilometern benötigt werden. Die Extremwerte liegen im Bereich von 50 Prozent. Keine der untersuchten Biogasanlagen übersteigt demnach das vorhandene Flächenpotenzial.

Punkt 3 – Nutzung des Grünlands für die Viehhaltung

Als nächstes soll der Bedarf an Grünland durch die Viehhaltung (insbesondere Rinder und Schafe) untersucht werden. Hierzu wird im ersten Schritt die Viehdichte, die im ‚Atlas Agrarstatistik NRW‘ flächendeckend für Deutschland in einem 5-Kilometer-Raster abgerufen werden kann (Destatis, 2016), auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen innerhalb des 10-Kilometer-Umkreises um die Biogasanlagenstandorte übertragen.

Da im Atlas Agrarstatistik NRW Wertebereiche und keine exakten Viehdichten angegeben sind (zum Beispiel Wertebereich 1 sind 0 bis 50 Großvieheinheiten je 100 Hektar landwirtschaftlich genutzte Fläche), wird im Folgenden vereinfachend mit den Mittelwerten der angegebenen Wertebereiche gerechnet.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche innerhalb der 10-Kilometer-Umkreise wird wiederum aus dem Datenbestand CLC10 abgeleitet. Hierbei werden alle Flächen mit dem Code 211, 221, 222, 231, 242 und 243 berücksichtigt (BKG, 2012).

Im nächsten Schritt kann durch die Multiplikation der landwirtschaftlich genutzten Flächen mit der Viehdichte der Viehbestand (in Großvieheinheiten) innerhalb der 10-Kilometer-Umkreise um die Biogasanlagen herum ermittelt werden.

Um hieraus einen Bedarf an Grünland zu bestimmen, müssen die Großvieheinheiten in Milchkühe, sonstige Rinder und Schafe (vergleiche Struktur in Tabelle 5) unterteilt und unter Verwendung der in Tabelle 5 gelisteten Umrechnungsschlüssel in Viehzahlen umgerechnet werden. Zudem sind die in derselben Tabelle angegebenen Flächenbedarfe anzuwenden.

Die Unterteilung der Großvieheinheiten nach Tierart erfolgt vereinfachend auf Grundlage eines regionalen Schlüssels auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte. Die Datenbasis hierzu liefert die Agrarstrukturerhebung 2016 (Destatis, 2019).

Im Ergebnis liegen Angaben dazu vor, wieviel Grünland jeweils im 10-Kilometer-Umkreis der 6.652 Biogasanlagenstandorte rechnerisch durch die Viehhaltung beansprucht wird.

Die Auswertung zeigt, dass im Durchschnitt etwa die 2,8-fache Fläche des vorhandenen Grünlands im 10-Kilometer-Umkreis der Biogasanlagen notwendig ist, um den entsprechenden Futterbedarf zu decken. In lediglich 8,6 Prozent der Fälle liegt das vorhandene Flächenpotenzial der Grünlandstandorte über dem Futterflächenbedarf der Viehwirtschaft.

Punkt 4 – Potenziale für eine Erhöhung der energetischen Nutzung des Grünlands

Werden die ermittelten Flächenbedarfe, die sich für das Grünland aus der Biogaserzeugung sowie der Viehhaltung im Umkreis der Biogasanlagenstandorte ergeben, summiert, ergibt sich die in Abbildung 2 dargestellte Verteilung: Lediglich 6,9 Prozent der untersuchten Standorte weisen ein theoretisches Potenzial zur Steigerung der Grünlandnutzung zur Biogaserzeugung auf. In 93,1 Prozent der Fälle übersteigt dagegen der rechnerisch ermittelte Flächenbedarf (zur Bereitstellung von Futtermitteln für die Viehhaltung und von Grünschnitt für die Biogaserzeugung) das Flächendargebot im Umkreis der untersuchten Biogasanlagenstandorte. Dies gilt insbesondere für die etablierten Viehhaltungsregionen.



Abbildung 2 Bedarf an Grünland im Verhältnis zur Verfügbarkeit von Grünland im 10-Kilometer-Umkreis der untersuchten Anlagenstandorte (eigene Abbildung)

Wird davon ausgegangen, dass der Viehbestand in Zukunft weiter rückläufig ist und sich der Bestand an Grünland gleichzeitig stabilisieren sollte, könnte sich in den nächsten Jahren besonders an den Standorten, an denen heute gegenüber dem bestehenden Flächendargebot nur ein geringer Mehrbedarf an Grünland besteht, ein zusätzliches freies Potenzial zur energetischen Nutzung des Grünlands ergeben. Dies betrifft 16,7 Prozent der Anlagenstandorte, werden die Standorte mit einem Nutzungsverhältnis von Grünlandbedarf und -verfügbarkeit von 150 Prozent einbezogen (vergleiche Abbildung 2).

5.5 Naturschutzbezogene Flächenkriterien

Bundesweite Angaben über die räumliche Verteilung von Grünlandflächen liegen in unterschiedlichen Datensätzen vor. Informationen beinhalten das Digitale Basis-Landschaftsmodell (AAA-Modellierung), CORINE Land Cover und OpenStreetMap.

Das Digitale Basislandschaftsmodell (AAA) umfasst die Abgrenzung topographischer Objekte der Landschaft im Vektorformat auf der Grundlage des AFIS-ALKIS-ATKIS-Datenmodells und der Festlegungen des ATKIS-Objektartenkatalogs Basis-DLM. Dort ist dem Thema Vegetation die Ebene „VEG01 - Landwirtschaftliche Nutzfläche“ zugeordnet. Innerhalb der hier lokalisier-

ten Objektart „Landwirtschaft“ wird gemäß Objektartenkatalog das Grünland als Werteartnummer 1020 geführt. Definiert ist Grünland an dieser Stelle als eine Grasfläche, die gemäht oder beweidet wird.

Informationen des CORINE Land Cover basieren auf digitalen Satellitenbildern, die hinsichtlich der Flächennutzung ausgewertet werden. Die Daten eignen sich besonders, da sie standardisiert erhoben werden und kostenfrei nutzbar sind. In der Hauptklasse Grünland werden Wiesen und Weiden zusammengefasst. Zudem wird natürliches Grünland, außerhalb landwirtschaftlicher Fläche unterschieden.

Die OpenStreetMap-Daten weisen ebenfalls zum Teil detaillierte Informationen zu Grünlandflächen auf. Damit ist eine weiterführende Differenzierung von Grünlandstandorten, beispielsweise nach Art der Nutzung, der Ökologie oder anderen Eigenschaften grundsätzlich möglich. Allerdings ist gegenwärtig festzustellen, dass die Daten bisher nur sehr eingeschränkt zusätzliche flächendeckende Informationen beinhalten.

Angaben zum Naturschutzwert von Grünlandflächen liegen demnach nicht flächendeckend vor. Die relative naturschutzbezogene Wertigkeit von Grünland kann aber über eine Reihe von Kriterien abgeleitet werden. In Anlehnung an die Kriterien der HNv bieten die Reliefenergie, Landschaftsstruktur sowie Höhenlage Ansatzpunkte. Zudem bietet sich die Berücksichtigung von Schutzgebieten, des Biotopverbundes und besonderen Ausprägungen (sofern bekannt) als weitere Kriterien an. Die folgende Tabelle 6 gibt einen Überblick zur Eignung und die für die Auswertungen festgesetzten Wertigkeiten der Kriterien.

Tabelle 6 Überblick der Kriterien zur Indikation naturschutzbezogener Wertigkeit von Grünland

Kriterium	Erläuterung	Ausprägungen	Wertpunkte	Datengrundlage
Schutzgebiete	<i>Innerhalb ausgewiesener Schutzgebiete sind bestimmte Nutzungen gemäß der jeweiligen Schutzgebietsverordnung reguliert. Je nach Schutzstatus ist anzunehmen, dass auch vorkommendes Grünland Nutzungseinschränkungen unterliegt. Insbesondere, wenn die Flächen wertvolle Lebensräume darstellen.</i>	Nationalpark, Naturschutzgebiet Vogelschutzgebiet, Biosphärenreservat Kernzone	2	<i>Bundesamt für Naturschutz (BfN)</i>
		Naturpark, Landschaftsschutzgebiet, FFH-Gebiet, Biosphärenreservat Entwicklungszone	1	
		Biosphärenreservat Pflegezone	0	
Reliefenergie	<i>In besonders reliefierten Gebieten, sind Grünlandflächen häufig von geringerer Größe und in Hanglagen. Diese Flächen werden i.d.R. mit geringerer Intensität bewirtschaftet (Goldberg, 2013).</i>	starke Reliefenergie	2	<i>BKG (DGM)</i>
		mittlere Reliefenergie	1	
		geringe Reliefenergie	0	
Landschaftsstruktur	<i>In Gebieten mit einer hohen Nutzungsvielfalt und kleinräumigen Struktur ist das Vorkommen wertvoller Grünlandstandorte wahrscheinlicher. Besonders kräuter- und blütenreiche Flächen weisen regelmäßig kleine Größen auf und liegen vermutlich in strukturreichen Landschaften. Damit</i>	hohe Nutzungsvielfalt	2	<i>DLM</i>
		mittlere Nutzungsvielfalt	1	
		geringe Nutzungsvielfalt	0	

Kriterium	Erläuterung	Ausprägungen	Wertpunkte	Datengrundlage
	<p>besitzen sie auch eine höhere Grenzliniendichte und mehr Säume. Zudem ist die Intensität der Bewirtschaftung mit abnehmender Flächengröße geringer (Goldberg, 2013).</p> <p>(In Anlehnung an die Ergebnisse des BfN-Forschungsvorhabens „Szenarien für den Ausbau Erneuerbaren Energien aus Naturschutzsicht“)</p>			
Höhenlage	<p>Grünlandflächen in höheren Lagen weisen häufig ein vermehrtes Artenvorkommen auf.</p> <p>„Wertvollere HNV-Flächen kommen [...] hauptsächlich in den Mittelgebirgen vor. [...] Flächen mit HNV-Wertstufe I liegen fast ausschließlich über 500 m und auch viele Flächen mit HNV-Wertstufe II und III liegen über 400 m ü. NN“ (Goldberg, 2013).</p>	<p>> 500 m ü NN</p> <p>< 500 m ü NN</p>	<p>1</p> <p>0</p>	<p>BKG</p> <p>(DGM)</p>
Besondere Ausprägung	<p>Der Datensatz CLC beinhaltet eine Reihe zusätzlicher Informationen zur Unterscheidung von Grünlandstandorten. Diese weisen regelmäßig per Definition auf wertvolle Grünlandbestände hin.</p> <p>Ausgewiesen sind Streuobstwiesen, natürliches Grünland (außerhalb landwirtschaftlicher Standorte), Moore und feuchte Standorte.</p>	<p>Obst- und Beerenobstbestände (Streuobstwiesen) CLC 222</p> <p>Wiesen und Weiden CLC 231</p> <p>Natürliches Grünland CLC 321</p> <p>Torfmoore CLC 412</p>	<p>2</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>2</p>	<p>CLC</p>

Weitere Kriterien, die Aufschluss über den Naturschutzwert beziehungsweise die Naturnähe von Grünlandflächen geben können, wie die Schlaggröße, Gewässerdichte, Strukturelemente, die Bewirtschaftung und Nährstoffversorgung oder der Standorttyp (Bodenfeuchte, Wasserhaltekapazität und so weiter) können aufgrund fehlender Datengrundlagen nicht berücksichtigt werden.

Anhand der vorliegenden, in Tabelle 6 aufgeführten, Geodaten erfolgt eine GIS-gestützte Analyse der Wertpunkte jeder im CLC enthaltenen Grünlandfläche. Dazu werden die verschiedenen Kriterien in Rasterdaten umgewandelt, deren 100x100 m großen Zellen den jeweiligen Wertpunkt des Kriteriums erhalten. Im nächsten Schritt wird die Summe aller sich überlagernder Kriterien für jede Zelle ermittelt und für das Untersuchungsgebiet mit einem 10-Kilometer-Radius um die Anlagenstandorte aggregiert.

Die einzelnen Summenwerte werden anschließend mit den Grünlandflächen aus dem CO-RINE Land Cover verschnitten und auf einen Hektar Grünland heruntergebrochen. Im Ergebnis liegt eine räumlich differenzierte Bewertung der Grünlandflächen bezüglich ihrer naturschutzbezogenen Wertigkeit vor (siehe Abbildung 3).

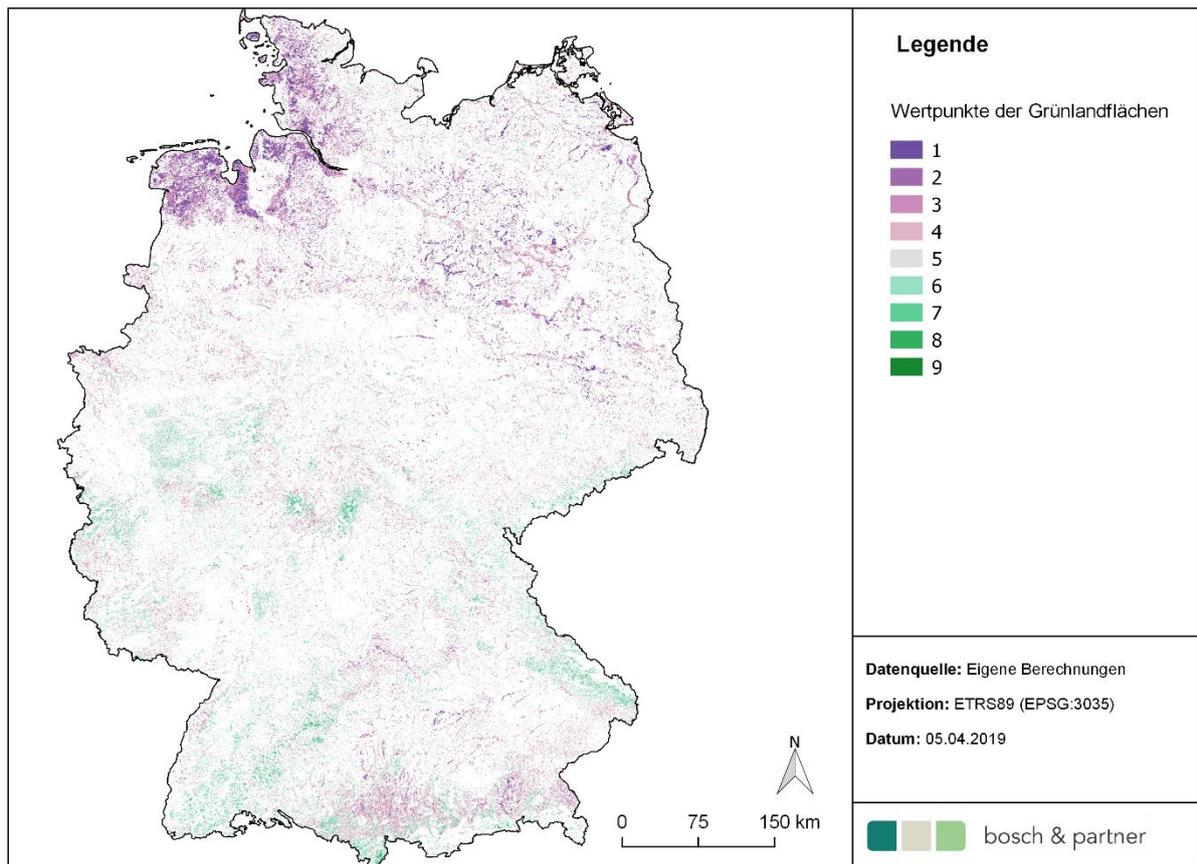


Abbildung 3 Bundesweite Bewertung der naturschutzbezogenen Wertigkeit von Grünlandflächen

Wie in der Karte dargestellt, beträgt die maximal erreichte Wertigkeit von Grünlandflächen einen Wert von neun Wertpunkten pro Hektar Grünland. Im Durchschnitt liegt der naturschutzbezogene Wert aller 6.652 untersuchten Standorte bei 3,9 Wertpunkten je Hektar Grünland.

Die deutschlandweite Karte kann allerdings nur als Anhaltspunkt zur Auswahl von Regionen dienen. Für die Erfassung des tatsächlichen Naturschutzwerts muss eine Begutachtung vor Ort erfolgen. Erst dort lassen sich die Schutz- und Entwicklungsbedarfe für artenreiches Grünland und seine relevanten Arten konkretisieren und die Zusammenhänge zwischen Schutz und Nutzung herausarbeiten. Dazu erfolgt im Zuge der Aufnahme des Status-Quo der Beispielregionen eine ökologische Beurteilung der relevanten Grünlandstandorte (siehe Kapitel 6).

5.6 Standortkategorien unter Berücksichtigung der Viehhaltung und Biogaserzeugung sowie des Naturschutzes

Dadurch, dass die Verfügbarkeit von Grünland – besonders durch den Bedarf zur Futtermittelbereitstellung in der Viehhaltung – im Umfeld der meisten Biogasanlagen stark eingeschränkt ist (vergleiche Teilkapitel 5.4), wird sich die Akquise von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen zwecks eines verstärkten Einsatzes von Landschaftspflegegras zur Biogaserzeugung an den meisten Standorten als schwierig erweisen. Dies gilt insbesondere dort, wo das Grünland einen hohen naturschutzbezogenen Wert aufweist und somit grundsätzlich höhere Anforderungen bezüglich des Naturschutzes bestehen.

Im Folgenden sollen zur Auswahl der Beispielanlagen folgende drei Standortkategorien unterschieden werden:

Kategorie A: Standorte mit geringem Potenzial zum Einsatz von Landschaftspflegegras

Der erste Fall umfasst die Biogasanlagenstandorte, an denen die geringsten Potenziale zur Nutzung von Landschaftspflegegras erwartet werden. Dies sind die Standorte, an denen der rechnerisch ermittelte Flächenbedarf infolge der Viehhaltung und Biogaserzeugung das vorhandene Flächendargebot an Grünland überschreitet und zusätzlich die Nutzungsmöglichkeiten durch eine überdurchschnittliche naturschutzbezogene Wertigkeit des Grünlands eingeschränkt ist. Dies entspricht etwa 44,1 Prozent der untersuchten Anlagenstandorte.

Kategorie B: Standorte mit mittlerem Potenzial zum Einsatz von Landschaftspflegegras

Der zweite Fall deckt die Standorte ab, die ebenfalls Grünlandflächen mit einer überdurchschnittlichen naturschutzbezogenen Wertigkeit aufweisen – bei denen jedoch im Gegensatz zu den Standorten der Kategorie A das Dargebot an Grünlandflächen den rechnerisch ermittelten Flächenbedarf übersteigt. Hier ist ein mittleres Potenzial zur verstärkten Nutzung von Landschaftspflegegras zu erwarten. Dies betrifft etwa 4,3 Prozent der Anlagenstandorte.

Kategorie C: Standorte mit hohem Potenzial zum Einsatz von Landschaftspflegegras

Die letzte Kategorie umfasst die Standorte, an denen das Grünland eine unterdurchschnittliche naturschutzbezogene Wertigkeit aufweist. An den Standorten der Kategorie C wird grundsätzlich ein höheres Potenzial zur Nutzung von Landschaftspflegegras vermutet, da dort die Anforderungen des Naturschutzes an die Nutzung der Grünlandflächen tendenziell geringer sind als in den beiden anderen Kategorien. Der dritten Kategorie sind circa 51,5 Prozent und damit etwa die Hälfte der untersuchten Biogasanlagenstandorte inbegriffen.

5.7 Beispielanlagen

Zur Untersuchung der Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Grünschnitt beziehungsweise von Landschaftspflegegras werden vier Beispielanlagen ausgewählt, anhand derer die Flächensituation vor Ort im Einzelnen aus Sicht des Naturschutzes bewertet und technische Restriktionen dargestellt werden. Zudem werden für die vier Beispielanlagen in Kapitel 7 mehrere alternative Anlagenkonzepte zur verstärkten Nutzung von Landschaftspflegegras durchgerechnet und technisch, wirtschaftlich sowie naturschutzseitig bewertet.

Die Auswahl der vier Biogasanlagen erfolgt auf Grundlage der in Teilkapitel 5.6 beschriebenen Standortkategorien.

Aus den Kategorien A und B wird jeweils eine Anlage – aus Kategorie C werden zwei Anlagen ausgewählt, wobei eine der beiden Anlagen mit zusätzlichen Blockheizwerkskapazitäten ausgestattet ist und somit flexibel auf den Strom- und/oder Wärmemarkt reagieren kann.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Unterscheidungskriterien der vier Anlagenstandorte.

Tabelle 7 Unterscheidungskriterien der vier Beispielanlagen

Standort	Verhältnis Flächenbedarf zu -verfügbarkeit in Prozent	Naturschutzbezogener Wert je Hektar Grünland	Erwartetes Flächenpotenzial	Kategorie	Doppelte Überbauung vorhanden
01	95,9 < 100	5,9 > Ø	<i>mittel</i>	B	<i>ja</i>
02	245,9 > 100	3,9 < Ø	<i>hoch</i>	C	<i>nein</i>
03	167,5 > 100	4,6 > Ø	<i>gering</i>	A	<i>nein</i>
04	275,4 > 100	3,5 < Ø	<i>hoch</i>	C	<i>ja</i>

Im Folgenden sollen die vier Beispielanlagen nacheinander im Detail vorgestellt werden. Neben den technischen Kenndaten werden dabei die Genehmigungssituation, die Produktionstechnik sowie die Inputsubstrate, die Kosten und die Erträge der vier Anlagen dargestellt.

5.7.1 Biogasanlage 01

Die Biogasanlage 01 liegt in Rheinland-Pfalz. Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte im Jahr 2011. Die Anlage wurde von der Firma Ökobit als Einfementeranlage mit einer elektrischen Leistung von 250 Kilowatt und gasdichten, nicht isolierten Endlager errichtet. Der Fermenter verfügt über eine Holzbalkendecke, die seit Inbetriebnahme bereits erneuert wurde. Im Jahr 2016 wurde ein weiterer Motor mit einer elektrischen Leistung von 250 Kilowatt als Flex-Blockheizkraftwerk hinzugegestellt, so dass die elektrische Gesamtleistung der Anlage auf 500 Kilowatt stieg. Der zusätzlich errichtete Motor dient der flexiblen, saisonalen Fahrweise, das heißt, dass im Winterhalbjahr der zusätzlich errichtete Motor die Wärmeversorgung des 2014 erbauten Wärmenetzes sicherstellt. Die Biogasproduktion ist auf 1,04 Millionen Normkubikmeter pro Jahr begrenzt.

In der Biogasanlage 01 werden sowohl landwirtschaftliche Reststoffe als auch nachwachsende Rohstoffe verarbeitet. Der NawaRo-Anteil wurde von 4.600 auf 3.800 Tonnen reduziert, der Gülle- und Mistanteil von 2.500 auf 4.500 Tonnen erhöht. Der Gärrestanfall beträgt rund 7.375 Kubikmetern pro Jahr.

Als thermische Energie können rund 2.405 Megawattstunden pro Jahr ausgekoppelt werden, von denen rechnerisch rund 500 Megawattstunden pro Jahr als Prozessenergie benötigt werden. Demnach stehen im Schnitt des Jahres circa 1.900 Megawattstunden für eine alternative Verwendung zur Verfügung. Aktuell wird diese zur Verfügung stehende Heizenergie in ein Wärmenetz eingespeist. Als Redundanz- und Spitzenlastkessel wird eine Holzhackschnitzelheizung gemeinsam mit einem Energieversorger in einer eigenen Gesellschaft betrieben.

Im Sommer können nicht genutzte Wärmeüberhänge zur Trocknung von Scheitholz in einer Trocknungsanlage verwertet werden.

Der elektrische Wirkungsgrad beträgt nach Herstellerangaben 41 Prozent, der thermische Wirkungsgrad liegt im Schnitt über beide Motoren bei 45,3 Prozent, die durchschnittliche Stromproduktion beläuft sich auf rund 2.000 Megawattstunden pro Jahr.

Genehmigungssituation

Die Anlage wurde im Jahr 2016 mit der Errichtung eines zweiten Blockheizkraftwerks für einen saisonalen Anlagenbetrieb mit einem weiteren Gasmotor doppelt überbaut. Die sogenannte Flexibilisierung erforderte eine Änderungsgenehmigung nach § 16 im Rahmen des Bundes-

Immissionsschutzgesetz – (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG)).

Ehemalige Reglementierungen zum Substrateinsatz im Rahmen der vormals erteilten Baugenehmigung wurden im Rahmen der Neugenehmigung zugunsten des Anlagenbetreibers erleichtert, sodass der Anlagenbetreiber den Substrateinsatz flexibel auf die Verfügbarkeit am Substratmarkt ausrichten kann.

Produktionstechnik, Inputsubstrate und Erträge

In den letzten Jahren konnten rund 95 Prozent der Bemessungsleistung erreicht werden. Die maximale Stromeinspeisung liegt bei circa zwei Millionen Kilowattstunden pro Jahr. Die maximale Rohbiogasmenge beträgt 1.008.809 Kubikmeter pro Jahr.

Die Vergärung der organischen Substanz erfolgt in einem einstufigen Verfahren bei mesophilen Prozesstemperaturen um die 39 Grad Celsius. Das Substrat wird über eine Stopfschnecke direkt in den Fermenter gefördert und durch langsamlaufende Rührwerke von Streusal mit dem Fermenterinhalt vermischt. Das ausgegorene Substrat läuft anschließend über einen Überlauf in das gasdichte Endlager. Das Endlager ist nicht isoliert und wird auch nicht beheizt.

Die erzeugte Wärmeenergie wird fast vollständig in einem 1,5 Kilometer langen Wärmenetz zur Beheizung öffentlicher Liegenschaften (Schulen, Freibad/ Hallenbad, Gemeindezentrum) genutzt. Bis 2016 wurde die Wärme während der kalten Jahreszeit im Grundlastbetrieb an das mit einem Wärmeversorger gemeinschaftlich betriebene Wärmenetz abgegeben. Zur Sicherstellung einer Vollversorgung der angeschlossenen Liegenschaften wurde ein 1-Megawatt-Hackschnitzelkessel angeschafft, der seit der Überbauung der Anlage als Redundanz- und Spitzenlastkessel dient.

Für die ausgekoppelte und in das Wärmenetz eingespeiste Wärme werden zehn Euro pro Megawattstunde gezahlt.

Die in der Anlage erzielten Erträge sowie die eingesetzten Substratmengen sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 aufgelistet.

Tabelle 8 Erträge der Biogasanlage 01

Parameter	Einheit	Wert
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.026.895
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.343.091
Gärvolumen	<i>m³</i>	4.906
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	1.794
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,00
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	206.853
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,00

Tabelle 9 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01

Parameter	Einheit	Wert
Maissilage	t FM	3.250
Grassilage	t FM	534
Ganzpflanzensilage	t FM	360
Rindergülle	t FM	2.400
Rindermist	t FM	700
Getreide	t FM	46
Pferdemist	t FM	500
Gesamtration	t FM	7.790

5.7.2 Biogasanlage 02

Die Biogasanlage 02 liegt in Schleswig-Holstein. Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte im Jahr 2008 als privilegierte Biogasanlage im Außenbereich. Die Anlage wurde von der Firma Seiler als einstufige Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 370 Kilowatt und gasdichten, nicht isolierten Endlager errichtet. Fermenter und Nachgärer verfügen über eine feste Betondecke. Die Anlage wurde als reine Trockenfermentationsanlage geplant. Im Jahr 2016 erfolgte der Umbau der Biogasanlage, um alternative Substrate zur bislang überwiegend eingesetzten Maissilage verarbeiten zu können. Die Biogasproduktion ist auf 1,5 Millionen Normkubikmeter pro Jahr begrenzt.

In der Biogasanlage werden heute sowohl landwirtschaftliche Reststoffe als auch nachwachsende Rohstoffe verarbeitet. Der NawaRo-Anteil wurde seit 2015 von rund 5.323 Tonnen auf 4.405 Tonnen reduziert, der Mistanteil auf rund 2.100 Tonnen erhöht. Zum Teil erfolgt ein Zukauf der Reststoffe von benachbarten Rinder- und Pferdehaltern. Der Gärrestanfall beträgt rund 5.000 Kubikmeter pro Jahr.

Als thermische Energie können rund 3.550 Megawattstunden pro ausgekoppelt werden, von denen rechnerisch rund 630 Megawattstunden pro Jahr als Prozessenergie für den thermophilen Gärprozess benötigt werden. Demnach stehen im Schnitt des Jahres circa 2.900 Megawattstunden pro Jahr für eine alternative Verwendung zur Verfügung. Aktuell wird die Wärme fast vollständig zur Trocknung regional anfallender Holzhackschnitzeln verwendet.

Der elektrische Wirkungsgrad beträgt nach Herstellerangaben 38,8 Prozent, der thermische Wirkungsgrad liegt im Schnitt über beide Motoren bei 44,6 Prozent, die durchschnittliche Stromproduktion beläuft sich auf rund 2.900 Megawattstunden pro Jahr.

Genehmigungssituation

Die Biogasanlage 02 wurde im Jahr 2008 als privilegierte Biogasanlage gemäß BauGB § 35 errichtet. Es handelt sich um eine nach BImSchG genehmigungsbedürftige Anlage. Im Jahr 2016 erfolgte im Rahmen einer Änderungsanzeige gemäß § 15 die Genehmigung von landwirtschaftlichen Reststoffen aus der Tierhaltung. Ziel des Betreibers war die Abhängigkeit vom Maisanbau zu reduzieren.

Produktionstechnik, Inputsubstrate und Erträge

In den letzten drei Jahren konnten rund 91 Prozent der Bemessungsleistung erreicht werden.

Die Vergärung der organischen Substanz erfolgt in einem einstufigen Verfahren bei thermophilen Prozesstemperaturen um die 52 Grad Celsius. Das Substrat wird über eine Stopfschnecke direkt in den Fermenter gefördert und durch ein langsamlaufendes Großflügelrührwerk mit externem Antrieb im Fermenter verteilt. Anschließend wird das Substrat mit Hilfe einer Kreiselpumpe in den Nachgärer befördert. Die Verweilzeit im Fermentationssystem beträgt über 150 Tage. Das ausgegorene Substrat wird anschließend in einem gasdichten Endlager bis zur Ausbringung zwischengelagert. Das Endlager ist nicht isoliert und wird auch nicht beheizt. Die organische Raumbelastung liegt im Fermentersystem bei rund 2,3 Kilogramm organische Trockensubstanz pro Kubikmeter und Tag.

Aktuell wird die anfallende Wärmeenergie zur Trocknung von Hackschnitzeln und zur Beheizung des eigenen Hofes genutzt. Alternativen zur aktuellen Wärmenutzung sind aufgrund der dezentralen Lage nicht möglich.

Die in der Anlage erzielten Erträge sowie die eingesetzten Substratmengen sind in Tabelle 10 und Tabelle 11 aufgelistet.

Tabelle 10 Erträge der Biogasanlage 02

Parameter	Einheit	Wert
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000

Tabelle 11 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02

Parameter	Einheit	Wert
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569
Grassilage	<i>t FM</i>	514
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827
Rindermist	<i>t FM</i>	2.566
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.476

5.7.3 Biogasanlage 03

Die Biogasanlage 03 befindet sich im Bundesland Nordrhein-Westfalen. Mit den Bauarbeiten der Biogasanlage wurde Mitte Mai 2006 begonnen. Die Anlage verfügt über zwei Fermenter sowie zwei Nachgärer und hat eine elektrische Leistung von 795 Kilowatt sowie eine thermische Leistung von 654 Kilowatt. Der Strom und die Wärme werden in drei Zündstrahlmotoren (Blockheizkraftwerke) der Firma Schnell erzeugt.

Der elektrische Wirkungsgrad beträgt nach Herstellerangaben 45 Prozent, der thermische Wirkungsgrad 37 Prozent, die durchschnittliche Stromproduktion beläuft sich auf 6.660 Megawattstunden pro Jahr und die gesamte Wärmeproduktion der Biogasanlage beträgt 5.470 Megawattstunden pro Jahr.

In der Biogasanlage werden sowohl landwirtschaftliche Reststoffe (Gülle: 16.000 Kubikmeter pro Jahr) und Festmist 7.000 Tonnen pro Jahr) als auch NawaRo (9.000 Tonnen pro Jahr) verarbeitet. Die Biogasproduktion beläuft sich auf 2,61 Millionen Normkubikmeter pro Jahr.

Produktionstechnik, Inputsubstrate und Erträge

Von der thermischen Produktion werden circa 1.130 Megawattstunden pro Jahr für die Hygienisierung der zugelieferten Gülle sowie circa 1.000 Megawattstunden pro Jahr als Prozessenergie benötigt. Demnach stehen rechnerisch circa 3.260 Megawattstunden pro Jahr für eine alternative Verwendung bereit. Die Wärmemenge von rund 3.260 Megawattstunden pro Jahr soll zukünftig vermarktet werden, um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu erhöhen. Es werden zwei Hygienisierungsbehälter á 20 Kubikmeter zur Hygienisierung des Gärrestes betrieben. Eine Separation steht derzeit nicht zur Verfügung.

Fermenter und Nachgärer sind mit Betondecken ausgestattet (kein Tragluftfoliendach). Der Gasspeicher befindet sich extern. Die Verweildauer von mindestens 74 Tagen im Fermentersystem entspricht nicht den Empfehlungen der VDI 3475.

Die in der Anlage erzielten Erträge sowie die eingesetzten Substratmengen sind in Tabelle 12 und Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 12 Erträge der Biogasanlage 03

Parameter	Einheit	Wert
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.339.588
Thermische Energie	<i>kWh</i>	4.392.567
Gärvolumen	<i>m³</i>	7.048
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	5.713
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,22
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	611.335
Prozesswärme	<i>kWh</i>	1.000.000
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	0,00

Tabelle 13 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03

Parameter	Einheit	Wert
Maissilage	<i>t FM</i>	3.548
Grassilage	<i>t FM</i>	3.682
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	970
Rindergülle	<i>t FM</i>	16.880
Zuckerrübensilage	<i>t FM</i>	356
Rindermist	<i>t FM</i>	6.585

Parameter	Einheit	Wert
Schweinegülle	t FM	2.102
HTK	t FM	494
Blümmischung	t FM	146
Gesamtration	t FM	34.763

5.7.4 Biogasanlage 04

Die Biogasanlage 04 liegt ebenfalls in Schleswig-Holstein. Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte im Jahr 2011 am Ortsrand in einem überplanten Biogassondergebiet. Die Anlage wurde von der Firma Rotaria als einstufige Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 400 Kilowatt mit gasdichten, isolierten Endlagern errichtet. In der Ortschaft Poyenberg wurde 2011 parallel zum Bauvorhaben außerhalb des Ortes ein Satelliten-Blockheizkraftwerk errichtet. Ein Teil der Ortschaft wird seit 2014 über ein neu verlegtes Wärmenetz mit erneuerbarer Wärme versorgt. Im Jahr 2018 erfolgte die Flexibilisierung beider Standorte mit zwei weiteren 600-Kilowatt-Blockheizkraftwerken. Die installierte Leistung liegt seitdem bei insgesamt zwei Megawatt. Die Biogasproduktion ist auf 3,3 Millionen Normkubikmeter pro Jahr begrenzt.

In der Biogasanlage werden heute sowohl landwirtschaftliche Reststoffe als auch nachwachsende Rohstoffe verarbeitet. Der NawaRo-Anteil blieb seit 2015 insgesamt relativ konstant. Der Anteil an Grassilage stieg in diesen Jahren mit Verbesserung der Auslastung kontinuierlich an. Der Maisanbau wurde hingegen nicht ausgeweitet. Der Gärrestanfall beträgt rund 17.800 Kubikmeter pro Jahr.

Als thermische Energie können rd. 6.000 MWh/a ausgekoppelt werden, von denen rechnerisch rund 1.300 Megawattstunden pro Jahr als Prozessenergie für den mesophilen Gärprozess benötigt werden. Die Anlage ist aufgrund einer intensiv gewerblich betriebenen Hackschnitttrocknung thermisch sehr gut ausgelastet. Im Ort wird als weitere ökonomisch interessante und nachhaltige Alternative über den Ausbau des Wärmenetzes nachgedacht.

Der elektrische sowie thermische Wirkungsgrad beider Motoren liegt im Schnitt bei rund 42,5 Prozent. Die elektrische Auslastung erreicht aufgrund der Flexibilisierung beider Standort die Höchstbemessungsleistung von 95 Prozent.

Genehmigungssituation

Die Biogasanlage 04 wurde im Jahr 2011 als Gemeinschaftsanlage lokaler Milchviehhalter errichtet. Für das Vorhaben wies die Gemeinde ein Sondergebiet im Außenbereich aus. Im Außen- als auch im Innenbereich wurde für beide Standorte eine Genehmigung nach dem BImSchG erteilt. Betreiber des Wärmenetzes ist die Biogasanlage. Ziel ist, die Erlöse aus dem Verkauf der Wärmeenergie weiter zu steigern.

Produktionstechnik, Inputsubstrate und Erträge

In den letzten drei Jahren konnten rund 95 Prozent der Bemessungsleistung erreicht werden. Die maximale Stromeinspeisung liegt bei circa 6,5 Millionen Kilowattstunden pro Jahr. Die maximale Rohbiogasmenge beträgt 3,3 Millionen Kubikmeter pro Jahr.

Die Vergärung der organischen Substanz erfolgt in einem einstufigen Verfahren bei mesophilen Prozesstemperaturen bei um die 42 Grad Celsius. Das Substrat wird über einen Flüssigeintrag direkt in den Fermenter gefördert und durch ein langsamlaufendes Großflügelrührwerk im

Fermenter verteilt. Anschließend wird das Substrat mit Hilfe einer Exzentrerschneckenpumpe in den Nachgärer befördert. Die Verweilzeit im Fermentationssystem beträgt über 110 Tage. Das ausgegorene Substrat wird anschließend in einem gasdichten Endlager bis zur Ausbringung zwischengelagert. Die organische Raumbelastung liegt im Fermentersystem auf niedrigem Niveau bei rund 1,4 Kilogramm organische Trockensubstanz pro Kubikmeter und Tag.

Die derzeitige Verweildauer im gasdichten System entspricht 110 Tagen, die Verweildauer im gasdicht abgedeckten System beträgt 183 Tage.

Die in der Anlage erzielten Erträge sowie die eingesetzten Substratmengen sind in Tabelle 14 und Tabelle 15 aufgelistet.

Tabelle 14 Erträge der Biogasanlage 04

Parameter	Einheit	Wert
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.504.954
Thermische Energie	<i>kWh</i>	7.605.341
Gärvolumen	<i>m³</i>	6.700
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	4.874
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,99
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	617.841
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,50

Tabelle 15 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04

Parameter	Einheit	Wert
Maissilage	<i>t FM</i>	8.965
Grassilage	<i>t FM</i>	2.072
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	1.439
Rindergülle	<i>t FM</i>	8.585
Rindermist	<i>t FM</i>	1.132
Gesamtration	<i>t FM</i>	22.193

6. Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Landschaftspflegegras in den Beispielanlagen aus naturschutzbezogener Sicht

Der Einsatz von Landschaftspflegegras in den Beispielanlagen ist gleichermaßen von der technischen Ausstattung und dem vor Ort vorhandenen Biomassepotenzial bestimmt. Entsprechend der Auswahlkriterien weisen alle Standorte einen hohen Anteil an Grünland im Umfeld der Biogasanlage auf (vergleiche Tabelle 16). Im Weiteren sind die Möglichkeiten der Substratgewinnung für die Biogasanlage aus dem Grünland dabei durch Nutzungskonkurrenzen begrenzt. Neben anderen landwirtschaftlichen Verwertungspfaden nimmt auch der Naturschutz maßgeblichen Einfluss auf die Nutzung der Grünlandflächen in den Untersuchungsregionen.

Tabelle 16 Umfang des Grünlandbestandes in den Untersuchungsregionen und dort ermittelte Flächenpotenziale

Standort	Anteil Grünland an LW-Fläche des Landkreises	Grünlandfläche [ha]	Grünlandfläche [ha]	Ermittelte Potenzialflächen [ha]
		Innerhalb 20 km	Innerhalb 10 km	
01	38 %	29.390	5.486	227
02	35 %	36.092	9.335	386
03	62 %	28.939	8.395	71
04	50 %	45.867	10.335	365

Im Einzelnen besitzen die ausgewählten Untersuchungsregionen individuelle Charakteristika. Zur Einordnung der Regionen wird zunächst der Anteil von Dauergrünland an der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Landkreises ermittelt. Grundlage ist die Regionalstatistik der Bundesländer. Die nähere Betrachtung fokussiert dann auf die Grünlandflächen im Umkreis von 20 und 10 Kilometern Luftlinie zur Biogasanlage. Zur Berechnung dieser Kennzahlen wird auf die Informationen des Datensatzes CORINE Land Cover zurückgegriffen. Innerhalb dieser Gebiete werden abschließend zuerst solche Flächen identifiziert, die sich im Eigentum der Biogasanlagenbetreiber befinden oder durch sie gepachtet sind. Zudem werden weitere, aktuell oder zukünftig, für die Bereitstellung von Grünschnitt für die Biogasanlage zur Verfügung stehende Flächen ermittelt. Ausgangspunkt ist die Befragung der Biogasanlagenbetreiber in Kombination mit einer Auswertung vorliegender Rauminformationen. Ergänzend werden regionale Akteure aus dem Bereich des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowie der Landwirtschaft zur Flächenkulisse und spezifischer Potenzialflächen befragt. In Tabelle 16 sind die ermittelten Kennzahlen der vier Untersuchungsregionen dargestellt.

Im Rahmen der Befragung der Biogasanlagenbetreiber und weiterer regionaler Akteure wird für jede der identifizierten Potenzialflächen eine Reihe von Informationen aufgenommen. Dazu dient ein standardisierter Fragenbogen (siehe Anhang 10.2). Abgefragt werden Angaben zu den Standortverhältnissen, der Bewirtschaftung beziehungsweise der Pflege der Fläche sowie die flächenspezifischen Biomasserträge. Ebenfalls von Relevanz sind die Nutzung angrenzender Flächen, die Entwicklung der Fläche über die letzten Jahre und Naturschutzauflagen.

Die zukünftige Entwicklung der Flächennutzung im Umfeld der Biogasanlage ist nur schwer vorherzusehen. Im Zuge von durchgeführten Akteurstreffen vor Ort mit den Biogasanlagenbetreibern und regionalen Vertretern der Landschaftspflege sowie der Landwirtschaft wurden jedoch Anhaltspunkte benannt, die es erlauben, eine Annahme zur Entwicklung der Landwirtschaft und der damit verbundenen Flächenkulisse zu treffen.

Zur Ermittlung des Wertes der Flächen aus Sicht des Naturschutzes, erfolgte eine ökologische Begehung vor Ort. Während nicht alle Flächen begangen werden konnten, geben die Ergebnisse eine gute Übersicht der vorhandenen Wertigkeit der Potenzialflächen in den Untersuchungsregionen. Die Bewertung orientiert sich im Wesentlichen an den Kriterien des HNV-Farmland-Monitorings. Die dort vorliegende bundesweite Liste an Kennarten/-taxa und eine einheitliche Bewertungsbasis bildet eine valide Grundlage zur fachlichen Beurteilung. Für die Flächen, die nicht HNV-Farmland sind, wurden zusätzlich die Wertstufen V und X eingeführt (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17 Übersicht der Bewertungsstufen für die Ansprache der Wertigkeit des Grünlandes aus Sicht des Naturschutzes

Bewertungsstufen	Erläuterung der Wertstufe
I	<i>In Anlehnung an HNV I (HNV-Farmland mit 8 oder mehr Kennarten/-taxa)</i>
II	<i>In Anlehnung an HNV II (HNV-Farmland mit 6-7 Kennarten/-taxa)</i>
III	<i>In Anlehnung an HNV III (HNV-Farmland mit 4-5 Kennarten/-taxa)</i>
V	<i>Kein HNV-Farmland (Weniger als 4 Kennarten/-taxa), intensiv bis mäßig intensiv genutztes Grünland. Kennarten/-taxa meist vorhanden, zumindest aber der Anteil krautiger Arten von mehr als 5 % Deckung.</i>
X	<i>Kein HNV-Farmland (keine Kennarten/-taxa vorhanden), in der Regel intensives Grünland, v.a. arten- und krautarme Weidelgraswiesen/-weiden.</i>

Die technischen Rahmenbedingungen sind für alle Biogasanlagen unterschiedlich. Je nach Betriebskonzept weisen die Bestandsanlagen verschiedene Modelle auf. Der Einsatz von Grünschnitt und insbesondere Landschaftspflegegras erfordert in der Regel zumindest eine Anpassung der Einbringungstechnik. Gleichwohl alle technischen Möglichkeiten zur Ertüchtigung von Biogasanlagen bestehen, sind regelmäßig wirtschaftliche Grenzen gesetzt.

Im Folgenden werden die Flächenkulissen im Umkreis der vier Beispielanlagen beschrieben. Hierbei wird detailliert auf den gegenwärtigen Zustand der Flächen, insbesondere aus Sicht des Naturschutzes, sowie die Nutzungspotenziale heute und zukünftig eingegangen.

6.1 Flächenkulisse im Umkreis der Biogasanlage 01

6.1.1 Status quo

Die Untersuchungsregion 01 liegt in Rheinland-Pfalz, im Schwarzwald in einer muldenförmigen Hochfläche des Hunsrücks in 450 bis 500 Metern Höhe. Der Bereich um die Untersuchungsregion ist durch eine Hügellandschaft, flache Auenbereiche und steile Talflanken geprägt. Je nach Potenzialfläche variieren die Bodentypen. Sie werden, vor allem, durch unterschiedliche Anteile der Ausgangssubstrate bestimmt. Es sind primär vorkommende Ton- und Schluffschiefer mit wechselnden Anteilen an Grauwacke, Kalkstein, Sandstein und Quarzit, die überwiegend zu Bodentypen der Regosole und Braunerden führen. Durch die Höhe des

Mittelgebirges zeichnet sich das Klima durch geringere Temperaturen und höhere Niederschläge im Jahr als im Bundesdurchschnitt aus. Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt hier zwischen 800 und 1.100 Millimetern, die durchschnittliche Dauer der Vegetationsperiode liegt im nördlichen Gebiet bei circa 200 Tagen und auf den Hochlagen bei circa 190 Tagen.

Seit den 50er Jahren hat sich ein Strukturwandel in der Landschaft der Region vollzogen, die Siedlungs- sowie Industrie- und Gewerbeflächen haben sich zu Lasten der landwirtschaftlichen Flächen stark ausgedehnt. Ebenso ist eine Zunahme der Waldfläche auf nunmehr 57,9 Prozent zu verzeichnen.

Die landwirtschaftliche Fläche beträgt 29 Prozent in der Untersuchungsregion. Anteile von Grünland (50,2 Prozent) und Acker (49,2 Prozent) sind nahezu gleich.

In der Untersuchungsregion wurden 43 Potenzialflächen mit einem Umfang von rund 227 Hektar ermittelt. Eine dieser Flächen ist eine Ackerfläche mit Blühpflanzenbestand, die übrigen stellen Dauergrünland dar und werden mit unterschiedlicher Intensität bewirtschaftet.

Bei 16 der Potenzialflächen handelt es sich um Weidelgraswiesen die intensiv bewirtschaftet werden. Auf diesen Flächen werden jährlich drei Schnitte durchgeführt. Durchschnittlich weisen sie einen Biomasseertrag zwischen acht und zehn und überwiegend zehn bis zwölf Tonnen Trockenmasse pro Hektar und Jahr auf. Der Methangehalt des Substrats liegt zwischen 55 und 58 Volumenprozent und es kann eine Methanausbeute von 300-350 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse erreicht werden. Sie umfassen insgesamt eine Fläche von rund 46 Hektar. Der Ertrag und die Qualität des Substrates sind gut geeignet für die Biogaserzeugung.



Abbildung 4 BGA 01 Weidelgraswiese, Juli 2018 (bosch & partner).

Der überwiegende Teil der Potenzialflächen sind Landschaftspflegeflächen. Die 26 Flächen stammen aus dem Bereich der Kompensation, des Vertragsnaturschutzes und des Biotopschutzes. Die Grünlandflächen sind teilweise mit Pferdehaltung belegt. Insgesamt umfassen die Flächen rund 180 Hektar. Ein maßgeblicher Anteil davon liegt gesammelt in rund 20 Kilometern Entfernung zur Biogasanlage. Die übrigen Flächen sind unter anderem kleinteilig und im Untersuchungsgebiet verteilt. Sie weisen ein Biomasseaufkommen von überwiegend 1-2, 2-3 und teilweise 3-4 Tonnen Trockenmasse pro Hektar und Jahr auf. Der Methan-gehalt des Substrats liegt zwischen 53-55 Volumenprozent und es ist eine Methanausbeute von 200-250 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse anzunehmen.

Tabelle 18 Übersicht ermittelter Potenzialflächen in der Untersuchungsregion 01

Grünlandtyp	Anzahl der Flächen	Flächenumfang [ha]	Ertrag [tTM/ha*a]	Methanausbeute [l _n /kg oTM]
Dauergrünland, Weidelgraswiese, intensiv Bewirtschaftung	16 (1; 15)	46	8-10; 10-12	300-350
Landschaftspflegefläche, extensive Bewirtschaftung	26 (9; 16; 1)	180	1-2; 2-3; 3-4	200-250
Blühstreifen, Acker	1	1	6-10	200-250



Abbildung 5 BGA 01 Artenreiches Feuchtgrünland, Juli 2018 (bosch & partner)

Zur Aufwertung der Agrarlandschaft wird eine Teilfläche von weniger als einem Hektar als mehrjährige Blühpflanzenmischungen hergestellt. Es erfolgt ein Schnitt im August jeden Jahres. Die Fläche weist ein durchschnittliches Biomasseaufkommen zwischen 6-10 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr mit einem Methangehalt von 55 Volumenprozent und einer Methanausbeute von 200-250 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse auf. Die Qualität des Substrates ist geeignet für die Biogasanlage.

6.1.2 Bewertung der Grünlandflächen aus Sicht des Naturschutzes

Anhand der definierten Bewertungsstufen weisen die Potenzialflächen unterschiedliche Wertigkeiten auf. Die mäßig intensiv bewirtschafteten Dauergrünlandstandorte sind überwiegend mit Stufe V bewertet. Der Krautanteil liegt bei etwa 10 Prozent, relevante Kenntaxa fehlen jedoch. Eine Fläche weist Stufe X und eine Stufe III auf. Die Landschaftspflegeflächen weisen Wertigkeiten zwischen Stufe I und V auf. Eine artenreiche Feuchtwiese mit einer hohen Anzahl an Kenntaxa und zusätzlich zahlreichen Feuchte- und Nässezeigern mit sehr gut ausgebildeten Strukturen und Orchideenvorkommen, wird als Stufe I beurteilt. Andere Nass- und Feuchtwiesen zeigen Entwicklungspotenziale und wurden in die Stufen II und III eingeordnet. Flächen für die eine Wiederherstellung und dauerhafte Pflege von extensiver Grünlandnutzung vorgesehen ist, weisen überwiegend Stufe V auf. Diese Flächen besitzen aktuell ein hohes Entwicklungspotenzial, welches bereits durch Maßnahmen des Naturschutzes erschlossen wird.

6.1.3 Nutzungspotenziale aus heutiger Sicht

Die identifizierten Potenzialflächen kommen gegenwärtig nur eingeschränkt als Substratquelle für die Biogasanlage in Betracht. Fast alle intensiv genutzten Grünlandflächen werden aktuell und zukünftig für die Futtermittelproduktion genutzt. Die ermittelten Landschaftspflegeflächen sind überwiegend vertraglich gebunden (Akteurstreffen 02.11.2018).

Aus den ermittelten 43 Flächen kommen aktuell acht Flächen für die Bereitstellung von Grünschnitt für die Biogasanlage in Frage. Sie besitzen einen Gesamtumfang von 79 Hektar.

Insgesamt fallen im Zuge der Pflegemaßnahmen durchschnittlich rund 982 Tonnen Frischmasse Grünschnitt pro Jahr an. Dieses Substrat kann der Biogasanlage zugeführt werden. Zu beachten ist, dass die Qualität der Substrate und die Erträge dieser Flächen in der Regel durch die spezifischen Bewirtschaftungsvorgaben beeinflusst sind. Die Gaserträge von spät geschnittenem Grünland liegen etwa bei 200 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse, unter anderem da der organische Trockensubstanzgehalt etwa 10-20 Prozent vom Trockensubstanzgehalt abweicht.

Grundlegend muss die Rückführung der Gärreste aus der Biogasanlage geprüft werden. In der Regel erlauben die Auflagen des Naturschutzes zur Pflege und Entwicklung der Grünlandflächen den Einsatz von Düngemitteln nicht. Dazu zählen auch Gärreste, deren Ausbringung auf alternativen Flächen einen Kostenfaktor darstellen.

6.1.4 Entwicklungsprognose

In der Region zeichnen sich zukünftige Entwicklungen ab, die Auswirkungen auf die Flächenkulisse haben werden. Zunächst wird prognostiziert, dass die Rinderbestände sinken. Damit verbunden ist der Rückgang der Grünlandbewirtschaftung. Aus der Bewirtschaftung fallende Grünlandflächen drohen zu Sukzessionsflächen zu werden, wenn alternative Nutzungen oder Landschaftspflegemaßnahmen fehlen. Da gleichzeitig eine Überalterung der Landwirtschaft

festzustellen ist, werden einzelne Betriebe nicht weitergeführt werden. Dadurch verstärkt sich der Trend zurückgehender Grünlandbewirtschaftung.

Im direkten Umfeld der Anlage wird diese Entwicklung nur eingeschränkt zu beobachten sein. Aufgrund der räumlichen Nähe mehrere Betriebe mit Biogasanlagen ist davon auszugehen, dass der gegenüber dem Umfeld höhere Flächendruck kaum sinken wird. Freiwerdende Grünlandflächen werden durch umliegende Betriebe aufgenommen und weiter bewirtschaftet.

Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die alternative Grünlandbewirtschaftung zur Landschaftspflege durch Schafbeweidung in der Region zum Erliegen kommen wird, sobald die verbleibenden Schäfer ihren Nebenberuf aufgeben. Die Schafbeweidung erfolgt gegenwärtig auf mehreren Grünlandflächen als Naturschutzmaßnahme. Sie ist sehr aufwändig und das „Wandern“ der Schafe ist bisweilen nur noch eingeschränkt möglich. Diese Flächen bedürfen dann alternativer Pflegekonzepte, um die Ziele des Naturschutzes zu erreichen.

Die nutzbare Flächenkulisse könnte sich zukünftig auf 30 Flächen mit einem Umfang von insgesamt 193 Hektar vergrößern. Insbesondere die möglichen Synergien zwischen den Aufgaben der Landschaftspflege und dem Abfahren der anfallenden Biomasse lassen sich ausschöpfen. Es ist zu erwarten, dass bei gleichbleibender Pflegeintensität jährlich etwa 1.688 Tonnen Frischmasse Grünschnitt anfällt. Die Gaserträge werden weiterhin bei etwa 200 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse liegen. Die Qualität des Substrats ist für die Biogasanlage geeignet, wenn auch teilweise leicht überständig. Daraus erwächst das Erfordernis angepasster Technik der Biogasanlage.

Bisher nicht berücksichtigte Potenziale stellen zum einen gegebenenfalls erforderliche Kompensationsmaßnahmen (Kompensationspool) für ein geplantes Gewerbegebiet dar. Die erforderlichen Kompensationsflächen könnten im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes direkt so konzipiert werden, dass die anfallende Biomasse der Biogasanlage zugeführt werden können. Zum anderen könnte ein ehemaliger Truppenübungsplatz, die gegenwärtig durch Schafbeweidung gepflegt wird als Substratquelle erschlossen werden.

6.2 Flächenkulisse im Umkreis der Biogasanlage 02

6.2.1 Status quo

Die Untersuchungsregion liegt in Norddeutschland in Schleswig-Holstein. Das Klima ist durch die Lage zwischen Nord- und Ostsee geprägt und ist als gemäßigtes, feucht-temperiertes, ozeanisches Klima zu bezeichnen. Die Landschaft zeichnet sich durch unterschiedliche und vielfältig ausgestattete Naturräume aus. Im Untersuchungsraum können beispielhafte eiszeitliche Landschaftsformen identifiziert werden, die sich durch Täler und aufgeschüttete Sander auszeichnen. Der Landkreis ist durch die großflächig gegliederte Agrarlandschaft mit überdurchschnittlicher Grünlandnutzung charakterisiert, welche circa 35 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche umfasst.

Die Böden haben einen leicht sauren pH-Wert und sind überwiegend sandig-lehmig, auf wenigen Flächen haben sich podsolierte Braunerden herausgebildet. Speziell die Grünlandstandorte sind bedingt durch eiszeitlich entstandene Senken häufig aufgrund von Staunässe oder teilweise auch aufgrund höherer Reliefenergie vergleichsweise schwerer zu bewirtschaften als die intensiv bewirtschafteten Äcker auf ebenen Flächen.

Es wurden insgesamt 14 Potenzialflächen mit einem Umfang von rund 386 Hektar ermittelt. Nahezu die Hälfte der Flächenkulisse, sechs Flächen, erfährt mindestens drei Schnitte im Jahr. Diese Flächen dienen der Futtermittelgewinnung. Vier davon werden als Weidelgraswiesen intensiv bewirtschaftet und mit mineralischen Düngern oder Gärresten gedüngt. Die übrigen zwei sind Grünland auf Acker, deren Ertrag bereits als Biomassematerial in der Biogasanlage genutzt wird. Insgesamt weisen die sechs Flächen einen hohen durchschnittlichen Biomassertrag von circa zwölf Tonnen Trockenmasse pro Hektar und Jahr, mit einem Methan-gehalt von 55-58 Volumenprozent und einer Methanausbeute von 300-350 Normlitern pro Kilo-gramm organische Trockenmasse auf. Sie umfassen eine Fläche von rund 185 Hektar. Der Ertrag und die Qualität des Substrates sind als gut geeignet für die Biogaserzeugung zu beur-teilen.



Abbildung 6 BGA 01 Weidelgraswiese mit nasser Senke, Juni 2018 (bosch & partner).

Tabelle 19 Übersicht ermittelter Potenzialflächen in der Untersuchungsregion 02

Grünlandtyp	Anzahl der Flä- chen	Flächenumfang [ha]	Ertrag [tTM/ha*a]	Methanausbeute [l _n /kg oTM]
Weidelgraswiese, inten- sive Bewirtschaftung	6	185	12	300-350
Landschaftspflegeflä- che, extensive Bewirt- schaftung	6 (1; 2; 1; 2)	154	1-2; 2-3; 3-5, 4-6	200-250
Teilweise brachlie- gende Flächen	2 (1; 1)	47	1-2, 2-3	200-250

Der andere Teil der Flächenkulisse wird weniger intensiv bewirtschaftet und ist aufgrund feucht-nasser Standorte von feuchtliebenden Grasarten sowie teilweise auch durch Gehölz- bewuchs geprägt, so dass diese Flächen aus Sicht des Naturschutzes ein hohes Entwick- lungspotenzial aufweisen. Auf keiner dieser Grünlandflächen werden Pflanzenschutzmittel verwendet.



Abbildung 7 BGA 02 Magerweide, Juni 2018 (bosch & partner).

Sechs dieser Potenzialflächen werden extensiv oder im Sinne der Landschaftspflege durch Pflegeschnitte mit Abfuhr des Materials oder Beweidungen mit Kühen bewirtschaftet. Diese Flächen weisen durchschnittlich einen vergleichsweise geringen Biomasseertrag zwischen 1-2, 2-3, 3-5 oder 4-6 Tonnen Trockenmasse pro Hektar und Jahr mit einem Methangehalt von 53-55 Volumenprozent und einer Methanausbeute von 200-250 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse auf. Sie umfassen insgesamt eine Fläche von rund 154 Hektar. Die Qualität des Biomasseaufkommens für den Einsatz in der Biogasanlage ist als geeignet be- wertet, wenn gleich zum Teil überständiger Grünschnitt vorkommen wird.

Die übrigen zwei Grünlandflächen liegen aktuell teilweise brach, es sind bislang keine inten- sive Bewirtschaftung oder Pflegemaßnahmen vorgesehen. Sie weisen ebenfalls einen gerin- geren Biomasseertrag zwischen 1-2 und 2-3 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr mit einem Methangehalt von 53 bis 55 Volumenprozent und einer Methanausbeute von 200 bis 250 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse auf. Insgesamt umfassen sie eine Fläche von 47 Hektar. Die Qualität des Biomasseaufkommens ist als mäßig geeignet zu beur- teilen.

6.2.2 Bewertung der Grünlandflächen aus Sicht des Naturschutzes

Die ermittelten Potenzialflächen wurden überwiegend vor Ort begutachtet. Zwei intensiv genutzte Grünlandflächen sind mit Stufe X bewertet. Vier Flächen weisen feuchte Standorte und etwas artenreichere Bestände auf. Diese Flächen werden der Stufe V zugeordnet. Ein Magerweidenkomplex frischer Ausprägung der besonders arten- und krautreich ist, wird als Stufe I beurteilt. Die übrigen Flächen weisen dahingehend Entwicklungspotenziale auf, die bereits durch Landschaftspflegemaßnahmen erreicht werden sollen. Sie werden mit Stufe III bewertet.

6.2.3 Nutzungspotenziale aus heutiger Sicht

Die ermittelten Flächenpotenziale kommen gegenwärtig nur anteilig zur Substratbereitstellung für die Biogasanlage in Betracht. Überwiegend sind die Grünlandflächen bereits in Nutzungspfaden der Futtermittelproduktion gebunden, die mittel- bis langfristig Bestand haben werden (Akteurstreffen 21.11.2018).

Aus den ermittelten Potenzialflächen bieten sich gegenwärtig sechs Grünlandflächen als Substratquelle für die Biogasanlage an. Teilweise werden die anfallenden Biomassen bereits in der Biogasanlage verwertet. Insgesamt umfassen die Flächen 121 Hektar. Von diesen fallen im Zuge der Bewirtschaftung beziehungsweise der Pflegemaßnahmen im Durchschnitt etwa 837 Tonnen Frischmasse pro Jahr an. Für das Substrat ist von einem Gasertrag von rund 200 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse auszugehen. Zu beachten ist, dass die Qualität der Substrate und die Erträge dieser Flächen in der Regel durch die spezifischen Bewirtschaftungsvorgaben beeinflusst sind. Es sind demnach überständige Grünschnitte enthalten, die eine passende Anlagentechnik erforderlich machen.

Auf einer der Flächen erfolgt gegenwärtig eine Pflegemahd zur Bekämpfung des Vorkommens von Jakobskreuzkraut (*Senecio jacobaea*). Ziel ist die Entwicklung eines artenreichen Grünlandstandortes. Eine Nutzung anfallender Biomasse ist demnach untergeordnet. Sie bietet jedoch die Möglichkeit Synergien mit der Biogasanlage zu erschließen. Das Vorkommen von Jakobskreuzkraut bedarf der zeitlich abgestimmten Mahd der Flächen, um dem Vorkommen entgegen zu wirken und um eine mögliche Ausbreitung über die Gärreste zu vermeiden.

Grundlegend muss die Rückführung der Gärreste aus der Biogasanlage geprüft werden. In der Regel erlauben die Auflagen des Naturschutzes zur Pflege und Entwicklung der Grünlandflächen den Einsatz von Düngemitteln nicht. Dazu zählen auch Gärreste, deren Ausbringung auf alternativen Flächen einen Kostenfaktor darstellen.

6.2.4 Entwicklungsprognose

Es wird davon ausgegangen, dass allgemein ein Strukturbruch in der Landwirtschaft bevorsteht der sich auch auf die Nutzung und Verfügbarkeit von Flächen auswirkt. Die bisherige Spezialisierung von landwirtschaftlichen Betrieben wird zunehmend aufgelöst. Es wird verstärkt erforderlich auf mehreren Standbeinen zu stehen. Dabei ist absehbar, dass die Entwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik, beispielsweise die Etablierung von Eco-Schemes, die Flächennutzung maßgeblich beeinflussen wird. Die Landschaftspflege avanciert dabei wahrscheinlich wieder zu einer wichtigen Funktion der Landwirtschaft.

Ein weiterer Anhaltspunkt ist die aktuelle Struktur der landwirtschaftlichen Betriebe. Die bisherige Entwicklung hat stets dazu geführt, dass im Zuge von Betriebseinstellungen freiwerdende Flächen von den umliegenden Betrieben übernommen wurden. Diese Entwicklung hat sich

zuletzt aber abgeschwächt und wird wahrscheinlich auch weiter abnehmen. Denn größere Betriebe die aufhören, können aufgrund ihrer Größe nicht mehr so leicht von den umliegenden Betrieben übernommen werden, auch weil viele Betriebe nicht weiter wachsen wollen oder können.

Gleichzeitig wird erwartet, dass weitere Betriebe wegfallen werden. In einzelnen Gemarkungen kann die Viehhaltung vollkommen zum Erliegen kommen. Dennoch wird Land, und die landwirtschaftliche Nutzfläche insbesondere, insgesamt knapp bleiben. Da Ackerflächen auch zukünftig nachgefragt werden, führt dieser Druck gegebenenfalls zum Verlust von Grünland bei der Übernahme von freiwerdenden Flächen. Denn die Grünlandflächen werden tendenziell weniger genutzt und laufen Gefahr zu Sukzessionsflächen zu werden. Oder sie werden umgebrochen und als Ackerfläche weitergenutzt. Es ist fraglich, ob die Landschaftspflege, insbesondere die Weidetierhaltung, mittel- bis langfristig ohne zusätzliche Förderung rentabel sein kann. Hier bietet sich ein großes Potenzial für den Naturschutz, diese Flächen im eigenen Sinne zu entwickeln. Unterstützend kann dabei die Verwertung der anfallenden Biomasse in der Biogasanlage wirken.

Insgesamt wird es zukünftig vermutlich mehr Grünlandflächen geben, die aus Sicht des Naturschutzes Entwicklungspotenzial und damit verbundenen Pflegebedarf aufweisen. Der Anteil von artenreichem Grünland könnte zunehmen. Welche Flächen und in welchem Umfang im Zuge der zukünftigen Entwicklung für die Biomassebereitstellung zur Verfügung stehen werden ist nicht abschließend vorherzusehen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird davon ausgegangen, dass in der Untersuchungsregion prognostisch zehn Flächen aus dem ermittelten Potenzial mit rund 372 Hektar als Substratquelle für die Biogasanlage genutzt werden könnten. Dabei handelt es sich, um die bereits heute nutzbaren und vier zusätzliche Grünlandflächen.

Bei einer Fläche handelt es sich um eine besonders wertvolle Naturschutzfläche. Die Pflege des feuchten Standortes ist aufwändig und der Ertrag mit 4-6 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr mäßig. Bei den übrigen Flächen handelt es sich um mesophiles Grünland frischer Ausprägung. Die Entwicklungsziele des Naturschutzes sehen eine extensive Bewirtschaftung der Flächen vor. Die anfallende Biomasse eignet sich für den Einsatz in der Biogasanlage. Die Flächen weisen unterschiedliche Erträge, zwischen 4-6 und 10-12 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr auf. Insgesamt beträgt die anfallende Biomasse rund 7.816 Tonnen Frischmasse. Der Gasertrag wird aufgrund der anzunehmenden extensiven Bewirtschaftungsformen im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes mit etwa 200 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse angesetzt.

6.3 Flächenkulisse im Umkreis der Biogasanlage 03

6.3.1 Status quo

Die Untersuchungsregion liegt im Westen Deutschlands, im Sauerland (Nordrhein-Westfalen). Das Klima ist wesentlich durch den Atlantischen Ozean geprägt. Wetterextreme, wie sie in kontinentalen Gebieten auftreten, treten deutlich dämpfter auf. Daher ist das Klima auch als maritim, mit vergleichsweise kühlen Sommern und milden Wintern zu bezeichnen. Die Untersuchungsregion liegt östlich des Rothaargebirges, so dass die üblich von Westen ausgehenden

Luftströme nach Überquerung des Gebirges heruntersinken und trocknen. Der jährliche Niederschlag fällt mit knapp 700 Millimetern gering aus und Sonnentage sind vergleichsweise häufig.

Der als Rendzina ausgeprägte Boden einiger Potenzialflächen besteht in den oberen beiden Schichten aus humosem Oberboden und der darunter liegenden Kalksteinschicht. Teilweise haben sich auch Parabraunerden mit pseudovergleyten Unterboden gebildet. Die Landschaft der Untersuchungsregion zeichnet sich durch einen hohen Anteil (rund 50 Prozent) landwirtschaftlich genutzter Fläche aus. Knapp zwei Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche ist Dauergrünland. Gegenwärtig gibt es keine Brachflächen. Weitere 40 Prozent sind von Wald bedeckt. Wesentliches Merkmal der Region sind Höhenzüge und Täler mit teilweise steilen Hängen. Diese erschweren die Bewirtschaftung und Pflege einiger Flächen. Besonders natur-schutzbezogen wertvolle Grünlandflächen mit Pflegebedarf, beispielsweise in den Talauen sind sehr feucht und deshalb mit vorhandener Technik kaum zu bewirtschaften.

Es wurden insgesamt 16 Potenzialflächen mit einem Umfang von rund 71 Hektar ermittelt. Acht Dauergrünlandflächen werden mäßig intensiv bewirtschaftet, es erfolgen drei Schnitte im Jahr. Durchschnittlich weisen sie einen Biomasseertrag zwischen 6-8 und 8-9 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr mit einem Methangehalt von 55-58 Volumenprozent und einer Methanausbeute von 300-350 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse auf. Sie umfassen insgesamt eine Fläche von rund 36 Hektar. Der Ertrag und die Qualität des Substrates sind als gut geeignet für die Biogaserzeugung einzuschätzen.



Abbildung 8 BGA 03 Weidelgraswiese, Juni 2018 (bosch & partner).

Vier der Potenzialflächen gelten als Stilllegungsflächen, teilweise bereits seit 20 Jahren. Zwischen 2009 und 2014 wurde das Schnittgras bereits für die Biogasanlage genutzt. Nach einer

Änderung der zulässigen Maßnahmen ist die Verwertung des Biomasseaufkommens heute nicht mehr zulässig. Die Flächen weisen durchschnittlich einen Biomasseertrag zwischen 5-8, 6-8 und 8-11 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr mit einem Methangehalt von 55-58 Volumenprozent und einer Methanausbeute zwischen 200-250 und 300-350 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse auf. Sie umfassen insgesamt eine Fläche von rund 30 Hektar. Die Qualität des Substrates wird als gut geeignet beziehungsweise geeignet für die Biogasanlage eingeschätzt.



Abbildung 9 BGA 03 Blühfläche, Juni 2018 (bosch & partner).

Tabelle 20 Übersicht ermittelter Potenzialflächen in der Untersuchungsregion 03

Grünlandtyp	Anzahl der Flächen	Flächenumfang [ha]	Ertrag [tTM/ha*a]	Methanausbeute [l _n /kg oTM]
Dauergrünland, Weidelgraswiese, mäßig intensiv Bewirtschaftung	8 (7+1)	36	6-8, 8-9	300-350
Stilllegungsfläche	4 (1+2+1)	30	5-8; 6-8; 8-11	200-250; 300-350
Acker, Blühfläche	3 (2+1)	5	6-10, 8-12	200-250;

Zur Aufwertung der Agrarlandschaft werden auf drei Flächen Blühpflanzenmischungen kultiviert beziehungsweise ist die Kultivierung auf einer zusätzlichen Ackerfläche geplant. Auf den Blühflächen wird jeweils ein Schnitt im August vorgenommen. Die Flächen weisen durchschnittlich einen Biomasseertrag zwischen 6-10 und 8-12 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr mit einem Methangehalt von 55 Volumenprozent und einer Methanausbeute von

200-250 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse auf. Sie umfassen insgesamt eine Fläche von rund fünf Hektar. Die Qualität des Substrates wird als gut geeignet für die Biogasanlage bewertet.

6.3.2 Bewertung der Grünlandflächen aus Sicht des Naturschutzes

Die Beurteilung der Grünlandstandorte schließt die Blühflächen auf Ackerstandorten nicht mit ein. Alle Grünlandflächen kann eine Bewertungsstufe zugeordnet werden. Dabei weisen die Flächen in der Untersuchungsregion unterschiedliche Wertigkeiten auf. Die mäßig intensiv bewirtschafteten Flächen sind überwiegend als V oder teilweise als X bewertet. Acht Flächen der Stufe V weisen einen Krautanteil von etwa 10 Prozent auf, während die gesuchten Kenntaxa fehlen. Bei den mit X beurteilten Flächen ist der Krautanteil kleiner als fünf Prozent.

Die Stilllegungsflächen werden jährlich gemulcht. Eine der Flächen ist sehr flachgründig. Aus Sicht des Wasserschutzes ist hier von einer Bewirtschaftung möglichst abzusehen, wohingegen aus Sicht des Naturschutzes eine Bewirtschaftung im Sinne des Ackerrandstreifenprogramms das Potenzial der Fläche, die Entwicklung seltener Ackerkräuter, mobilisieren könnte. Bei den Flächen handelt sich vorwiegend um Glatthaferwiesen, die teilweise den Charakter von Ruderalfluren aufweisen. Eine der Flächen weist einen hohen Krautanteil und Artenreichtum auf. Da Kenntaxa nur bedingt vorhanden sind (vier Arten) wird sie Stufe III zugeordnet. Die übrigen Stilllegungsflächen sind vergleichsweise krautarm und die relevanten Kenntaxa fehlen weitgehend. Deshalb sind diese mit Stufe V bewertet. Diese Flächen besitzen aktuell ein hohes Entwicklungspotenzial, welches insbesondere durch die Abfuhr, gegenüber dem Verbleib, der Biomasse erschlossen werden kann. Dazu müssten Ausnahmen der geltenden Vorordnung eingeführt werden.

6.3.3 Nutzungspotenziale aus heutiger Sicht

In der Untersuchungsregion herrscht ein hoher Flächendruck. Nur drei der ermittelten Potenzialflächen kommen gegenwärtig als Substratquellen für die Biogasanlage in Betracht. Insgesamt weisen diese Flächen einen Umfang von nur fünf Hektar auf. Dies ist insbesondere deshalb der Fall, da die Biomasseaufkommen der Stilllegungsflächen keiner Verwertung zugeführt werden dürfen und die intensiv bewirtschafteten Dauergrünlandflächen bereits in Nutzungspfaden der Futtermittelproduktion gebunden sind, die mittel- bis langfristig Bestand haben werden (Akteurstreffen 22.10.2018).

Somit verbleiben gewärtigt lediglich die Flächen mit mehrjährigen Blühpflanzenmischungen. Auf diesen fallen jährlich etwa 132 Tonnen Frischmasse im Durchschnitt an. Es ist von einem Gasertrag von rund 200 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse auszugehen. Da die Stilllegungsflächen nicht gedüngt werden sollen, muss zunächst die Frage der Gärrestrückführung geklärt werden.

6.3.4 Entwicklungsprognose

In der Region herrscht aufgrund der hohen Viehbestände ein großer Flächendruck. Daraus resultiert, dass alle freiwerdenden Grünlandflächen umgehend von anderen Betrieben übernommen und weiter bewirtschaftet werden. Eine wesentliche Entspannung der Flächenverfügbarkeit ist nicht absehbar. Nur einschneidende Ereignisse, beispielsweise eine Milchkrise, können zu anderen Entwicklungen führen.

Das Grünland steht insbesondere mit der Zunahme von Trockenzeiten unter besonderem Druck. Da die Stadt Eigentümer und Betreiber der Biogasanlage ist, stellt sich eine spezielle Konstellation dar. In der Vergangenheit wurden, aus Gründen der Nitratbelastung in Hinblick auf den Wasserschutz, Flächen im Eigentum der Stadt mit der Auflage verpachtete, Ackernutzung in Grünland umzuwandeln. Diese Flächen dienen allerdings nicht als regelmäßige Substratquelle für die Biogasanlage. Der bestehende Kooperationsvertrag mit den umliegenden Landwirten sieht den Einsatz konventioneller Biogassubstrate vor. Ein darüberhinausgehendes eingreifen der Stadt in den Flächenmarkt ist auszuschließen. Das Flächenpotenzial erlaubt auch langfristig lediglich einen geringen Einsatz von Grünschnitt als Ko-Substrat der Biogasanlage.

Neben den drei Blühflächen ist anzunehmen, dass die vier Stilllegungsflächen zukünftig als Substratquelle für die Biogaserzeugung in Betracht kommen. Damit vergrößert sich das Flächenpotenzial auf 28 Hektar. Die anfallenden Grünschnitte betragen etwa 618 Tonnen Frischmasse. Für das Substrat von diesen Flächen sind ein Methangehalt von 55 Volumenprozent und ein Gasertrag von 200 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse anzusetzen.

6.4 Flächenkulisse im Umkreis der Biogasanlage 04

6.4.1 Status quo

Die Untersuchungsregion liegt, wie die Biogasanlage 02, in Schleswig-Holstein. Bestimmende Landschaftselemente sind die flachen Ebenen der Marsch ohne natürliche Erhebungen, eine nacheiszeitlich entstandene geomorphologische Landform im Gebiet der nordwestdeutschen Küsten und die zahlreichen Flüsse. Der Landkreis liegt nördlich der Elbe und hat daher einen starken maritimen Klimaeinfluss mit milden Sommern und Wintern sowie hohen jährlichen Niederschlägen. Bedingt durch die in der Regel sehr fruchtbaren Böden des Marschlandes ist der Landkreis landwirtschaftlich geprägt. Auf den intensiv bewirtschafteten Ackerflächen nahm der Anteil von Silomais und Winterraps zu Lasten einiger Getreidearten und Hackfrüchten stetig zu. Die wachsende Bedeutung beider Anbaukulturen resultiert, unter anderem, aus der besonderen Eignung als nachwachsende Rohstoffe für Biogasanlagen.

Die Hälfte der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Landkreis wird jedoch als Grünland bewirtschaftet und dient überwiegend der Futtermittelgewinnung und als Weide. Ein großer Anteil des Dauergrünlands wird als ökologische Vorrangfläche gemäß den Erfordernissen des Greenings genutzt. Die ermittelte Flächenkulisse umfasst insgesamt 30 Potenzialflächen mit rund 365 Hektar Umfang. Davon werden 19 Flächen hauptsächlich als intensiv genutzte Weidelgraswiesen bewirtschaftet. Jährlich sind vier Schnitte vorgesehen, alternativ wird anstatt des vierten Schnittes mit Schafen beweidet. Im März wird der meist aus humosen Sanden bestehende und leicht saure Boden mit Kalkammonsalpeter, einem schnell wirkenden mineralischem Stickstoffdünger (zwischen 2 und 3,5 Dezitonnen je Hektar), gedüngt. Im Februar, Mai (circa 20 Kubikmeter je Hektar) und August (circa 15 Dezitonnen je Hektar) werden Gärreste zur Düngung ausgebracht.

Für die Aufrechterhaltung eines hohen Futterwertes der Wiesen, werden Grünlandunkräuter, vor allem Sauerampfer, mit dem Herbizid Starane alle drei bis fünf Jahre bekämpft. Durchschnittlich wird so ein Biomassertrag von circa 12 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr mit einem Methangehalt von 55-58 Volumenprozent und einer Methanausbeute von 300 bis

350 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse erreicht. Die Weidelgraswiesen umfassen insgesamt eine Fläche von circa 150 Hektar. Der Ertrag und die Qualität des Substrates weisen auf eine gute Eignung für die Verwertung in der Biogasanlage auf.

Tabelle 21 Übersicht ermittelter Potenzialflächen in der Untersuchungsregion 04

Grünlandtyp	Anzahl der Flächen	Flächenumfang [ha]	Ertrag [tTM/ha*a]	Methanausbeute [l _n /kg oTM]
Weidelgraswiese, intensive Bewirtschaftung	19	150	12	300-350
Landschaftspflegefläche	11 (7+1+3)	215	2-3; 3-4; 8-10	200-250

Bei den weiteren elf Flächen handelt es sich um Grünland in der Landschaftspflege. Sie umfassen 215 Hektar Fläche. Diese Flächen zeichnen sich allerdings durch unterschiedliche Vegetationsstrukturen aus, so dass auch die Biomasseerträge unterschiedlich hoch ausfallen. Bei dem Großteil der Flächen beträgt der Biomasseertrag rund 2-3 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr, bei drei Flächen liegt der Ertrag mit 8-10 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr deutlich höher. Die gemähten Pflanzen haben einen durchschnittlichen Methangehalt von 53 bis 55 Volumenprozent und einer Methanausbeute zwischen 200 und 250 Normlitern pro Kilogramm organische Trockenmasse.



Abbildung 10 BGA 04 Weidelgraswiese, Juni 2018 (bosch & partner).

Aus Sicht des Naturschutzes wäre zum Teil eine intensivere Pflege der meisten dieser Flächen zum Erreichen der Entwicklungsziele wünschenswert. Momentan sind geschätzte 5.000 Hektar Grünland durch Nicht-Nutzung aus Sicht des Naturschutzes gefährdet. Auf den ermittelten

Flächen soll durch eine einjährige Mahd und Abfuhr des Pflanzenmaterials zunächst das Vorkommen, des für Rinder hochgiftigen, Jakobskreuzkrautes bekämpft und dessen Ausbreitung verhindert werden. Denn die Giftstoffe bleiben auch im Heu und in der Silage wirksam. Aus diesem Grund wird das Material der Mahd gegenwärtig in der Regel kompostiert. Dennoch wären weitere, aktuell selten durchgeführte Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich um eine erneute Ansiedelung langfristig zu verhindern.

In der Biogasanlage verliert das Jakobkreuzkraut in der Regel seine Fähigkeit zu keimen, so dass eine Nutzung des Mahdgutes der Landschaftspflegeflächen potenziell möglich ist. Die Ausbringung solcher Gärreste zur Düngung von Ackerflächen ist zudem unproblematisch, da Kreuzkräuter sich aufgrund der dort herrschenden Bewirtschaftungsweisen nicht durchsetzen können. Wird der Gärrest jedoch auf Grünland ausgebracht, besteht weiterhin ein Restrisiko der Verbreitung von Jakobkreuzkraut. Das Verbreitungsrisiko gilt dagegen viel mehr in Bezug auf die Ampferarten, die trotz der Vergärung in der Biogasanlage zu einem hohen Anteil keimfähig bleiben und sich somit durch die Gärrest sehr leicht verbreiten lassen.

Mit einer empfehlenswerten zweiten Mahd im Jahr und einer Frühjahrspflege bestehen auf einigen dieser Flächen somit naturschutzbezogene Potenziale zur Erreichung einer höheren Artenvielfalt. Das durch Mahd gewonnene Biomassematerial ist aufgrund des Methangehalts und der daraus potenziell zu gewinnenden Methanausbeute als gut geeignet für die Biogasanlage einzuschätzen.

6.4.2 Bewertung der Grünlandflächen aus Sicht des Naturschutzes

Die ermittelten Potenzialflächen weisen unterschiedliche Wertigkeiten aus Sicht des Naturschutzes auf. Alle intensiv bewirtschafteten Grünlandflächen sind durch eine geringe Artenvielfalt und das Fehlen von Kräuterbeständen gekennzeichnet. Diese Flächen werden der Stufe X zugeordnet. Einzelne Weidelgraswiesen zeigen stellenweise Ausprägungen von Feuchtwiesenarten, die aufgrund größerer Grundwasserteiche in den Übergangsbereichen vorkommen.

Die Landschaftspflegeflächen mit Bestand an Jakobskreuzkraut sind mit Stufe V bewertet. Sie besitzen aktuell ein hohes Entwicklungspotenzial, welches bereits durch Maßnahmen des Naturschutzes erschlossen wird.

Eine Fläche kann in Stufe III eingeordnet werden. Dabei handelt es sich um eine überwiegende Weidelgraswiese, die Übergänge zu Feuch- und Nasswiesen mit Wald-Simse (*Scirpusylvaticus*), Schilfrohr (*Phragmites australis*) und Flatter-Binse (*Juncus effusus*) aufweist.

6.4.3 Nutzungspotenziale aus heutiger Sicht

Die ermittelten Flächenpotenziale kommen gegenwärtig nur anteilig zur Substratbereitstellung für die Biogasanlage in Betracht. Überwiegend sind die Grünlandflächen bereits in Nutzungspfaden der Futtermittelproduktion gebunden, die mittel- bis langfristig Bestand haben werden (Akteurstreffen 21.11.2018).

Aus den identifizierten 30 Flächen erlauben neun theoretisch eine zeitnahe Bereitstellung des anfallenden Grünschnitts anteilig oder vollständig für die Verwertung in der Biogasanlage. Dabei handelt es sich überwiegend um Grünlandflächen, die der Landschaftspflege unterliegen. Sie umfassen eine Gesamtfläche von 195 Hektar. Auf diesen Flächen werden primär die Ziele des Naturschutzes verfolgt. Auf acht der Flächen erfolgt gegenwärtig eine Pflegemahd, in der

Regel zur Bekämpfung des Vorkommens von Jakobkreuzkraut. Ziel ist die Entwicklung artenreicher Grünlandstandorte. Die neunte Fläche wird aktuell beweidet. Eine Nutzung anfallender Biomasse ist demnach untergeordnet. Sie bietet jedoch die Möglichkeit Synergien mit der Biogasanlage zu erschließen.

Insgesamt fallen im Zuge der Pflegemaßnahmen durchschnittlich rund 1.548 Tonnen Frischmasse Grünschnitt pro Jahr an. Dieses Substrat kann der Biogasanlage zugeführt werden. Zu beachten ist, dass die Qualität der Substrate und die Erträge dieser Flächen in der Regel durch die spezifischen Bewirtschaftungsvorgaben beeinflusst sind. Die Gaserträge von spät geschnittenem Grünland liegen etwa bei 200 Normlitern pro Kilogramm organische Trockensubstanz, unter anderem da der organische Trockensubstanzgehalt etwa 10-20 Prozent vom Trockensubstanzgehalt abweicht. Das Vorkommen des Jakobkreuzkrauts bedarf der zeitlich abgestimmten Mahd der Flächen, um dem Vorkommen entgegen zu wirken und um eine mögliche Ausbreitung über die Gärreste zu vermeiden. Weiterhin muss die Rückführung der Gärreste aus der Biogasanlage geprüft werden. In der Regel erlauben die Auflagen des Naturschutzes zur Pflege und Entwicklung der Grünlandflächen den Einsatz von Düngemitteln nicht. Dazu zählen auch Gärreste, deren Ausbringung auf alternativen Flächen einen Kostenfaktor darstellen.

6.4.4 Entwicklungsprognose

Aufgrund der ähnlichen Voraussetzungen der Untersuchungsregion sind ähnliche Entwicklungen, wie in der Untersuchungsregion 02 anzunehmen (vgl. Kapitel 6.2.4). Es ist entsprechend davon auszugehen, dass die Nutzung und Verfügbarkeit von Grünlandflächen durch einen bevorstehenden Strukturbruch in der Landwirtschaft geprägt sein werden.

In der Untersuchungsregion können prognostisch elf Flächen aus dem ermittelten Potenzial mit rund 215 Hektar als Substratquelle für die Biogasanlage genutzt werden. Dabei handelt es sich, um die bereits heute nutzbaren und zwei zusätzliche Grünlandflächen. Die zwei hinzukommenden Flächen werden gegenwärtig mäßig intensiv als Grünland genutzt, die Entwicklungspotenziale und Beschaffenheiten der Flächen legen nahe, dass ein besonderes Entwicklungspotenzial aus Sicht des Naturschutzes besteht. Zukünftig könnten insgesamt rund 2.060 Tonnen Frischmasse der Biogasanlage zugeführt werden.

7. Alternative Anlagenkonzepte für die Beispielanlagen

Mit Blick auf eine mögliche Erhöhung des Landschaftspflegegrases am Substrateinsatz sollen im Folgenden alternative Anlagenkonzepte für die vier Beispielanlagen entwickelt und einer wirtschaftlichen Bewertung unterzogen werden. Hierbei wird zweistufig verfahren.

Um einschätzen zu können, wieviel Substrat von Grünlandflächen bei einer theoretisch unbegrenzten Verfügbarkeit des Landschaftspflegegrases (aus technischer und wirtschaftlicher Sicht) in den Beispielanlagen eingesetzt werden könnte, werden im ersten Schritt die in Kapitel 6 beschriebenen Flächenrestriktionen ausgeblendet. Es werden alle Grünlandflächen herangezogen, auf die die Biogasanlage Zugriff haben könnte. In der zweiten Stufe wird dann das verfügbare Nutzungspotenzial an Landschaftspflegegras in die Betrachtung mit einbezogen. Hierdurch werden die Ergebnisse aus dem ersten Durchlauf nochmals relativiert. Im Ergebnis zeigt sich, welchen Beitrag Landschaftspflegegras unter den regionalen Gegebenheiten (Flächenverfügbarkeit sowie Berücksichtigung der naturschutzbezogenen Wertigkeit der Grünlandflächen) in Bezug auf die Beispielanlagen leisten können und inwiefern die Kosten für die Erhaltung und Pflege wertgebender Grünlandflächen durch die Verwertung des Landschaftspflegegrases in der Biogasanlage aufgefangen werden könnten.

In beiden Stufen werden dabei folgende vier Szenarien untersucht:

- I. Einsatz Landschaftspflegegras ohne zusätzliche Investitionen in die Anlagentechnik
- II. Reduktion des Maisanteils am Substratumsatz auf maximal 35 Prozent der Ausgangsvariante, zusätzliche Investitionen sind möglich
- III. Teilnahme der Biogasanlagen an der Ausschreibung 2020 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes mit der Möglichkeit eines flexibilisierten Einsatzes der vorhandenen Blockheizkraftwerkskapazitäten und dadurch einer Reduzierung der Bemessungsleistung (Downsizing) sowie der Möglichkeit einer Neuinbetriebnahme
- IV. Wärmegeführte Fahrweise der Biogasanlagen nach Investitionen in einen Gasbrenner

Im Folgenden werden zuerst die Szenarien im Einzelnen vorgestellt und um einige technische Restriktionen ergänzt. Anschließend werden die Ergebnisse ohne Berücksichtigung der Flächenrestriktionen vorgestellt (Stufe 1). Dem schließt sich eine Diskussion der naturschutzbezogenen Auswirkungen des Einsatzes von Biomasse vom Grünland an, bevor dann die relativierten Ergebnisse der Szenarien (zweite Stufe) dargestellt werden. Am Ende des Kapitels werden die in den Beispielanlagen erzielten Ergebnisse verallgemeinert und schließlich auf den gesamten Biogasanlagenbestand übertragen. Zudem wird vertieft auf die Tragfähigkeit von Konzepten zur energetischen Nutzung von Landschaftspflegegras in Biogasanlagen in Synergie mit dem Naturschutz eingegangen.

Die methodische Grundlage der Szenarienberechnungen bildet das Konzept der Linearen Programmierung. Dies ermöglicht es, zu ermitteln, wie sich verschiedene Rahmenbedingungen (zum Beispiel in Bezug auf die Substratverfügbarkeit) auf das Betriebsergebnis auswirken beziehungsweise welche Konstellation zu einem optimalen Betriebsergebnis führt. Das Konzept der Linearen Programmierung ist zum besseren Verständnis im Anhang in Kapitel 10.1 weiter ausgeführt.

7.1 Alternative Anlagenkonzepte zur verstärkten Nutzung von Landschaftspflegegras in den Beispielanlagen

Im Folgenden werden vier unterschiedliche Szenarien aufgebaut, mit deren Hilfe innerhalb dieses Kapitels gezeigt werden soll, wie viel Landschaftspflegegras modellhaft in den vier Beispielanlagen (rein aus technischer Sicht) eingesetzt werden kann.

Die Ergebnisse der Szenarien sollen eine Entscheidungsgrundlage liefern, ob das eingesetzte Material im Bereich der Biogasanlagen einer naturschutzfachlichen und wirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden kann.

Um die Ergebnisse später auf den Anlagenbestand übertragen zu können, wurden vorab keine anlagenspezifischen Optimierungen durchgeführt. Die Grundannahmen (zum Beispiel Methanausbeute der eingesetzten Substrate) sind in allen Szenarien identisch. Allerdings wurden anlagenspezifische Investitionen, die im Zusammenhang mit dem Substrat standen, berücksichtigt. Ein maßgebliches Kriterium der Szenarien war dabei die Raumbelastung, also die organische Trockensubstanz pro Kubikmeter pro Tag, die im Vergleich zur Ausgangssituation nach Möglichkeit konstant gehalten wurde.

Die praktische Umstellung einer Biogasanlage auf die untersuchten Materialien bedarf einer anlagenspezifischen Betrachtung, die die bisherigen Kreislauffunktionen der jeweiligen Biogasanlagen berücksichtigt. Dies konnte in dem vorliegenden Rahmen nicht geleistet werden.

7.1.1 Szenario I

Szenario I soll aufzeigen, wie viel Landschaftspflegegras aus produktionstechnischer Sicht den herkömmlichen Substratmix ersetzen kann, ohne dass zusätzliche Investition an den Beispielanlagen durchgeführt werden müssen.

Die bisherige Vergütung aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz ist in diesem Szenario der Benchmark für die jeweilige Biogasanlage. Der wirtschaftliche Ertrag der Biogasanlage soll durch den Einsatz von Landschaftspflegegras nicht verschlechtert werden. Ertragsausfälle durch eine geringe Gasausbeute der Biomasse von den Grünlandflächen müssen durch geringere Substratkosten oder durch Entsorgungsentgelte ausgeglichen werden. Ziel des Szenarios ist es die Wirtschaftlichkeit des Substratwechsels zu beschreiben.

Die Berechnung des Szenarios erfolgt unter der Berücksichtigung der folgenden Annahmen:

- Der wirtschaftliche Ertrag der jeweiligen Biogasanlage bleibt gleich.
- Mehrkosten durch geringere Gasausbeute werden durch Entsorgungsentgelte pro Tonne alternatives Substrat ausgeglichen.
- Die alternativen Substrate haben ungefähr die Beschaffenheit von Ganzpflanzensilage (faserartig).
- Die Substrate werden frei Silo geliefert. Kosten für die Anlieferung werden nicht berücksichtigt (siehe hierzu Teilkapitel 7.5.1).
- Die Kosten für die Ausbringung der Gärsubstrate werden nicht berücksichtigt (siehe hierzu Teilkapitel 7.5.2).
- Der Eintrag von Sand, Steinen und Verunreinigungen werden wie beim Eintrag von Rüben berechnet.
- Die Raumbelastung wird auf 3 Kilogramm organische Trockensubstanz pro Kubikmeter und Tag begrenzt.

- Die Methanausbeute wird mit 200-250 Normlitern je Kilogramm organische Trockenmasse für das alternative Substrat kalkuliert.

Erwartetes Ergebnis

Die Kalkulation benennt die Kosten, die für das Substrat bezahlt werden können beziehungsweise wieviel zusätzliches Entgelt (Entsorgungsentgelte) das Substrat mitbringen muss, um das heutige Betriebsergebnis zu halten.

7.1.2 Szenario II

Das Szenario II erweitert das Szenario I um eine weitere Bedingung. Ziel ist es, die wirtschaftlichen Auswirkungen einer Absenkung des Maisanteils an der Gesamtsubstratmenge der jeweiligen Biogasanlage 01 bis 04 auf 35 Prozent zu berechnen.

Ziel des Szenarios II ist es außerdem, diejenigen Investitionskosten darzustellen, die notwendig sind, um die Biogasanlage auf einen Maisanteil von 35 Prozent zu begrenzen.

Die weiteren Annahmen aus Abschnitt 7.1.1 werden auch in diesem Szenario als Berechnungsgrundlage angenommen.

Erwartetes Ergebnis

Die Kalkulation benennt die Kosten, die für das Substrat bezahlt werden können beziehungsweise wieviel zusätzliches Entgelt (Entsorgungsentgelte) das Substrat mitbringen muss, um das heutige Betriebsergebnis bei einem geringeren Maiseinsatz zu halten.

7.1.3 Szenario III

In diesem Szenario nimmt die jeweilige Biogasanlage 01 bis 04 an der Ausschreibung 2020 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes teil. Es wird hierbei das 2020 als Referenz genommen, da zu diesem Zeitpunkt erstmals ein größerer Anteil an Biogasanlagen aus der bestehenden Förderungen herausfällt und somit für diese Anlagen somit ein konkreter Anreiz besteht, an der Ausschreibung teilzunehmen.

Ziel des Szenarios ist es, festzustellen, ob ein Downsizing der Biogasanlage mit Hilfe von alternativen Substraten betriebswirtschaftlich darzustellen wäre.

Die Berechnung des Szenarios erfolgt unter der Berücksichtigung der folgenden Annahmen:

- Das Ausschreibungsergebnis für das Jahr 2020 wird mit dem zu diesem Zeitpunkt höchstmöglichen Gebot erzielt (16,39 Cent je Kilowattstunde)
- Es wurden Abschreibungen in Höhe von 1,6 Cent/produzierter kWh berücksichtigt.
- Die installierte elektrische Leistung aus der Vergütung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes bleibt gleich. Es werden keine Investitionen in zusätzliche Blockheizkraftwerkskapazitäten im Vorfeld der Ausschreibung getätigt.
- Die alternativen Substrate haben ungefähr die Beschaffenheit von Ganzpflanzensilage (faserartig).
- Die Substrate werden frei Silo geliefert. Kosten für die Anlieferung werden nicht berücksichtigt (siehe hierzu Teilkapitel 7.5.1).
- Die Kosten für die Ausbringung der Gärsubstrate werden nicht berücksichtigt (siehe hierzu wiederum Teilkapitel 7.5.2).

- Der Eintrag von Sand, Steinen und Verunreinigungen werden wie beim Eintrag von Rüben berechnet.
- Die Methanausbeute wird mit 200-250 Normlitern je Kilogramm organische Trockenmasse für das alternative Substrat kalkuliert.

Erwartetes Ergebnis

Die Kalkulation benennt die Kosten, die für das Substrat bezahlt werden können beziehungsweise welches zusätzliche Entgelt (Entsorgungsentgelte) gezahlt werden muss, um das heutige Betriebsergebnis bei einem Downsizing der Anlage und gleichzeitiger Teilnahme an der Ausschreibung zu halten.

7.1.4 Szenario IV

Im Szenario IV wird vollständig auf den Einsatz der bestehenden Blockheizkraftwerkstechnik verzichtet. Die Fahrweise der jeweiligen Biogasanlage ist wärmegeführt. Das produzierte Methangas wird damit in diesem Szenario lediglich thermisch genutzt und lediglich der Wärmemarkt bedient. Eine Verstromung des Biogases ist nicht mehr vorgesehen.

Die Berechnung des Szenarios erfolgt unter der Berücksichtigung der folgenden Annahmen:

- Investitionen werden für eine Behälterbeheizung sowie eine Gastherme für das Wärmenetz vorgesehen.
- Es ist ein Wärmenetz vorhanden, für das kein Kapitaldienst geleistet werden muss.
- Die Biogasanlage erhält einen Wärmepreis von 4,5 Cent je Kilowattstunden zuzüglich der Umsatzsteuer.
- Die Substrate werden frei Silo geliefert. Kosten für die Anlieferung werden nicht berücksichtigt (siehe hierzu Teilkapitel 7.5.1).
- Die Kosten für die Ausbringung der Gärsubstrate werden nicht berücksichtigt (siehe hierzu wiederum Teilkapitel 7.5.2).
- Der Eintrag von Sand, Steinen und Verunreinigungen werden wie beim Eintrag von Rüben berechnet.
- Die Methanausbeute wird mit 200-250 Normlitern je Kilogramm organische Trockenmasse für das alternative Substrat kalkuliert.

Erwartetes Ergebnis

Die Kalkulation benennt die Kosten, die für das Substrat bezahlt werden können beziehungsweise welches zusätzliche Entgelt (Entsorgungsentgelte) gezahlt werden muss, um das heutige Betriebsergebnis bei einer ausschließlichen Wärmenutzung der Anlage zu halten.

7.2 Zusätzliche technische Restriktionen

Die Landschaftspflege ist gekennzeichnet durch logistische, organisatorische und wirtschaftliche Herausforderungen, die auf eine oftmals heterogene Eigentümerstruktur kleiner, zerstreut liegender und schwer zu bewirtschaftender Flächen zurückgehen. Finanzierungslücken der öffentlich finanzierten Pflege von Biotopen und Landschaftselementen führen zusätzlich zu einem Defizit bei der Erfüllung der Anforderungen des Biotop- und Artenschutzes. Aus diesen Gründen sind die Pflegedurchführung, Biomassebereitstellung und die anschließende Nutzung der anfallenden Biomasse mit spezifischen Anforderungen an die Organisation und an die Logistikkette behaftet.

Hinsichtlich der Anforderungen an die Qualität des Landschaftspflegegrases ist insbesondere zu beachten, dass hohe Ligningehalte im Substrat die Leistungsfähigkeit der Aufbereitungstechnologie überschreiten können. Das Nutzungskonzept muss daher auf die Qualität des Substrataufkommens in der Region ausgerichtet werden. Für Biogasanlagen sind erforderlichenfalls Aufbereitungstechnologien, wie beispielsweise Hydrolysen, in ausreichender Dimension vorzusehen. Anderenfalls muss der Einsatz von stark ligninhaltigem Gras als Co-Substrat gering bleiben. Allgemein steigt das Ausfallrisiko der Anlage mit geringerer Substratqualität, was erheblich negative wirtschaftliche Konsequenzen haben kann.

Der Prozess der Bereitstellung von Landschaftspflegegras-Silage unterscheidet sich dagegen nicht wesentlich von der klassischen Grassilagebereitstellung vom Dauergrünland. Insofern ist der den techno-ökonomischen Analysen zugrunde gelegte Prozess beziehungsweise die bei der Bereitstellung eingesetzte Technologie mehr oder weniger Stand der Technik. Da das Landschaftspflegegras nicht eigens zum Zwecke der Biogaserzeugung angebaut wird, sondern vielmehr als Reststoff bei landschaftspflegerischen Maßnahmen anfällt, dürfen bestimmte Kostenbestandteile (zum Beispiel die Pachtkosten) bei der Ermittlung der Bereitstellungskosten von Landschaftspflegegras fairerweise nicht eingerechnet werden. Wie sich zeigt, liegen trotz dieser Gründe die Kosten für die Bereitstellung von Landschaftspflegegras nicht unwesentlich über denen von anderen Biogas-Substraten. Allerdings ergeben sich in der Praxis vor Ort oft besondere Umstände, die einen effektiven Maschineneinsatz behindern. So muss, beispielsweise, bei der Bewirtschaftung einer kleinteiligen Wiese von einem vergleichsweise hohen Arbeitszeitbedarf für alle mit der Bewirtschaftung zusammenhängenden Arbeitsprozesse (zum Beispiel Mähen) ausgegangen werden. Auch im Hinblick auf den ortsspezifisch sicherlich stark schwankenden Grasertrag pro Hektar ist es deshalb schwer abzuschätzen, wie sich die tatsächliche Kostenstruktur in der Praxis vor Ort konkret gestalten wird. Um eine belastbare Grundlage für Kostenkalkulationen zu erhalten, müssen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen Praxisdaten erfasst und dokumentiert werden.

Das Landschaftspflegegras weist nach der Ernte Verunreinigungen von Sand und Steinen auf. Diese Verunreinigungen wurden im Rahmen der Linearen Programmierung berücksichtigt. Mangels konkreter Praxisdaten wurde hier eine Verunreinigung wie bei Zuckerrüben angenommen. In der Linearen Programmierung wurde von nicht aufbereiteter Landschaftspflegegras-Silage ausgegangen.

Aus der Studie „Biogas aus Landschaftspflegegras – Möglichkeiten und Grenzen“ wird deutlich, dass im Fall von Landschaftspflegegras die zusätzliche Zerkleinerung im Querstromzersetzer zu keiner wesentlichen Effizienzsteigerung der Biogaserzeugung geführt hat (Leible, Kälber, Kappler, Oechsner, & Mönch-Tegener, 2015). Aufgrund der geringen Effekte auf die Methanausbeute deutet es sich an, dass die Querstromzersetzung kein geeignetes Verfahren zur Aufbereitung von Landschaftspflegegras darstellt. Hier scheint somit der erhöhte Investitions- und Energieaufwand für die Querstromzersetzung nicht gerechtfertigt zu sein. Vielmehr müssten alternative Aufschlussverfahren untersucht werden, um ein geeignetes Verfahren für Landschaftspflegegras zu entwickeln.

Sofern bei den untersuchten Biogasanlagen keine geeignete Rührwerkstechnik vorhanden war, wird für das Szenario II eine Nachinvestition in diese Technik vorgesehen. Endlager, die nicht isoliert waren, werden im Szenario II entsprechend mit dem zusätzlichen Aufwand für die Dämmung gerechnet.

7.3 Bewertung der Wirtschaftlichkeit der alternativen Anlagenkonzepte

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Szenarienrechnungen dargestellt. Die Berechnung der Szenarien I bis IV erfolgte mit Hilfe einer Linearen Programmierung. Hintergrundinformationen hierzu finden sich in Teilkapitel 10.1.

Anmerkung zur Interpretation der Ergebnisse: Ist der Wert, der in den nachfolgenden Tabellen als Preis für Landschaftspflegegras angegeben wird, negativ, deutet das Ergebnis der Linearen Programmierung auf eine Zahlungsbereitschaft beim Anlagenbetreiber (im Vergleich zur Ausgangsvariante) hin. Im gegenteiligen Fall besteht infolge des zusätzlichen Einsatzes des Landschaftspflegegrases eine Fördernotwendigkeit im Vergleich zur Ausgangsvariante.

7.3.1 Szenario I

Biogasanlage 01

Die Biogasanlage 01 ist eine Einfementeranlage mit einem Gärvolumen mit 1.574 Kubikmetern. Dieses Fermentervolumen bedeutet bei der derzeitigen Fütterung eine Verweilzeit von rund 74 Tagen. Der Ersatz der Ganzpflanzensilage in Szenario I durch schwerer verdauliches Landschaftspflegegras führt zu einem Wegfall der Rindergülle. Die Verweilzeit verlängert sich und die Raumbelastung von drei Kilogramm organische Trockensubstanz je Kubikmeter und Tag wird nicht überschritten, sodass eine möglichst hohe Gasausbeute entstehen kann.

Die Lineare Programmierung weist in Szenario I eine Zahlungsbereitschaft von 68 Euro pro Tonne Landschaftspflegegras aus, um ein vergleichbares betriebswirtschaftliches Ergebnis wie in der Ausgangsvariante zu erzielen.

Das Landschaftspflegegras verdrängt hier die Gras- und Ganzpflanzensilage sowie die Rindergülle als Inputsubstrat. Insgesamt verringert sich die Inputmenge auf 5.170 Tonnen.

Tabelle 22 Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.026.895	2.080.320
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.343.091	2.404.850
Gärvolumen	<i>m³</i>	4.906	4.906
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	1.794	1.697
Raumbelastung	<i>kg oTs /m³/d</i>	1,00	0,94
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	206.853	217.002
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-68,0
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,00	1,00

Tabelle 23 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Maissilage	<i>t FM</i>	3.250	3.250
Grassilage	<i>t FM</i>	534	0

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	360	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	2.400	0
Rindermist	<i>t FM</i>	700	160
Getreide	<i>t FM</i>	46	46
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	1.330
Pferdemist	<i>t FM</i>	500	385
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.790	5.170

Biogasanlage 02

Die Biogasanlage 02 zeichnet sich im Vergleich zur Biogasanlage 01 durch eine Verweilzeit aus, die deutlich über 110 Tagen liegt. Das hat zur Folge, dass der Substratwechsel in Szenario I von Ganzpflanzensilage auf Landschaftspflegegras zu einer geringfügigen Reduktion des eingesetzten Rindermistes führt. Die Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras liegt für die Anlage 02 in diesem Szenario bei rund 19 Euro pro Tonne und somit deutlich niedriger als bei der Anlage 01. Die technische Anlagenkonstellation, insbesondere die hohe Verweilzeit der Anlage 02, ist für den Einsatz des schwer verdaulichen Landschaftspflegegrases gut geeignet.

Das Landschaftspflegegras verdrängt hier die Mais- und Grassilage als Inputsubstrat. Insgesamt verringert sich die Inputmenge um rund 1.000 Tonnen auf 6.579 Tonnen.

Tabelle 24 Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786	2.294.934
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186	2.642.275
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098	1.958
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03	1,90
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852	258.757
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000	630.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-19,0
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	0,00	0,00

Tabelle 25 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569	3.178
Grassilage	<i>t FM</i>	514	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	0	0
Zuckerrübensilage	<i>t FM</i>	0	0

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Rindermist	t FM	2.566	1.974
Landschaftspflegegras	t FM	0	1.419
Gesamtration	t FM	7.476	6.579

Biogasanlage 03

Die Biogasanlage 03 setzt in ihrer Ausgangssituation rund 35.000 Tonnen Substrate ein. Rund 50 Prozent des Inputs ist Rindergülle. Der Ersatz der Ganzpflanzensilage durch Landschaftspflegegras in Szenario I führt im Rechenmodell zu einer deutlichen Reduktion der Rindergülle. Die Verweilzeit der Anlage verbessert sich von 74 Tagen im Ausgangsszenario auf rund die doppelte Zeit. Bei gleicher elektrischer Arbeit liegt die Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras 21,40 Euro pro Tonne auf einem ähnlichen Niveau wie bei der Anlage 02.

Tabelle 26 Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Elektrische Energie	kWh	5.339.588	5.333.974
Thermische Energie	kWh	4.392.567	4.387.949
Gärvolumen	m ³	7.048	7.048
Organische Trockensubstanz	kg	5.713	4.594
Raumbelastung	kg oTs /m ² /d	2.22	1,79
Eigenstromverbrauch	kWh	611.335	630.762
Prozesswärme	kWh	1.000.000	1.000.000
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-21,4

Tabelle 27 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Maissilage	t FM	3.548	3.548
Grassilage	t FM	3.682	0
Ganzpflanzensilage	t FM	970	0
Rindergülle	t FM	16.880	461
Zuckerrübensilage	t FM	356	0
Rindermist	t FM	6.585	5.065
Schweinegülle	t FM	2.102	2.102
HTK	t FM	494	0
Landschaftspflegegras	t FM	0	6.078
Blühhmischung	t FM	146	0
Gesamtration	t FM	34.763	17.254

Biogasanlage 04

Die Biogasanlage 04 setzt in der Ausgangssituation rund 22.100 Tonnen Substrate ein. Im Szenario I werden Grassilage, Ganzpflanzensilage und Rindergülle teilweise auch ganz oder anteilig durch Landschaftspflegegras ersetzt. Dieser Ersatz führt zu einer Zahlungsbereitschaft in Höhe von 28,60 pro Tonne unter Beibehaltung der wirtschaftlichen Ergebnisse der Biogasanlage.

Tabelle 28 Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Elektrische Energie	kWh	5.504.954	6.657.120
Thermische Energie	kWh	7.602.341	9.193.483
Gärvolumen	m ³	6.700	6.700
Organische Trockensubstanz	kg	4.874	6.154
Raumbelastung	kg oTs /m ² /d	1,99	2,52
Eigenstromverbrauch	kWh	617.841	793.304
Prozesswärme	kWh	620.000	620.000
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-28,6
Preis für Wärme	ct/kWh	1,50	1,50

Tabelle 29 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Maissilage	t FM	8.965	8.965
Grassilage	t FM	2.072	0
Ganzpflanzensilage	t FM	1.439	0
Rindergülle	t FM	8.585	5.993
Rindermist	t FM	1.132	871
Landschaftspflegegras	t FM	0	7.050
Gesamtration	t FM	22.193	22.878

7.3.2 Szenario II

Biogasanlage 01

Im Szenario II müssen Investition in eine Verlängerung der Verweilzeit getätigt werden. Diese belaufen sich auf 60.000 Euro für Isolierung des Endlagers sowie für den Ersatz eines Schnellläufers im Fermenter durch ein langsamlaufendes Großflügelrührwerk. Rund 4.466 Tonnen Landschaftspflegegras werden eingesetzt. Durch die oben genannten Nachrüstungen wird zusätzliches aktives Fermentervolumen für das schwerverdauliche Landschaftspflegegras geschaffen. Die Verweilzeit im aktiven beheizten Fermentersystem steigt auf 227 Tage an.

Im Vergleich zu Szenario I kann aufgrund der verlängerten Verweilzeit wieder Rindergülle eingesetzt werden. Die Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras sinkt allerdings in diesem Szenario auf 18,3 Euro im Vergleich zu 68 Euro pro Tonne (siehe Szenario 1).

Tabelle 30 Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.026.895	2.080.320
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.343.091	2.404.850
Gärvolumen	<i>m³</i>	4.906	4.906
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	1.794	2.316
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,00	1,29
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	206.853	264.062
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		60.000
Afa	€		7.500
Preis für Landschaftspfleggras	€/t FM	0,0	-18,3
Preis für Wärme	ct/kWh	1,00	1,00

Tabelle 31 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Maissilage	<i>t FM</i>	3.250	1.016
Grassilage	<i>t FM</i>	534	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	360	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	2.400	1.823
Rindermist	<i>t FM</i>	700	538
Getreide	<i>t FM</i>	46	45
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	4.466
Pferdemist	<i>t FM</i>	500	7
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.790	7.896

Biogasanlage 02

Der Substratwechsel im Szenario II führt bei der Anlage 02 zu einer Reduktion der eingesetzten Maissilage um 2.000 Tonnen pro Jahr. Es werden rund 360.000 Kilowattstunden erneuerbarer Strom weniger ins öffentliche Netz eingespeist. Im Vergleich zu Szenario I sinkt die Zahlungsbereitschaft bei gleichbleibendem betriebswirtschaftlichem Ergebnis auf 12,7 Euro pro Tonne. Die Verweilzeit bleibt bei 157 Tagen konstant.

Tabelle 32 Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786	1.935.922
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186	2.228.926
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098	2.095

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03	2,03
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852	257.307
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000	630.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-12,7
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	0,00	0,00

Tabelle 33 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569	1.115
Grassilage	<i>t FM</i>	514	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827	0
Rindermist	<i>t FM</i>	2.566	1.974
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	3.490
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.476	6.579

Biogasanlage 03

Eine weitere Reduktion der Maissilage im konventionellen Substratmix führt in Szenario II zu einem rund 2.000 Tonnen höheren Landschaftspflegegraseinsatz.

Allerdings sinken die elektrische um rund 500.000 Kilowattstunden und die thermische Arbeit um 400.000 Kilowattstunden. Die Zahlungsbereitschaft bleibt relativ konstant und beträgt in diesem Szenario 21,30 Euro pro Tonne Landschaftspflegegras.

Tabelle 34 Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.339.588	4.780.762
Thermische Energie	<i>kWh</i>	4.392.567	3.932.853
Gärvolumen	<i>m³</i>	7.048	7.048
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	5.713	4.662
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2.22	1,81
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	611.335	613.211
Prozesswärme	<i>kWh</i>	1.000.000	1.000.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-21,3

Tabelle 35 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Maissilage	<i>t FM</i>	3.548	1.109
Grassilage	<i>t FM</i>	3.682	184
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	970	0

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Rindergülle	<i>t FM</i>	16.880	1.331
Zuckerrübensilage	<i>t FM</i>	356	0
Rindermist	<i>t FM</i>	6.585	5.065
Schweinegülle	<i>t FM</i>	2.102	2.102
HTK	<i>t FM</i>	494	0
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	7.929
Blühmischung	<i>t FM</i>	146	0
Gesamtration	<i>t FM</i>	34.763	17.720

Biogasanlage 04

Die Anlage 04 muss für den Einsatz eines größeren Landschaftspflegegrasanteils Investitionen in neue Rührwerkstechnik in Höhe von 30.000 Euro tätigen. Dadurch kann die Anlage 04 den Anteil des Landschaftspflegegrases nahezu verdoppeln gegenüber dem Szenario I. Die Zahlungsbereitschaft verringert sich auf 24,30 Euro pro Tonne.

Tabelle 36 Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.504.954	5.772.392
Thermische Energie	<i>kWh</i>	7.602.341	7.971.674
Gärvolumen	<i>m³</i>	6.700	6.700
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	4.874	6.725
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,99	2,75
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	617.841	801.957
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		30.000
Afa	€		3.750
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-24,3
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,50	1,50

Tabelle 37 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Maissilage	<i>t FM</i>	8.965	2.802
Grassilage	<i>t FM</i>	2.072	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	1.439	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	8.585	6.160
Rindermist	<i>t FM</i>	1.132	871
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	13.603
Gesamtration	<i>t FM</i>	22.193	23.435

7.3.3 Szenario III

Biogasanlage 01

Die Investitionen in eine Erweiterung in das aktive Fermentersystem sind auch im Szenario III für einen wirtschaftlichen Fortbestand der Biogasanlage entscheidend. Bei rund 19 Tonnen Inputmaterial pro Tag steigt die Verweilzeit auf über 250 Tage. Die geringeren Stromerlöse aus der Ausschreibung führen dazu, dass im Rahmen der Linearen Programmierung das Rechenmodell die Anlage auf eine Entsorgung von Landschaftspflegegras abstellt. Maissilage wird gar nicht mehr eingesetzt, so dass die Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras leicht auf 25,20 Euro pro Tonne steigt.

Tabelle 38 Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.026.895	2.080.320
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.343.091	2.404.850
Gärvolumen	<i>m³</i>	4.906	4.906
Organische Trockensubstanz	<i>Kg</i>	1.794	2.614
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,00	1,46
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	206.853	293.309
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		60.000
Afa	€		7.500
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-25,2
Preis für Wärme	ct/kWh	1,00	1,00

Tabelle 39 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Maissilage	<i>t FM</i>	3.250	0
Grassilage	<i>t FM</i>	534	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	360	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	2.400	0
Rindermist	<i>t FM</i>	700	415
Getreide	<i>t FM</i>	46	45
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	6.547
Pferdemist	<i>t FM</i>	500	0
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.790	7.007

Biogasanlage 02

Die Biogasanlage 02 kann die technischen Vorteile des bestehenden Fermentersystems nutzen. Im Vergleich zur Anlage 01 hat die Anlage 02 daher eine Zahlungsbereitschaft von über

41 Euro pro Tonne. Dies wird auch durch den Vergleich mit einem ähnlichen Fermentersystem der Anlage 04 deutlich, die eine ähnliche Zahlungsbereitschaft hat.

Tabelle 40 Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786	1.620.600
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186	1.865.880
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098	2.123
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03	2,06
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852	234.029
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000	630.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-41,3
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	0,00	0,00

Tabelle 41 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569	321
Grassilage	<i>t FM</i>	514	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827	0
Rindermist	<i>t FM</i>	2.566	721
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	4.919
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.476	5.961

Biogasanlage 03

Mit einer Zahlungsbereitschaft von 41,5 Euro pro Tonne Landschaftspflegegras kann die Anlage 03 im Ausschreibungsszenario III den Anteil des Landschaftspflegegrases weiter auf rund 12.500 Tonnen erhöhen. Die eingespeisten und vergüteten Strom- und Wärmemengen sinken nur geringfügig im Vergleich zu Szenario II. Eine Fortführung der Anlage 03 ist nach Ausschreibung darstellbar. Damit ergibt sich wirtschaftlich eine vergleichbare Situation wie bei Anlage 02.

Tabelle 42 Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.339.588	4.642.800
Thermische Energie	<i>kWh</i>	4.392.567	3.819.360
Gärvolumen	<i>m³</i>	7.048	7.048
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	5.713	5.223
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2.22	2,03
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	611.335	623.695

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Prozesswärme	<i>kWh</i>	1.000.000	1.000.000
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-41,5

Tabelle 43 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Maissilage	<i>t FM</i>	3.548	0
Grassilage	<i>t FM</i>	3.682	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	970	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	16.880	0
Zuckerrübensilage	<i>t FM</i>	356	0
Rindermist	<i>t FM</i>	6.585	2.186
Schweinegülle	<i>t FM</i>	2.102	434
HTK	<i>t FM</i>	494	0
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	12.491
Blümmischung	<i>t FM</i>	146	0
Gesamtration	<i>t FM</i>	34.763	15.111

Biogasanlage 04

In diesem Szenario erhöht sich die Inputmenge des Landschaftspflegegrases auf 16.084 Tonnen und die Verweilzeit auf 134 Tage. Die weitere reduzierte Maismenge lässt die Zahlungsbereitschaft für Landschaftspflegegras in diesem Szenario auf 29,70 Euro pro Tonne steigen.

Tabelle 44 Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.504.954	5.585.868
Thermische Energie	<i>kWh</i>	7.602.341	7.714.084
Gärvolumen	<i>m³</i>	6.700	6.700
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	4.874	6.780
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,99	2,77
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	617.841	820.281
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		30.000
Afa	€		3.750
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-29,7
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,50	1,50

Tabelle 45 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Maissilage	<i>t FM</i>	8.965	1.542
Grassilage	<i>t FM</i>	2.072	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	1.439	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	8.585	0
Rindermist	<i>t FM</i>	1.132	871
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	16.084
Gesamtration	<i>t FM</i>	22.193	18.497

7.3.4 Szenario IV

Biogasanlage 01

Szenario IV sieht lediglich eine Gasproduktion für die Wärmeversorgung für das angeschlossene Wärmenetz vor. Unter der Annahme, dass der Wärmepreis bei 4,5 Cent je Kilowattstunden (netto) liegt, ergibt die Lineare Programmierung einen notwendigen Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras von 8,30 Euro pro Tonne. Einnahmen aus dem Verkauf elektrischer Energie erfolgen nicht mehr. Die Restriktion der Linearen Programmierung basiert auf einer Stilllegung der Blockheizkraftwerks. Es erfolgte die Ausrichtung auf die Bereitstellung von erneuerbarer Wärme über einen Biogasbrenner. Der hier genannte Preis für Wärme von 4,5 Cent versteht sich als Preis ohne die Refinanzierung einer Wärmeleitung. Das Szenario IV zeigt Potenziale im Fermentersystem auf, da sich die Verweilzeit mehr als verdoppelt. Im Rahmen der Linearen Programmierung wurde nicht geprüft, ob bei einem höheren Entsorgungserlös für Strom ein zusätzlicher Blockheizkraftwerk-Betrieb sinnvoll wäre. Ein Ziel könnte, zum Beispiel, die Produktion von Eigenstrom bei steigenden Strombezugskosten sein.

Tabelle 46 Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.026.895	0
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.343.091	2.429.000
Gärvolumen	<i>m³</i>	4.906	4.906
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	1.794	1.498
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,00	0,84
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	206.853	122.202
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		75.000
Afa	€		9.000
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	8,3
Preis für Wärme	ct/kWh	1,00	4,50

Tabelle 47 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Maissilage	<i>t FM</i>	3.250	0
Grassilage	<i>t FM</i>	534	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	360	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	2.400	0
Rindermist	<i>t FM</i>	700	392
Getreide	<i>t FM</i>	46	45
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	3.622
Pferdemist	<i>t FM</i>	500	0
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.790	4.060

Biogasanlage 02

Die Biogasanlage 02 verfügt über kein nachhaltiges Wärmekonzept. Ein Brennerbetrieb auf der Biogasanlage entfällt somit, da Wärmeerlöse von 4,5 Cent je Kilowattstunden nicht in Aussicht stehen. Sollte die Anlage noch einen Wärmekonzept erstellen können und dabei Wärmeerlöse in der genannten Höhe realisieren, wäre eine Zahlungsbereitschaft von 24,80 Euro pro Tonne vorhanden.

Tabelle 48 Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786	0
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186	3.530.000
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098	1.978
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03	1,91
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852	164.257
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000	630.000
Investitionssumme	€		15.000
Afa	€		1.500
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-24,8
Preis für Wärme	ct/kWh	0,00	4,5

Tabelle 49 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569	321
Grassilage	<i>t FM</i>	514	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827	0
Rindermist	<i>t FM</i>	2.566	721

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Landschaftspflegegras	t FM	0	4.536
Gesamtration	t FM	7.476	5.578

Biogasanlage 03

Die Biogasanlage 03 wurde in einem Trinkwasserschutzgebiet konzipiert und hat die Aufgabe die anfallenden Güllemengen aus der Landwirtschaft aufzunehmen, zu hygienisieren und im Biogasprozess zu einem pflanzenverfügbaren Düngemittel aufzubereiten. Ein Brennerbetrieb aus dem produzierten Biogas ist nur wirtschaftlich darzustellen, wenn rund 200.000 Euro Zusatzerlöse in Höhe von 4,5 Cent je Kilowattstunde für die erzeugten Wärmemengen gezahlt werden. In diesem Fall besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 12,40 Euro pro Tonne.

Tabelle 50 Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Elektrische Energie	kWh	5.339.588	0
Thermische Energie	kWh	4.392.567	4.390.000
Gärvolumen	m ³	7.048	7.048
Organische Trockensubstanz	kg	5.713	2.701
Raumbelastung	kg oTs /m ² /d	2.22	1,05
Eigenstromverbrauch	kWh	611.335	228.455
Prozesswärme	kWh	1.000.000	1.000.000
Investitionssumme	€		15.000
Afa	€		1.500
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-12,4
Preis für Wärme	ct/kWh	0,00	4,50

Tabelle 51 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Maissilage	t FM	3.548	0
Grassilage	t FM	3.682	0
Ganzpflanzensilage	t FM	970	0
Rindergülle	t FM	16.880	0
Zuckerrübensilage	t FM	356	0
Rindermist	t FM	6.585	2.534
Schweinegülle	t FM	2.102	610
HTK	t FM	494	0
Landschaftspflegegras	t FM	0	5.647
Blümmischung	t FM	146	0

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Gesamtration	t FM	34.763	8.791

Biogasanlage 04

Die Inputmenge wird in diesem Szenario auf rund 8.000 Tonnen reduziert. Dabei steigt die Verweilzeit auf 308 Tage. Der Brennerbetrieb des Szenario IV führt bei der Anlage 04 zu einem Bedarf von Entsorgungserlösen für das Landschaftspflegegras von 28,40 Euro pro Tonne.

Tabelle 52 Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Elektrische Energie	kWh	5.504.954	0
Thermische Energie	kWh	7.602.341	3.471.700
Gärvolumen	m ³	6.700	6.700
Organische Trockensubstanz	kg	4.874	2.768
Raumbelastung	kg oTs /m ² /d	1,99	1,13
Eigenstromverbrauch	kWh	617.841	226.925
Prozesswärme	kWh	620.000	620.000
Investitionssumme	€		45.000
Afa	€		5.250
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	28,4
Preis für Wärme	ct/kWh	1,50	4,50

Tabelle 53 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Maissilage	t FM	8.965	1.542
Grassilage	t FM	2.072	0
Ganzpflanzensilage	t FM	1.439	0
Rindergülle	t FM	8.585	0
Rindermist	t FM	1.132	871
Landschaftspflegegras	t FM	0	5.526
Gesamtration	t FM	22.193	7.938

7.3.5 Zusammenfassung der Szenarienergebnisse

Zusammenfassend werden die in den vier Szenarien (unter den oben beschriebenen Annahmen) ermittelten Entsorgungserlöse (positiver Wert) beziehungsweise Zahlungsbereitschaften (negativer Wert) in Abbildung 11 grafisch dargestellt.

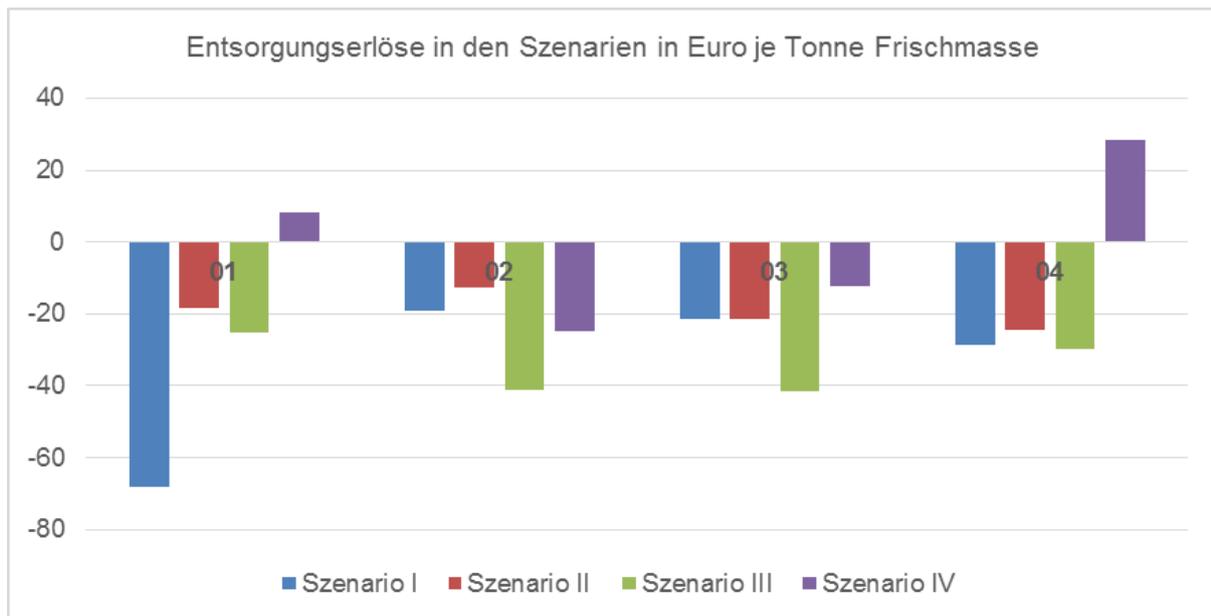


Abbildung 11 Gegenüberstellung der ermittelten Entsorgungserlöse in den Szenarien für die Beispielanlagen 01 bis 04 ohne Berücksichtigung der Potenzialsituation an den jeweiligen Standorten

Es wird ersichtlich, dass grundsätzlich in allen Szenarien eine zusätzliche Zahlungsbereitschaft besteht. Lediglich in Szenario IV besteht bei den beiden Biogasanlagen, bei denen bereits eine Überbauung der installierten Leistung zum Zwecke der Flexibilisierung stattgefunden hat (Beispielanlage 01 und 04), keine Zahlungsbereitschaft besteht.

Die weitere Interpretation der Szenarienergebnisse erfolgt in Kapitel 7.6.

7.4 Naturschutzbezogene Bewertung der alternativen Anlagenkonzepte

Das Forschungsvorhaben hat hinsichtlich der Anlagenkonzepte zum Ziel, mögliche Stoffströme zwischen Grünland und Biogasanlagen sowie deren Wirtschaftlichkeit zu untersuchen. Die hier vorgestellten Anlagenkonzepte setzen dabei eine Substratbereitstellung voraus, die im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes erfolgt. Es werden also Substrate untersucht, die aus Sicht des Naturschutzes sinnvoll verwertet werden können. Nutzungskonkurrenzen zum Naturschutz werden ebenso vermieden wie zur Futtermittelgewinnung oder unter Umständen zur stofflichen Nutzung des Grünschnitts. Dennoch können Veränderungen der Anlagenkonzepte und damit der Flächennutzung unter Umständen zu Auswirkungen auf Natur und Landschaft führen. Im Folgenden werden die möglichen Konsequenzen beleuchtet.

7.4.1 Auswirkungen veränderter Nutzung des Grünlands sowie der Landschaftspflegeflächen (Ex- und Intensivierung)

Die alternativen Anlagenkonzepte basieren auf der Substitution von klassischen Biogassubstraten durch Landschaftspflegegras. Das Landschaftspflegegras besitzt hinsichtlich der Biogaserzeugung vergleichsweise geringe Qualitäten. Häufig ist die Biomasse überständig und weist damit erhöhte Ligningehalte auf, die in der Biogasanlage nur schwer zersetzt werden können. Gleichzeitig kommt es vor, dass das Substrat einen erhöhten Anteil von mineralischen Stoffen, Sand, Steine und ähnliches, aufweist. In diesen Fällen wäre aus Sicht der Biogasanlage eine Änderung der Bewirtschaftung wünschenswert.

Eine Änderung der Bewirtschaftung beziehungsweise der Pflege des Grünlands darf für diese Flächen nur unter Beachtung der Entwicklungsziele des Naturschutzes erfolgen. Dabei kann für einige Flächen im Zuge der Biomassebereitstellung durchaus eine vergleichsweise intensivere oder alternative Bewirtschaftung angestrebt werden, die einen größeren Ertrag oder bessere Qualitäten erwarten lässt. Sie muss dann aber weiterhin im gleichen Maß zum Erreichen der Ziele des Naturschutzes beitragen.

Eine Intensivierung der Bewirtschaftung ist beispielweise im Falle von verbuschenden oder bisher unzureichend gepflegten Grünlandflächen möglich. Grundlegend ist die Integration von artenreichem Grünland in die landwirtschaftliche Nutzung, so auch Bioenergienutzung, zweckmäßig. Denn artenreiches Grünland kann großflächig nur als Teil ökonomisch tragfähiger landwirtschaftlicher Betriebssysteme erhalten werden. Dabei müssen, um negative Veränderungen des Grünlandes zu vermeiden, auch neue biodiversitätsorientierte Bewirtschaftungssysteme entwickelt werden. Aus Sicht des Naturschutzes ist der mögliche Beitrag zur Entwicklung und dem anschließenden Erhalt von artenreichem Grünland durch die Substratbereitstellung für die Biogasanlage positiv zu beurteilen, wenn die Ziele des Naturschutzes erfüllt werden.

Die zukünftige Entwicklung wird in einigen Regionen dazu führen, dass bisher intensiv bewirtschaftete Grünlandflächen aus der Nutzung fallen. In solchen Regionen kann der Einsatz von Landschaftspflegegras in bestehenden Biogasanlagen zu einer faktischen Extensivierung der Bewirtschaftung führen. Die erforderliche Qualität des Grünschnitts ist im Vergleich zum Einsatz als Futtermittel geringer. Damit kann bei der Bewirtschaftung sowohl auf Düngemittelgaben sowie auf Pflanzenschutzmittel verzichtet werden. Ebenso ist teilweise eine geringe Schnitffrequenz möglich. In den betrachteten Untersuchungsregionen ist diese Entwicklung jedoch nicht absehbar.

Die aufgezeigten Möglichkeiten einer Extensivierung von Grünland sowie der erneuten Bewirtschaftung von Grünlandflächen, die aus der Nutzung gefallen sind, bieten ein besonderes Potenzial zum Erhalt des wertvollen Grünlands. Dabei muss die Nutzung auf das naturschutzbezogene Potenzial der Einzelfläche abgestimmt werden. Hier bergen Grenzertragsstandorte das höchste Biodiversitätspotenzial bei gleichzeitig aufwendiger Bewirtschaftung. Ähnliches gilt für Kleinstrukturen, die eine hohe Bedeutung als Refugien für seltene und wertvolle Arten aufweisen.

7.4.2 Mögliche Änderungen der Greening-Maßnahmen aufgrund neuer Stoffströme

Den Landwirten und Biogasanlagenbetreibern stehen grundsätzlich eine Reihe möglicher Greening-Maßnahmen zur Verfügung, um die angebotenen Ökologisierungszahlungen zu erhalten (vergleiche Kapitel 4.4).

Im Hinblick auf die hier vorgestellten alternativen Anlagenkonzepte und die prognostische Entwicklung der Flächenkulisse in den Untersuchungsregionen (vergleiche Kapitel 6), erscheinen Änderungen hinsichtlich der Durchführung von Greening-Maßnahmen durch die Landwirte jedoch zunächst unwahrscheinlich. Die intensive Nutzung zur Futtermittelgewinnung wird daher voraussichtlich nicht durch Greening-Maßnahmen zur Anlage von ökologischen Vorrangflächen ersetzt werden können.

Sollte der Substratbedarf der Biogasanlagen allerdings nicht mehr durch Energiepflanzen vom Acker gedeckt werden können und ein verstärkter Einsatz von Grünschnitt erfolgen, ist es naheliegend, dass unter diesen Voraussetzungen der Erhalt von Dauergrünland als Greening-

Maßnahme bzw. im Rahmen einer passenden Interventionskategorie in der neuen Förderperiode der GAP häufiger Anwendung findet. Bei Landschaftspflegematerialien, die nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz als Abfall zu werten sind, müsste die Abfalleigenschaft spätestens nach der Aufbereitung zur Verwertung in einer Biogasanlage fallen.

7.4.3 Restriktionen bei der Nutzung von Grünland aus naturschutzbezogener Sicht

Aus Sicht des Naturschutzes ist eine extensive Nutzung von Grünlandflächen grundsätzlich förderlich, um die gewünschten Funktionen (Beispiel Lebensraumfunktion) zu erhalten. Daher werden den Landwirten im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen Prämien für den Erhalt dieser Flächen gezahlt. Bei einer Nutzung des Grünlandaufwuchses für die Biogaserzeugung muss darauf geachtet werden, dass die Flächen nicht übernutzt werden und ertragssteigernde Maßnahmen, wie beispielsweise zusätzliche Düngung, nur durchgeführt werden, wenn diese den ökologischen Zustand der Fläche nicht verschlechtern. Auch eine Befahrung der Flächen bei starker Vernässung oder zu Zeiten sensibler Entwicklungsstadien schützenswerter Pflanzengesellschaften oder zu Brutzeiten empfindlicher Vogelarten sollte unterbleiben. Durch die Nutzung des Substrats bei Verzicht auf zusätzliche Düngung findet gleichzeitig ein Nährstoffentzug statt, der sich häufig positiv auf die naturschutzbezogene Bewertung der Grünlandflächen und angrenzende Gewässer auswirkt.

7.5 Beachtung der naturschutzbezogenen und sonstigen Restriktionen im Kontext der alternativen Anlagenkonzepte

Die naturschutzbezogene Analyse (vergleiche Kapitel 6) hat ergeben, dass nicht immer in allen Regionen für die in den Szenarien dargestellten alternativen Anlagenmodelle ausreichend Landschaftspflegegras zur Verfügung steht.

Liegt eine ausreichende Menge des benötigten Substrats in direkter Anlagennähe vor, können in erheblichem Umfang Transportkosten und auch durch den Transport entstehende Treibhausgasemissionen eingespart werden. Mit zunehmender Entfernung zwischen Anlage und Biomassepotenzialen werden sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch die Treibhausgasbilanz ungünstiger. Neben der reinen Entfernung können in manchen Regionen auch die Hangneigungen oder Vernässung der Grünlandflächen einen entscheidenden negativen Einfluss haben. Andererseits können bei guter Befahrbarkeit der Flächen die Schnittintervalle gewährleistet werden, was wiederum zu günstigeren Lagerkapazitäten und gegebenenfalls besseren Substratqualitäten führen kann.

Im Weiteren werden die alternativen Anlagenmodelle an die heute tatsächlich vorhandenen Mengen an Landschaftspflegegras in den Beispielregionen angepasst (vergleiche Tabelle 54). Die tatsächlich vorhandenen Mengen an Landschaftspflegegras beziehungsweise das Nutzungspotenzial aus heutiger Sicht ergibt sich aus den Ausführungen in den Teilkapiteln 6.1.3, 6.2.3, 6.3.3 und 6.4.3.

Tabelle 54 Gegenüberstellung der in den Szenarien benötigten Mengen an Landschaftspflegegras mit den heute verfügbaren Flächenpotenzialen im Umkreis der Beispielanlagen in Tonnen Frischmasse

Standort	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV	Heute nutzbar
01	1.330	4.466	6.547	3.622	982
02	1.419	3.490	4.919	4.536	837
03	6.078	7.929	12.491	5.647	132
04	7.050	13.603	16.084	5.526	1.548

Die Lineare Programmierung berechnet aus dieser zusätzlichen Restriktion erneut die Zahlungsbereitschaft beziehungsweise die notwendigen Entsorgungserlöse. Zusätzlich fließen die Transportkosten für die Wege Feld-Biogasanlage und Biogasanlage-Feld in die Berechnung der Kosten mit ein. Sonstige Kosten werden nicht berücksichtigt. Im Übrigen werden die Annahmen der Szenarien nicht verändert.

7.5.1 Transportkosten Feld-Biogasanlage

Die Transportkosten sind in den bisherigen Betrachtungen in Kapitel 7.3 aus Gründen der Vereinfachung außer Acht gelassen worden. Im Folgenden sollen auf Grundlage der Transportentfernungen die Kosten des Transports für die vier Szenarien ermittelt werden.

Die Basis für die Berechnung der Transportentfernungen bildet das in Tabelle 54 dargestellte, heute nutzbare Potenzial im Umkreis der Beispielanlagen. Hierzu werden die Entfernungen zwischen den Biogasanlagenstandorten und den heute für die Biogasanlage verfügbaren Grünlandflächen ermittelt.

Dies erfolgt im geografischen Informationssystem über eine Netzwerkanalyse (Network Analysis), bei der die Entfernungen zwischen Anlagen- und Flächenstandort anhand der Straßenverläufe bestimmt werden. Die Anlagen- und Flächenstandorte sind zuvor auf Grundlage der durchgeführten Vor-Ort-Begehungen digitalisiert und georeferenziert worden. Der Straßenverlauf ist der OpenStreetMap entnommen (OSM, 2018). Nicht berücksichtigt werden Fuß-, Rad- und Wanderwege sowie sonstige Wege, die nicht befahrbar sind.

Über die Entfernungen der Grünlandflächen zu den Anlagenstandorten kann eine Priorisierung der Flächen vorgenommen werden. Die Flächen mit der geringsten Entfernung werden zuerst angefahren, dann die nächstgelegenen Flächen und so weiter – bis schließlich alle Flächen angefahren worden sind oder die benötigte Menge an Grasschnitt eingesammelt worden ist.

Die Transportkosten ergeben sich aus den Transportentfernungen, der Anzahl der Transporte sowie den in der Literatur angegebenen Transportkosten in Euro pro Tonnenkilometer. Dabei wird angenommen, dass pro Transport maximal 22 Tonnen Grünschnitt transportiert werden können (LW, 2019).

Die Transportkosten in Euro pro Tonnenkilometer enthalten die variablen Maschinenkosten, den Lohnansatz sowie die Festkosten für Maschinen und Geräte, Gebäude und Lagerraum plus die kalkulatorischen Kosten für die Inanspruchnahme der Flächen und des Kapitals. Sie variieren zudem in Abhängigkeit der Transportentfernung zwischen Feld und Hof (LfL, 2006, S. 22). Tabelle 55 stellt die Kostenannahmen dar.

Tabelle 55 Transportkosten für Grassilage in Euro pro Tonnenkilometer nach (Lfl, 2006, S. 22)

Entfernung	1 km	2 km	3 km	5 km	10 km	15 km	20 km
Maschinenkosten	1,47	0,91	0,72	0,58	0,46	0,43	0,41
Lohnansatz	0,88	0,56	0,46	0,38	0,31	0,29	0,28
Festkosten	3,08	1,63	1,15	0,76	0,48	0,38	0,33
Gesamtkosten	5,42	3,11	2,33	1,72	1,25	1,10	1,02

Hieraus ergeben sich unter Berücksichtigung der individuellen Flächenerträge der Potenzialflächen sowie der Transportentfernungen die in Tabelle 56 dargestellten Transportkosten.

Tabelle 56 Jährliche Transportkosten in Euro

Standort	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
01	12.683,65	12.683,65	12.683,65	12.683,65
02	7.675,39	7.675,39	7.675,39	7.675,39
03	853,69	853,69	853,69	853,69
04	18.954,20	18.954,20	18.954,20	18.954,20

Bezogen auf die eingesetzten Grünschnittmengen können zudem die mengenspezifischen Transportkosten in Euro pro Tonne Frischmasse bestimmt werden. Diese variieren in Abhängigkeit der mittleren Entfernung der Flächen zum jeweiligen Anlagenstandort zwischen 6,48 und 12,92 Euro pro Tonne Frischmasse (vergleiche Tabelle 57).

Tabelle 57 Jährliche Transportkosten in Euro pro Tonne Frischmasse

Standort	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
01	12,92	12,92	12,92	12,92
02	9,17	9,17	9,17	9,17
03	6,48	6,48	6,48	6,48
04	12,24	12,24	12,24	12,24

7.5.2 Transportkosten Biogasanlage-Feld

Durch die Vergärung der Biogassubstrate entstehen Gärreste, die als Düngemittel auf den Feldern ausgebracht oder alternativ entsorgt werden müssen. Da aus Gründen des Umwelt- und Gewässerschutzes die zulässigen Ausbringmengen begrenzt sind, muss bei der Ausbringung die stoffliche Zusammensetzung des Gärrests berücksichtigt werden. Der durchschnittliche Flächenbedarf zur Gärrestverwertung von Biogasanlagen liegt bei rund 0,026 Hektar pro Tonne Gärrest. Bei einer installierten Leistung von 500 Kilowatt entspricht dies einer Ausbringfläche von ungefähr 300 Hektar (Weiland, 2010, S. 4).

Obwohl die Biogasgärreste eine wertvolle Nährstoffressource darstellen und ihnen – je nach Ausbringungsverlust – ein Wert zwischen 13 und 15 Euro pro Tonne zugemessen wird (LfL, 2012, S. 9), gestaltet sich die Ausbringung der Gärreste, insbesondere in den Regionen mit einem hohem Tierbesatz und einer hohen Biogasanlagendichte, aufgrund der begrenzten Ausbringflächen als problematisch. Daher müssen für die Ausbringung der Gärreste häufig zusätzliche Pachtflächen in Anspruch genommen werden (Weiland, 2010, S. 4).

Die Flächenproblematik wird in dem hier vorliegenden Fall zudem dadurch verstärkt, dass das eingesetzte Landschaftspflegegras von naturschutzbezogenen wertvollen Flächen stammt, auf denen in der Regel keine Düngemittel ausgebracht werden dürfen. Somit müssen andere, zumeist weiter entfernte Flächen zur Ausbringung des Gärrests angefahren werden.

Als Kosten für das Ausbringen der Gärreste wird in der Literatur – bei Transportentfernungen von maximal vier Kilometern – eine Größenordnung von 4 Euro pro Kubikmeter angegeben (LfL, 2012, S. 9). Mit zunehmender Entfernung steigen die Transportkosten – auf circa 10 Euro pro Kubikmeter bei einer Transportentfernung von 20 Kilometern (Weiland, 2010, S. 4).

Für die vier Beispielregionen werden im Folgenden zur groben Abschätzung der Ausbringkosten durchschnittliche Transportentfernungen von pauschal fünf Kilometern angenommen. Dies entspricht mittleren Transportkosten von 5 Euro pro Tonne Gärrest (Weiland, 2010, S. 4).

Die Gärrestmenge lässt sich anhand der eingesetzten Substratmenge abschätzen (Weiland, 2010, S. 1). Im Fall von Grünschnitt beträgt die verbleibende Gärrestmenge etwa 86,5 Prozent der eingesetzten Substratmenge (siehe Tabelle 58).

Tabelle 58 Gärrestmengen infolge der Grünschnittnutzung in den Tonnen Frischmasse

Standort	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
01	849	849	849	849
02	724	724	724	724
03	114	114	114	114
04	1.339	1.339	1.339	1.339

Hieraus ergeben sich die in Tabelle 59 dargestellten Kosten für die Entsorgung der durch die Vergärung von Grünschnitt entstandenen Gärrestmengen.

Tabelle 59 Jährliche Kosten zur Entsorgung des Gärrests des eingesetzten Grünschnitts in Euro bei einem pauschalisierten Kostenansatz von 5 Euro pro Tonne Gärrest

Standort	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
01	4.247,15	4.247,15	4.247,15	4.247,15
02	3.620,03	3.620,03	3.620,03	3.620,03
03	570,90	570,90	570,90	570,90
04	6.695,10	6.695,10	6.695,10	6.695,10

7.5.3 Szenario I

Biogasanlage 01

Unter Berücksichtigung der verfügbaren Flächenpotenziale ergibt sich für die Biogasanlage 01 in Szenario I eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 0,10 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung begrenzt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 982 Tonnen. Grassilage und Ganzpflanzensilage werden durch das Landschaftspflegegras verdrängt in der Inputzusammensetzung. Die Rindergülle wird erheblich von 2.400 Tonnen auf 633 Tonnen reduziert.

Die Berücksichtigung der Transportkosten für das Landschaftspflegegras und den Gärrest führt dazu, dass aufgrund der niedrigen Zahlungsbereitschaft die Transportkosten zu einem Entsorgungserlös in Höhe von 17,80 Euro pro Tonne führen.

Tabelle 60 Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.026.895	2.080.320
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.343.091	2.404.850
Gärvolumen	<i>m³</i>	4.906	4.906
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	1.794	1.736
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,00	0,97
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	206.853	221.614
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-0,1
Transportkosten Feld-Biogasanlage	<i>€/t FM</i>		12,9
Transportkosten Biogasanlage-Feld	<i>€/t FM</i>		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	<i>€/t FM</i>		17,8
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,00	1,00

Tabelle 61 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Maissilage	<i>t FM</i>	3.250	3.250
Grassilage	<i>t FM</i>	534	0
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	360	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	2.400	633
Rindermist	<i>t FM</i>	700	700
Getreide	<i>t FM</i>	46	0
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	982
Pferdemist	<i>t FM</i>	500	500
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.790	6.111

Biogasanlage 02

Für die Biogasanlage 02 ergibt sich eine leicht höhere Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 22,50 Euro pro Tonne im Vergleich zum Ausgangsszenario. Die naturschutzbezogene Untersuchung reduziert die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras. Die Inputzusammensetzung ändert sich allerdings nicht.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 14,20 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 8,40 Euro pro Tonne.

Tabelle 62 Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786	2.346.746
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186	2.701.929
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098	1.925
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03	1,86
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852	263.450
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000	630.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-22,5
Transportkosten Feld-Biogasanlage	<i>€/t FM</i>		9,2
Transportkosten Biogasanlage-Feld	<i>€/t FM</i>		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	<i>€/t FM</i>		-8,4
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	0,00	0,00

Tabelle 63 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569	3.187
Grassilage	<i>t FM</i>	514	459
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827	123
Rindermist	<i>t FM</i>	2.566	1.974
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	837
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.476	6.579

Biogasanlage 03

Für die Biogasanlage 03 ergibt sich in Szenario I eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 53,00 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 132 Tonnen. Die Inputzusammensetzung wird gegenüber der Ausgangsszenario nur wenig verändert. Die Sensitivität zeigt, dass der verminderte Einsatz von Landschaftspflegegras zu einer höheren Zahlungsbereitschaft führt.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 11,50 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 41,50 Euro pro Tonne.

Tabelle 64 Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.339.588	6.303.065
Thermische Energie	<i>kWh</i>	4.392.567	5.185.163
Gärvolumen	<i>m³</i>	7.048	7.048
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	5.713	5.097
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2.22	1,98
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	611.335	690.103
Prozesswärme	<i>kWh</i>	1.000.000	1.000.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-53,0
Transportkosten Feld-Biogasanlage	<i>€/t FM</i>		6,5
Transportkosten Biogasanlage-Feld	<i>€/t FM</i>		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	<i>€/t FM</i>		-41,5

Tabelle 65 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Maissilage	<i>t FM</i>	3.548	3.548
Grassilage	<i>t FM</i>	3.682	3.288
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	970	866
Rindergülle	<i>t FM</i>	16.880	16.880
Zuckerrübensilage	<i>t FM</i>	356	310
Rindermist	<i>t FM</i>	6.585	5.065
Schweinegülle	<i>t FM</i>	2.102	2.102
HTK	<i>t FM</i>	494	0
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	132
Blümmischung	<i>t FM</i>	146	130
Gesamtration	<i>t FM</i>	34.763	32.321

Biogasanlage 04

Für die Biogasanlage 04 ergibt sich eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 56,30 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 1.548 Tonnen.

Die Inputzusammensetzung ändert sich gegenüber dem Ausgangsszenario. Die Grassilage-, Rindergülle- und Rindermistanteile werden zu Gunsten des Landschaftspflegegras reduziert. Die Sensitivität zeigt, dass der verminderte Einsatz von Landschaftspflegegras zu einer höheren

Zahlungsbereitschaft führt. Die Inputmenge von Substraten wird um rund 5.000 Tonnen auf 17.661 Tonnen reduziert.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 11,20 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 39,00 Euro pro Tonne.

Tabelle 66 Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.504.954	5.659.485
Thermische Energie	<i>kWh</i>	7.602.341	7.815.749
Gärvolumen	<i>m³</i>	6.700	6.700
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	4.874	4.537
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,99	1,86
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	617.841	637.446
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-56,3
Transportkosten Feld-Biogasanlage	<i>€/t FM</i>		12,2
Transportkosten Biogasanlage-Feld	<i>€/t FM</i>		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	<i>€/t FM</i>		-39,0
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,50	1,50

Tabelle 67 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario I

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario I
Maissilage	<i>t FM</i>	8.965	8.965
Grassilage	<i>t FM</i>	2.072	1.850
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	1.439	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	8.585	4.428
Rindermist	<i>t FM</i>	1.132	871
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	1.548
Gesamtration	<i>t FM</i>	22.193	17.661

7.5.4 Szenario II

Biogasanlage 01

Für die Biogasanlage 01 ergibt sich ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 16,50 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 982 Tonnen.

Die Inputzusammensetzung ändert sich gegenüber dem Ausgangsszenario. Die Mais-, Grassilage-, Rindergülle- und Rindermistanteile werden zu Gunsten des Landschaftspflegegras reduziert. Die Sensitivität zeigt, dass der gegenüber dem Szenario I, der verstärkte Einsatz von Landschaftspflegegras und der reduzierte Maisanteil zu einer geringeren Zahlungsbereitschaft

führen. Zudem macht sich die Investition in dem notwendigen Entsorgungserlös deutlich bemerkbar.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 17,90 Euro pro Tonne, vergrößert sich der Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras auf 34,50 Euro pro Tonne.

Tabelle 68 Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.026.895	1.434.245
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.343.091	1.657.988
Gärvolumen	<i>m³</i>	4.906	4.906
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	1.794	1.376
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,00	0,77
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	206.853	170.770
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		60.000
Afa	€		7.500
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	16,5
Transportkosten Feld-Biogasanlage	€/t FM		12,9
Transportkosten Biogasanlage-Feld	€/t FM		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	€/t FM		34,5
Preis für Wärme	ct/kWh	1,00	1,00

Tabelle 69 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Maissilage	<i>t FM</i>	3.250	1.016
Grassilage	<i>t FM</i>	534	477
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	360	321
Rindergülle	<i>t FM</i>	2.400	2.400
Rindermist	<i>t FM</i>	700	538
Getreide	<i>t FM</i>	46	45
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	982
Pferdemist	<i>t FM</i>	500	385
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.790	6.164

Biogasanlage 02

Für die Biogasanlage 02 ergibt sich ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 43,00 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras. Zudem wird die Menge der Maissilage be-

schränkt. Die Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit ist deutlich zu erkennen. Die Inputzusammensetzung ändert sich bis auf die Maissilage kaum. Allerdings reduziert sich die Gesamtmenge des Inputsubstrates um rund 2.800 Tonnen auf 4.632 Tonnen.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 14,20 Euro pro Tonne, vergrößert sich der Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras auf 57,20 Euro pro Tonne.

Tabelle 70 Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786	1.547.376
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186	1.781.573
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098	1.370
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03	1,33
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852	192.898
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000	630.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	43,0
Transportkosten Feld-Biogasanlage	<i>€/t FM</i>		9,2
Transportkosten Biogasanlage-Feld	<i>€/t FM</i>		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	<i>€/t FM</i>		57,2
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	0,00	0,00

Tabelle 71 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569	1.115
Grassilage	<i>t FM</i>	514	459
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827	738
Rindermist	<i>t FM</i>	2.566	1.482
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	837
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.476	4.632

Biogasanlage 03

Für die Biogasanlage 03 ergibt sich ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 246,00 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 132 Tonnen. Die Inputzusammensetzung wird gegenüber der Ausgangsszenario mit Ausnahme des Maisanteils, nur wenig verändert. Die Sensitivität zeigt, dass der verminderte Einsatz von Maissilage zu einem relativ hohen Entsorgungserlös führt.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 11,50 Euro pro Tonne, vergrößert sich der Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras auf 257,40 Euro pro Tonne.

Tabelle 72 Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.339.588	5.006.219
Thermische Energie	<i>kWh</i>	4.392.567	4.118.324
Gärvolumen	<i>m³</i>	7.048	7.048
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	5.713	4.333
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2.22	1,68
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	611.335	577.375
Prozesswärme	<i>kWh</i>	1.000.000	1.000.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	246,0
Transportkosten Feld-Biogasanlage	<i>€/t FM</i>		6,5
Transportkosten Biogasanlage-Feld	<i>€/t FM</i>		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	<i>€/t FM</i>		257,4

Tabelle 73 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Maissilage	<i>t FM</i>	3.548	1.109
Grassilage	<i>t FM</i>	3.682	3.287
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	970	866
Rindergülle	<i>t FM</i>	16.880	16.880
Zuckerrübensilage	<i>t FM</i>	356	310
Rindermist	<i>t FM</i>	6.585	5.065
Schweinegülle	<i>t FM</i>	2.102	2.102
HTK	<i>t FM</i>	494	0
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	132
Blühhmischung	<i>t FM</i>	146	130
Gesamtration	<i>t FM</i>	34.763	29.882

Biogasanlage 04

Für die Biogasanlage 04 ergibt sich ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 7,30 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 1.548 Tonnen. Die Inputzusammensetzung wird gegenüber der Ausgangsszenario mit Ausnahme des Maisanteils, nur wenig verändert. Die Sensitivität zeigt, dass der verminderte Einsatz von Maissilage zu einem Entsorgungserlös im Vergleich zum nicht optimierten Anlagenkonzept führt. Die Gesamtinputmenge wird auf 10.692 Tonnen halbiert.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 17,20 Euro pro Tonne, vergrößert sich der Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras auf 24,60 Euro pro Tonne.

Tabelle 74 Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.504.954	3.215.150
Thermische Energie	<i>kWh</i>	7.602.341	4.440.123
Gärvolumen	<i>m³</i>	6.700	6.700
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	4.874	2.853
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,99	1,17
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	617.841	409.055
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		30.000
Afa	€		3.750
Preis für Landschaftspfleggras	€/t FM	0,0	7,3
Transportkosten Feld-Biogasanlage	€/t FM		12,2
Transportkosten Biogasanlage-Feld	€/t FM		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	€/t FM		24,6
Preis für Wärme	ct/kWh	1,50	1,50

Tabelle 75 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario II

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario II
Maissilage	<i>t FM</i>	8.965	2.802
Grassilage	<i>t FM</i>	2.072	1.850
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	1.439	1.285
Rindergülle	<i>t FM</i>	8.585	2.337
Rindermist	<i>t FM</i>	1.132	871
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	1.548
Gesamtration	<i>t FM</i>	22.193	10.692

7.5.5 Szenario III

Biogasanlage 01

Für die Biogasanlage 01 ergibt sich eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 42,70 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 982 Tonnen.

Die Inputzusammensetzung ändert sich gegenüber dem Ausgangsszenario. Die Grassilage-Rindergülle-, Rindermist- und Pferdemitanteile werden zu Gunsten des Landschaftspfleggras leicht reduziert. Die Sensitivität zeigt, dass der gegenüber dem Szenario II verstärkte Einsatz von Maissilage zu einer höheren Zahlungsbereitschaft führt.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 17,90 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 24,80 Euro pro Tonne.

Tabelle 76 Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.026.895	2.080.320
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.343.091	2.404.850
Gärvolumen	<i>m³</i>	4.906	4.906
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	1.794	1.725
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,00	0,96
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	206.853	223.227
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		60.000
Afa	€		7.500
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-42,7
Transportkosten Feld-Biogasanlage			12,9
Transportkosten Biogasanlage-Feld			5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport			-24,8
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,00	1,00

Tabelle 77 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Maissilage	<i>t FM</i>	3.250	2.902
Grassilage	<i>t FM</i>	534	384
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	360	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	2.400	1.034
Rindermist	<i>t FM</i>	700	538
Getreide	<i>t FM</i>	46	45
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	982
Pferdemist	<i>t FM</i>	500	385
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.790	6.271

Biogasanlage 02

Für die Biogasanlage 02 ergibt sich eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 138,20 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 837 Tonnen. Die Inputzusammensetzung ändert sich daher nicht.

Der verstärkte Einsatz von Maissilage und der Verzicht auf Ganzpflanzensilage zeigt eine deutlich veränderte Zahlungsbereitschaft in diesem Szenario.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 14,20 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 124,00 Euro pro Tonne.

Tabelle 78 Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786	1.620.600
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186	1.865.880
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098	1.514
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03	1,47
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852	196.785
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000	630.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-138,2
Transportkosten Feld-Biogasanlage			9,2
Transportkosten Biogasanlage-Feld			5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport			-124
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	0,00	0,00

Tabelle 79 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569	2.001
Grassilage	<i>t FM</i>	514	459
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827	0
Rindermist	<i>t FM</i>	2.566	1.974
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	837
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.476	5.271

Biogasanlage 03

Für die Biogasanlage 03 ergibt sich eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 1.007,20 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 132 Tonnen. Die Zahlungsbereitschaft ist – absolut gesehen – damit vergleichsweise gering, auch wenn der angegebene Wert von 1.007,20 Euro pro Tonne sehr hoch erscheint.

Die Inputzusammensetzung wird gegenüber dem Ausgangsszenario für den Mais- Ganzpflanzen-, Rindermist-, Zuckerrübensilage-, und Blütmischungsanteils verändert. Die Sensitivität zeigt, dass dieser verminderte Einsatz der benannten Inputsubstrate zu einer höheren Zahlungsbereitschaft führt.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 11,50 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 995,70 Euro pro Tonne.

Tabelle 80 Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.339.588	4.642.800
Thermische Energie	<i>kWh</i>	4.392.567	3.819.360
Gärvolumen	<i>m³</i>	7.048	7.048
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	5.713	4.218
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2.22	1,64
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	611.335	530.839
Prozesswärme	<i>kWh</i>	1.000.000	1.000.000
Preis für Landschaftspflegegras	<i>€/t FM</i>	0,0	-1.007,2
Transportkosten Feld-Biogasanlage			6,5
Transportkosten Biogasanlage-Feld			5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport			-995,7

Tabelle 81 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Maissilage	<i>t FM</i>	3.548	1.967
Grassilage	<i>t FM</i>	3.682	3.288
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	970	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	16.880	16.880
Zuckerrübensilage	<i>t FM</i>	356	0
Rindermist	<i>t FM</i>	6.585	5.065
Schweinegülle	<i>t FM</i>	2.102	2.102
HTK	<i>t FM</i>	494	0
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	132
Blühmischung	<i>t FM</i>	146	0
Gesamtration	<i>t FM</i>	34.763	29.434

Biogasanlage 04

Für die Biogasanlage 04 ergibt sich eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 77,90 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 1.548 Tonnen. Die Inputzusammensetzung wird gegenüber dem Ausgangsszenario für den Mais-, Gras-, Ganzpflanzen- und Rindermistanteils verändert. Die Sensitivität zeigt, dass der gegenüber dem Szenario II erhöhte Maisanteil zu einer höheren Zahlungsbereitschaft führt.

Die Gesamtinputmenge reduziert sich auf 8.163 Tonnen.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 17,20 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 60,7 Euro pro Tonne.

Tabelle 82 Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.504.954	3.055.157
Thermische Energie	<i>kWh</i>	7.602.341	4.219.172
Gärvolumen	<i>m³</i>	6.700	6.700
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	4.874	2.580
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,99	1,06
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	617.841	373.572
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		30.000
Afa	€		3.750
Preis für Landschaftspfleggras	€/t FM	0,0	-77,9
Transportkosten Feld-Biogasanlage			12,2
Transportkosten Biogasanlage-Feld			5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport			-60,7
Preis für Wärme	<i>ct/kWh</i>	1,50	1,50

Tabelle 83 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario III

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario III
Maissilage	<i>t FM</i>	8.965	3.836
Grassilage	<i>t FM</i>	2.072	1.850
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	1.439	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	8.585	57
Rindermist	<i>t FM</i>	1.132	871
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	1.548
Gesamtration	<i>t FM</i>	22.193	8.163

7.5.6 Szenario IV

Biogasanlage 01

Für die Biogasanlage 01 ergibt sich ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 71,70 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 982 Tonnen.

Die Inputzusammensetzung ändert sich gegenüber dem Ausgangsszenario. Die Grassilage-Rindergülle-, Rindermist- und Pferdemistanteile werden zu Gunsten des Landschaftspfleggras leicht reduziert beziehungsweise verdrängt.

Der Wegfall der Stromerlöse lässt sich nicht wirtschaftlich darstellen, so dass hier Entsorgungserlöse neben den Einnahmen aus dem Wärmeverkauf notwendigen sind.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 17,90 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 89,60 Euro pro Tonne.

Tabelle 84 Erträge der Biogasanlage 01 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Elektrische Energie	kWh	2.026.895	0
Thermische Energie	kWh	2.343.091	2.429.000
Gärvolumen	m ³	4.906	4.906
Organische Trockensubstanz	kg	1.794	1.058
Raumbelastung	kg oTs /m ² /d	1,00	0,59
Eigenstromverbrauch	kWh	206.853	90.565
Prozesswärme	kWh	620.000	620.000
Investitionssumme	€		75.000
Afa	€		9.000
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	71,7
Transportkosten Feld-Biogasanlage	€/t FM		12,9
Transportkosten Biogasanlage-Feld	€/t FM		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	€/t FM		89,6
Preis für Wärme	ct/kWh	1,00	4,50

Tabelle 85 Fütterungsmengen der Biogasanlage 01 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Maissilage	t FM	3.250	1.436
Grassilage	t FM	534	0
Ganzpflanzensilage	t FM	360	0
Rindergülle	t FM	2.400	0
Rindermist	t FM	700	538
Getreide	t FM	46	45
Landschaftspflegegras	t FM	0	982
Pferdemist	t FM	500	385
Gesamtration	t FM	7.790	3.386

Biogasanlage 02

Biogasanlage 02 verfügt nicht über ein Wärmenetz. Das Szenario setzt daher voraus, dass die Wärme für 4,50 Cent pro kWh verkauft werden kann.

Es ergibt sich in Szenario IV eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 62,00 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 837 Tonnen. Die Inputzusammensetzung ändert sich daher nicht.

Der verstärkte Einsatz von Maissilage und der Verzicht auf Ganzpflanzensilage zeigt eine veränderte Zahlungsbereitschaft in diesem Szenario.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 14,20 Euro pro Tonne, besteht eine Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras in Höhe von 47,80 Euro pro Tonne.

Tabelle 86 Erträge der Biogasanlage 02 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	2.354.786	0
Thermische Energie	<i>kWh</i>	2.711.186	3.530.000
Gärvolumen	<i>m³</i>	2.830	2.830
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	2.098	1.452
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2,03	1,41
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	260.852	134.075
Prozesswärme	<i>kWh</i>	630.000	630.000
Investitionssumme	€		15.000
Afa	€		1.500
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	-62,0
Transportkosten Feld-Biogasanlage	€/t FM		9,2
Transportkosten Biogasanlage-Feld	€/t FM		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	€/t FM		-47,8
Preis für Wärme	ct/kWh	0,00	4,50

Tabelle 87 Fütterungsmengen der Biogasanlage 02 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Maissilage	<i>t FM</i>	3.569	1.806
Grassilage	<i>t FM</i>	514	459
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	827	0
Rindermist	<i>t FM</i>	2.566	1.974
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	837
Gesamtration	<i>t FM</i>	7.476	5.075

Biogasanlage 03

Für die Biogasanlage 03 ergibt sich ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 1.042,90 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 132 Tonnen. Die Inputzusammensetzung wird gegenüber dem Ausgangsszenario für den Mais- Ganzpflanzen-, Rindermist-, Zuckerrübensilage-, und Blümmischungsanteils verändert. Die Sensitivität zeigt, dass der Verzicht auf Mais und die fehlenden Stromerlöse zu einem hohen Entsorgungserlös führen.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 11,50 Euro pro Tonne, besteht ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 1.054,40 Euro pro Tonne.

Tabelle 88 Erträge der Biogasanlage 03 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.339.588	0
Thermische Energie	<i>kWh</i>	4.392.567	4.390.000
Gärvolumen	<i>m³</i>	7.048	7.048
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	5.713	2.693
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	2.22	1,05
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	611.335	190.980
Prozesswärme	<i>kWh</i>	1.000.000	1.000.000
Investitionssumme	€		15.000
Afa	€		1.500
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	1.042,9
Transportkosten Feld-Biogasanlage	€/t FM		6,5
Transportkosten Biogasanlage-Feld	€/t FM		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	€/t FM		1.054,4
Preis für Wärme	ct/kWh	0,00	4,50

Tabelle 89 Fütterungsmengen der Biogasanlage 03 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Maissilage	<i>t FM</i>	3.548	0
Grassilage	<i>t FM</i>	3.682	485
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	970	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	16.880	16.880
Zuckerrübensilage	<i>t FM</i>	356	0
Rindermist	<i>t FM</i>	6.585	5.065
Schweinegülle	<i>t FM</i>	2.102	2.102
HTK	<i>t FM</i>	494	0
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	132
Blühmischung	<i>t FM</i>	146	0
Gesamtration	<i>t FM</i>	34.763	24.665

Biogasanlage 04

Für die Biogasanlage 04 ergibt sich ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 151,00 Euro pro Tonne. Die naturschutzbezogene Untersuchung beschränkt die eingesetzten Mengen für das Landschaftspflegegras auf 1.548 Tonnen. Die Inputzusammen-

setzung wird gegenüber dem Ausgangsszenario für den Mais-, Gras-, Ganzpflanzen- und Rindermistanteils verändert. Die Sensitivität zeigt, dass die fehlenden Stromerlöse zu einem nicht wirtschaftlichen Betrieb führen.

Die Gesamtinputmenge reduziert sich auf 6.903 Tonnen.

Nach Abzug der Transportkosten in Höhe von 17,20 Euro pro Tonne, besteht ein Entsorgungserlös für das Landschaftspflegegras in Höhe von 168,20 Euro pro Tonne.

Tabelle 90 Erträge der Biogasanlage 04 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Elektrische Energie	<i>kWh</i>	5.504.954	0
Thermische Energie	<i>kWh</i>	7.602.341	3.471.700
Gärvolumen	<i>m³</i>	6.700	6.700
Organische Trockensubstanz	<i>kg</i>	4.874	2.199
Raumbelastung	<i>kg oTs /m²/d</i>	1,99	0,90
Eigenstromverbrauch	<i>kWh</i>	617.841	195.423
Prozesswärme	<i>kWh</i>	620.000	620.000
Investitionssumme	€		45.000
Afa	€		5.250
Preis für Landschaftspflegegras	€/t FM	0,0	151,0
Transportkosten Feld-Biogasanlage	€/t FM		12,2
Transportkosten Biogasanlage-Feld	€/t FM		5,0
Preis für Landschaftspflegegras inklusive Transport	€/t FM		168,2
Preis für Wärme	ct/kWh	1,50	4,50

Tabelle 91 Fütterungsmengen der Biogasanlage 04 in Szenario IV

Parameter	Einheit	Ausgangsvariante	Szenario IV
Maissilage	<i>t FM</i>	8.965	2.634
Grassilage	<i>t FM</i>	2.072	1.850
Ganzpflanzensilage	<i>t FM</i>	1.439	0
Rindergülle	<i>t FM</i>	8.585	0
Rindermist	<i>t FM</i>	1.132	871
Landschaftspflegegras	<i>t FM</i>	0	1.548
Gesamtration	<i>t FM</i>	22.193	871

7.5.7 Zusammenfassung der Szenarienergebnisse

Zusammenfassend werden die in den Szenarien (unter den oben beschriebenen Annahmen) ermittelten Entsorgungserlöse (positiver Wert) beziehungsweise Zahlungsbereitschaften (negativer Wert) abzüglich Transportkosten in Abbildung 12 grafisch dargestellt.

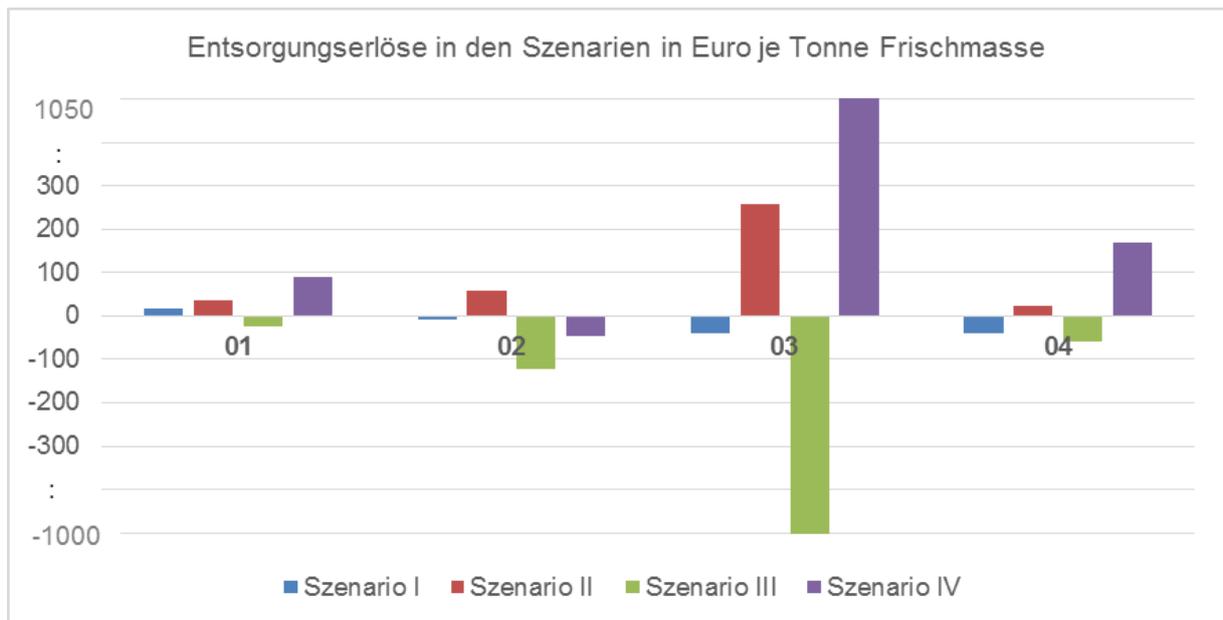


Abbildung 12 Gegenüberstellung der ermittelten Entsorgungserlöse in den Szenarien für die Beispielanlagen 01 bis 04 unter Berücksichtigung der Potenzialsituation an den jeweiligen Standorten

Die Abbildung verdeutlicht, dass ausschließlich in Szenario III an allen Anlagenstandorten eine grundsätzliche Zahlungsbereitschaft für den Einsatz von Landschaftspflegegras besteht (zum Teil von bis zu 1.000 Euro je Tonne Frischmasse). Im Gegensatz dazu müsste in Szenario II an allen Standorten ein zusätzliches Entgelt (Entsorgungsentgelte) gezahlt werden, um das heutige Betriebsergebnis zu halten. In den Szenarien I und IV sind die Ergebnisse von der Anlagenkonfiguration abhängig. Hierauf, unter anderem, soll im nächsten Teilkapitel dezidiert eingegangen werden.

7.6 Übertragung der Ergebnisse auf Deutschland

Die Untersuchung zeigt, dass die Ergebnisse der Szenarien sehr anlagenindividuell sind. Soll es zum Einsatz des Landschaftspflegegrases kommen, bedarf es einer konkreten Planung für jede einzelne Anlage. Dennoch lassen sich aus den Ergebnissen gewisse Tendenzen sowie einige grundsätzliche Aussagen zum Einsatz von Landschaftspflegegras ableiten.

Die ersten vier Punkte gelten eingeschränkt unter der Annahme einer beliebigen Verfügbarkeit von Landschaftspflegegras für die Szenarien, bei denen weder naturschutzbezogene noch sonstige Restriktionen berücksichtigt worden sind (siehe Kapitel 7.3).

1. Im Szenario I kann für alle Standorte eine zusätzliche Zahlungsbereitschaft erzielt werden. Dies geschieht ohne Änderungen an der Anlagentechnik (keine zusätzlichen Investitionen). Verdrängt werden durch den Einsatz des Landschaftspflegegrases in der Regel Gras- und Ganzpflanzensilage sowie Rindergülle und -mist. Die Verweilzeit erhöht sich.
2. Wird der Anteil der Maissilage auf 35 Prozent begrenzt (Szenario II), verringert sich die Zahlungsbereitschaft bei einer beliebigen Verfügbarkeit von Landschaftspflegegras nur geringfügig gegenüber Szenario I. An allen Anlagenstandorten bleibt eine grundsätzliche Zahlungsbereitschaft für den Einsatz von Landschaftspflegegras bestehen. Hierbei sind die zusätzlichen Transportkosten allerdings noch nicht berücksichtigt.

Der Anteil des Landschaftspflegegrases kann in Szenario II im Vergleich zu Szenario I nochmals deutlich erhöht werden. Verdrängt werden neben der Mais- vor allem die Gras- und Ganzpflanzensilage. Der Anteil der Maissilage sinkt an allen Anlagenstandorten auf deutlich unter 20 Prozent (im Durchschnitt 10,9 Prozent, wobei in einer der vier Beispielanlagen bereits in der Ausgangsvariante nur rund 10,2 Prozent Maissilage eingesetzt werden). Aufgrund der sich verlängerten Verweilzeit gegenüber Szenario I kann zudem wieder Rindergülle eingesetzt werden.

3. Die Fortführung der Anlagen ist nach Ausschreibung (Szenario III) bei einer beliebigen Verfügbarkeit von Landschaftspflegegras an allen Standorten darstellbar. Durch die geringeren Stromerlöse aus der Ausschreibung sinkt im Optimalplanungs-Modell der Anteil der Maissilage im Szenario III nochmals deutlich im Vergleich zu Szenario II. Im Mittel liegt er für die vier Anlagenstandorte bei unter vier Prozent. Der Anteil des Landschaftspflegegrases kann dagegen im Einzelfall auf bis zu 93,4 Prozent erhöht werden. Im Durchschnitt ergibt sich für ihn ein Wert von knapp über 85 Prozent. Es zeigt sich zudem, dass die beiden nicht überbauten Beispielanlagen (02 und 03) eine höhere Zahlungsbereitschaft für Landschaftspflegegras aufweisen.
4. Durch die fehlenden Einnahmen durch den Stromverkauf sinkt die Zahlungsbereitschaft in Szenario IV gegenüber den übrigen drei Szenarien. Bei den beiden bereits überbauten Beispielanlagen führt dies dazu, dass ein wirtschaftlicher Betrieb ohne zusätzliche Erlöse nicht mehr möglich ist. Bei den beiden anderen, nicht überbauten Beispielanlagen kann dagegen grundsätzlich eine – wenn auch geringe – Zahlungsbereitschaft aufrechterhalten werden. Allerdings berücksichtigt dies nicht die zusätzlichen Transportkosten. Zusätzlich bedingt dies ein nachhaltiges Wärmekonzept, das im Fall der beiden Beispielanlagen (mit Zahlungsbereitschaft) bislang jedoch nicht existiert. Eine wärmegeführte Fahrweise der Biogasanlage ohne Verstromung des Biogases ist demnach nur dort sinnvoll, wo bereits ein Wärmenetz existiert und die Anlage noch nicht überbaut ist.

Die vorherigen Aussagen haben, wie bereits erwähnt, nur dort Gültigkeit, wo das Landschaftspflegegras zur Fütterung der Biogasanlage in beliebiger Menge zur Verfügung steht. Werden die bereits beschriebenen Restriktionen (Kosten, Entfernungen, Nutzungskonkurrenzen, Naturschutz) berücksichtigt und nur das bereits heute verfügbare Potenzial an Landschaftspflegegras genutzt, verändert sich die Zahlungsbereitschaft in den Szenarien. Hieraus lassen sich folgende grundsätzlich Aussagen ableiten:

5. Der verminderte Einsatz von Landschaftspflegegras führt (Szenario I) zu einer höheren Zahlungsbereitschaft, wenn dabei primär Ganzpflanzensilage verdrängt wird.
6. Kann die Ganzpflanzensilage durch den Einsatz des Landschaftspflegegrases komplett aus dem Substratmix verdrängt werden, verringert sich der Eigenstromverbrauch für die Rührwerke. Wird gleichzeitig noch die Menge an Maissilage (und damit auch die Gesamtsubstratmenge) verringert, erhöht sich die Zahlungsbereitschaft für das Landschaftspflegegras auf ein Maximum (Szenario III). Die beiden überbauten Beispielanlagen erzielen hierbei ein schlechteres Betriebsergebnis im Vergleich zu den beiden nicht überbauten Beispielanlagen.
7. Bei einer gezielten Absenkung des Anteils der Maissilage auf maximal 35 Prozent der Fütterungsmenge (Szenario II) können grundsätzlich keine wirtschaftlichen Ergebnisse erzielt werden. Hierbei wirken sich die zusätzlichen, erforderlichen Investitionen in die

Rührwerkstechnik als Reaktion auf die veränderte Viskosität des Substratmixes negativ auf das Betriebsergebnis aus.

8. Der Wegfall der Stromerlöse (Szenario IV) lässt sich auch bei einem verminderten Einsatz von Landschaftspflegegras nicht wirtschaftlich darstellen.
9. In der Regel bleibt die in den Szenarien ermittelte Zahlungsbereitschaft auch unter Berücksichtigung der Transportkosten des Landschaftspflegematerials erhalten.
10. In Bezug auf die Standortkategorien (geringes, mittleres, hohes Potenzial zum Einsatz von Landschaftspflegegras) haben die Szenarien deutlich gemacht, dass das Betriebsergebnis nicht (nachweislich) von dem verfügbaren Flächenpotenzial abhängig ist. Im Gegenteil: Um ein möglichst positives Betriebsergebnis zu erzielen, ist ein geringer Einsatz von Landschaftspflegegras von Vorteil. Dies ist grundsätzlich überall möglich. Allerdings werden auf diese Weise nicht mehr die naturschutzbezogenen Vorteile, die durch eine extensive Bewirtschaftung der Grünlandflächen infolge der energetischen Nutzung des Landschaftspflegematerials erzielt werden können, in vollem Umfang genutzt. Demnach stellt sich insbesondere dort, wo langfristig die Erhaltung und Pflege des Grünlands nicht sichergestellt ist, die Frage, auf welche Weise Anreize geschaffen werden können, um möglichst das volle Potenzial an Landschaftspflegegras zu nutzen. Die größten Synergiepotenziale lassen sich dabei an den Standorten der Kategorie B erwarten. Kategorie B umfasst etwa jeden 25. Biogasanlagenstandort in Deutschland. Im Fokus stehen dabei die bislang nicht überbauten Anlagen, die technische Umrüstungen zur Verwertung des Landschaftspflegegrases (Szenario III) nutzen sollten, um sich für den Weiterbetrieb im Rahmen der nächstmöglichen Ausschreibung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes vorzubereiten. Dies beinhaltet ein Downsizing der Anlagen.

7.7 Wirtschaftliche Tragfähigkeit und Naturverträglichkeit

Wie an mehreren Stellen im Bericht näher ausgeführt, ist es für die Tragfähigkeit von Konzepten zur energetischen Nutzung von Grünlandaufwüchsen in Biogasanlagen von entscheidender Bedeutung, in welcher Menge und Qualität das Schnittgut zur Verfügung steht. Aus Sicht des Anlagenbetriebes im Sinne eines möglichst hohen Biogasertrags und einer hohen Prozessstabilität ist es daher sinnvoll, die betreffenden Grünlandflächen möglichst häufig zu mähen und damit verbunden die Flächen intensiv zu düngen. Allerdings gibt es auch Stimmen, die in der Reduktion der Schnitffrequenz eine mögliche Nutzungsstrategie von Dauergrünland sehen, die gleichzeitig Zeit und Kosten spart. Hier würden sich möglicherweise Synergien zwischen Biogasnutzung und Anliegen des Naturschutzes ergeben. Eine Reduzierung von fünf auf maximal drei bis vier Schnitte wird aus wirtschaftlicher Sicht durchaus als sinnvoll und machbar erachtet. Dagegen wird eine noch stärkere Begrenzung der Nutzungsintensität aus unterschiedlichen Gründen allerdings als nicht ratsam bezeichnet (Messner & Elsässer, 2012). Ausschlaggebend dafür sind deutlich geringere Erträge und ggf. mindere Substratqualitäten für die Biogasanlage bei einer zu starken Absenkung der Schnitffrequenz durch den erhöhten Rohfasergehalt, die sich durch nur geringe Kostenersparnisse im Zuge der weiter extensivierten Bewirtschaftung nicht aufwiegen lassen.

Weil sich insbesondere extensiv bewirtschaftetes Grünland durch eine hohe Biodiversität auszeichnet und in Europa zu den artenreichsten Vegetationstypen gehört, besitzt es eine besonders große Bedeutung für den Naturschutz. Aus Sicht des Naturschutzes wäre in Bezug auf den weit überwiegenden Teil der Grünlandflächen daher eine Nutzungsform zu favorisieren,

die mit ein bis zwei Schnitten auskommt und eine standort- und nutzungsangepasste Erhaltungsdüngung vorsieht (WWF, 2019). Letztlich muss jedoch im Einzelnen beurteilt werden, welche Pflegeintensität für die jeweilige Grünlandfläche aus Sicht des Naturschutzes optimal ist. Von solch einer extensiven Grünlandbewirtschaftung profitieren viele Tier- und Pflanzenarten. Für Wiesenvögel können die Flächen attraktive Lebensräume und Brutgebiete bieten. Daneben bieten die Flächen Lebensraum und Nahrungshabitat für Feldhasen, Greifvögel und Fledermäuse oder Sommerlebensräume für Amphibien. Artenreiches Grünland kann darüber hinaus einen hohen ästhetischen Wert besitzen. Es dient der Erholung und kann für Freizeitaktivitäten genutzt werden.

Wird die Schnitthäufigkeit über zwei Schnitte und die Stickstoffdüngung deutlich erhöht, verringert sich die Artenzahl. Insbesondere der Anteil an Blühpflanzen geht zurück, so dass Blüten besuchende Insekten ein verringertes Nahrungsangebot zur Verfügung steht. Auch der ästhetische Wert wird deutlich gemindert.

Wie aus den beiden Perspektiven deutlich wird, laufen die sich aus der Biogaserzeugung und dem Naturschutz ergebenden Anforderungen an die Art und Intensität der Nutzung von Grünlandflächen grundsätzlich auseinander. Um zu wirtschaftlich tragfähigen und gleichzeitig naturverträglichen Nutzungskonzepten zu gelangen, sind also Kompromisse zu schließen. Diese betreffen einerseits die Menge und Qualität des erzeugten Biogassubstrats und andererseits die Erfüllung der möglichen, häufig unter Berücksichtigung der regionalen Spezifika zu beurteilenden naturschutzbezogenen Leistungen und Funktionen der Flächen.

Zur Identifikation entsprechender Synergieoptionen sind sehr differenzierte Analysen der für die Substratbereitstellung infrage kommenden Grünlandflächen erforderlich, um die aus Sicht des Naturschutzes sinnvolle Nutzung zu bestimmen. Die wahrscheinliche Entwicklung im Bereich der landwirtschaftlichen Biogasproduktion ist mit Blick auf die derzeitigen Ausbaupfade und dem absehbaren Auslaufen der Förderung voraussichtlich mit einem starken Rückgang an Biogasanlagen verbunden. Welche Konsequenzen die damit frei werdenden landwirtschaftlichen Flächen, unter anderem Grünland, für das Dauergrünland haben werden, ist nur zu erahnen. Aus der Nutzung fallende Grünlandflächen bieten stets Potenziale für den Naturschutz, beispielsweise über die Sicherung der Flächen im Zuge von Vertragsnaturschutz oder Kompensationsmaßnahmen.

In den Regionen, wo Biogasanlagen weiter betrieben werden, zeigen die hier erzielten Untersuchungsergebnisse, dass Gärsubstrate von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen für die Wirtschaftlichkeit von Betriebskonzepten durchaus eine wesentliche Rolle spielen können. Dies gilt jedoch nur für einen geringen Anteil des heutigen Anlagenbestands. Die energetische Nutzung von Biomasse aus extensiv bewirtschafteten Flächen oder Landschaftspflegeflächen bedeutet in der Regel eine ökonomische Inwertsetzung von naturschutzfachlich wertvollem Grünland. Eine verstärkte Nutzung von Landschaftspflegegras aus Naturschutzflächen und aus dem extensiv bewirtschafteten Grünland für die Biogasproduktion ist damit allgemein positiv zu beurteilen. Anreize, die eine Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung zur Folge haben können, sind dagegen kritisch zu sehen und prognostisch mit negativen Auswirkungen auf die Belange von Natur und Landschaft verbunden.

Um positive Synergieeffekte zu fördern und Fehlentwicklungen zu vermeiden, wären Anreize stets unter den Prämissen der Ziele des Naturschutzes zu setzen. Unterstützend wirkt die

Erarbeitung standortangepasster Betriebskonzepte, die alle Möglichkeiten eines ökonomischen und naturverträglichen Einsatzes von Gärsubstraten aus dem Grünland untersuchen.

8. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Grünland wurde und wird in der klassischen Landwirtschaft vorwiegend für die Viehwirtschaft genutzt. Frisches Gras, Grassilage und Heu stellten wesentliche Bestandteile des Futters der Nutztiere in Deutschland dar. Durch die zunehmende Nutzung nährstoffreicherer Futterpflanzen, wie zum Beispiel Soja oder Maissilage, auch in der Rindermast und Milchviehhaltung sowie dem Rückgang der Rinderhaltung, wie er in einigen Regionen Deutschlands zu verzeichnen ist, wird je nach regionaler oder betrieblicher Ausgangslage die Nutzung von Grünland aus landwirtschaftlicher Perspektive tendenziell unbedeutender. Gleichzeitig führte die Erneuerbare Energien-Politik mit ihren Förderinstrumenten und Vergütungsregelungen im Biomassebereich, so auch die Anreize zur Produktion von Biogas durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz, zum Umbruch und teilweise, auch begünstigt durch weitere agrarpolitische Entwicklungen, zur Intensivierung von Grünlandstandorten. Hinsichtlich des Umbruchs von Grünland für den Anbau von Gärsubstraten gibt es bisweilen unterschiedliche Auffassungen. Das Umweltbundesamt geht von einem wesentlichen Einfluss des Biogassektors aus, insbesondere in den Regionen mit hoher Biogasanlagendichte (UBA, 2018). (Laggner, Orthen, Osterburg, & Röder, 2014) kommen dagegen zu dem Ergebnis, dass der Grünlandumbruch überwiegend dann erfolgt, wenn die Bewirtschafter der Flächen wechseln und sieht nur einen geringen Zusammenhang zur Biogasproduktion. Grundsätzlich ist jedoch offensichtlich, dass viele Grünlandflächen bereits zu Ackerland umgebrochen (UBA, 2018), aufgeforstet oder gänzlich aus der Nutzung genommen wurden (UBA, 2017).

Auf der einen Seite gewährleistet das Grünland grundsätzlich sehr bedeutende und vielfältige ökologische Funktionen, so dass die Umwandlung in Ackerland rechtlich inzwischen verschärft worden ist (seit 2015). Gleichzeitig wurden flächengebundene Direktzahlungen mit der Umsetzung von sogenannten Greening-Auflagen verknüpft, um Dauergrünland zu sichern. Hierfür müssen die Flächen regelmäßig gepflegt werden, was mindestens eine Mahd pro Jahr sowie teilweise auch die Entfernung des Grünschnitts von der Fläche voraussetzt. Dadurch soll die Sukzession auf Grünlandflächen verhindert und typischen Vegetationsformen erhalten werden, denn insbesondere ertragsarme Standorte werden vermehrt nicht weiter bewirtschaftet und verbuschen sukzessive (vgl. UBA 2018). Während der quantitative Verlust von Dauergrünland gegenwärtig aufgehalten scheint, zeigt das Monitoring des Grünlands eindeutig eine Verschlechterung der Qualitäten aus Sicht des Naturschutzes (BfN, 2017). Dazu trägt neben der Intensivierung der Grünlandnutzung – wenn auch im geringeren Umfang – die nicht vorhandene Nutzung der Biomasse bei. Die nicht selten als Ballen an den Rändern der Flächen abgelegte Biomasse wird im Laufe der Zeit zersetzt und die Nährstoffe gelangen in den Boden. Erst mit Entfernen des Grünguts von der Fläche lassen sich eine übermäßige Humusbildung und der resultierende Nährstoffeintrag – und damit die Entwicklung tendenziell artenarmer Grünlandtypen – verhindern.

Auf der anderen Seite führen steigende Preise für Anbaubiomasse und der im Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017 verschärfte „Maisdeckel“ (Beschränkung des Getreide- und Maisanteils auf 50 Prozent der zugeführten Frischmasse und weitere Reduzierung auf 44 Prozent bis 2021) dazu, dass vermehrt nach alternativen Substraten für die Biogaserzeugung gesucht wird. Werden zudem die Vorgaben des Greenings weitergeführt und naturschutzfachlich optimiert, können intensive Futterbaubetriebe sowie auf Silomais spezialisierte Biogasanlagen die Auflagen gegebenenfalls nicht weiterhin ohne Anpassung ihrer Bewirtschaftung erfüllen.

Vor diesem Hintergrund liegt es nahe, Anbaubiomasse durch Substrat von Dauergrünlandflächen als Gärsubstrat zu ersetzen, zumindest anteilig. In den gängigen klassischen Anlagentypen kann beispielsweise kurz gehäckselte Grassilage ohne große Probleme bis zu einem Anteil von 15 bis 20 Prozent eingesetzt werden (Ebertseder, et al., 2012).

Obwohl die Nutzung von größeren Anteilen von Grünschnitt von Wiesen und Landschaftspflegeflächen besondere Anforderungen an die Anlagentechnik mit sich bringt, ist in den letzten Jahren ein zunehmender Einsatz dieser Substrate zu verzeichnen. So betrug nach einer Betreiberbefragung aus dem Jahr 2015 und 2016 der Anteil der Grassilage am Gesamtinput nachwachsender Rohstoffe rund zwölf Prozent (DBFZ, 2017, S. 21). Allerdings gibt es derzeit nur sehr wenige Anlagen, welche ausschließlich Gras zur Biogaserzeugung verwenden. Seitens mehrerer Biogasanlagenhersteller wurde in der Vergangenheit intensiv daran gearbeitet, auch die Verwertung der problematischeren Substrate in den Anlagen zu ermöglichen.

Die vorliegende Studie zeigt, dass der Einsatz von Landschaftspflegegras zur Erzeugung von Biogas sowohl technisch möglich ist als auch wirtschaftlich tragfähig sein kann. Bereits durch den Einsatz geringer Mengen an Landschaftspflegegras in der Biogasanlage kann das Betriebsergebnis der Anlage sichtbar verbessert werden. Dies gilt insbesondere für Anlagenbetreiber, die bislang noch keine Investitionen in den Aufbau zusätzlicher Blockheizwerkskapazitäten getätigt haben (zum Beispiel durch doppelte Überbauung zwecks Flexibilisierung) und denen deshalb mit Blick auf eine Teilnahme an der Ausschreibung 2020 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes die Möglichkeit des Downsizings offensteht.

Die Studie zeigt auch, dass die energetische Verwertung von Landschaftspflegegras aus Sicht des Naturschutzes sinnvoll sein kann, solange die Nutzung auf das naturverträgliche Potenzial der Einzelstandorte abgestimmt ist. Dabei bieten die im Rahmen der Studie aufgezeigten Möglichkeiten (Extensivierung von Grünland sowie die erneute Bewirtschaftung von Grünlandflächen, die aus der Nutzung gefallen sind) besondere Chancen zum Erhalt des wertvollen Grünlands. Die durch die energetische Nutzung motivierte Bewirtschaftung von Grünlandflächen, die bereits aus der Nutzung gefallen sind beziehungsweise deren Erhalt und Pflege in der Zukunft nicht gesichert ist – zum Beispiel aufgrund eines Rückgangs der Schafbeweidung – eröffnet vor allem an den Standorten mit einer überdurchschnittlichen naturschutzbezogenen Wertigkeit des Grünlands und einer vergleichsweise geringen Nutzungsintensität ein erhöhtes Synergiepotenzial zwischen dem Naturschutz und der Biogaserzeugung. In Deutschland betrifft dies – unter den in der Studie getroffenen Annahmen – etwa vier Prozent der bestehenden Biogasanlagenstandorte.

Zudem erscheint es naheliegend, den Aufwuchs von naturschutzrechtlichen Ausgleichsflächen, die zu extensiv genutztem Grünland entwickelt werden sollen und entsprechend zu pflegen sind, für die Biogaserzeugung zu nutzen. Insbesondere im Zuge der Erweiterung von Siedlungs- und Gewerbegebieten werden regelmäßig entsprechende Kompensationsmaßnahmen festgelegt. Sofern es den naturschutzfachlichen Entwicklungszielen nicht widerspricht, könnte zum Beispiel bei der Definition der Nutzungsmöglichkeiten des auf Kompensationsflächen anfallenden Grünschnitts die Rückführung von Gärresten berücksichtigt werden. Insbesondere die Rückführung von Gärresten steht dem regelmäßigen Ziel des Naturschutzes, der Entwicklung nährstoffarmer Standorte, nicht selten entgegen. In diesen Fällen sind individuelle Lösungen für die Verwertung der Gärreste, zum Beispiel auf anderen landwirtschaftlichen Flächen, gefragt, die eine Vereinbarkeit und damit die Nutzung der vorhandenen Synergieoptionen ermöglichen.

In einzelnen Untersuchungsregionen werden Stilllegungsflächen als Greening-Maßnahmen eingesetzt. Für die Stilllegung gilt, dass die bei der verpflichtenden Pflege anfallende Biomasse grundsätzlich nicht energetisch verwertet werden darf. Die Entwicklung nährstoffarmer Grünlandstandorte ist deshalb in der Regel wenig attraktiv, da die Abfuhr und Kompostierung des Grünschnitts sehr hohe Kosten verursacht. Deshalb werden die Flächen regelmäßig nur gemulcht. Mit der Entnahme des Materials würde eine Aufwertung der Fläche im Sinne der Ziele des Naturschutzes erfolgen. Gleichzeitig könnten die entstehenden Kosten durch den Einsatz in der Biogasanlage ausgeglichen werden. Es ist demnach empfehlenswert, die gegenwärtig strengen Verordnungen zu Stilllegungsflächen hinsichtlich solcher Synergien zu überdenken. Übergangsweise könnte die energetische Verwertung der Aufwüchse zum Beispiel auch bei den Kreisstellen der Landwirtschaftskammern beantragt werden, um einen Verstoß gegen die Regelungen zu vermeiden. Auch in diesen Fällen gilt es zunächst die Frage der Gärrestrückführung zu klären.

Die Gespräche sowohl mit den Anlagenbetreibern als auch den Naturschutzexperten in den Beispielregionen haben deutlich gemacht, dass die Kenntnisse über die zur Verfügung stehenden Mengen an Landschaftspflegegras und die Einsatzmöglichkeiten in der Biogasanlage beiden Seiten nicht ausreichend bekannt sind. Aus Sicht der Autoren der Studie könnten diese Informationsdefizite durch die Erarbeitung überörtlicher, standortangepasster Konzepte zur Verwertung von Landschaftspflegegras, die zum einen die zur Verfügung stehenden Substrate zum anderen aber auch die Potenziale der Verwertung identifizieren, gelöst werden. Auf diese Weise kann dazu beitragen werden, die Synergien zwischen dem Natur- und Klimaschutz zu erkennen und zu nutzen. Entsprechende umsetzungsorientierte Konzepte inklusive der Einrichtung einer Stelle für das Management der Konzepte (in Anlehnung an das Klimaschutzmanagement im Rahmen der Kommunalrichtlinie) sollten daher finanziell gefördert werden.

Insgesamt stellt das Landschaftspflegematerial aus naturschutzfachlicher und aus energetischer Sicht ein Potenzial dar, das es zu heben gilt. Daher sollte für das Landschaftspflegegras ein grundsätzliches Verwertungsgebot diskutiert werden. Damit verbunden sollte geprüft werden, inwiefern der Abtransport und die Verwertung von Schnittgut aus Landschaftspflegeflächen als notwendige Bedingung für den Erhalt von Fördergeldern formuliert werden kann. Durch diese Regelung und mit einer Neuregelung des Abfallbegriffs, sodass das Landschaftspflegegras nicht mehr als solcher anzusehen ist, würde eine Verwertung des Grasses zur Pflicht, was sowohl aus naturschutzfachlicher Sicht als auch aus klimapolitischer Sicht zielführend sein kann. Je nach individueller Situation vor Ort könnten dann Vertreter des Naturschutzes mit Landwirten eine Nutzung des Landschaftspflegegrases als Tierfutter oder zur Versorgung der Biogasanlage vereinbaren. Würden durch den Einsatz von Landschaftspflegegras in der Biogasanlage zusätzliche Entsorgungserlöse erzielt werden, könnten diese für den Naturschutz eingesetzt werden. Wie die vorliegende Studie gezeigt hat, ist dies allerdings nicht in allen Szenarien und an allen Standorten der Fall. Im Gegenteil: Unter Umständen sind zusätzliche Zahlungen notwendig, damit das Landschaftspflegegras als Futtermittel oder als Substrat in der Biogasanlage verwertet werden kann, ohne dass sich der wirtschaftliche Ertrag der Biogasanlage im Vergleich zur heutigen Ausgangslage verschlechtert. Sofern von einer Abfalleigenschaft des betroffenen Materials ausgegangen wird, sollte analog zum holzartigen Landschaftspflegematerial die Aufbereitung zur Verwertung in einer Biogasanlage als Ende der Abfalleigenschaft nach Kreislaufwirtschaftsgesetz Paragraph 5 Absatz 2 ermöglicht werden.

9. Literaturverzeichnis

- agrarteute. (23. Januar 2015). *Stillgelegte Flächen: Das sind die Regeln. Ökologische Vorrangflächen*. Abgerufen am 12. Dezember 2018 von agrarteute: <https://www.agrarteute.com/management/betriebsfuehrung/stillgelegte-flaechen-regeln-517662>
- BDI. (2018). *Klimapfade für Deutschland. Vorstellung der Biomasse bezogenen Kapitel durch Dr. Hein (BDI) auf dem Holzenergiekongress in Würzburg am 28.09.2018*. Würzburg.
- BfN. (2014). *Grünland-Report. Alles im Grünen Bereich?* Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- BfN. (2017). *Agrar-Report 2017. Biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft*. Bonn - Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- BfN. (2017). *Das Monitoring der Landschaftsflächen mit hohem Naturwert in Deutschland. BfN-Skripten 476*. Bonn - Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- BfN. (2018). *Hochrechnungsergebnisse HNV-Farmland-Indikator 2009-2017*. Bundesamt für Naturschutz.
- BfN. (15. Mai 2019). *Grünlandschutz - Die Bedeutung des Grünlands*. Von <https://www.bfn.de/themen/landwirtschaft/gruenlandschutz.html> abgerufen
- BKG. (2012). *CORINE Land Cover 10 ha. CLC10*. Frankfurt am Main: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.
- BMEL. (5. Juni 2018a). *Fragen und Antworten zur Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP)*. Abgerufen am 13. Dezember 2018 von EU-Agrarpolitik: https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/_Texte/GAP-FAQs2018.html
- BMEL. (2018b). *Klöckner: "Licht und Schatten in den Vorschlägen der Kommission zur GAP". Pressemitteilung Nr. 46 vom 01.06.18*. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BMEL. (2018c). *Julia Klöckner: "Die gemeinsame Agrarpolitik ist eine Schicksalsfrage für unsere Landwirtschaft und für die Zukunft Europas". Pressemitteilung Nr. 140 vom 05.10.18*. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BMEL. (19. Mai 2019). *Fragen und Antworten zum Hintergrund des geltenden Stands der GAP*. Von https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/_Texte/GAPFAQs.html#doc4121226bodyText5 abgerufen
- BMU. (31. Mai 2017). *Rote Liste 2017: Wiesen und Weiden in Gefahr. Pressemitteilung*. Von <https://www.bmu.de/pressemitteilung/rote-liste-2017-wiesen-und-weiden-in-gefahr/> abgerufen
- BNetzA. (31. März 2019). *EEG-Registerdaten und -Fördersätze*. Von https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/EEG_Registerdaten_node.html abgerufen

- Bongardt, K. (14. Mai 2019). *EU-Rechnungshof findet Greening ineffizient*. Von <https://www.agrarzeitung.de/nachrichten/politik/gap-eu-rechnungshof-findet-greening-ineffizient-81841> abgerufen
- Briemle, G. (2000). Absprache und Förderung von Extensiv-Grünland - Neue Wege zum Prinzip der Honorierung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft in Baden-Württemberg. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 32 (6), 171-175.
- Briemle, G., Eickhoff, D., & Wolf, R. (1991). *Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht: praktische Anleitung zur Erkennung, Nutzung und Pflege von Grünlandgesellschaften (Vol. 60)*. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- BUND. (14. Mai 2019). *EU-Agrarpolitik nach 2020: Eine erste Analyse*. Von <https://www.bund.net/aktuelles/detail-aktuelles/news/eu-agrarpolitik-nach-2020-eine-erste-analyse/> abgerufen
- BZL. (2017). *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*. Bonn: Bundesinformationszentrum Landwirtschaft.
- CSU, CDU, SPD. (2018). *Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD*. Berlin: CSU, CDU und SPD.
- DBFZ. (2015). *Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse). Zwischenbericht Mai 2015*. Leipzig: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.
- DBFZ. (2017). *Anlagenbestand Biogas und Biomethan - Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland. DBFZ-Report Nr. 30*. Leipzig: Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.
- Destatis. (2016). *Großvieheinheiten je 100 Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche 2016 in einem Raster mit 5 km Weite*. Deutschland: Statistische Ämter des Bundes und der Länder.
- Destatis. (2017). *Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Methodische Grundlagen der Agrarstrukturerhebung 2016, Fachserie 3 Reihe 2. S. 5*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Destatis. (2018a). *Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Kulturarten - Jahr 2016 - regionale Tiefe: Kreis und krfr. Städte*. Deutschland: Statistische Ämter des Bundes und der Länder.
- Destatis. (2018b). *Landwirtschaftlich genutzte Fläche (Feldfrüchte und Grünland): Deutschland, 1950 - 2009, Kulturarten*. Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Destatis. (2018c). *Erntemenge (Feldfrüchte und Grünland): Deutschland, 1950 - 2009, Fruchtarten*. Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Destatis. (2019). *Landwirtschaftliche Betriebe mit Viehhaltung und Zahl der Tiere - Stichtag 01.03.2010, 01.03.2016 - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte*. Deutschland: Statistische Ämter des Bundes und der Länder.

- Dierschke, H., & Briemle, D. (2002). *Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren*. Stuttgart: Ulmer-Verlag.
- DZBANK. (2017). *Agrar 4.0 - Abschied vom bäuerlichen Familienbetrieb? Branchenanalysen*. Frankfurt am Main: DZ Bank AG.
- Ebertseder, F., Kissel, R., Lehner, A., Rivera Gracia, E., Bachmaier, H., & Effenberger, M. (2012). *Monitoring und Dokumentation von Praxis-Biogasanlagen*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL-Schriftenreihe 8/2012.
- EP. (2018). *Die künftige gemeinsame Agrarpolitik nach 2020. Kurzdarstellungen über die Europäische Union - 2018*. Europäisches Parlament.
- FNR. (2014). *Faustzahlen*. Abgerufen am 13. Dezember 2018 von Fachverband Nachwachsende Rohstoffe e.V.: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen/>
- FNR. (2018). *Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland*. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- FNR. (2018). *Anlagen zur Biomethan-Produktion*. Von <https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/anlagen-zur-biomethan-produktion.html> abgerufen
- Friedrich, T. (16. Mai 2019). *Entscheidung über GAP-Reform erst 2020 unter deutscher EU-Präsidentschaft?* Von <https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/entscheidung-ueber-gap-reform-erst-waehrend-deutscher-praesidentschaft-11501524.html> abgerufen
- Friedrich, T. (14. Mai 2019). *Europäischer Gerichtshof prangert Greening-Milliarden als uneffektiv an*. Von <https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/europaeischer-rechnungshof-prangert-greening-milliarden-als-ineffektiv-an-9411856.htm> abgerufen
- Goldberg, v. R. (2013. Mai 2013). Wie aussagekräftig ist die deutsche Erfassungsmethode für High-Nature-Value-Grünland (HNV)? Ein Test mit Blütenpflanzen, Heuschrecken und Tagfaltern in Sachsen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*.
- Grantner, T., & Hoch-Steindl, H. (2012). Landschaftspflegematerialrichtigdefinieren. Zertifizierungim EEG2009und EEG2012durchdenUmweltgutachter. *energie aus pflanzen* 5/2012, 24-27.
- Hartmann, A. (Juli 2008). Wie viel Fläche wird für Biogas benötigt? *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg* 7/2008, S. 40-42.
- ISPA. (2012). *Regionale Konzentration der Nutztierhaltung in Deutschland*. Vechta: Institut für Strukturforschung und Planung in agrarischen Intensivgebieten.
- IZES. (2014). *Biogas RLP - Studie zur wirtschaftlichen Bewertung des Einsatzes von gasförmiger Biomasse zur Stromerzeugung in KWK unter besonderer Berücksichtigung des Regelenergiemarktes außerhalb des EEG. Abschlussbericht. Auftraggeber MWKEL RLP*. Saarbrücken: IZES gGmbH.
- IZES/ifeu. (2016). *Biogas quo vadis. Abschlussbericht mit freundlicher Förderung durch das BMUB*. Saarbrücken/Heidelberg: IZES gGmbH / ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

- Jasper, U. (16. Mai 2019). *Überblick über die Vorschläge der EU-Kommission zur GAP-Reform*. Von <http://abl-mitteldeutschland.de/wordpress/wp-content/uploads/2018/03/GAP-Reform-%C3%9Cberblick-und-Hintergrund-Infos-b.pdf> abgerufen
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H., & Hofbauer, H. (2009). *Energie aus Biomasse*. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- KTBL. (2018). *Kosten von Herdenschutzmaßnahmen in der Schafhaltung*. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- Laggner, B., Orthen, N., Osterburg, B., & Röder, N. (2014). Ist die zunehmende Biogasproduktion die alleinige Ursache für den Grünlandschwund in Deutschland? Eine Analyse von georeferenzierten Daten zur Landnutzung. *Raumforsch Raumordn*, 195-209.
- Leible, L., Kälber, S., Kappler, G., Oechsner, H., & Mönch-Tegener, M. (2015). *Biogas aus Landschaftspflegegras - Möglichkeiten und Grenzen*. KIT Scientific Reports 7691. Karlsruhe: Karlsruhe Institut of Technology.
- LfL. (2006). *Daten, Fakten und Berechnungsgrundlagen zu den Kosten der Grundfuttererzeugung und der Futterwirtschaft*. Materialsammlung Futterwirtschaft. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- LfL. (2012). *Düngung mit Biogasgärresten effektiv, umweltfreundlich, bodenschonend*. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- LLH Hessen. (16. Februar 2017). *Greening*. Abgerufen am 12. Dezember 2018 von Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen: <https://www.llh.hessen.de/unternehmen/agrarpolitik-und-foerderung/direktzahlungen-und-greening/greening/>
- LW. (27. März 2019). *Per LKW-Zug oder Traktor?* Von Landwirtschaftliches Wochenblatt: <https://www.lw-heute.de/per-lkw-zug-traktor> abgerufen
- LWK NRW. (2014). *Aus der Produktion genommene Flächen*. Abgerufen am 12. Dezember 2018 von Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen: <https://www.landwirtschaftskammer.de/foerderung/betriebspraemien/verfahren/flaechenstilllegung.htm>
- Markland, R. E. (1983). *Topics in Management Science - Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- Messner, J., & Elsässer, M. (2012). Gas aus Gras - welche Grünlandaufwüchse eignen sich für die Biogaserzeugung. *Landinfo H 4/2012*, 28.
- Mußhoff, O., & Hirschauer, N. (2011). *Modernes Agrarmanagement*. München: Verlag Franz Vahlen GmbH.
- NABU. (19. Mai 2019). *GAP, Greening, Cross Compliance - wie bitte? Die wichtigsten Fragen und Antworten zur Gemeinsamen Agrarpolitik der EU*. Von <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/landnutzung/landwirtschaft/agrarpolitik/eu-agrarreform/24764.html?werbencode=rubrik> abgerufen

- Nitsche, L., & Nitsche, S. (1994). *Extensive Grünlandnutzung*. Radebeul: Verlag Neumann.
- OSM. (23. August 2018). *OpenStreetMap Data Extracts*. Von GEOFABRIK downloads: <http://download.geofabrik.de/> abgerufen
- Otte, A. (2012). *Matrizengenerierung für eine LP-gestützte operative Optimalplanung von Biogasbetrieben (Prototyp)*. Masterarbeit. Kiel: Institut für Agrarökonomie der CAU Kiel.
- Pietsch, C. (14. Mai 2019). *DBV: Greening auch nach 2020 weiterführen*. Von <https://www.agrarheute.com/pflanze/gruenland/dbv-greening-2020-weiterfuehren-549915> abgerufen
- Sauß, M. (2014). *Weiterentwicklung und Praxistest eines operativen Optimalplanungs-Modells für Biogasbetriebe*. Kiel.
- Sauß, M., & Sundermeier, H.-H. (2014). *Controlling von Biogasbetrieben: Praxistest eines LP-gestützten Optimal-Planungs-Systems*. Kiel: Institut für Agrarökonomie.
- StMELF. (2019). *Merkblatt Mehrfachantrag*. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- TLL. (2010). *Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Jungrinderaufzucht*. Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- TLL. (2010). *Betriebswirtschaftliche Richtwerte der Milchproduktion auf Grünlandstandorten mit Färsenzukauf*. Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- topagrarOnline. (7. Oktober 2009). *Clearingstelle äußert sich zum Landschaftspflege-Bonus*. Von <https://www.topagrar.com/energie/news/clearingstelle-aeussert-sich-zum-landschaftspflege-bonus-9592143.html> abgerufen
- topagraronline. (15. Mai 2018). *Auf knapp 2,7 Mio. Hektar wachsen Energie- und Industriepflanzen*. Abgerufen am 12. Dezember 2018 von top agrar online: <https://www.topagrar.com/energie/news/energie-energienews-9358428.html>
- UBA. (2017). *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2017. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2015*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt - UNFCCC-Submission.
- UBA. (2018). *Daten zur Umwelt: Umwelt und Landwirtschaft*. Umweltbundesamt.
- Weiland, P. (2010). *Flaschenhals Gärrestverwertung*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- WWF. (22. Mai 2019). *Landwirtschaft für Artenvielfalt*. Von <https://www.landwirtschaft-artenvielfalt.de/> abgerufen

10. Anhang

10.1 Modellierung

Der in Kapitel 7 eingesetzte Lineare Programmierung beruht auf einer Masterarbeit zur Weiterentwicklung eines operativen Optimalplanungs-Modells für Biogasbetriebe (Sauß & Sundermeier, 2014; Sauß, 2014).

In der Optimierung des Anlagenbetriebs werden neben den ökonomischen auch die prozessbiologischen Einflussvariablen zur Entscheidungsfindung herangezogen.

Über das Modell werden Systemparameter, wie bauliche Komponenten, Lagermöglichkeiten, Motoren, Art der Beschickung oder auch die Eigenschaften der Substrate, ermittelt. Auch der Bereich des Outputs lässt sich gut eingrenzen. So lassen sich Art und Menge der Verkaufsparameter ermitteln. Prozessbiologische Parameter sind deutlich schwerer abzuschätzen. Wie sich die Verweilzeit bei Veränderung der Substratallokation entwickelt oder wie die Gasqualität ist, könnten dabei relevante Fragen sein. Umso mehr die Fragestellungen auf Veränderungen der Prozessbiologie abzielen, desto schwieriger wird eine exakte Prognose. Dennoch ist es möglich, Wirkungsgrade oder Gasausbeute zu schätzen und zu prognostizieren.

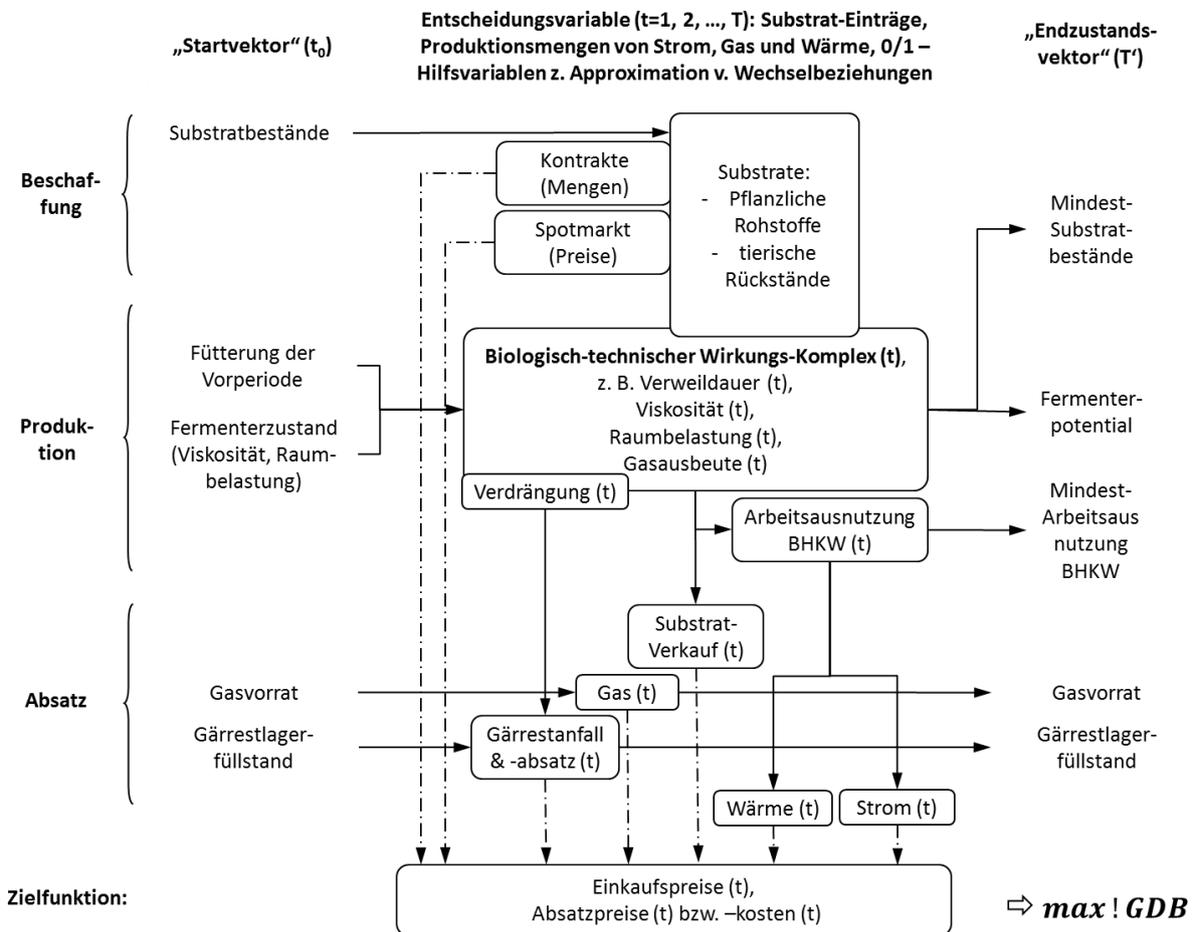


Abbildung 13 Problemkonstituenten einer Biogasanlage in Linearer Programmierung (Sauß, 2014)

Prozessbiologisch muss die Anlage optimal geführt werden, um eine möglichst hohe Effizienz des Substrateinsatzes zu Strom- beziehungsweise Gasverkauf zu erzielen. Insbesondere zu Beginn der Anlagenführung müssen Entscheidungen über die Verknüpfung von der Anlage mit dem Verkaufsmedium getroffen werden. Die Entscheidungen darüber, ob Gas oder Strom verkauft werden soll oder zusätzlich auch noch Wärme, müssen auf der Grundlage rechtlicher und wirtschaftlicher Restriktionen abgewogen werden. Je mehr die Ausrichtung der Überlegungen Richtung monetärer Faktoren läuft, desto größer wird der Faktor der Unsicherheit. Auch wenn oft nur biologisch und technisch optimiert wird, sollten die wirtschaftlichen Zwänge berücksichtigt werden.

Bei der schematischen Darstellung ergibt sich eine Aufteilung in Beschaffung, Produktion und Absatz. Bei der weiteren Unterteilung kann in die Datenaufnahme und die Optimierung geteilt werden. Besser ist es, die Datenaufnahme in die Ausgangssituation (Startvektor) und den Endzustand (Endvektor) zu unterteilen. Bei dieser Aufteilung ergibt sich die in Abbildung 13 dargestellte Matrix.

Aus Start- und Endvektor ergeben sich die wesentlichen Informationen für die Datenaufnahme, wobei der Endvektor ausschließlich auf Annahmen beruht. Im mittleren Teil werden die Entscheidungsvariablen mit den zugehörigen Restriktionen ermittelt. Diese Restriktionen laufen in ihrem Wirkungsgeflecht zur Zielfunktion zusammen und maximieren bei optimaler Allokation den Gesamtdeckungsbeitrag (Sauß, 2014).

Viele Parameter haben Einfluss auf die Betriebsführung einer Biogasanlage. Dies hat auch schon Otte (2012) beschrieben. Ein vereinfachter Überblick der Restriktionen wird in Abbildung 14 dargestellt. Neben den technischen und prozessbiologischen Restriktionen werden auch rechtliche in die Planung aufgenommen. Ein besonderes Augenmerk gilt den Substraten mit ihren individuellen Eigenschaften und den verschiedenen Anlagenkonstellationen.

Für eine erfolgreiche operative Optimalplanung ist es wichtig, die Ausgangssituation gut zu erfassen, da ein großer Einfluss auf die Folgeperioden besteht. Der Endvektor nimmt ebenfalls einen hohen Einfluss auf die Planung, allerdings mit einer rückwirkenden Ausrichtung.

Nun gilt es die Zusammenhänge mathematisch abzubilden und festzustellen, welche Daten relevant sind und vom Betreiber beziehungsweise anlagenindividuell ermittelt werden müssen.

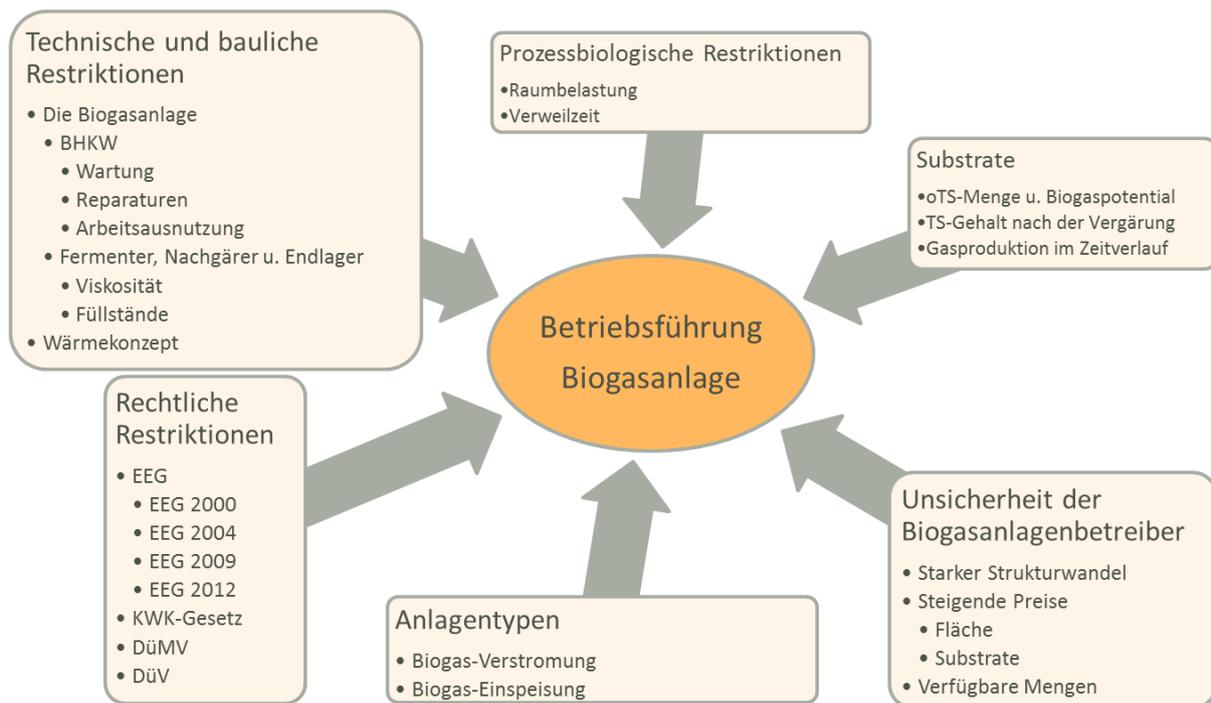


Abbildung 14 Haupteinflussparameter auf die Betriebsführung einer Biogasanlage (Otte, 2012)

Methodische Grundlagen – Lineare-Programmierungs-Matrix für Biogasbetriebe

Das Grundgerüst der Linearen Programmierung beruht auf der Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrags. Wesentliche Kostenfaktoren sind die Kosten für den Einkauf von Substraten, die Abgabe von Gärresten und die variablen Kosten für, zum Beispiel, Reparaturen und den Eigenstrombedarf. Erlöse werden hauptsächlich durch die Vergütung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz generiert inklusive der aktivierten Boni. Diese haben jeweils einen Einfluss auf die Fütterung.

Das Gas wird von den Anlagebetreibern nicht ausschließlich an der Biogasanlage, durch ein Blockheizkraftwerk, sondern auch für Satelliten-Blockheizkraftwerke in den nahegelegenen Orten verwendet, um dort nicht nur Strom, sondern Wärme zu verkaufen. Die Anlagentypen variieren teilweise sehr stark und die unterschiedlichen Größen haben teilweise Einfluss auf die Berechnung der Gasverluste in den schon vorhandenen approximierten Raumbelastungsstufen.

Zunächst muss das Entscheidungsproblem formuliert werden. So muss wie bei jeder Optimierung die Zielgröße definiert werden. In vorliegendem Fall ist das Ziel den Gesamtdeckungsbeitrag zu maximieren.

Formel 1 Zielfunktion

$$\text{Max! } GDB = \sum_{k=1}^K w_k * u_k$$

Dabei steht:

GDB für den Gesamtdeckungsbeitrag

$k = 1, 2, \dots, K$	Index für Aktivitäten
u_k	Entscheidungsvariablen
w_k	Zielfunktionskoeffizient

Des Weiteren müssen die verschiedenen Entscheidungsvariablen ermittelt werden. Mithilfe dieser Entscheidungsvariablen und den zugehörigen Zielfunktionswerten sollte die Zielfunktion formuliert und dazu müssen verschiedene Restriktionen aufgestellt werden, die auf unterschiedliche Weise die Aktivitäten eingrenzen. Die Kapazitäten begrenzen dabei die Abhängigkeit der Restriktionen zu den Aktivitäten, zum Beispiel ist eine Restriktion, dass keine negative Menge an Substrat gefüttert werden darf. Dabei stehen die Restriktionen in linearen Beziehungen. Demzufolge besteht ein lineares Optimierungsproblem. Für alle Nebenbedingungen gilt die Nicht-Negativitätsbedingung.

Einfache Probleme lassen sich mittels eines grafischen Ansatzes lösen, wie in Abbildung 15. Wenn sich die Restriktionen in einem zweidimensionalen Raum darstellen lassen, ist es möglich, diese abzubilden. Die Linien der Restriktionen beinhalten die maximalen Umfänge der Lösungsmöglichkeiten (Mußhoff & Hirschauer, 2011). Kombiniert mit der Iso-Gesamtdeckungsbeitrags-Linie, die den Lösungsmöglichkeitenraum tangiert, zeigt am Tangentialpunkt das optimale Fütterungsprogramm, wie in Abbildung 15 zu sehen ist.

Je unterschiedlicher die Restriktionen und die Abhängigkeiten der Restriktionen, desto schwieriger wird es, ein solches Modell abzubilden. So bedarf es einer mehrdimensionalen Lösung, die nicht mehr grafisch lösbar ist, sondern mathematisch gelöst werden muss. Dies kann anhand von Linearer Programmierung realisiert werden, wie es auch in diesem Fall mit der operativen Optimalplanung für Biogasanlagen durchgeführt wird. So wird unter den vorgegebenen Restriktionen die optimale Lösung ermittelt.

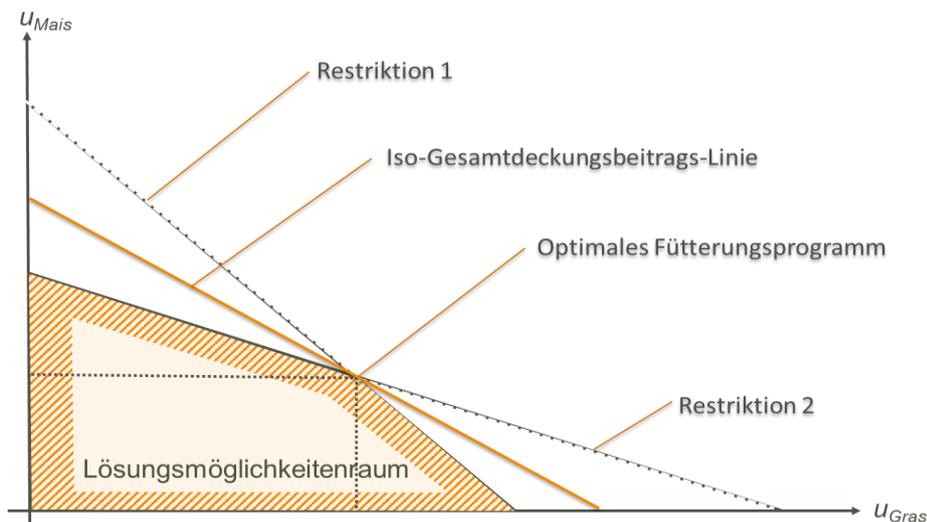


Abbildung 15 Grafische Darstellung eines einfachen LP-Problems (Sauß, 2014)

Im Bereich der Optimalplanung für Biogasbetriebe werden die relevanten Daten erfasst, die dann die Restriktionen (constraints) bestimmen. Das Lineare-Programmierungs-Tableau ist für vier Perioden ausgerichtet. Ein Startvektor beinhaltet die Fütterung und den Lagerbestand dieser Planung vorangehenden Periode. Der Startvektor und die einzelnen Perioden haben

Einfluss auf die folgende Periode. Diese Trajektorie dient der Betrachtung einzelner Perioden im Gesamtkontext. Außerdem enthält das Lineare-Programmierungs-Tableau einen Endvektor, der den minimalen Zustand der Anlage zum Ende der Planung darstellt.

Die Restriktionen werden in ihrem Kontext durch die Ausstattung der jeweiligen Kapazitäten begrenzt. Diese Begrenzung wird in der Right-Hand-Side abgetragen. Durch das Summenprodukt des Umfangs und der Kapazitätsrestriktionen kann die Kapazitätsausnutzung berechnet werden, diese wird in der Left-Hand-Side abgetragen. Die Right-Hand-Side wird der Left-Hand-Side gegenübergestellt, die Begrenzung drückt sich mittels Gleichheits-, Größer- oder Kleinerzeichen aus. Dieser Zusammenhang zwischen Left- und Right-Hand-Side wird in den Solver eingetragen, der dann wiederum die Restriktionen bei der Änderung der Umfangszellen berücksichtigt (Mußhoff & Hirschauer, 2011).

Das Modell ist ein „mixed-integer programming problem“ (Markland, 1983), bei dem einige Entscheidungsvariablen diskret (ganzzahlig), also integer (0, 1, 2, ... n), beziehungsweise binär (0 oder 1) codiert sind. Diese kommen insbesondere bei den approximierten Raumbelastungsstufen zum Tragen. Die meisten Entscheidungsvariablen sind stetig (nicht ganzzahlig).

Die Unsicherheit wird nicht berücksichtigt, dennoch sollte bei der Entscheidungsfindung beachtet werden, dass die überwiegenden Zukaufspreise dem freien Markt mit räumlichen Begrenzungen unterliegen. Durch Berücksichtigung aller Schritte vom Einkauf der Substrate bis zum Verkauf von Gas, Strom oder Wärme entsteht eine hohe Interdependenz, die auch zeitlichen Einfluss auf die Folgeperioden hat und somit mehrperiodisch betrachtet werden muss. Das Ziel ist aber einkriteriell, da hier nur der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird.

Softwareunterstützung

Um eine solche Matrix aufzustellen wird Microsoft EXCEL verwendet, in dem eine Matrix mit Ziel- und Umfangszeile, sowie den Restriktionen, abgebildet werden. Zum Lösen dieser sogenannten Linearen Programmierung wird ein Solver benötigt. Das in der Matrix zur Optimalplanung entwickelte Modell kann durch den in EXCEL integrierten Solver nicht mehr gelöst werden und benötigt einen Solver, der mehr Entscheidungsvariablen lösen kann. Dies kann durch einen kommerziellen Solver wie dem Frontline-Premium Solver Plattform gelöst werden. Aber auch das Open Source Add-In OpenSolver bietet eine zufriedenstellende Lösung. Problematisch bei der Open Source Variante ist die unausgereifte Darstellung der Grenzwerte, da keine Berichterstellung durch den OpenSolver wie dem von Frontline gewährleistet wird.

Alle relevanten Zahlen sollten in der Linearen Programmierung vorhanden sein, eventuell muss an einigen Stellen durch fehlende Informationen nachgebessert werden, welches aber in vielen Fällen auch automatisch durch einheitliche Annahmen ergänzt werden kann, die nur der Rechenbarkeit dienen. So müsste nur in seltensten Fällen eingegriffen werden. Es werden verschiedene Daten gesammelt, die auch aus verschiedenen Datensätzen stammen können. Diese müssen gebündelt, sortiert und verarbeitet werden. In unserem Fall in der Linearen Programmierung, die als Black Box angesehen werden kann. Die so aufbereiteten Daten können dann in einem separaten Ergebnisbericht abgebildet werden.

10.2 BiogasNatur Flächensteckbrief

Anlage und Betreiber (Name des Betreibers und Adresse des Anlagenstandortes)
Zugewiesene Nr. der Fläche
Standortverhältnisse: Boden (wenn möglich Bodentyp, Bodenart, pH-Wert, Bodenwertzahl)
Wasserversorgung / Grund- bzw. Stauwassereinfluss? / Auenstandort?
Angrenzende Nutzungen (Wald, Acker, Grünland)
Entwicklung der Flächen über die letzten Jahre Grünland seit:

Überwiegende Nutzung (Weide, Wiesen)
Aktuelle Nutzungsintensität Art und Menge der Düngung
Art und Intensität des Pflanzenschutzes
Anzahl der Schnitte pro Jahr / Beweidungsintensität (GVE/ha)
Zeitpunkt der Schnitte / Zeitpunkt und Dauer der Beweidung
Ertrag je ha in t
Bereits vorliegende vegetationskundliche Untersuchungen / Biotoptypenkartierungen der Flächen

Entwicklung der Nutzung

Besteht unabhängig von der möglichen Substratbereitstellung für die Biogasnutzung eine Tendenz zur Intensivierung / Extensivierung der Grünlandnutzung?

Wenn ja, wodurch/weshalb?

Naturschutzaufgaben

Bestehen naturschutzbezogenen Nutzungsaufgaben (Agrarumweltprogramme, Schutzgebietsverordnungen, Vertragsnaturschutz etc.)?

Welche Ge- oder Verbote ergeben sich gegebenenfalls für die einzelnen Flächen daraus?

Flächen mit anfallenden Biomassereststoffen

Sind Ihnen im Einzugsbereich naturschutzrelevante Flächen mit anfallenden Biomassereststoffen, die möglicherweise für eine Nutzung als Biogassubstrat infrage kommen könnten (Greeningflächen, Gewässerunterhaltung, Brachen etc.) bekannt?