BioEnergy Farm 2

Realisierung einer Biogas-Kleinanlage

Ein Handbuch für Landwirte

Verfasser : MARK PATERSON ET AL.

Einrichtung : Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

Publikation : 3.2

Bericht-Nr. : BEF2-15001-DE

Version : 1.2

Status : Öffentlich

Übersetzung : Mark Paterson | KTBL

Stand : Oktober 2016

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programma of the European Union

Impressum

Dieses Handbuch ist im Rahmen des EU-Projekts "BioEnergy Farm 2 - Gülle, der nachhaltige Energieträger der Landwirtschaft" entstanden. Finanziert wird das Projekt durch das Intelligent Energy Europe Programm der Europäischen Union [IEE/13/683/SI2.675767].

Verfasser	:	MARK PATERSON ET AL.
Einrichtung	:	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Adresse	:	Bartningstraße 49 64289 Darmstadt
Publikation	:	3.2
Bericht-Nr.	:	BEF2-15003-DE
Version	:	1.2
Status	:	Öffentlich
Übersetzung	:	Mark Paterson
Erstellt	:	August 2015
Überarbeitung		Oktober 2016

Unter Mitwirkung von: Marek Amrozy (NAPE, PL), Remigio Berruto (DEIAFA, IT), Jan Willem Bijnagte (CCS, NL), Stephanie Bonhomme (TRAME, FR), Kurt Hjort-Gregersen (AgroTech, DK), Katrin Kayser (IBBK, DE), Marleen Gysen (Innovatiesteunpunt, BE), Bernd Wirth (KTBL, DE).

Bitte folgenden Zitatverweis verwenden:
PATERSON, M. ET AL.: Realisierung einer Biogas-Kleinanlage - Ein Handbuch für Landwirte. Veröffentlichung des EU-Projekts BioEnergy Farm 2, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), überarbeitet 2016, Darmstadt.

Danksagung
Dieses Handbuch basiert auf der Veröffentlichung "Implementierung einer Bioenergieanlage" (D 6.2) im EU-Projekt "BioEnergy Farm", verfasst von B. Castillo, Universität Stuttgart, und enthält Beiträge und Ergebnisse von den Partnern des BioEnergy Farm 2-Projekts.

Allen Beteiligten gebührt mein Dank für ihren Beitrag zum Projekt und zum Erstellen dieses Handbuchs.

Dieses Handbuch wurde übersetzt in Dänisch, Englisch, Französisch, Niederländisch, Italienisch und Polnisch. Dabei wurden die Inhalte an die jeweiligen länderspezifischen Bedingungen angepasst.

Layout: BBPROJ & CCS

Titelbild: M. Stadelmann, Darmstadt

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieser Veröffentlichung darf in irgendeiner Form oder mit irgendwelchen Mitteln ohne die schriftliche Erlaubnis des Herausgebers für gewerbliche Zwecke reproduziert werden.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit und die Vollständigkeit der Informationen in dieser Veröffentlichung. Die alleinige Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Partnern des BioEnergy Farm 2 -Projekts.

Die Inhalte des Handbuchs spiegeln nicht unbedingt die Meinung der Europäischen Union wider. Die Europäische Kommission ist nicht für die weitere Verwendung der im Handbuch enthaltenen Informationen verantwortlich. www.bioenergyfarm.eu

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung 7

1.1 Das BioEnergy Farm 2-Projekt 7

1.2 Ziel und Inhalt des Handbuchs 9

2. Biogas – eine Einführung 10

2.1 Grundlagen der Biogasherstellung 10

2.2 Biogasproduktion 12

2.3 Biogasnutzung 13

2.3.1 Kraft-Wärme-Kopplung 14

2.3.2 Biogasaufbereitung (Biomethan) 14

2.4 Gärproduktaufbereitung 14

2.4.1 Separation 15

2.4.2 Behandlung der festen Phase 15

2.4.3 Behandlung der flüssigen Phase 15

3. Allgemeine Informationen zur Realisierung eines Biogasprojekts 16

4. Projektidee 18

4.1 Substratverfügbarkeit 19

4.2 Anlagengröße und -kapazität 19

4.3 Energieproduktion und Gärprodukt 20

4.4 Erwartete Investition und Erlöse 21

4.5 Rechtliche Unternehmensform 22

4.6 Referenzanlagen 22

5. Machbarkeitsbewertung 23

5.1 Substratpotential 24

5.2 Biogastechnik 25

5.3 Standortwahl 26

5.4 Energieproduktion und -nutzung 26

5.5 Wirtschaftlichkeit 27
5.6 Unternehmen und Rolle des Landwirts 28
5.7 Projektengpässe 29

6. Projektkonzept und Businessplan 29

6.1 SWOT-Analyse 30
6.2 Businessplan 31

7. Projektrealisierung 32

7.1 Genehmigung 33
7.2 Projektfinanzierung und -förderung 34
7.3 Akzeptanz verbessern 34
7.4 Verträge 35
7.5 Angebotsverfahren 36
7.6 Bau und Betrieb der Biogas-Kleinanlage 36

8. Anlagenbetrieb 37

8.1 Anfahrphase 37
8.2 Anlagenbetrieb 38
8.2.1 Prozesssteuerung 39
8.2.2 Instandhaltung 40
8.2.3 Dokumentation 41
8.3 Anlagensicherheit 41

Anhang 1. Verträge 43

1.1. Anlagenbauvertrag 43
1.2. Betriebsführungs- und Wartungsvertrag 43
1.3. Substratliefer- und Gärproduktrücknahmevertrag 44
1.4. Wärmeliefervertrag 44
1.5. Biogasliefervertrag 45
1.6. Gestattungsvertrag 45
1.7. Wegenutzungsvertrag 46

Anhang 2. Checklisten 47

1.1. Entwicklung einer Projektidee 47

1.2. Dokumente zur Anlagengenehmigung 49

Anhang 3. Daten und Informationen für Projekte in Deutschland 51

1.1. Rechtsformen von Unternehmen 51

1.2. Grundlagen der Anlagengenehmigung 53

1.3. Emissionsvorschriften 54

1.4. Fördermaßnahmen 56

Anhang 4. Weiterführende Literatur 59

Anhang 5. Kontakte für Informationen und Beratung 60

Literaturverzeichnis 62

Projektpartner 65

1. Einführung

Um die endlichen fossilen Energieträger zu schonen und gleichzeitig die anthropogenen Treibhausgasemissionen – zur Begrenzung der Klimaerwärmung – zu verringern, ist die schrittweise Umstellung der Energiegewinnung hin zu regenerativen Energiequellen eine notwendige Aufgabe in den nächsten Jahrzehnten. Hier spielt die Bioenergie eine zentrale Rolle – auch für die Landwirtschaft. Die Bioenergie ist eine erneuerbare und weitgehend CO2-neutrale Energiequelle, da sie auf Biomasse basiert, welche die Solarenergie mittels Photosynthese speichert.

Die Nutzung von Biogas spielt eine besondere Rolle innerhalb der erneuerbaren Energien, da sie zur Erzeugung von Strom, Wärme, Kraftstoff oder als Ersatz für Erdgas verwendet werden kann. Darüber hinaus ist Biogas ein flexibel einsetzbarer Energieträger der einfach speicherbar ist und keinen saisonalen, täglichen oder wetterbedingten Schwankungen unterworfen ist. Zudem kann Biogas aus einer Vielfalt von Biomassen wie z. B. Gülle, Silagen von Kulturpflanzen oder landwirtschaftlichen Reststoffen/Nebenprodukten erzeugt werden.

Die Produktion und Nutzung von Biogas bietet ökologische und sozioökonomische Vorteile sowohl für die Gesellschaft als auch für die beteiligten Landwirte. Der entstehende Gärrest besitzt hervorragende Düngereigenschaften und kann den Einsatz von Kunstdünger reduzieren. Die Biogastechnik verbessert die betriebliche Wertschöpfung, die lokalen wirtschaftlichen Möglichkeiten, sichert Arbeitsplätze und trägt zur wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung im ländlichen Raum bei [SEADI ET AL. 2008].

Die Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen hin zu einer umweltfreundlichen und nachhaltig produzierenden Landwirtschaft gewinnt mehr und mehr an Bedeutung, vor allem in der Tierhaltung. Der CO_2-Fußabdruck von Fleisch, Milch und deren Produkten ist im Vergleich zu pflanzlichen Lebensmitteln hoch. Einer der Gründe sind die Methan-Emission aus der Tierhaltung und des anschließenden Güllemanagements. Eine gute Lösung zur Reduktion dieser Emissionen ist die energetische Nutzung von Gülle in einer Biogasanlage. Auch deshalb interessieren sich zunehmend mehr Landwirte für die intelligente Verknüpfung von Gülle-Nutzung und Klimaschutz.

In den meisten europäischen Ländern hat die Biogasbranche ihren Ursprung in der Vergärung von Gülle in Kombination mit Futterresten und Nebenprodukten. Die „Teller statt Tank"-Diskussion hat z. B. in Ländern wie Deutschland, Belgien und den Niederlanden dazu geführt, dass nun vermehrt Reststoffe und Nebenprodukte für die Biogasproduktion genutzt werden und Kulturpflanzen, die eigens für die Energieproduktion angebaut werden, nicht mehr im Fokus stehen.

Das EU-Projekt "BioEnergy Farm 2 - Gülle, der nachhaltige Energieträger der Landwirtschaft" zielt darauf ab, Landwirten praktische Informationen und Hilfestellungen zur Biogasproduktion und -nutzung in hofeigenen Gülle-Kleinanlagen zur Verfügung zu stellen, damit diese Anlagen einen Beitrag zum landwirtschaftlichen Einkommen und gleichzeitig zum Klimaschutz leisten können. Das Handbuch soll bei den ersten Schritten zur Realisierung einer hofeigenen Gülle-Kleinanlage unterstützen.

1.1 Das BioEnergy Farm 2-Projekt

Die Motivation hinter dem Projekt "Gülle, der nachhaltige Energieträger der Landwirtschaft (BioEnergy Farm 2)" ist die Hof-basierte Energiegewinnung durch Biogas-Kleinanlagen. Als Substrate sollen dabei hauptsächlich Gülle, Mist und landwirtschaftliche Reststoffe eingesetzt werden.

Das Projekt basiert auf der Beobachtung, dass sich kleine Biogasanlagen trotz der vielfältigen Vorteile in den europäischen Tierhaltungsbetrieben noch nicht weit verbreitet haben. Das Projekt trägt dazu bei, die öffentliche Meinung über die Biogasproduktion zu verbessern, die landwirtschaftliche Tierhaltung nachhaltiger zu gestalten, indem diese Betriebe aus ihren Reststoffen eigenständig Energie für den Eigenbedarf oder zur Einspeisung in das Stromnetz produzieren, die

entstehenden Klimagase hierdurch zu vermindern und gleichzeitig den Nährstoffkreislauf durch die verbesserte Düngerqualität der Gülle (als Gärprodukt) zu optimieren.

Die Aspekte, die das BioEnergy Farm-II-Projekt behandelt, sind vielfältig; es liefert Landwirten, politischen Entscheidungsträgern und anderen interessierten Personen anhand einer Marktübersicht neutrale und fundierte Informationen über bestehende Konzepte zu Klein-Biogasanlagen sowie eine Abschätzung des Marktpotenzials in Europa. Dieses Handbuch dient als Hilfestellung bei der Realisierung eines Biogas-Kleinanlagenprojekts. Des Weiteren wird Landwirten im Rahmen des Projekts Unterstützung bei der Machbarkeitsprüfung eines Kleinanlagenprojekts für ihren Betrieb angeboten. Im Rahmen dieser Machbarkeitsprüfungen können verschiedene Arten der Biogasnutzung untersucht werden, wie z. B. Strom- und Wärme-Produktion durch eine KWK-Anlage, die Gasaufbereitung und Nutzung als Kraftstoff oder als Erdgasersatz sowie die Erzeugung von Wärme in einem Biogaskessel. Zudem wird die weitere Behandlung der Gärreste berücksichtigt. Das Projekt identifiziert auch bestehende Einschränkungen und Hürden für den Bau von Kleinanlagen durch rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen und zeigt Verbesserungsmöglichkeiten für den Ausbau der Hof-basierten Biogas-Kleinanlagen.

Die wichtigsten Produkte und Veröffentlichungen, die im Rahmen des Projekts erstellt werden, um die Verbreitung von Hof-basierten Gülle-Kleinanlagen zu unterstützen, sind:

- „Marktübersicht von Biogas-Kleinanlagen in Europa"
  Der Bericht liefert eine Marktübersicht der Konzepte zu Gülle-Kleinanlagen und den verwendeten Techniken sowie eine Abschätzung des Ausbaupotenzials für 13 europäische Länder.
- Leitfaden „Biogas-Kleinanlagen - Ein Leitfaden für politische Akteure"
  Der Leitfaden richtet sich an politische Entscheidungsträger. Er enthält eine Einführung in die Technologie der Biogas-Kleinanlagen, zeigt die ökologischen und sozioökonomischen Vorteile auf und gibt einen Überblick über die rechtlichen Rahmenbedingungen für Biogas-Kleinanlagen.
- Handbuch „Realisierung einer Biogas-Kleinanlage"
  Dieses Handbuch richtet sich an Landwirte und Praktiker. Es stellt die Grundlagen der Biogaserzeugung und -nutzung vor, beschreibt die wesentlichen Schritte für die Entwicklung eines Biogas-Kleinanlagenprojekts (von der Projektidee bis zum Anlagenbetrieb) und gibt hilfreiche Informationen zur Projektrealisierung.
- Biogas-Rechner (Online)
  Hierbei handelt es sich um eine Entscheidungshilfe für Landwirte und andere interessierte Personen. Der Biogas-Rechner ist kostenlos online verfügbar und erlaubt dem Benutzer eine allgemeine Prüfung der (wirtschaftlichen) Machbarkeit einer Klein-Biogasanlage anhand der Voraussetzungen des landwirtschaftlichen Betriebs durchzuführen.
- Wirtschaftlichkeitsrechner für Fachleute
  Das detaillierte Berechnungstool dient zur Prüfung der Machbarkeit von Biogas-Kleinanlagenprojekten (Offline-Version). Es wird von Biogas- und landwirtschaftlichen Beratern genutzt um Landwirte bei der Projektrealisierung zur unterstützen. Die erstellte Machbarkeitsprüfung ist Grundlage für die Erstellung des Business-Plans des Biogas-Kleinanlagenprojektes, welche ebenfalls durch das Programm erfolgen kann.
- Workshops für Fachleute
  Im Rahmen des Projekts werden Workshops für landwirtschaftliche Berater durchgeführt, um zusammen mit den Fachleuten das Berechnungstool für Biogas-Kleinanlagen zu optimieren und somit die Grundlage für die Beratung der Landwirte stetig zu verbessern.
- Internetseite zum Projekt
  Die Internetseite www.bioenergyfarm.eu bietet Informationen z. B. zur Produktion und -nutzung von Biogas, zu Anlagenkonzepten von Biogas-Kleinanlagen, projektbezogene Informationen und Veröffentlichungen sowie einen Kalender mit bundesweiten Veranstaltungen zum Thema Biogas.

Dem Konsortium des BioEnergy Farm 2-Projekts gehören Vertreter von landwirtschaftlichen Organisationen (Institute for Agri Technology and Food Innovation (DK), Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (DE), Cornelissen Consulting Services (NL), Boerenbond (BBPROJ)(BE), Universität Turin (IT), National Energy Conservation Agency (PL), TRAME (FR)), die Fachwissen und Informationen in das Projekt einbringen sowie darüber hinaus Beratungseinrichtungen (Coldiretti Piemonte (IT), DCA Multimedia (NL), IBBK Fachgruppe Biogas GmbH (DE), Foundation Science and Education for Agro-Food Sector (PL), Organic Denmark (DK), Regionalwirtschaftskammer der Bretagne (FR)), die vor allem die Informationen und Angebote des Projekts an die Zielgruppe bringen, an. Dem Konsortium gehören keine Anbieter von Biogastechnik oder -komponenten an.

In mehreren europäischen Ländern sind die Bemühungen, die hofeigene Biomasse zur Energieerzeugung in kleinen Biogasanlagen einzusetzen, deutlich zu erkennen. Das BioEnergy Farm 2-Projekt will zum weiteren Ausbau dieser besonderen Art der Biogaserzeugung beitragen, indem wesentliche Kenntnisse zu hofbasierten Gülle-Kleinanlagen in die europäischen Mitgliedsstaaten und an Entscheidungsträger auf allen Ebenen getragen werden, mit dem Ziel, das Bewusstsein für das Potenzial von Kleinbiogasanlagen zu erhöhen. Dies sollte das politische Umfeld ermutigen Anreize zu schaffen die den Ausbau der lokalen, energetischen Gülle-Nutzung fördern und die Hof-basierte Biogasanlage zu einem zukunftsträchtigen Teil einer nachhaltigen Energiepolitik macht.

1.2 Ziel und Inhalt des Handbuchs

Entscheidend für eine erfolgreiche Realisierung eines Biogasprojekts sind unter anderem eine (praxisnahe) langfristige Perspektive, eine gute Organisation und technische Voraussetzungen. Um sicher zu stellen, dass die Biogasanlage langfristig profitabel ist, muss das Projekt gut geplant werden.

Dieses Handbuch wurde im Rahmen des EU-Projektes „Gülle, der nachhaltige Energieträger der Landwirtschaft (BioEnergy Farm 2)" geschrieben und hat Biogas-Kleinanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von bis zu 75 kW_{el} im Fokus, die aus Hof-basierter Biomasse wie Gülle, Mist und landwirtschaftlichen Reststoffen Energie produzieren.

Die Publikation „Marktübersicht von Biogas-Kleinanlagen in europäischen Ländern", enthält Informationen zur europäischen Situation der Kleinbiogasanlagen sowie eine länderspezifische Definition von „Kleinbiogasanlagen" (zu finden unter www.bioenergyfarm.eu).

Dieses Handbuch soll Landwirten und Interessenten, die sich für die Verwendung der Hof-basierten Biomasse zur Biogasherstellung interessieren, bei der Entwicklung und Realisierung eines Biogas-Kleinanlagenprojektes unterstützen. Hierin werden die wesentlichen Schritte zur Entwicklung eines Biogasprojekts, beginnend mit der Projektidee, über die Erstellung eines Businessplans bis hin zum letzten notwendigen Schritt für den Anlagenbetrieb, in Kürze beschrieben. Das Handbuch beginnt mit einer kurzen Einführung in die biologischen Aspekte der Biogaserzeugung, die Arten der Gasverwertung und die Gärrestaufbereitung. Anschließend werden in Kapitel 3 die wesentlichen Aspekte der Projektrealisierung vorgestellt. In den Kapiteln 4 bis 8 werden die fünf wichtigsten Schritte der Projektdurchführung im Detail erläutert.

Das Handbuch wird durch drei Anhänge ergänzt, die hilfreiche Informationen zur Projektierung liefern. Der Anhang 1 (Kapitel 9) beschreibt verschiedene Vertragsarten, die zur Realisierung eines Bioenergie-Projekts bzw. zum Betrieb der Biogasanlage nötig sein könnten.

Der folgende Anhang 2 (Kapitel 10) enthält Checklisten für die Entwicklung einer Projektidee sowie eine beispielhafte Zusammenstellung der Unterlagen für den Genehmigungsantrag der Anlage.

Der 3. Anhang (Kapitel 11) enthält ausgewählte Informationen z. B. zu Rechtsformen landwirtschaftlicher Betriebe, Grundlagen der Anlagengenehmigung, Emissionsvorschriften für Biogasanlagen sowie aktuelle Fördermaßnahmen von

Bund und Ländern. Das Kapitel enthält zudem eine Liste mit weiterführender Literatur und Veröffentlichungen zur landwirtschaftlichen Biogaserzeugung und -nutzung sowie Kontaktdaten von Institutionen für Information und Beratung in dieser Angelegenheit.

Die Angaben in diesem Handbuch erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Darüber hinaus können die Rahmenbedingungen vor Ort individuelle Anpassungen der Projektierung notwendig machen, die von den Ausführungen in diesem Handbuch abweichen.

Die Informationen in diesem Handbuch werden regelmäßig aktualisiert, um den aktuellen Stand widerzuspiegeln. Die aktuellste Ausgabe des Handbuchs ist unter www.bioenergyfarm.eu zu finden.

2. Biogas – eine Einführung

2.1 Grundlagen der Biogasherstellung

Wenn organische Masse (Biomasse) in Abwesenheit von Sauerstoff (anaerob) durch mikrobiologische Prozesse abgebaut wird, bilden sich verschiedene Gase. Das durch die anaerobe Vergärung erzeugte Gasgemisch wird auch als Biogas bezeichnet. Ein Nebenprodukt der Vergärung ist das Gärprodukt, oder auch Gärrest genannt. Dieses ist reich an Makro- und Mikronährstoffen und daher in der Regel zur Pflanzendüngung geeignet.

Die Umsetzung einer anaeroben Vergärung ist für landwirtschaftliche Betriebe gut geeignet, da dort anfallende Substrate wie Energiepflanzen (z. B. Mais, Getreide), organische Reststoffe (z. B. Gülle, Festmist), Nebenprodukte (z. B. Obsttrester, Rapskuchen) und organische Abfälle effizient zur Biogasproduktion genutzt werden können. Holzige Biomassen sind jedoch nicht für die anaerobe Vergärung geeignet.

Biogas besteht im Wesentlichen aus Methan, Kohlendioxid und weitere Bestandteilen (siehe Tab. 1). Die Zusammensetzung und Qualität des Biogases wird maßgeblich durch die verwendete Biomasse bestimmt. Durch die Prozesssteuerung ist die Gaszusammensetzung nur begrenzt beeinflussbar [KTBL 2013].

Tabelle 1: Durchschnittliche Zusammensetzung von Biogas [KTBL 2013]

BESTANDTEIL	FORMEL	EINHEIT	KONZENTRATION
Methan	CH_4	Vol.-%	50 - 75
Kohlendioxid	CO_2	Vol.-%	25 - 45
Wasser	H_20	Vol.-% (20-40 °C)	2 - 7
Schwefelwasserstoff	H_2S	ppm	20 – 20.000
Stickstoff	N_2	Vol.-%	< 2
Sauerstoff	O_2	Vol.-%	< 2
Wasserstoff	H_2	Vol.-%	< 1

Der Prozess der Biogasbildung verläuft im Wesentlichen in vier mikrobiologischen Schritte ab, die zeitlich parallel erfolgen (siehe Abbildung 1). Für einen reibungslosen Ablauf der einzelnen Abbauphasen müssen optimale Milieubedingungen für die beteiligten Bakterien (z. B. pH-Wert, Temperatur) vorherrschen.

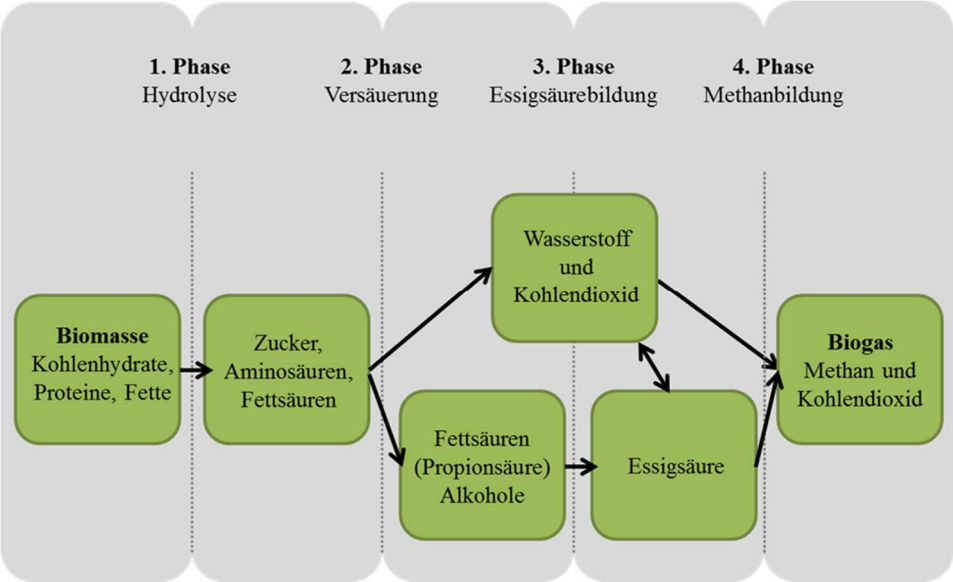

Abbildung 1: Schema des anaeroben Biomasseabbaus zur Biogaserzeugung [KTBL 2013, verändert]

Im ersten Schritt der Biogasbildung, der „Hydrolyse", wird das Substrat, das aus komplexen Verbindungen (wie z. B. Kohlenhydrate, Proteine, Fette) besteht, durch Exoenzyme in einfachere organische Verbindungen (wie z. B. Aminosäuren, Zucker, Fettsäuren) zerlegt.

Aus diesen gebildeten Zwischenprodukten werden in der zweiten Phase, der sogenannten „Acidogenese" (Versäuerung), durch säurebildende Bakterien kurzkettige Fettsäuren (Propion-, Essig- und Buttersäure) und in geringen Mengen Milchsäure und Alkohole sowie Kohlendioxid und Wasserstoff gebildet.

Während der folgenden „Acetogenese" (Essigsäurebildung) werden die Zwischenprodukte der vorherigen Phase durch die Bakterien hauptsächlich zu Essigsäure sowie Wasserstoff und Kohlendioxid umgesetzt. Aus den organischen Säuren wie Propion-, Butter- oder Milchsäure wird Essigsäure gebildet. Ist dieser Prozess gestört, kommt es zu einer Anreicherung an Säuren, da nur die Essigsäure durch die Methanbildner abgebaut werden kann.

Im der letzten Phase, der so genannten „Methanogenese" (Methanbildung), produzieren Mikroorganismen (methanogene Archäen) über zwei Reaktionswege (aus Essigsäure (acetotrophe Reaktion) und aus Wasserstoff und Kohlendioxid (hydrogenotrophe Reaktion)) Methan, Kohlendioxid und Wasser [KTBL 2013].

Je nach Konstruktion und Betriebsweise der Biogasanlage sowie der Beschaffenheit und Konzentration der als Substrat eingesetzten Frischmasse sind unterschiedliche Milieubedingungen für eine optimale Aktivität der Mikroben erforderlich. Die Umgebungsbedingungen wiederum beeinflussen die Zusammensetzung und Aktivität der mikrobiellen Biozönose und haben damit unmittelbar Einfluss auf die gebildeten Stoffwechselprodukte. Da die methanbildenden Mikroorganismen die geringste Wachstumsrate aufweisen und am empfindlichsten auf Störungen reagieren, müssen die Milieu- und Prozessbedingungen an die Anforderungen der Methanbildner angepasst werden.

Folgende Parameter sind unter anderem für den biologischen Prozess von Bedeutung [FNR 2013, KTBL 2013]:

- der Sauerstoffeintrag in den Fermenter sollte nicht zu hoch sein,
- die Temperatur im Fermenter sollte an die Mikroorganismen angepasst sein (z. B. beim mesophilen Betrieb: 37 - 42°C) und wenn möglich nicht mehr als ± 2°C pro Tag schwanken,
- der pH-Wert des Substratgemisches im Fermenter sollte zwischen pH 6,5 und 8,0 liegen und
- der Fermenterinhalt sollte ausreichend Makro- und Mikronährstoffe aufweisen.

Im Allgemeinen sollten die Betriebsbedingungen einer Biogasanlage so konstant wie möglich gehalten werden. Das gilt besonders für die Substratzufuhr. Einige typische Fehler bei der Anlagenfütterung sind:

- Substratzugabe über einen zu langen Zeitraum (keine Fütterungspausen)
- unregelmäßige Substratzugabe
- oft wechselnde Zusammensetzung / Qualität der Substrate
- zu hohe Substratzugabe nach einer „Fütterungs-Pause" (z. B. wegen eines technischen Problems).

Die Biogasproduktionsrate und der biologische Prozess selbst sind sehr sensibel und können leicht gehemmt werden. Hemmstoffe können bereits in geringen Mengen die Abbaugeschwindigkeit und Gasproduktion verringern oder bei toxischen Mengen zu einem Stillstand führen. Beispielsweise können Antibiotika über die Gülle in den Fermenter gelangen. Bereits geringe Mengen von Antibiotika, Desinfektionsmittel, Lösungsmittel, Herbizide oder Salze von Schwermetallen können den Abbauprozess im Fermenter hemmen oder sogar zum Erliegen bringen [KTBL 2013].

2.2 Biogasproduktion

Biogasanlagen gibt es in verschiedenen Größen und Formen. Seit nicht allzu langer Zeit findet man vermehrt reine Güllevergärungsanlagen auf dem (europäischen) Markt. Diese Anlagen erzeugen Biogas rein aus Gülle oder Festmist ohne oder mit nur einer geringen Zugabe von Ko-Substraten. Sie sind insbesondere für viehhaltende Betriebe interessant. Gülle-Kleinanlagen eröffnen dem Landwirt die Möglichkeit, eine höhere Wertschöpfung aus der Gülle zu erzeugen bevor sie ausgebracht oder abgegeben wird. Die heutigen Biogas-Kleinanlagen erscheinen oft als vereinfachte und herunterskalierte Ausführungen der herkömmlichen Biogasanlagen, die für einen Leistungsbereich mit mehreren hundert Kilowatt installierter elektrischer Leistung ausgelegt sind. Da es in Deutschland, im Vergleich zu anderen Ländern, bisher gute Rahmenbedingungen für die Biogasbranche gab, konnte diese sich hier stärker entwickeln als in anderen Ländern.

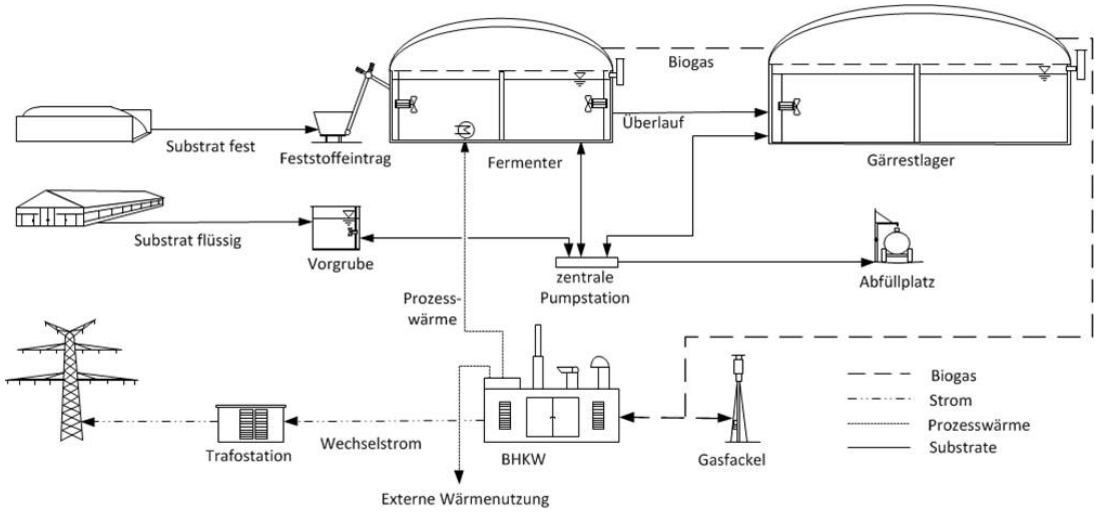

Abbildung 1: Beispielhafter Aufbau einer Biogasanlage mit stehendem Rührkesselfermenter und vor Ort Verstromung in einem BHKW [KTBL 2013]

In einem landwirtschaftlichen Tierhaltungsbetrieb fallen kostengünstig Gülle, Futterreste und Reststoffe an. Wirtschaftsdünger, vor allem Gülle, besitzen wegen des hohen Wassergehaltes sowie der eher geringen spezifischen Gasausbeute jedoch nur eine geringe Energiedichte. Dies macht sie wenig transportwürdig und für weit entfernte Biogasanlagen wirtschaftlich unattraktiv. Um das Potential dennoch zu nutzen, werden kostengünstige und einfach zu betreibende Anlagen im kleinen Leistungsbereich angeboten.

Gülle ist verfahrenstechnisch einfach zu beherrschen. Bei hohem Gülleanteil können auch hydraulisch herausfordernde Substrate wie Grassilage oder Festmist relativ problemlos in einer Klein-Biogasanlage eingesetzt werden [FNR 2013]. Die Abstimmung von Technik, eingesetzten Substraten und die Betriebsführung der Anlage entscheiden dabei über die Qualität des Anlagenbetriebs und somit über die Biogaserträge. Die verwendeten Substrate bestimmen letztendlich den Einsatz der entsprechenden Technik sowie deren Auslegung, wie z. B. Zerkleinerungstechnik, Dimensionierung von Leitungen, Pumpen, Gasaufbereitung, Gaslagerung und BHKW [LFU 2007].

Neben den technischen Anforderungen kann bei einer reinen Güllevergärung auch die Wärmebilanz der Anlage im Winter ein kritischer Punkt sein. Insbesondere bei längeren Kälteperioden kann die Wärmeversorgung der Anlage sowie möglicher externer Wärmeabnehmer wie z. B. Stall und Wohnhaus gefährdet sein.

Der Markt zeigt eine erhebliche Breite an unterschiedlichen technischen Lösungen für Klein-Biogasanlagen - sowohl Nass- als auch Feststoffvergärungsanlagen. In Letzteren werden stapelbare Feststoffe zur Fermentation eingesetzt. Die angebotenen Anlagenkonzepte reichen von für den Standort maßgeschneiderten Konzepten unter weitest gehender Nutzung vorhandener Einrichtungen (z. B. Güllelager und -pumpen, Gebäude zum Einbau von BHKW oder Einbindung des Anlagebaus in ein Stallneubaukonzept) bis hin zu verschiedenen Spezialkonzepten, deren wesentliche Teile komplett im Werk vorgefertigt werden. Teilweise wurden vorhandene Konzepte speziell für diese Anlagenklasse optimiert und vor allem unter Kostengesichtspunkten vereinfacht [FNR 2013].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass je nach Substratart (z. B. Futterreste, Einstreu oder Gras als Co-Substrat) und örtlichen Gegebenheiten (z. B. notwendiger Neubau zur Güllelagerung) die technische Eignung sowie die Vorteile der jeweiligen Technologie, möglichst unter Hinzuziehung eines neutralen Beraters und mehrerer Referenzen, gründlich geprüft werden müssen [FNR 2013].

Die aus dem BioEnergy Farm-Projekt resultierende „Marktübersicht von Biogas-Kleinanlagen in Europa" liefert einen Überblick über die Konzepte zu Gülle-Kleinanlagen und den verwendeten Techniken. Die Publikation kann unter www.bioenergyfarm.eu/de kostenlos heruntergeladen werden.

2.3 Biogasnutzung

Das produzierte Biogas ist vielseitig nutzbar. Meistens wird es in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) verbrannt und der erzeugte Strom ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Der Eigenstrombedarf der Biogasanlage kann dabei entweder aus dem Stromnetz oder direkt vom BHKW gedeckt werden. Neben Strom wird beim BHKW-Betrieb auch Wärme produziert. Ein Teil der erzeugten BHKW-Abwärme wird zur Beheizung der Fermenter verwendet. Der überwiegende Teil der erzeugten Wärme steht jedoch für eine anderweitige Nutzung zur Verfügung [LFU 2007].

Biogas kann auch in Heizkesseln zur Niedertemperaturerzeugung für Heizungs- und Trocknungsanlagen oder für die Dampferzeugung genutzt werden. Voraussetzung ist, dass die Biogasqualität den Anforderungen des Heizkessels genügt.

2.3.1 Kraft-Wärme-Kopplung

Bei Blockheizkraftwerken werden Gas-Otto- oder Zündstrahlmotoren eingesetzt. Gas-Otto-Motoren (Gasmotor) sind speziell für den Gasbetrieb entwickelt und können bei Methangehalten im Biogas ab etwa 45 % betrieben werden. Sie verfügen über einen Gasmischer und eine Fremdzündung, die das Gasgemisch zündet.

Zündstrahlmotoren arbeiten nach dem Dieselprinzip. Sie werden aus Seriendieselmotoren für den Biogasbetrieb entsprechend modifiziert und kommen oft bei Biogasanlagen mit einer geringeren Leistung zum Einsatz. Dem verdichteten Gasgemisch wird über Einspritzdüsen geringe Mengen an Zündöl (Biodiesel, Pflanzenöl) zugemischt. Die Zündung des Gasgemisches erfolgt durch Verdichtung. Bei niedrigem Methangehalt im Biogas oder Ausfall der Biogasversorgung können Zündstrahlmotoren auch mit reinem Zündöl betrieben werden [LFU 2007].

Die Betriebskosten sind bei Gasmotoren im Vergleich zu Zündstrahlern geringer, zudem besitzen sie einen höheren Gesamtwirkungsgrad. Zündstrahlmotoren hingegen haben einen höheren elektrischen Wirkungsgrad [LFU 2007]. Welcher BHKW-Typ für welche Anlage die richtige Wahl ist, hängt von den gegebenen Faktoren vor Ort ab und muss im Einzelfall entschieden werden.

2.3.2 Biogasaufbereitung (Biomethan)

Alternativ zur direkt am Standort der Biogasanlage stattfindenden Verstromung in einem BHKW, kann Biogas auch zu Biomethan aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist werden. Physikalisch entspricht Biomethan dem Erdgas und kann problemlos wie Erdgas dezentral z. B. zur Strom- und / oder Wärmeerzeugung in BHKW und Heizkesseln oder als Kraftstoff genutzt werden.

Mit der Aufbereitung von (Roh-)Biogas zu Biomethan und der Einspeisung in das Erdgasnetz kann eine räumliche und zeitliche Entkopplung zwischen Biogaserzeugung und Nutzung realisiert werden. Dies ermöglicht eine effiziente und bedarfsgesteuerte Verwendung von Biogas. Allerdings ist die Aufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz technisch nicht immer möglich oder wirtschaftlich sinnvoll [KTBL 2012]. Die am häufigsten verwendeten Verfahren zur Aufbereitung von Biogas sind Druckwasserwäsche (DWW), Druckwechseladsorption (PSA), Aminwäsche und die Aufbereitung durch Membrantechnologie [KTBL 2012].

Für die Aufbereitung von Rohbiogas sind im Wesentlichen drei Arbeitsschritte erforderlich: die Biogasentschwefelung, die Gastrocknung und die CO_2-Abtrennung (Methananreicherung). Die Verfahren müssen abhängig von technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen miteinander verknüpft und an die konkrete Biogaszusammensetzung bzw. die örtlichen Gegebenheiten angepasst und optimiert werden [KTBL 2012].

Eine dezentrale Verstromung von Biogas in Anlagen mit Kraft-Wärme-Einheiten ist attraktiver, wenn ein großer Teil der erzeugten Wärme in der Nähe der Produktion verwendet wird. In die Vorplanung einer Biogasanlage sollten daher alle Möglichkeiten der Biogasnutzung einbezogen werden.

2.4 Gärproduktaufbereitung

Die (Kosten-) effizienteste Variante zur Nutzung der Gärprodukte ist es, sie auf dem Ackerland in der unmittelbaren Umgebung der Biogasanlage als Düngemittel einzusetzen. Während der Projektentwicklung sollte die Frage geklärt werden, ob genügend Ackerland für die Ausbringung zur Verfügung steht oder garantierte Abnehmer für den Gärrest existieren. Erst wenn diese Möglichkeiten nicht gegeben sind, ist es sinnvoll sich mit der Aufbereitung der Gärreste aus der Biogasanlage zu beschäftigen [FUCHS & DROSG 2010].

Mit der Behandlung und Aufbereitung von Gärresten kann die Transportfähigkeit der Nährstoffe aus dem Gärrest verbessert und je nach Aufbereitungsverfahren Lagerungs- und Ausbringungskosten eingespart werden. Zudem wird die Vermarktungsfähigkeit von flüssigen und streufähigen Düngern gesteigert und nicht zuletzt die Umweltbelastung durch die Vermeidung flüchtiger Luft- und Atmosphärenschadstoffe gemindert.

Die Gärrestaufbereitungsverfahren werden grundlegend unterschieden in [KTBL 2013]:

- Teilaufbereitung: Abtrennung von Feststoffen und Erzeugung einer nährstoffreduzierten Flüssigphase bzw. Brauchwasser.
- Vollaufbereitung: Abtrennung von Feststoffen und Erzeugung eines nährstoffreichen Konzentrats; Aufreinigung der Flüssigphase bis zu einer Qualität, die eine Direkteinleitung in den Vorfluter erlaubt.

Das Konzept und die Bemessung einer Gärproduktaufbereitungsanlage sind in erster Linie von folgenden Punkten abhängig [FUCHS & DROSG 2010]:

- Welche Gärproduktmenge fällt beim Betrieb der Biogasanlage an und welche Nährstoffmengen sind darin enthalten?
- Welcher Anteil der Gärprodukte kann auf Eigen-oder Fremdflächen ausgebracht werden?
- Gibt es in der Region potenzielle Interessenten für die Gärprodukte?
- Welche Möglichkeiten gibt es, die Endprodukte der Gärrestaufbereitung zu vermarkten, z. B. als Kompost-Zuschlag oder Flüssig-Nährstoff?
- Ist ungenutzte Wärme der KWK-Anlage verfügbar, um es für die Gärproduktaufbereitung wie z. B. zur Trocknung oder Verdampfung zu nutzen?

2.4.1 Separation

Die Aufbereitung der Gärprodukte beginnt mit der Trennung von flüssiger und fester Fraktion (Separation) zur Vorbereitung des Gärproduktes für die nachfolgenden, meist mechanischen oder thermischen Verfahren.

Die Separation erfolgt mechanisch in der Regel über Zentrifugen oder Schneckenpressen. Für einfache Anwendungen wie Separation zur Erzeugung von dünnflüssigem Rezirkulat und zur Reduzierung der für feste Gärreste erforderlichen Lagerkapazität sind keine weiteren Aufbereitungsschritte des Gärprodukts erforderlich.

2.4.2 Behandlung der festen Phase

Eine Aufbereitung der Festphase ist vor allen zur Herstellung qualitativ hochwertiger Dünger erforderlich. Durch den Wasserentzug kann das Produkt in eine Form gebracht werden, die sich kostengünstig über weitere Strecken transportieren lässt.

Bei allen Trocknungsverfahren (Bandtrockner, Schubwendetrockner, Wirbelschichttrockner) wird dem Gärprodukt Wasser entzogen, indem es direkt von Warmluft umströmt wird. Als Wärmequelle kann hierbei die BHKW-Wärme genutzt werden. Die BHKW-Wärme kann zudem zur Hygenisierung der Gärprodukte verwendet werden [KTBL 2013].

2.4.3 Behandlung der flüssigen Phase

Neben der direkten Verwendung der Flüssigphase als Flüssigdünger besteht die Möglichkeit, die Flüssigphase aufzubereiten bis im Idealfall die Qualität zur Direkteinleitung (in den Vorfluter) erreicht wird. Der Aufwand und die Anforderungen für Letzteres sind in der Regel hoch. Zwei Verfahren um dieses Behandlungsniveau zu erreichen sind Membrantechnologie und Vakuumverdampfung.

Beim Membranverfahren überströmt die Flüssigphase aus der Separation eine Membran, die feste Partikel, Bakterien und, im Falle der Umkehrosmose, auch in Wasser gelöste Salze, zurückhält. Die Flüssigphase teilt sich auf in die Fraktionen Permeat (gereinigter Strom) und Retentat (aufkonzentrierter Strom). Die Umkehrosmose stellt aufgrund der großen Empfindlichkeit der Membranen hohe Anforderungen an das Inputmaterial: Dieses muss in der Regel zunächst separiert und grob filtriert sowie anschließend mittels Ultrafiltration vorgereinigt werden. Um Direkteinleiterqualität zu erreichen, ist meist eine 3-stufige Umkehrosmose oder eine 2-stufig betriebene Anlage mit nachgeschaltetem Ionentauscher erforderlich [KTBL 2013].

Bei der Vakuumverdampfung ist zunächst eine Ansäuerung notwendig, um das CO_2 auszutreiben und das NH_4^+ im Konzentrat zu binden. Anschließend wird der Flüssigkeitsstrom einer Verdampfungseinheit zugeführt. Der bei der Verdampfung anfallende Brüdenstrom kann (abhängig von der Ammoniakbelastung) zur Beregnung verwendet werden. Das anfallende Konzentrat ist mit Nährstoffen (Phosphat, Kalium) angereichert [KTBL 2013].

3. Allgemeine Informationen zur Realisierung eines Biogasprojekts

Bioenergie-Projekte erfordern einen nicht unerheblichen Investitionsaufwand und strukturelle Maßnahmen auf dem landwirtschaftlichen Betrieb. Aus diesem Grund ist es wichtig, ein Projekt dieser Art sehr gut zu planen und frühzeitig, noch vor der Prüfung der technischen Machbarkeit, die ökonomische Machbarkeit zu prüfen. Bei der Realisierung eines Biogasprojekts hat der Projektinitiator (z. B. der Landwirt) die Möglichkeit, die Durchführung bestimmter Projektphasen, je nach gewünschtem persönlichen Einsatz und Verfügbarkeit finanzieller und /oder personeller Mittel, in Eigenregie zu übernehmen.

Besonders in der Anfangsphase eines Projekts spielt der Landwirt eine wichtige Rolle. In die Ausarbeitung der Projektskizze und für die folgende Machbarkeitsbewertung müssen die Informationen, Ideen, Wünsche und Erwartungen des zukünftigen Anlagenbetreibers einfließen. Dadurch wird sichergestellt, dass das Biogasprojekt an die Rahmenbedingungen vor Ort angepasst ist. Nur so ist ein solides und nachhaltiges Projekt realisierbar.

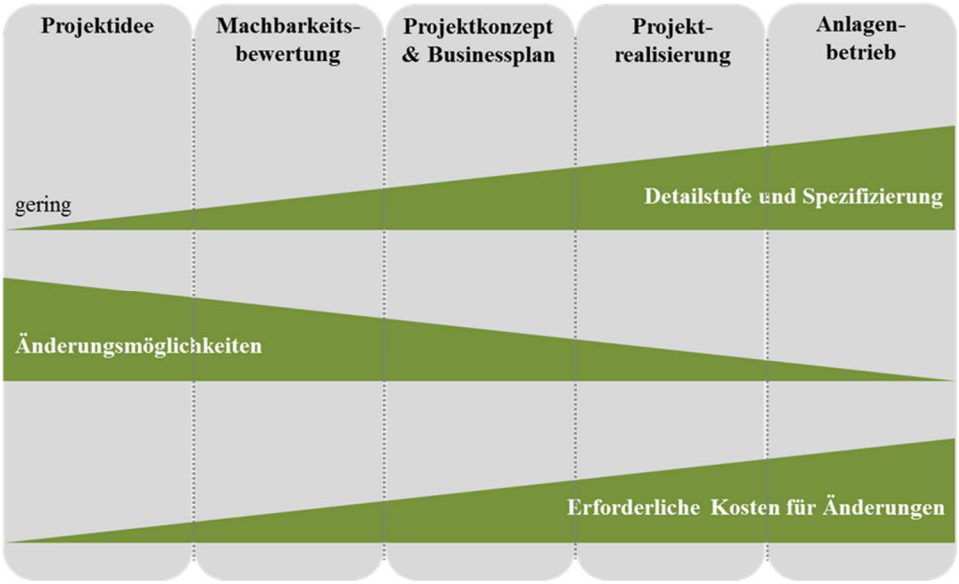

Abbildung 2: Schema zu Detailstufe, Änderungsmöglichkeiten und erforderliche Kosten für Änderungen während des Prozesses der Projektrealisierung

Notwendige Projektänderungen sollten so früh wie möglich vorgenommen werden, damit sie einen höheren positiven Einfluss auf das Projekt haben. Änderungen im fortgeschrittenen Stadium des Projektes führen zwangsläufig zu einem höherem Aufwand und höheren Kosten, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Für einen erfolgreichen und erwartungsgemäßen Projektkurs bedeutet dies: Je früher man im Projekt gegen falsche Entscheidungen vorgeht, desto weniger Kosten entstehen und desto einfacher lässt sich das Projekts beeinflussen. Aus diesem Grund ist die Durchführung einer Konzepterstellung noch vor der Erstellung einer Machbarkeitsstudie extrem wichtig.

Die Erarbeitung der Projektidee und der Machbarkeitsbewertung stellen zwar eigenständige Projektstadien dar, für die Projektentwicklung und -realisierung sind sie jedoch essenziell und aufeinander aufbauend. Aus diesem Grund muss bereits zu Projektbeginn die gesamte Kette des Projekts - von der Biomasseversorgung, über die Energieerzeugung und mögliche Energieverluste, über das Gärprodukt-Management bis hin zur Akzeptanz der Anlage in der Nachbarschaft betrachtet und Fragen, die entlang dieser Kette entstehen, beantwortet werden [ELTROP ET AL 2014].

Die einzelnen Schritte zu Konzepterstellung, Machbarkeitsbewertung, Investitionsplanung, Genehmigungsverfahren, Anlagenbau und Inbetriebnahme u.v.m. sind in diesem Handbuch in Kürze vorgestellt. Die Abbildung 3 zeigt die verschiedenen Schritte der Projektrealisierung und einige Aspekte, die bei der Umsetzung berücksichtigt werden sollten.

Abbildung 3: Schritte und zentrale Fragen zur Realisierung eines Biogas-Kleinanlagenprojektes [CASTILLO ET AL. 2012, verändert, KTBL 2009]

4. Projektidee

Die Projektentwicklung beginnt immer mit der Idee, bereits Bestehendes zu verbessern oder von Grund auf neu einzuführen (wie z. B. den Bau einer Biogasanlage am viehhaltenden Betrieb). Bei den ersten Überlegungen zu einem Biogasprojekt sollte der Landwirt sich z. B. die Fragen stellen, ob eine Klein-Biogasanlage zum landwirtschaftlichen Betrieb passt, ob das Projekt zur Weiterentwicklung und Zukunftsträchtigkeit des Hofes beitragen wird und welche Informationen zum einen notwendig sind, um diese Fragen zu beantworten und zum anderen um eine solide Projektidee zu entwickeln.

Der erste Schritt der Projektrealisierung soll nicht nur die Grundlage für die weitere Planung legen, sondern auch dem Landwirt die Möglichkeit eröffnen zu erkennen, ob ein solches Projekt für ihn bzw. für den landwirtschaftlichen Betrieb überhaupt in Frage kommt.

Dafür sind vor allem Informationen zum Betrieb und dessen Umfeld sowie qualitative und quantitative Bewertungen vom Landwirt nötig. Bei der Prüfung eines Biogas-Projektes ist es wichtig das ganze Bild zu sehen, einschließlich der Verfügbarkeit von Biomassen, der eigentlichen Anlagentechnik, der Energiegewinnung und -nutzung sowie der Verwertung der Gärprodukte. Im Laufe der gesamten Projektierung sollte das Schema zu Änderungsmöglichkeiten während des Prozesses sowie die daraus resultierenden Kosten (Abbildung 2) nicht außer Acht gelassen werden um etwaige Mehraufwände (finanziell wie personell) weitestgehend zu reduzieren.

Die Abbildung 4 zeigt in der Übersicht mit welchen Themen sich der Landwirt beim ersten Schritt der Projektrealisierung beschäftigen muss.

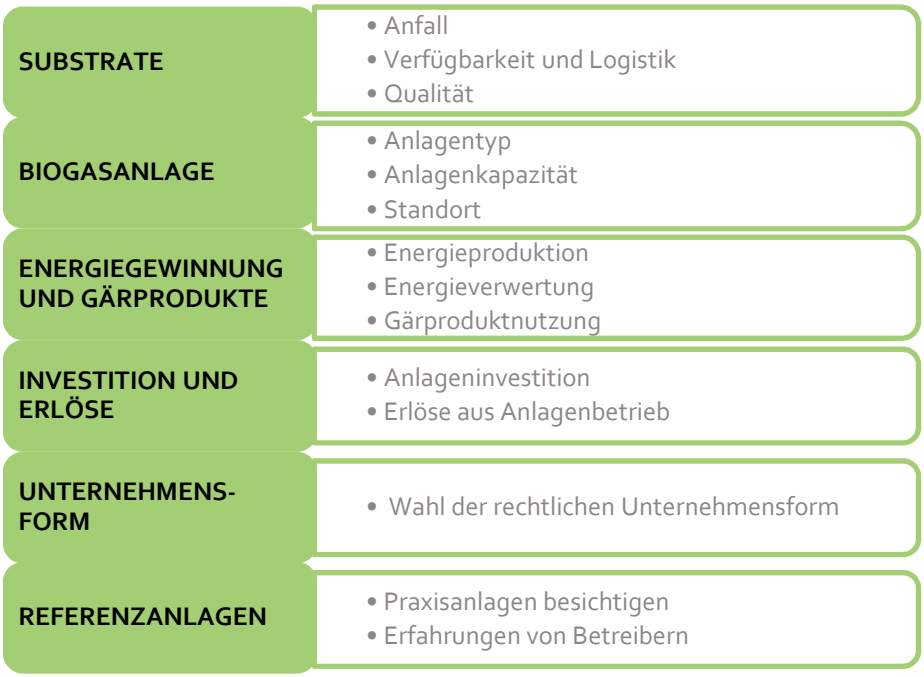

Abbildung 4: Aspekte, die bei der Entwicklung der Projektidee in Betracht gezogen werden sollten [CASTILLO ET AL. 2012, verändert]

Für die erste Beurteilung des Projekts müssen die Aspekte für die Entwicklung der Projektidee nicht umfassend bzw. in voller Tiefe behandelt sein (der Grad der Detailtiefe für die genannten Aspekte nimmt in den folgenden Planungsphasen zu). Vielmehr ist es im ersten Schritt das Ziel sicherzustellen, dass es mindestens eine oder, sofern möglich, mehrere Optionen für die erfolgreiche Durchführung des Projektes gibt [FNR 2013]. Am Ende des ersten Schrittes "Projektidee"

sollte der Landwirt durch erste Einschätzungen der Substratbereitstellung, der möglichen Anlagengröße und der daraus produzierbaren Energie sowie deren Nutzung eine Vorstellung des Projekts haben.

Die Aspekte für die Projektidee werden im Folgenden detaillierter beschrieben. Zudem enthält der Anhang 2 eine Checkliste mit den wichtigsten Teilschritten zur Erstellung einer Projektidee. Auch der Biogas-Rechner (erhältlich unter www.bioenergyfarm.eu) kann bei den ersten Schritten der Projektentwicklung hilfreich sein.

4.1 Substratverfügbarkeit

Die Grundlage für die Beurteilung bzw. Planung des Projekts ist die Potenzialanalyse der in der Biogasanlage nutzbaren hofeigenen Biomasse durch den Landwirt. Die Bestandsaufnahme beginnt damit, welche verschiedenen Arten von hofeigenen Substrate verfügbar sind, wann sie anfallen (kontinuierlich, saisonal, x Mal pro Jahr), welche Mengen jährlich zur Verfügung stehen und ob sie langfristig verfügbar sind.

Dies gilt nur für vergärbare Substrate – holzige Biomasse ist nicht geeignet für die anaerobe Vergärung. Für Biomassen mit einem hohen Zellulosegehalt oder "sperrige" Substrate wie Pferdemist mit Stroh muss ggf. eine Vorbehandlung in Betracht gezogen werden.

Folgende Punkte sind für die Substratverfügbarkeit relevant:

- welche Art von Substraten (z. B. Gülle, Festmist, Kleegras, Energiepflanzen, Rückstände aus der landwirtschaftlichen Produktion (z. B. Kartoffelschalen)) sind langfristig am Hof verfügbar?
- gibt es mittelfristige/langfristige Pläne für den Hof, die den Substratanfall betreffen?
- ist das betriebseigene Substrataufkommen auch langfristig ausreichend für den Betrieb einer Biogasanlage?
- gibt es Substratquellen in der Nähe (z. B. Gülle vom Nachbarbetrieb), die regelmäßig Biomasse für die Biogasanlage bereitstellen könnten?
- mit welcher Perspektive und zu welchen Kosten?
- ist eine Vorbehandlung für einige Biomassen nötig?
- ist die Nutzung dieser Substrate angesichts der Kosten für Transport oder Vorbehandlungen (z. B. eine vorgeschriebene Hygenisierung) lohnend?
- sind die Substrate für die anaerobe Vergärung geeignet?
- wie viele Tonnen stehen jährlich zur Verfügung und wann?
- welcher Biogasertrag lässt sich aus dem ermittelten Substratmix abschätzen?
- etc.

4.2 Anlagengröße und -kapazität

Das Substratpotential des landwirtschaftlichen Betriebs und dass daraus resultierende Biogaspotenzial sind für die Dimensionierung und Auslegung der Biogasanlage und der Abschätzung der produzierbaren Energiemenge entscheidend. Auf Grundlage der vorherigen Analyse der Substratverfügbarkeit, können die Anlagengröße und die Anlagenkapazität allgemein bestimmt werden.

Die verfügbare Anlagentechnik zur Biogasgewinnung ist sehr vielfältig und deckt ein sehr breites Spektrum ab. Es gibt zahlreiche Verfahren zur Erzeugung von Biogas, viele verschiedene Konzepte für Klein-Biogasanlagen auf dem Markt [KTBL 2013] und zudem eine sehr große Auswahl an Komponenten und Ausstattungen. Es ist daher zu beachten, dass die professionelle Eignungsprüfung des Verfahrens und der Kapazität der Anlage immer auf einer Fall-zu-Fall-Basis erfolgen muss.

Die entscheidende Frage ist, welches Verfahrenskonzept für den einzusetzenden Substrat-Mix das richtige ist bzw. zu den Gegebenheiten vor Ort passt. Die Klassifizierung der Verfahren zur Erzeugung von Biogas erfolgt grundlegend anhand von Kriterien [EDER ET AL. 2012, KTBL 2013] wie

- dem Trockensubstanzgehalt des Substrats (Nassvergärung oder Feststoff-Fermentation)
- der Art der Fütterung (Anlage läuft kontinuierlich, quasi-kontinuierlich oder diskontinuierlich (Batch))
- dem Fermenterkonzept (Anlage mit Rührkessel, Kompaktanlage, Turmsystem/Hochfermenter)
- der Prozesstemperatur (mesophiler oder thermophiler Betrieb).

Die Anlagenkapazität resultiert wesentlich aus der verwendeten Substratmischung und den spezifischen Gas- und Methanerträgen der eingesetzten Substrate. Die jährliche Biogas-und Methanausbeute wird in der Vorplanung anhand von Richtwerten für die Biogasausbeute für jede eingesetzte Biomasseart ermittelt (siehe Tabelle 2), die in Summe den Gasertrag für den Substratmix ergibt. Anhand der Gasproduktionsrate und der zu erwartenden Qualität des Gases können die erzeugbare Energiemenge und die grundlegende Dimensionierung der Biogasanlage bestimmt werden. Die Anlagenkapazität wird in erzeugtem Strom (kWh_{el}) und erzeugter Wärme (kWh_{th}) oder produziertem (Roh-)Biogas oder Biomethan (m^3/h) angegeben.

Mit dem Biogas-Rechner auf www.bioenergyfarm.eu kann die grundlegende Ermittlung der Biogasproduktion und Größe der Biogasanlage anhand des Substratpotenzials ermittelt werden. Die Informationen über die mögliche Anlagengröße helfen auch bei der Suche nach einem geeigneten Standort für die Biogasanlage und bei der Entscheidung, wie diese in den landwirtschaftlichen Betrieb integriert werden kann.

4.3 Energieproduktion und Gärprodukt

Anhand des Gasbildungspotentials der in der Biogasanlage verwendeten Substratmischung und der entsprechenden Gasqualität kann die Energiemenge des Biogases ermittelt werden. Der Landwirt sollte sich entscheiden, wie das Biogas für sein Projekt energetisch optimal zu verwerten ist. Abhängig vom Konversionsprozess (Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (z. B. Blockheizkraftwerk), Biogas-Heizkessel oder Biomethanproduktion) werden mit unterschiedlichen Wirkungsgraden unterschiedliche Arten von Energie gewonnen.

Bei der Vergärung von Biomasse entsteht neben dem Biogas noch ein weiteres wertvolles Produkt: der Gärrest. Dieses wird nach der Vergärung im Gärrestlager gesammelt und kann als organischer Dünger auf landwirtschaftlichen Flächen verwendet werden und dadurch den Einsatz von Mineraldünger reduzieren.

Die Eigenschaften von Gärprodukten bzw. deren Inhaltsstoffe werden wesentlich durch die zur anaeroben Vergärung eingesetzten Stoffe und den Gärprozess selbst bestimmt. Wirtschaftsdünger sind ein wertvolles Düngemittel mit wesentlichen Gehalten an Stickstoff, Phosphor und Kalium. Die Vergärung von Wirtschaftsdüngern hat bekannte und geschätzte Effekte auf deren Eigenschaften, wie:

- Minderung von Geruchsemissionen durch Abbau flüchtiger organischer Verbindungen
- weitgehender Abbau kurzkettiger organischer Säuren und demzufolge Minimierung des Risikos für Blattverätzungen
- Verbesserung der (Fließ-)Eigenschaften und demzufolge Verminderung von Blattverschmutzungen an Futterpflanzen und geringerer Aufwand bei der Homogenisierung
- Verbesserung der kurzfristigen Stickstoffwirkung durch die Erhöhung des Gehaltes an schnellwirksamem Stickstoff
- Abtötung oder Inaktivierung von Unkrautsamen und Krankheitskeimen (human-, zoo- und phytopathogene).

Da durch die Vergärung im Wesentlichen die Kohlenstofffraktion der Substrate verändert wird, bleiben die darin enthaltenen Nährstoffe vollständig erhalten. Sie sind allenfalls durch den anaeroben Abbauprozess besser löslich und daher besser pflanzenverfügbar [KTBL 1999].

Darüber hinaus besitzt das Gärprodukt auch einen bestimmten monetären Wert, der sich aus den aktuellen Düngemittelpreisen ergibt – der Nährstoffwert von 1 m³ Gärrest entspricht gegenwärtig ca. 10 €. Im Zusammenhang mit dem Wert ist auch die Transportfähigkeit zu sehen. Aufgrund der hohen Wassergehalte von flüssigen Wirtschaftsdüngern sind die Nährstoffkonzentrationen in der Frischmasse gering, sodass die Transportkosten einen wesentlichen Kostenfaktor darstellen. Ab einer Entfernung von mehr als ca. 18 km übersteigen die Transportkosten des Gärprodukts dessen Nährstoffwert [EDER ET AL. 2012], sodass die Logistik dann nur noch unter ganz bestimmten Bedingungen eine wirtschaftliche Option sein kann.

Folgende Punkte sind von Bedeutung:

- welche Energieart(en) (Strom und Wärme, Wärme oder Biomethan) sollen produziert werden?
- ist die Energieproduktion nur zu Deckung des Energieeigenverbrauchs des Betriebs gedacht?
- wie soll die Energie verkauft werden?
- wird es genug überschüssige Wärme aus der Kleinbiogasanlage geben, um eine Lieferung an externe Wärme-Kunden zu gewährleisten?
- gibt es nah beim Hof potenzielle Abnehmer für die Wärme?
- muss ich in ein lokales Verteilungsnetz (Nahwärme, Gas) investieren?
- wie viel Wärme muss pro Monat geliefert werden und kann die Anlage das über den kompletten Jahresverlauf leisten?
- wie viel Gärprodukt wird anfallen?
- welche Möglichkeiten der Gärproduktnutzung /-vermarkung sind für mich sinnvoll?
- wird die Gärproduktvermarktung eine zusätzliche Einnahme- oder Kostenposition sein?

4.4 Erwartete Investition und Erlöse

Auf Grundlage der ersten Abschätzung der jährlichen Methanausbeute aus der verfügbaren Biomasse und der daraus resultierenden Anlagengröße kann eine erste Einschätzung der notwendigen Investition für die Biogasanlage erfolgen. Für die Anlagenrealisierung sind auch die technischen und arbeitswirtschaftlichen Einbindungen in den Betriebsablauf zu bedenken und auch unter wirtschaftlichen Aspekten zu prüfen.

Die Investition in eine Biogasanlage ist, je nach Bedingungen vor Ort, von einer Vielzahl von Faktoren abhängig (die hier nicht in voller Gänze erläutert werden können) und verändern sich laufend. Im Wesentlichen setzen sie sich aus folgenden Kostenpositionen zusammen:

- Substratlagerung und Anlageneinbindung
- Einbringtechnik
- Fermenter und Lagerung
- Gasspeicherung und -verwertung (inkl. Anbindung)
- Gärproduktausbringung
- Planung und Genehmigung.

Anhand u.a. der zu nutzenden Substrate und deren Bereitstellungskosten, den zu erwartenden Kosten für Abschreibung und Betrieb der Anlage sowie der zu erwartenden Erlöse kann eine erste ökonomische Bewertung des Projekts erfolgen.

Der BioEnergy Farm 2 Biogas-Rechner (erhältlich unter www.bioenergyfarm.eu) gibt dem Landwirt die Möglichkeit, diese erste ökonomische Bewertung konkret für seine Projektidee zu erstellen und eine erste Vorstellung vom finanziellen Umfang des Vorhabens inkl. der zu erwirtschaftenden Erträge zu bekommen.

4.5 Rechtliche Unternehmensform

Die Frage nach der rechtlichen Unternehmensform für den Betrieb einer Biogasanlage ist frühzeitig zu Projektbeginn zu klären. Die Wahl der Rechtsform ist nicht nur eine Frage der entsprechenden Steuerlast, vielmehr gibt es eine signifikante Wechselwirkung zwischen dem Gesellschafts- und dem Steuerrecht.

In der Landwirtschaft ist die rechtliche Unternehmensform des klassischen Einzelunternehmens verbreitet. Mit der Aufnahme einer landwirtschaftlichen Tätigkeit, entweder durch die Gründung eines Betriebs oder durch die Übertragung eines Unternehmens, wird der Besitzer zu einem Einzelunternehmen, welches steuerliche Erträge erwirtschaftet.

Die Vorteile die sich aus der Rechtsform für die Errichtung oder den Erwerb einer Biogasanlage ergeben, hängen oft von der Größe der Biogasanlage und der Art der Kapitalbeschaffung ab. Bei kleineren Biogasanlagen wird es häufig günstiger sein, diese als Nebenbetrieb zum landwirtschaftlichen Betrieb zu führen. Damit ist die Rechtsform des landwirtschaftlichen Betriebes auch für den Nebenbetrieb ausschlaggebend. Dabei kann es sich um ein Einzelunternehmen oder auch um eine Personengesellschaft wie z. B. eine Gesellschaft bürgerlichen Rechts handeln [FNR 2013, FNR 2013 B].

Biogasanlagen, die als Nebenbetrieb zum eigentlichen landwirtschaftlichen Betrieb geführt werden, können als Kommanditgesellschaft (KG) oder möglicherweise als Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) organisiert sein. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Rechtsformen liegen beispielsweise in der Haftung, Zuweisung von Gewinnen, Veröffentlichungspflichten, Kapitalbeschaffung und Verwaltung des Unternehmens [FNR 2013 FNR 2013 B].

Eine Übersicht über die wichtigsten Rechtsformen von Unternehmen für Biogasprojekte inkl. einer kurzen Charakterisierung und Beschreibung findet sich im Anhang 4 unter Punkt1.1 des Handbuchs.

Zusätzlich zu den technischen/organisatorischen Ausführungen des Biogas-Projekts, sind auch die steuerlichen Aspekte zu berücksichtigen. Dies gilt beispielsweise für Auswirkungen auf die Einkommensteuer, Gewerbesteuer und Umsatzsteuer. Steuerrechtliche Fragen werden in diesem Handbuch nicht weiter behandelt, aber sie sollten in jedem Fall im Rahmen der Projektrealisierung mit einem Steuerberater oder der zuständigen Steuerbehörde besprochen werden.

4.6 Referenzanlagen

Bei der Realisierung eines eigenen Biogas-Projekts ist es immer von Vorteil bestehende Anlagen in einem vergleichbaren Umfeld zu besichtigen. So kann sich der Landwirt über technische, betriebswirtschaftliche und organisatorische Abläufe bei einer Klein-Biogasanlage informieren, sich mit Details bei der (je nach Anlagenhersteller unterschiedlichen) Realisierung vertraut machen und im Austausch mit den Betreibern von deren Erfahrungen profitieren. Deshalb ist es sehr hilfreich, bereits zu Beginn des Projektes mit anderen Biogas-Landwirten, Biogasberatern oder Anlagenbauern in Kontakt zu treten. Von Interesse könnte sein:

- welche Erfahrungen Anlagenbetreiber mit verschiedenen Anlagendetails, Komponenten oder sogar Substratkombinationen gemacht haben
- welche baulichen Ausführungen geläufig sind
- welche praktischen Erfahrungen bei der Realisierung eines Biogasprojekts gemacht wurden
- welche Projekt-Engpässe zu lösen sind
- welche baulichen / prozessbedingten Probleme auftreten können
- welche technischen Ansätze für die eigene Anlage geeignet wären
- welche Erfahrungen in der Planung und mit der Genehmigung der Anlage gemacht wurden
- wie die Nachbarschaft in das Projekt involviert wurde
- wie lange die benötigte Projektlaufzeit von der Planung bis zur Energiegewinnung war etc.

5.Machbarkeitsbewertung

Im Rahmen der Machbarkeitsbewertung werden unter anderem die technischen Lösungen und alternative Konzepte für das Projekt geprüft und die (betriebswirtschaftliche, organisatorische und ökonomische) Machbarkeit bzw. das Projektrisiko bewertet. Zu diesem Zweck empfiehlt es sich einen Biogas-Berater zu konsultieren. Dieser Schritt soll zu einem soliden Gesamteindruck mit möglichen Varianten des Projekts führen, der in den weiteren Schritten weiter ausgebaut wird.

Die Einrichtung einer Biogasanlage als neuer Betriebszweig eines bestehenden landwirtschaftlichen Betriebs hat im Wesentlichen Auswirkung auf folgende Aspekte:

- Erweiterung der Produktionsbasis
- wirtschaftliche Risikoreduzierung durch das zusätzliche Einkommen aus der Biogas-Nutzung
- energetische Verwertung von bisher ungenutzten Reststoffen und Nebenprodukten
- Reduzierung von Emissionen und Gerüchen aus der Lagerung und Ausbringung von Gülle
- Verbesserung der Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe und verbesserte Ausbringbarkeit der Gülle
- eigene Energieversorgung und
- Image-Verbesserung für die Tierhaltung durch eine Verminderung klimarelevanter Emissionen.

Bevor jedoch die Entscheidung für das Biogasprojekt getroffen werden kann, sollten die verschiedenen Möglichkeiten der Biogaserzeugung und -nutzung für den Betrieb genauer betrachtet und mögliche Risiken bewertet werden.

Abbildung 5: Aspekte, die bei der Machbarkeitsbewertung ausgearbeitet werden sollten [CASTILLO ET AL. 2012, verändert]

Um einschätzen zu können ob sich die Biogasanlage gut an die Bedingung des landwirtschaftlichen Betreibers anpassen und profitabel betreiben lässt, muss der Landwirt sein Biogasprojekt detaillierter ausarbeiten.

In Kapitel 3 wird deutlich, dass sich mit zunehmendem Stand der Projektenwicklung die Möglichkeit einfache technische wie strukturelle Änderungen vorzunehmen, verringert. Im gleichen Maße erhöhen sich die Kosten für notwendige Projektänderungen, je weiter fortgeschritten der Projektstand ist. Aus diesem Grund ist eine gut strukturierte und sorgfältige Planung für ein (wirtschaftlich) erfolgreiches Biogasanlagenprojekt wesentlich.

Hierfür ist es ratsam, die fachliche Expertise von neutralen, professionellen Biogasberatern einzuholen, die, z. B. auch im Rahmen des BioEnergy Farm 2-Projekts, dem Landwirt bei der Projektrealisierung zur Seite stehen können. Die Biogasberater können z. B. detaillierte Informationen zu rechtlichen und (sicherheits-)technischen Anforderungen geben und Hilfestellung bei der Ermittlung der Machbarkeit und der Rentabilität sowie bei der Projektgestaltung leisten. Eine Kontaktliste für weiterführende Informationen und Kontakte findet sich in Anhang 5.

Gemeinsam mit einem Berater kann der Landwirt seine Projektidee im BioEnergy Farm 2-Expertenprogramm (für Berater verfügbar unter www.bioenergyfarm.eu) prüfen und dort auch die Machbarkeitsbewertung und ggf. den darauf folgenden Businessplan erstellen lassen.

In diesem Projektschritt müssen die verschiedenen Projektoptionen umfangreich betrachtet werden um bewerten zu können, ob ein profitabler, sicherer und umweltverträglicher Anlagenbetrieb langfristig möglich ist. Dafür muss der Landwirt sich bewusst mit allen relevanten Themen der Realisierung und des Betriebs einer Biogasanlage befassen, die einen entscheidenden Einfluss auf das Projekt haben, wie z. B. die Grundlagen der Fermenterbiologie, die Substrateigenschaften, die verschiedenen Arten von Unternehmensformen, zu erwartende Kosten und Einnahmen, die erforderlichen baulichen Gegebenheiten, Anforderungen an den Betrieb der Anlage usw..

5.1 Substratpotential

Der Ausgangspunkt für die Planung einer Biogasanlage ist immer die vor Ort verfügbare Biomasse und ihre Qualität. Die anfallende Güllemenge und das Gaspotenzial kann mit Hilfe der landwirtschaftlichen Beratung oder Fachliteratur ermittelt werden. Für die genaue Ermittlung des Biogaspotenzials bei Wirtschaftsdüngern ist es insbesondere notwendig, die Eigenschaften der Gülle (wie Trockensubstanz- und organischer Trockensubstanzgehalt sowie Gasertrag), die im Betrieb entsteht genau zu bestimmen, da sich diese je nach Tierart und vor allem Tierhaltungsform sehr stark unterscheiden können – und daher oft betriebsindividuell sind. Hier bietet sich ggf. die Durchführung einer Laboranalyse an. Es ist jedoch zu beachten, dass eine einzige Schlammprobe nur einen unsicheren Wert ergeben kann.

Darüber hinaus ist die Nutzung von landwirtschaftlichen Rückständen wie Futterresten, Silo-Oberflächenschichten etc. und, falls vorhanden, Nebenprodukte in der Biogasanlage in Betracht zu ziehen, um möglichst kostenneutrale Substrate verwenden zu können (hier muss auch der zeitliche Anfall, die Gesamtmenge und ggf. der nötige Transport berücksichtigt werden).

Die Dimension der Biogasanlage wird in erster Linie von der Biogas-Produktionsrate der Substratmischung bestimmt. Die erzielbare Biogasausbeute wird durch die Zusammensetzung und die Lagerung des Substrats sowie von der Prozesstechnologie selbst beeinflusst. So wirkt sich z. B. die Lagerzeit von Gülle vor der Vergärung zum spürbar auf das Biogaspotenzial aus. Die Biogasausbeute kann nach einer Woche Lagerung um bis zu 50 % reduziert sein.

Anhand von Standard-Biogasausbeuten für unterschiedliche Substrate (siehe Tabelle 2) kann die zu erwartende jährliche Biogas-und Methanausbeute und darauf basierend die energetische Kapazität der Anlage (die Grundlage für die wirtschaftliche Machbarkeit des Projekts ist) annähernd abgeschätzt werden. Die Abschätzung der zu erwartenden Gasausbeute kann auch aufgrund von individuellen Erfahrungswerten (der Anlagenbauer) erfolgen. Dies kann zu sehr unterschiedlicher Dimensionierung der Anlagen bei gleichen Ausgangsbedingungen führen.

Da sich Biogasanlagen durch hohen Kapitalbedarf und Langlebigkeit auszeichnen, wirken sich Fehler in der Anlagenauslegung oft gravierend aus. Eine spätere Korrektur der Auslegungsmängel ist meist nicht möglich [KTBL 2015].

Tabelle 2: Richtwerte für Gasausbeuten ausgewählter Biogassubstrate (Angaben zum Biogasertrag in Norm-volumen) – ein Auszug [KTBL 2015]

SUBSTRAT	ANMERKUNG/ EIGENSCHAFTEN	TROCKEN-MASSE (TM)	ORGANISCHE TROCKEN-MASSE (OTM)	BIOGAS-ERTRAG	METHAN-ANTEIL
		% VON FRISCHMASSE	% VON TROCKEN-MASSE	l_N/kg oTM	%
Geflügelmist	abhängig vom Stroh/ Kot-Verhältnis, wenig gelagert	40	75	500	55
Rindermist		25	85	450	55
Rindergülle	mit Futterresten	8,5	80	380	55
Schweinegülle	-	6	80	420	60
Maissilage	-	35	95	650	52
Getreidesilage	Mittlerer Kornanteil	35	95	620	53
Futterrübensilage	oTM säurekorrigiert	16	90	700	52
Kleegrasssilage	-	30	90	580	55
Getreideabfälle	-	88	85	650	56

Es sollte ggf. auch geprüft werden, inwieweit nutzbare Substrate auf benachbarten Höfen zur Verfügung stehen. Für das Substratpotenzial und einen reibungslosen Anlagenbetrieb ist es zudem wichtig zu wissen, wann die Substrate im Jahr zur Verfügung stehen (fallen sie regelmäßig an, sind sie nur saisonal oder zu gewissen Kampagnen verfügbar, etc.) und welche Transportmittel und -wege bzw. Lagereinrichtungen nötig sind.

5.2 Biogastechnik

Die technischen Details der Biogasanlage müssen für das Projekt konkretisiert werden, z. B. welche Anlagenkonzepte kommen in Frage, welche Anlagengröße /-kapazität ist nötig, welche Art der Gasnutzung– auch vor dem Hintergrund der Wärmenutzung – ist möglich (BHKW, Biogas-Kessel, etc.)?

Konzepte von Biogas-Kleinanlagen auf dem Markt reichen von klassischen Rührkesselfermentern bis zu Turmfermentern. Wenn nicht ausschließlich Gülle in diesen Anlagen vergoren wird, müssen 150 Tage Verweilzeit im gasdichten System [EEG 2014] eingehalten werden. Aufgrund der großen Güllemenge kann dies zu Gärrestlagervolumina über 2 000 m³ führen - woraus u. a. ein entsprechend hoher Investitionsaufwand resultiert. Dieser kann durch die Nutzung von bereits auf dem Hof vorhandener und größenmäßig geeigneter Infrastruktur verringert werden, so können zum Beispiel alte Güllelager als Gärrestlager für die Biogasanlage fungieren. Für Anlagen bis 75 kW_{el} wurden verschiedene Anlagenkonzepte entwickelt.

Je nach Situation vor Ort und Zielsetzung des Projekts bieten sich verschiedene technische Optionen an, aus denen die passendsten auf dem Markt erhältlichen Verfahrensausführungen ausgewählt werden müssen. Darüber hinaus ist ein geeigneter Standort für die Biogasanlage zu finden, der gut zur Logistik passt und genügend Raum für Lagerung oder auch mögliche Erweiterungen bietet.

Weitere Punkte, die bei der Auswahl der Biogastechnik zu berücksichtigen wären, sind z. B.:

- ist bereits Lagerkapazität vorhanden (für Silage, Gärreste)
- wie ist der Wärmebedarf des Betriebs (Jahreslastprofil)?
- wie ist der Stromeinspeisepunkt beschaffen?
- ist eine externe Wärmenutzung / eine Wärmeleitung am Standort möglich?
- können bestehende Gebäude genutzt werden (z. B. für BHKW oder Gasspeicher)?
- kann die zusätzliche Arbeitsbelastung durch das Personal auf dem Betrieb gedeckt werden?
- ist die Anlagentechnik baulich bzw. technisch von guter Qualität, sodass davon keine Gefahr für Mensch und Umwelt zu befürchten ist?
- etc.

5.3 Standortwahl

In Abhängigkeit von der Anlagengröße und der Art des gewählten Verfahrens können die Anforderungen an einen Anlagenstandort steigen. Hierbei spielen die Einbindung in den bereits bestehenden Betriebsablauf und die Möglichkeiten zur Verteilung der erzeugten Energie eine wichtige Rolle.

Es ist zu beachten, dass der Wärmetransport nur über eine kurze Distanz wirtschaftlich sinnvoll ist und die Übertragung von Elektrizität im Niederspannungsbereich wegen der erheblichen Leitungsverluste auch zu einer Verringerung der wirtschaftlichen Erträge führen kann.

Für die Standortwahl ist auch die Logistik der Substrate und der Gärprodukte relevant, die innerhalb kurzer Wege erfolgen sollte.

Einige Einflüsse auf die Wahl des Standorts der Biogasanlage sind [FNR 2013, verändert, KTBL 2009]:

- gesetzliche Anforderungen wie z. B. Abstandsregelungen (Emissionen, Lärm, Hygiene, Brandschutz) und Gewässerschutz)
- Infrastruktur (Straßen, Logistik)
- minimale Pumpstrecken, minimale Substratlogistik (Fahrstrecken für Frontlader), Nutzung der Schwerkraft statt Pumpen (hydraulischer Transport)
- Verteilung von Energie (Einspeisepunkt für den Strom (Trafo), Wärmesenke, Gasleitung oder Standort für Tankstelle)
- sind ausreichend landwirtschaftliche Flächen zur Gärproduktausbringung vor Ort vorhanden
- geologische Bedingungen (Wasserschutzgebiet, Baugrund, topographische Besonderheiten)
- Erweiterungsmöglichkeiten der Anlage
- Fördermöglichkeiten
- etc.

5.4 Energieproduktion und -nutzung

Die für die landwirtschaftliche Biogasproduktion typische Verwertungsform des Biogases ist die Nutzung in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) zur Produktion von Strom und Wärmeenergie – in der Regel direkt auf dem Hof. Der Strom kann in das Stromnetz eingespeist oder zur Deckung des Eigenstrombedarfs des Betriebs direkt selbst genutzt werden. Die Wärme, die gleichzeitig bei der Stromproduktion in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) entsteht, wird zumindest teilweise benötigt, um die nötige Prozesstemperatur in der Biogasanlage zu gewährleisten. Je nach Anlagen-

größe, Substratmischung (Substrate mit einem hohen Wasseranteil, wie Gülle, haben einen hohen Prozesswärmebedarf) und Witterungsbedingungen am Standort variiert die Wärmemenge, welche die Biogasanlage benötigt bzw. die an weitere Wärmeabnehmer (z. B. für Heizung, Warmwassererzeugung, oder Trocknungsanlagen auf dem Hof) abgegeben werden kann. Diese Mengenänderungen sind besonders deutlich, wenn Sommer- und Winterbetrieb verglichen werden. Je nach Einsatzstoff und Eigenwärmebedarf könnte es zudem möglich sein, überschüssige Wärme an externe Wärmeabnehmer (z. B. Gewächshäuser, Tierhaltung, Nachbarhäuser und Unternehmen) zu verkaufen.

Alternativ kann das Biogas in einem Niedertemperatur-Kessel zur Erzeugung von Wärme für Heizungs- und Trocknungsanlagen genutzt werden.

Eine weitere Nutzungsoption bietet die Biomethanproduktion, in der das Biogas in einem aufwendigen Prozessschritt zu Biomethan (Biogas mit Erdgasqualität) aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist oder als Kraftstoff vor Ort verwendet werden kann.

Das Projekt muss hinsichtlich der aus dem Biogas zu gewinnenden Energieträger (Strom und/oder Wärme bzw. Gas) ausgerichtet und die entsprechende jährliche Energiemenge und deren Erlösstruktur ermittelt werden. Der Eigenenergiebedarf (Strom, Wärme) der Biogasanlage sowie der verbundenen Gebäude muss für das gesamte Betriebsjahr (Sommer wie Winter) berücksichtigt werden.

5.5 Wirtschaftlichkeit

Der für die Wirtschaftlichkeit und für die Entscheidung zum Bau einer Anlage entscheidende Punkt ist, ob das angelegte Kapital und die zu leistende Arbeit durch den Anlagenbetrieb angemessen vergütet wird – oder mit anderen Worten: kann die beabsichtige Biogas-Kleinanlage unter den Rahmenbedingungen vor Ort rentabel betrieben werden? Genau dies gilt es so genau wie möglich im Vorfeld zu klären.

Für die gesamte bäuerliche Biogasanlage und ggf. zusätzliche Bauten und Installationen müssen die realistische Gesamtinvestition und die wahrscheinlichen Betriebskosten, einschließlich aller variablen und fixen Kosten bestimmt werden. Mit Hilfe des BioEnergy Farm 2-Berechnungsprogramms kann der Landwirt ggf. mit Unterstützung des Beraters das angedachte Konzept in eine Wirtschaftlichkeitsbewertung übertragen. Das Berechnungsprogramm ermittelt im Detail neben der potenziellen Gesamtinvestition für die Projektrealisierung auch die wahrscheinlichen jährlichen Kosten für den Anlagenbetrieb, Wartung, Abschreibung, nötige Ersatzinvestitionen über die Nutzungsdauer, Personalkosten, Versicherungen, Betriebsstoffe etc. (sowie die künftigen Jahreserträge aus dem Verkauf der erzeugten Energie und ggf. der Gärproduktvermarktung. Somit kann eine Gegenüberstellung der jährlichen Ausgaben und Einnahmen der Biogasanlage in Bezug auf die zu erwartende Nutzungsdauer der Anlage erstellt werden. Darüber hinaus kann die persönliche und/oder operative finanzielle Situation in die ökonomische Prüfung entsprechend einfließen.

Die Kombination aus Biogasproduktion und Tierhaltung ergibt eindeutige Synergien im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und oft auch in Bezug auf die Arbeitswirtschaft. Es ist wichtig, dass die Größe der Biogasanlage und damit auch der Arbeitsaufwand für den Anlagenbetrieb zum bestehenden landwirtschaftlichen Betrieb passen.

In dieser Phase muss der Landwirt sich u.a. mit folgenden Fragen beschäftigen:

- wie kann ich bzw. der landwirtschaftliche Betrieb die Investition für das Biogasprojekt tragen?
- wie viel Zeit ist täglich für Routinearbeiten, Wartung etc. erforderlich?
- kann die zusätzliche Arbeitsbelastung für die Biogasanlage vom bisherigen Hofpersonal abgedeckt werden oder ist zusätzliches Personal nötig?
- kann ich zusätzliche Erlöse durch Wärme- oder Nährstoffverkauf erzielen und welche Verpflichtungen muss ich dafür eingehen (ggf. in technische Redundanz investieren)?

Eine weitere Hilfestellung für den Landwirt zur individuellen Prüfung der wirtschaftlichen Situation eines Biogas-Projekts bietet der Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas des Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), der kostenlos unter http://daten.ktbl.de/biogas/startseite.do genutzt werden kann. Der Wirtschaftlichkeitsrechner ist ein Vorplanungsinstrument mit dessen Hilfe die Größe und die wesentlichen Kennzahlen einer individuellen Biogasanlage und der Gasverwertung abgeschätzt werden können. Darüber hinaus liefert er Daten zum gesamten Produktionsverfahren, z. B. zur Gasverwertung im Blockheizkraftwerk (BHKW) oder in der Biogasaufbereitungsanlage, zur Größe des Fermenterraums, zum Gärrestanfall und zur Lagerkapazität sowie zur Stromvergütung nach derzeit gültigen Regelungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Die Nutzung des Wärmeüberschusses lässt sich in einem speziellen Modul planen. Abschließend werden ökonomische Kenngrößen ausgewiesen.

Der Kern einer jeder Wirtschaftlichkeitsbetrachtung liegt im Vergleich von Kosten zu Nutzen. Ist der geldwerte Nutzen der Klein-Biogasanlage geringer als die jährlich anfallenden Kosten, so sollte aus ökonomischen Gesichtspunkten von der Realisierung des Projekts abgesehen werden [EDER ET AL 2012].

Auch wenn die wirtschaftliche Analyse im Rahmen der Machbarkeitsbewertung ein vielversprechendes Ergebnis erbracht hat, ist es für die weiteren Projektphasen notwendig die Wirtschaftlichkeit des Projekts auch weiterhin kritisch zu hinterfragen. Wenn im Laufe der Projektentwicklung die Rentabilität für das Vorhaben schwinden sollte, muss die Möglichkeit zur Beendigung des Projekts in Betracht gezogen werden.

5.6 Unternehmen und Rolle des Landwirts

Die Wahl der richtigen rechtlichen Unternehmensform ist wichtig für die Projektrealisierung. Der Landwirt und mögliche Projektpartner sollten sich, ggf. mit Unterstützung des landwirtschaftlichen- sowie eines Steuerberaters, mit den Vor- und Nachteilen der verschiedenen Unternehmensformen beschäftigen und sich für die am besten zum geplanten Projekt passendste Rechtsform entscheiden. Dabei spielen die möglichen Auswirkungen auf den bereits bestehenden Betriebszweig ebenfalls eine Rolle.

Des Weiteren ist es wichtig, dass die zukünftige Biogasanlage konzeptionell und auch vom Arbeitsaufwand zu den Bedingungen des Betriebs passt. Der erforderliche Arbeitsaufwand für den Betrieb einer Biogasanlage kann hauptsächlich folgenden Verfahrensschritten zugewiesen werden:

- Biomasse-Management
- Anlagenbetrieb inkl. Substratvorbereitung und Anlagenfütterung
- Prozessüberwachung, Wartung und Problembehebung
- Verwaltungsaufgaben
- Gärproduktausbringung.

Die für jeden Punkt aufzubringende Arbeitsleistung kann in Abhängigkeit von der Betriebsart und der eingesetzten Substrate stark variieren. Eine Abstimmung des Arbeitsaufwandes auf den bestehenden Betrieb muss möglichst frühzeitig in der Planungsphase erfolgen um spätere Überraschungen zu vermeiden [FNR 2013].

Um die Biogas-Anlage betreiben zu dürfen, fordern die Technische Regel für Gefahrstoffe - Tätigkeiten bei der Herstellung von Biogas (TRGS 529) und Versicherungsgesellschaften vom Betreiber und seinen Mitarbeitern die regelmäßige Teilnahme an Biogas-Betreiberschulungen. Dieser Aufwand sollte bereits im Rahmen der Projektierung berücksichtigt werden. Durch die Betreiberschulung erhält der Landwirt grundlegende Kenntnisse u.a. über den biologischen und verfahrenstechnischen Prozess (sehr nützlich bei der Problembehebung während des Betriebs) der Anlage, was für einen sicheren Anlagenbetrieb unerlässlich ist.

5.7 Projektengpässe

Wenn die Projektplanung zu einer erfolgreichen Realisierung einer Biogasanlage führen soll, müssen mögliche Projektengpässe so früh wie möglich erkannt und einfache wie effektive Lösungen gefunden werden, um das Projektziel nicht in Gefahr zu bringen bzw. den Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Biogasanlage nicht zu verzögern.

In diesem Zusammenhang ist es hilfreich mit den zuständigen Behörden oder dem Landrat in einem frühen Projektstadium das Gespräch zu suchen um mögliche Punkte herauszufinden, welche die grundlegende Machbarkeit des Projekts bzw. den Bau der Biogasanlage gefährden bzw. erschweren könnten.

Darüber hinaus müssen etwaige Risiken für das Biogaskonzept frühzeitig ermittelt und bewertet werden. Das könnte z.B. eine Reduzierung der angenommenen Anlagenverfügbarkeit (durch den Ausfall von Anlagenkomponenten, Problemen mit der Biologie usw.), eine Erhöhung der jährlichen Kosten (Substratpreise steigen tendenziell jährlich an, während die EEG-Vergütung gleich bleibt), Logistikprobleme, die Verringerung der Erlöse durch einen geringen Wärmeverkauf, eine schlechte Ersatzteilverfügbarkeit für das BHKW, erhöhte Emissions- und Lärmquellen, auftretende Probleme mit der Nachbarschaft, Probleme beider Netzanbindung, fehlende Genehmigungen etc. sein.

6. Projektkonzept und Businessplan

Auf der Grundlage der konzeptionellen Projektarbeit, die in den vorherigen Schritten durchgeführt wurde, konnte ein Biogas-Kleinanlagenprojekt in wahrscheinlich mehreren Variationen (z. B. unterschiedliche Verfahren für die Biogasproduktion oder -nutzung) für den landwirtschaftlichen Hof erarbeitet werden.

Mit diesen Vorarbeiten und mit Unterstützung des Biogas-Beraters muss der Landwirt nun das langfristig am besten für seinen Betrieb geeignete Projetkonzept wählen und dafür einen Geschäftsplan (Businessplan) erstellen. Dieser Entwicklungsschritt der Projektrealisierung ist einer der wichtigsten und womöglich derjenige mit der größten Tragweite. Anhand des Geschäftsplans wird die endgültige Entscheidung über das Biogasanlagenkonzept getroffen. Das am besten geeignete Konzept muss nun weiter im Detail ausgearbeitet werden.

Der Businessplan für das endgültig umzusetzende Biogasanlagenkonzept, das individuell auf den landwirtschaftlichen Hof ausgerichtet ist, dient dem Landwirt als ausführliche (ökonomische) Darstellung der Unternehmenserweiterung und als Präsentation des Vorhabens vor allem für Behörden und Banken.

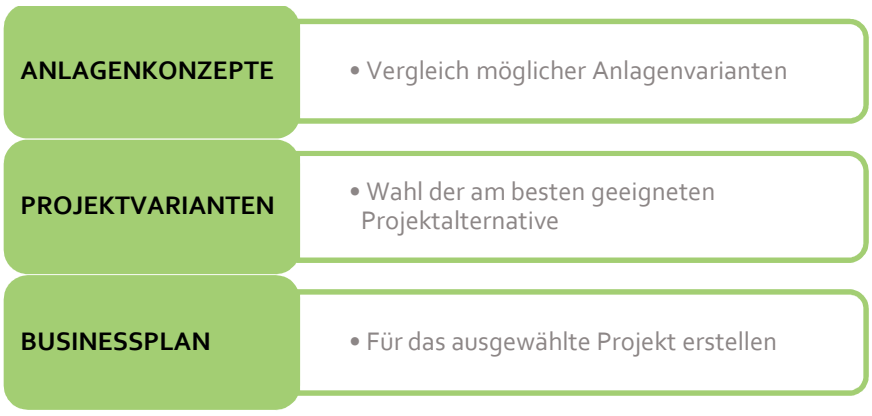

Abbildung 6: Aspekte des Teilschritts "Projektkonzept und Businessplan" [CASTILLO ET AL. 2012, verändert]

6.1 SWOT-Analyse

Die Stärken- und Schwächen-Analyse (SWOT-Analyse) dient dazu, einen systematischen Vergleich zwischen verschiedenen Konzepten und technischen Lösungsansätzen anzustellen. Dabei werden die jeweiligen Vor- und Nachteile aller internen und externen Einflüsse zusammengestellt (siehe Tabelle 3). Dies sind in der Regel technische, arbeitswirtschaftliche, ökologische, wirtschaftliche, organisatorische und soziale Aspekte des Projekts.

Die SWOT-Analyse ist ein wichtiger Teil des Geschäftsplans und kann einfach und relativ schnell Chancen und Risiken auch für bereits bestehende Produkte, Prozesse und Unternehmen aufzeigen.

Grundlegend sind für die folgenden vier Bereiche untenstehende Fragestellungen zu beantworten. Zusammengefasst werden die Ergebnisse in einer Matrix (Tabelle 3):

Stärken (engl. **S**trengths):	Welche Stärken sind charakteristisch für das Projekt?
Schwächen (engl. **W**eaknesses):	Welche Schwächen müssen berücksichtigt werden?
Chancen (engl. **O**pportunities):	Welche besonderen Chancen bietet die Projektrealisierung?
Risiken (engl. **T**hreats):	Welche, insbesondere wirtschaftliche, rechtliche oder technische, Projektrisiken gibt es?

Eine beispielhafte SWOT-Analyse für ein Biogasanlagenprojekt zeigt Tabelle 3. Die internen Einflüsse sind Faktoren, die vom Landwirt oder Personen, die dem landwirtschaftlichen Betrieb oder Projekt angehören, beeinflusst werden können. Chancen und Risiken beschreiben das Unternehmensumfeld, also externe Einflüsse. Diese könnten beispielsweise allgemein steigende Energiepreise, aber auch eine Änderung der Vergütung auf Grund neuer politischer Entwicklungen oder sinkender Nachfrage, sein. Zur Erstellung einer SWOT-Analyse ist eine objektive Betrachtung und Einschätzung des Projekts erforderlich.

Tabelle 3: Übersicht einer beispielhaften SWOT-Analyse für ein Biogasprojekt

SWOT	POSITIV	NEGATIV
	STÄRKEN	**SCHWÄCHEN**
INTERNE EINFLÜSSE	- Neue Einkommensquelle - Neue Märkte erschließen (Gärprodukt) - Ersatz von Mineraldüngern - Geringe Amortisationszeit - Selbstversorgung - …	- Ineffizienter Prozess - Mangel an Fachwissen - Finanzielle Bindung - Zusätzliche Abhängigkeiten (Substratversorgung) - Mangel an Arbeitskräften - …
	CHANCEN	**RISIKEN**
EXTERNE EINFLÜSSE	- Steigende Energiekosten - Neue Absatzmärkte - Erhöhung der Erlöse durch Wärmeverkauf - Emissionsreduzierung - …	- Politische Entwicklungen - Erhöhung der Substratkosten - Nachfragerückgang - Hohe Inflation - …

6.2 Businessplan

Der Landwirt hat sich nun für eine konkrete Variante seines Biogasprojekts entschieden, die auf dem Betriebshof verwirklicht werden soll. Die Entscheidung sollte nicht zuletzt durch die SWOT-Analyse und die finanzielle Machbarkeit begründet sein.

Die Ausarbeitung des Geschäftsplans (engl. Businessplan) muss als nächster Schritt der Konzeptentwicklung in Angriff genommen werden. Der Businessplan wird benötigt um die Projektidee bzw. die Gründung des neuen landwirtschaftlichen Betriebszweigs grundlegend und detailliert zu beschreiben und dient als wichtige Entscheidungsgrundlage für Banken, Behörden und auch für mögliche Geschäftspartner. Er bezieht sich auf alle Details, die im Projektschritt der „Machbarkeitsbewertung" erarbeitet wurden und zeigt anschaulich, welche Ziele mit dem Projekt verfolgt werden, welche Chancen und Risiken das Projekt birgt und ob die Umsetzung des Projekts lukrativ sein wird.

Der Businessplan umfasst etwa 15-18 Seiten und sollte folgendes enthalten:

- Zweck der Investition (allgemeine Gründe zu investieren, Gründe für den Landwirt zu investieren)
- Beschreibung der nicht-technischen Aspekte (z. B. Rechtsform des Unternehmens, Standort, Marktanalyse, Subventionen / Förderungen, soziale und ökologische Gesichtspunkte, etc.)
- Überblick über die technischen Aspekte und die Dimensionen der Biogasanlage (technische Beschreibung der Anlage, Beschreibung der nötigen Substratmenge, Transport und Lagerung von Substraten, benötigter Arbeitskraftbedarf für den Betrieb etc.)
- Wirtschaftlichkeit des Projekts, inkl. Tabellen mit den Wirtschaftsdaten (Investitionsplan, jährlicher Kostenplan, Plan für den Jahresumsatz, Rentabilität, etc.)
- SWOT-Analyse
- zusätzliche Erläuterungen des Biogas-Experten.

In einem gut geschriebenen Businessplan werden die kritischen Punkte des Projekts ausgeführt und diskutiert bzw. bewertet. Dadurch können Risiken durch Planungsmängel verhindert werden, und das Projekt steht vor der Realisierung auf soliden Füßen.

Des Weiteren erfüllt der ausführliche Geschäftsplan mehrere wichtige Funktionen, wie z. B.:

- der Projektleiter bzw. zukünftige Anlagenbetreiber beschäftigt sich im Rahmen der Herstellung des Businessplans kritisch und möglichst unvoreingenommen mit dem Konzept, um die Machbarkeit zu überprüfen (kann die Biogas-Kleinanlage vor Ort wirklich realisiert und auf lange Sicht profitabel betrieben werden?)
- er ist ein umfangreiches und informatives Projektdokument für Geschäftspartner, Banken, Kreditgeber, Investoren oder potenzielle Finanzierungsstellen. Fördereinrichtungen verlangen in der Regel einen Geschäftsplan als Basis zur Prüfung der Finanzierungswürdigkeit.

7. Projektrealisierung

Dieser Projektentwicklungsschritt umfasst die Bereiche von der Genehmigung bis zum Bau und der Inbetriebnahme der Biogas-Kleinanlage, sowie die Finanzierung und Beantragung der Fördermöglichkeiten.

Der Projektleiter wird in diesem Stadium der Projektrealisierung mit verschiedenen Behörden und Einrichtungen in Kontakt kommen, wie z. B.

- Sachbearbeitern bei Kommune und Genehmigungsbehörden
- Beratungsunternehmen für die Feinplanung
- Banken wegen der Finanzierung
- Bauunternehmen für den Bau der Biogasanlage, etc.

Für all diese Einrichtungen muss der Landwirt die jeweils für die erfolgreiche Projektdurchführung bzw. -prüfung benötigen Daten und Dokumente bereitstellen.

Die Komplexität und der Zeitrahmen der Projektrealisierung sind u. a. von der Art und dem Umfang des Projektes abhängig. Auch das Verfahren und der Aufwand für die Anlagengenehmigung sind vom Projekt aber auch von den Regelungen in dem jeweiligen Bundesland, der Kommune oder der Gemeinde des zukünftigen Anlagenstandorts abhängig.

Neben den technischen Details des Projekts ist das Thema der Akzeptanz in der Bevölkerung für die Realisierung eines Bioenergieprojekts von zentraler Bedeutung. Es ist daher sinnvoll die Öffentlichkeit in einem frühen Stadium der Projektentwicklung mit einzubeziehen, um mögliche Verzögerungen zu einem späteren Zeitpunkt zu vermeiden.

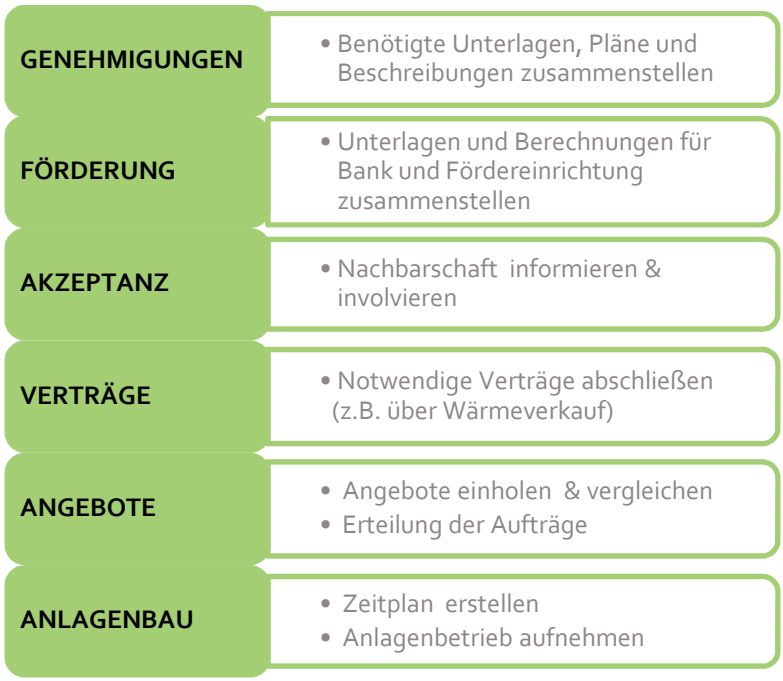

Abbildung 7: Aufgaben für den Entwicklungsschritt "Projektrealisierung" [CASTILLO ET AL. 2012, verändert]

7.1 Genehmigung

Landwirtschaftliche Biogasanlagen werden oft in die direkte Nähe von landwirtschaftlichen Betrieben gebaut, sofern das die rechtlichen Bedingungen zulassen. Da Biogasanlagen rechtlich als "Bauwerk" zu werten sind, ist für die Errichtung und den Betrieb der Anlage zumindest eine Baugenehmigung nach BauGB bzw. der jeweiligen Länderbauordnung erforderlich.

Ab einer jährlichen Biogasproduktionsmenge von 1,2 Mio. m_N^3 oder bei Einsatz bestimmter Substrate ist eine Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetzt (BImSchG) unumgänglich. Die trifft jedoch in der Regel für Biogas-Kleinanlagen nicht zu. Das BImSchG-Genehmigungsverfahren ist komplexer, anspruchsvoller, zeitaufwändiger und mit höheren Kosten verbunden als ein Bau-Genehmigungsverfahren.

Grundlegend gilt, dass eine Anlage das Recht auf eine Genehmigung hat, wenn die Gesetze und öffentlichen Vorschriften sowie Belange des Umwelt-, Sicherheit- und Gesundheitsschutzes erfüllt werden. Die Vorschriften, die beispielsweise den Bau und Betrieb einer Biogasanlage betreffen, sind z. B. [EDER 2012]:

- Bauplanungsrecht (Stichwort Privilegierung)
- Immissionsschutzrecht (BImSchG)
- Baurecht
- Arbeitsschutzgesetz
- Gewässerschutzrecht
- Naturschutzrecht
- Abfallrecht
- Düngerecht
- Hygienevorschriften.

Der zukünftige Anlagenbetreiber erhält die erforderliche Genehmigung für den Bau und den Betrieb der Biogasanlage von der örtlich zuständigen Behörde. Für das Genehmigungsverfahren sind u.a. detaillierte technische Pläne, eine Übersicht über den Anlagenstandort und Pläne der Anlagenkonstruktion einzureichen. Einige Anforderungen sind vom Hersteller und / oder dem Bauern für den Bau der Biogasanlage zu berücksichtigen bzw. nachzuweisen:

- Lärm- und Geruchsgutachten bei einem Standort in der Nähe von Wohngebieten
- ausreichende Lagerkapazität für Gärreste
- Landschaftspflegepläne
- Brandschutznachweis
- Statischer Nachweis für den Behälterbau
- betriebssicherheitstechnische Abnahmen für die Inbetriebnahme der Anlage
- etc.

Der Antragsteller für die Genehmigung sollte die zuständigen Genehmigungsbehörden frühzeitig kontaktieren. Das erste Gespräch, bei dem der Hersteller der Anlage anwesend sein sollte, dient dazu, den Sachbearbeitern der Behörde das Projekt in Gänze vorzustellen und die für die Genehmigung erforderlichen Anforderungen und benötigten Unterlagen zu besprechen.

Die Bearbeitung der Anlagengenehmigung sollte in engem Kontakt mit dem Anlagenbauer oder Anlagenplaner erfolgen. In Abhängigkeit von der Art der Anlagengenehmigung und der Genehmigungsbehörde variieren der Aufwand und der Umfang für die erforderliche Genehmigung stark [FNR 2013].

Im Anhang 2 findet sich eine beispielhafte Liste mit Unterlagen, die für die Genehmigung einer Biogasanlage benötigt werden könnten. In Kapitel 1.1.2 im Anhang 3 finden sich weitere Informationen über die Genehmigung von Biogasanlagen.

7.2 Projektfinanzierung und -förderung

Bioenergieprojekte werden in der Regel durch Eigenmittel und / oder Kredite finanziert. Unter bestimmten Umständen kann das Projekt auch finanziell durch Förderprogramme der öffentlichen Hand Unterstützung finden.

Eine wesentliche Voraussetzung für eine Projektfinanzierung ist die positive Bewertung einer Machbarkeitsstudie (siehe Kapitel 5). Der Inhalt und die Ergebnisse der Machbarkeitsbewertung können unter anderem auch potenzielle Kreditgeber und Investoren von der technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit sowie der Kreditwürdigkeit des Projekts überzeugen.

Grundlegend sollte das Kreditinstitut und / oder ein qualifizierter Finanzberater frühzeitig in die Erstellung eines Finanzplans involviert sein (z. B. für den Abschluss der Machbarkeitsbewertung). Für die umfassende Projektbeurteilung durch die Bank sollten rechtzeitig die nötigen Projektinformationen, Dokumentationen und Sicherheiten geklärt werden. Die Finanzierung kann fest an das Betriebsmodell und die rechtliche Unternehmensform (Anhang 3) gekoppelt sein.

Die Bereitstellung von Eigenkapital ist in der Regel für die Kreditvergabe durch die Banken von wesentlicher Bedeutung. Normalerweise sind ein gewisses Mindesteigenkapital oder eigenkapitalähnliche Darlehen auch Voraussetzung zum Erhalt von staatlichen Finanzhilfen oder Bankkrediten. Das Eigenkapital umfasst Geldanlagen und Sachleistungen (z. B. betriebsnotwendige Güter). Der Kapitalbedarf ist abhängig von der Eigentümerstruktur (bestehende oder neu gegründete Gesellschaften), den spezifischen Investitionen und der Wirtschaftlichkeit des Projektes [ELTROP ET AL 2014].

Im Fall einer Finanzierung durch einen Bankkredit, ist der frühe Kontakt mit einem Kreditinstitut wichtig für eine erfolgreiche Finanzierung. Die Bank ist hierbei der erste und entscheidende Ansprechpartner. Sie bietet kostenlose Beratungen, informiert über verschiedene Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten und reicht Anträge auf finanzielle Unterstützung an die zuständigen Institutionen weiter. Das Vorhandensein ausreichender Sicherheiten ist ein wesentlicher Bestandteil der Projektfinanzierung. Diese könnte der Bank z. B. gewährleistet werden durch:

- Hypotheken (auf landwirtschaftliche Flächen)
- Sicherungsübereignungen (z. B. die gesamte Anlage oder einzelne Maschinenteile)
- Garantien oder
- Kaufgarantien für den produzierten Strom und Wärme.

Art und Umfang der Sicherheiten werden im Rahmen der Kreditverhandlungen zwischen dem Kreditnehmer und der Bank vereinbart [ELTROP ET AL 2014].

Der Rahmen der Projektförderung in seiner Art, dem Umfang und der Ziele ist vom Projekt und oft vom Standort des Projekts abhängig und wird individuell angepasst. Grundsätzlich können die Subventionen unterschieden werden in investitionsbasierte Förderungen und Entwicklungsdarlehen (zinsbegünstigte Darlehen). Ein umfassender Überblick über spezielle und aktuelle Förderprogramme und Zuschüsse für Biogas- bzw. erneuerbare Energien-Projekte findet sich in Anhang 3, Kapitel 1.1.4.

7.3 Akzeptanz verbessern

Die Bioenergietechnik ist durch viele positive Aspekte geprägt, wie z. B. dass sie eine regenerative Energiequelle ist, vielseitige Nutzungsformen besitzt (Produktion von Strom, Wärme, Erdgassubstitut und Kraftstoff), sie flexibel genutzt werden kann (Biogas ist lagerfähig, was die bedarfsgerechte Energieproduktion ermöglicht) und sie zusätzliche Einnahmen für die Landwirtschaft und den ländlichen Raum generieren kann. Trotz all dieser Vorteile, wird der Bioenergie und

der Biogastechnik in den Medien kein gutes Zeugnis ausgestellt und Biogas-Investoren müssen sich verstärkt mit Bürgerinitiativen und Nachbarn auseinandersetzten, die gegen die Biogasprojekte argumentieren („erneuerbare Energien ja, aber bitte keine Anlage in meiner Nachbarschaft!" gemäß des NIMBY-Effekts (engl. Not In My Backyard)).

Soziale Barrieren oder geringe Akzeptanz für Biogas-Projekte sind oft mit den Befürchtungen verbunden, dass der umliegende Verkehr wegen der Substrattransporte zunehmenden wird (mehr große Fahrzeuge, mehr Lärm und Abgasemissionen). Darüber hinaus gibt es oft die Meinung in der Öffentlichkeit, dass Biogasanlagen stinken und gefährlich sind (Explosionsgefahr), so dass die Anlagen nicht in der Nähe von Wohnbebauung toleriert werden. Zudem wird in einigen Regionen der Anbau von Energiepflanzen als problematisch angesehen. Die Gegner behaupten, dass der intensive Anbau von Energiepflanzen negative Auswirkungen auf die Schönheit der Landschaft hat, die dortige biologische Vielfalt reduziert und zu Überdüngung und übermäßigem Einsatz von Pestiziden und Herbiziden führt. Diesen Befürchtungen bei Nachbarn und Gemeindemitgliedern sollte der zukünftige Anlagenbetreiber aktiv und konstruktiv begegnen.

Dies erreicht der Landwirt, wenn er früh mit seiner „Nachbarschaft" Kontakt aufnimmt, um das Biogas-Projekt zu präsentieren und Raum für einen gemeinsamen Austausch schafft. Auch der gemeinsame Besuch einer bestehenden, vergleichbaren Biogasanlage kann zu einem besseren Verständnis führen. Die Erfahrungen zeigen, dass es immer besser ist, die Öffentlichkeit in einem frühen Stadium des Projektes einzubeziehen, damit die „Nachbarschaft" die Vorteile und die Intentionen des Projekts versteht. Das kann Beschwerden und Missmut dem Projekt gegenüber entgegenwirken.

Das frühzeitige Informieren durch eine Veröffentlichung des Vorhabens z. B. im Amtsblatt mag den rechtlichen Anforderungen genügen, erreicht jedoch eine zu geringe Anzahl von Anwohnern. Durch das persönliche Gespräch mit möglichen Kritikern des Vorhabens können Konfliktpunkte vorab erkannt und Kompromisslösungen erarbeitet werden. Wesentliche Kriterien einer guten akzeptanzrelevanten Planung sind u.a. [EHRENSTEIN ET AL 2012]:

- eine offene Kommunikationsatmosphäre schaffen
- Ansprechpartner für verunsicherte Nachbarn sein
- mögliche Auswirkungen der Biogasanlage, wie z. B. eine Geruchsentwicklung oder ein erhöhtes Transportaufkommen, realistisch darstellen und nicht beschönigen (z. B. „Es wird nie stinken.")
- Befürworter des Projekts in die Öffentlichkeitsarbeit einbinden
- frühzeitige und möglichst einvernehmliche Klärung des Standorts mit Berücksichtigung des Verkehrs-konzeptes
- Vorteile des Projektes für die Gemeinde benennen
- Beteiligungsmöglichkeiten anbieten
- gegebenenfalls Mediatoren zur Konfliktvermeidung und -behebung einbinden
- den Anwohnern die Möglichkeit bieten, eine Biogasanlage kennen zu lernen, beispielsweise in dem ein „Tag der offenen Tür" bei einer bestehenden, vergleichbaren Biogasanlage organisiert wird.

7.4 Verträge

Für die Realisierung und den Betrieb einer Biogasanlage ist es in der Regel notwendig, bestimmte Handelsbeziehungen einzugehen, die in bilateralen Verträgen geregelt werden.

Unverzichtbar für jedes Anlagenprojekt ist ein Anlagenbauvertrag. Auch die Substratversorgung und Gärproduktabnahme kann oder muss oft vertraglich geregelt werden. Darüber hinaus kann auch das Anlagenmanagement oder der Wärme- und Rohbiogasverkauf an Dritte vertraglich geregelt werden. Ebenso zählen Gestattungs- und Wegenutzungsverträge zu den Vereinbarungen, die im Zusammenhang mit dem Biogasprojekt ggf. zu fixieren sind.

Wichtig ist, dass die Verträge an die individuellen Bedürfnisse des Projekts angepasst sind. Einige Verträge, z. B. solche mit Energiekunden (z. B. für die Wärmeabgabe) müssen ggf. in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden.

In Anhang 1 werden unterschiedliche Vertragsarten vorgestellt und deren wesentliche Aspekte ausführlich beschrieben.

7.5 Angebotsverfahren

Wenn sich im Rahmen der Projektentwicklung ein favorisiertes Konzept herausgestellt hat empfiehlt es sich, mehrere Angebote bei den in Frage kommenden Anlagenherstellern anzufordern um einen genauen Leistungs- und Kostenvergleich erstellen zu können. Dies gilt auch, wenn die Anlage zum Teil im Eigenbau erstellt werden soll.

Es gilt zu bedenken, dass am Ende nicht immer das billigste Angebot auch das günstigste ist [EDER AT AL 2012]. Beim Vergleich der Angebote ist es daher wichtig, sich nicht nur die Preise, sondern vielmehr die Inhalte des Angebotes anzusehen. Für die Angebotsbeurteilung ist die Qualität der Leistungen ebenso wichtig wie die Zuverlässigkeit der Produkte und der Anbieter, die Erfahrung des Herstellers und die angebotenen Dienstleistungen, wenn es um Service, Reparatur oder Wartung der Biogasanlage geht.

Es ist für die Realisierung auch von Bedeutung, ob es eine schlüsselfertige Anlage („Turn-Key") von einem Anlagenbauer werden soll (niedrigere Arbeitsbelastung und Projektierungszeit erforderlich) oder ob die Planung und Baubegleitung der Biogasanlange einem Ingenieurbüro übertragen wird (größerer Eigenleistungsanteil am Bau möglich).

Wie bereits in Kapitel 4.6 beschrieben, ist es immer von Vorteil sich bereits bestehende Anlagen des Herstellers oder des Ingenieurbüro anzusehen (Referenzanlagen) und den Kontakt mit den Anlagenbetreibern zu suchen, um von ihren Erfahrungen zu profitieren.

7.6 Bau und Betrieb der Biogas-Kleinanlage

Ein gutes Projektmanagement braucht eine gute Organisation – das gilt auch bei der Projektrealisierung bzw. beim Bau der Biogasanlage. Deshalb ist es wichtig, dass der Landwirt stets einen guten Überblick über die Bauphasen hat. Unerwartete Ereignisse (Verzögerungen) und Kosten können so reduziert und ein erfolgreicher Projektabschluss sichergestellt werden.

Der Projektleiter (Landwirt) muss zusammen mit dem Anlagenbauer / Hersteller einen detaillierten Ablaufplan über die jeweiligen Phasen und Schritte des Anlagenbaus und der Montage erstellen, damit der Landwirt einen Überblick über den gesamten Prozess behalten kann. So können Projektengpässe früh erkannt und unnötige Unterbrechungen vermieden werden. Für jeden Bauabschnitt müssen die jeweiligen Tätigkeiten, Materialien, Kosten und notwendigen Arbeitszeiten beschrieben und in einer logischen Reihenfolge sortiert sein. Regelmäßige Berichte über den Stand der Ausfertigungen helfen, den Zeitplan im Auge zu behalten und somit einhalten zu können.

Beim Bau der Anlage muss der Bauherr auf folgende Punkte besonders achten:

- Qualität: wurde die Arbeit fachmännisch durchgeführt und kontrolliert? Erhält der Bauherr genau die Leistung die vereinbart / bestellt ist? Gibt es Defekte bei Anlagenteilen oder fehlerhafte Ausführungen?
- Finanzielle Aspekte: gibt es zusätzliche Ausgaben? Wenn ja, warum waren die nicht eingeplant?
- Fertigstellungstermin: sind die baulichen und technischen Gewerke wie geplant erstellt worden (der Zeitpunkt der Inbetriebnahme hat i. d. R einen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Einspeisevergütung)?

Nachdem die Errichtung der Biogasanlage abgeschlossen ist, kann die Anlage ihren Betrieb aufnehmen. Für die Inbetriebnahme benötigt der Betreiber Prüfungen, Freigaben und Gutachten von Anlagenhersteller, Fachfirmen und Sachverständigen für die Anlage bzw. für bauliche und technische Anlagenkomponenten. Nach erfolgreicher Test- und Inbetriebnahme Phase, kann die Biogasanlage in den regulären Betriebszustand gehen.

8. Anlagenbetrieb

Der nächste und wesentliche Schritt des Projekts beginnt, wenn alle baulichen und technischen Komponenten der Biogas-Kleinanlage installiert sind und die Betriebsgenehmigung erteilt wurde: die Inbetriebnahme und der Beginn des regulären Anlagenbetriebs.

8.1 Anfahrphase

Die Inbetriebnahme einer Biogasanlage setzt sich zusammen aus der technischen Inbetriebsetzung (wenige Tage) und der biologischen Inbetriebnahme (einige Wochen).

Für die technische Inbetriebnahme der Biogasanlage müssen diverse Prüfungen und Abnahmen durchgeführt werden. Der Anlagenbetreiber muss prüfen, ob alle Verpflichtungen und Auflagen der Anlagengenehmigung erfüllt sind. Die Dokumentation für die technischen Einheiten sowie für die gesamte Biogasanlage muss vorhanden sein. Zu dieser gehören auch Anweisungen für die Inbetriebnahme, eine Risikobewertung und ein Explosionsschutzdokument [EDER ET AL. 2012].

Tabelle 4: Organisation der Anfahrphase einer Biogasanlage [KTBL 2013]

ANFAHRPHASE		BEGRÜNDUNG, FEHLERQUELLEN
1	Erstellung eines Anfahrplanes in Zusammenarbeit mit einem Experten	Das Anfahren der Biogasanlage ist aus biologischer, wirtschaftlicher und sicherheitstechnischer Sicht eine kritische Phase. Die Randbedingungen (Substratinput, biologische Aktivität und TM-Gehalt des Impfmaterials) der Anfahrphase sind von Anlage zu Anlage unterschiedlich.
2	Fermenter zu 50–60% mit Gülle oder Gärprodukt, evtl. mit Wasser verdünnt, befüllen	Der Füllstand sollte so hoch sein, dass alle Zu- und Abläufe abgedichtet sind und keine Luft in den Fermenter/Gasspeicher eindringt (Explosionsschutz). Alternativ müssen die Zu- und Abläufe verschlossen werden (gilt auch für Gasleitung).
3	Langsames Aufheizen des Fermenters auf Betriebstemperatur (max. 1 °C/d)	Die Mikroorganismen müssen sich an die steigenden Temperaturen anpassen können. Ein zu schnelles Aufheizen kann zudem zu Rissbildungen im Beton des Fermenters führen.
4	Animpfen des Fermenters mit frischem Gärrest; Menge ca. 20% des unter Abschritt 2. genannten Fermenterinhalts	Gärprozess läuft mit zunehmender Gasproduktion und steigendem CH_4-Gehalt an. Das Gas wird über die Überdrucksicherung abgegeben. Aspekte des Explosionsschutzes müssen unbedingt beachtet werden. Sind CH_4-Gehalte erreicht, die eine Verbrennung über das BHKW ermöglichen (ca. 50 %), ist dies zu tun.

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

5	Bei CH_4-Gehalten > 50%: Erstbeschickung mit Substrat und schrittweise Erhöhung der Belastung (wöchentlich um 0,3–0,4 kg oTM/(m³ · d))	Zu schnelle Belastungssteigerung erhöht das Risiko von Instabilitäten im Biogasprozess. Zu langsame Steigerung führt zu wirtschaftlichen Einbußen durch verzögertes Erreichen des Volllastbetriebs.
6	Durchführung von Prozessanalysen mindestens einmal wöchentlich	Ermöglicht eine Anpassung der Belastungssteigerung bei auftretenden Instabilitäten.
7	Soll/Ist-Vergleich der Analyseergebnisse (Substratinput, Säurespiegel, Gas- bzw. Stromproduktion) mit dem Anfahrplan	Anpassung der Beschickung sodass die geplante Stromproduktion erreicht und ein wirtschaftlicher Betrieb ermöglicht wird.

Die Inbetriebnahme einer Biogasanlage sollte immer von der Fachfirma durchgeführt werden, welche die Anlage konzipiert hat. Während der Anfahrphase werden der Anlagenbetreiber und die Mitarbeiter in den Betrieb und die Wartung der Biogasanlage eingewiesen.

Aus technischer Sicht ist die Inbetriebnahme einer Biogasanlage nur dann zulässig, wenn die Sicherheitseinrichtungen einwandfrei funktionieren und die Sicherheitshinweise und -vorschriften des Herstellers und der Unterlieferanten (Betriebsanleitung) eingehalten werden [EDER ET AL. 2012].

Das Anfahren einer Biogasanlage sollte im Vorfeld und möglichst schon vor der technischen Inbetriebsetzung gründlich geplant und organisiert werden [KTBL 2013]. Tabelle 4 zeigt und beschreibt die verschiedenen Schritte zum Starten des biologischen Prozesses.

Das Anfahren einer Biogasanlage stellt eine komplexe Situation dar und sollte genau geplant sein. In dieser Phase müssen sich genügend Mikroorganismen bilden, um später die zugeführten organischen Stoffe in einem stabilen Prozess verarbeiten zu können. Gleichzeitig muss diese Phase aus wirtschaftlicher Sicht möglichst kurz ausfallen, um den Volllastbetrieb schnell zu erreichen. Aus Sicht der Betriebssicherheit ist die Anfahrphase als kritisch zu betrachten, da alle ungefüllten Volumina der Anlage zunächst mit Luft gefüllt sind und durch die Biogasbildung ein zündfähiges Methan-Luft-Gemisch entstehen kann [KTBL 2009].

8.2 Anlagenbetrieb

Wenn die Biogasanlage ihren Betrieb aufgenommen hat sind tägliche, monatliche oder jährliche Maßnahmen zur Steuerung, Wartung und Dokumentation notwendig. Der Anlagenbetreiber muss von Anfang an diesen regelmäßigen Kontrollen und Instandhaltungsarbeiten nachkommen, um die Funktion der Anlage, die Anlagensicherheit und eine möglichst hohe Anlageneffizienz sicherzustellen.

Zur Vermeidung von betrieblichen Störungen ist eine kontinuierliche Überwachung des Anlagenbetriebs von großer Bedeutung. Dabei ist das Betriebstagebuch das wichtigste Kontrollinstrument für jeden Biogasanlagenbetreiber. Nur wenn die Daten des täglichen Anlagenbetriebs regelmäßig aufgezeichnet werden, lassen sich Unregelmäßigkeiten während des Betriebs frühzeitig erkennen und beheben sowie eine Optimierung von Prozess und Ertrag erfolgreich durchführen [KTBL 2009].

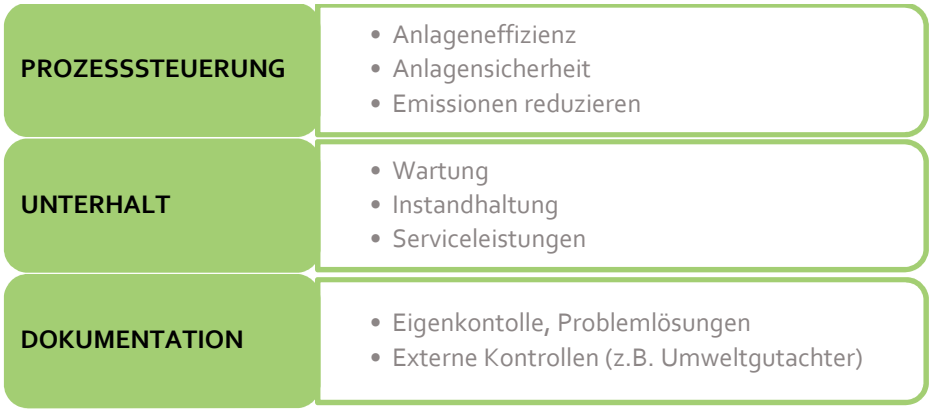

Abbildung 8: Aspekte des Anlagenbetriebs [CASTILLO ET AL. 2012, verändert]

Bei einer Biogas-Kleinanlage mit einer installierten elektrischen Leistung (Äquivalent) von 75 kW_{el}, ist für den Betrieb und die Wartung in der Regel eine (Netto-) Arbeitszeit von ca. 1,8 Stunden pro Tag anzunehmen [KTBL 2013].

8.2.1 Prozesssteuerung

Die erforderlichen Messungen und Prozessdaten der Anlage sollten täglich erhoben und in einem Betriebstagebuch dokumentiert werden. Der Betreiber erhält hiermit einen Überblick über den Verlauf wichtiger Prozessdaten, die ggf. auch Aufschluss über den Ursprung von Problemen im Betriebsablauf geben können. Welche Kenndaten beim Anlagenbetrieb regelmäßig zu erfassen sind, sollte in der Betriebsanleitung des Herstellers detailliert beschrieben sein. Weitere Informationen zu Betriebsanleitungen von und Betriebsanweisungen für Biogasanlagen finden sich in den „Sicherheitsregeln für Biogasanlagen - Technische Information 4" der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften [SVLFG 2008].

Um die Anlageneffizienz prüfen zu können ist es nicht ausreichend, nur den täglichen Zählerstand der Stromeinspeisung oder die BHKW-Leistung festzuhalten. Als Mindeststandard hat sich die Erfassung folgender Parameter bewährt [KTBL 2009]:

- tägliche Substratzugabe
- Zündölverbrauch im Falle von Zündstrahlmotoren
- Zählerstand der Stromeinspeisung
- Betriebsstrombezug der Biogasanlage
- Betriebsstundenzählerstand.

Eine Analyse der Betriebstagebücher von 31 Biogasanlagen – betrieben mit nachwachsenden Rohstoffen und Wirtschaftsdünger – hat gezeigt, dass innerhalb eines Jahres eine Gesamtzahl von insgesamt 1.168 Betriebsstörungen von den Betreibern dokumentiert wurde [KTBL 2009]. Es konnte festgestellt werden, dass die Anlagenteile BHKW, Feststoffeintragssystem, Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen sowie Rührwerke die anfälligsten Teile sind. Die Auswertung zeigt außerdem, dass der biologische Prozess der fünft-häufigste Grund für Betriebsstörungen war (siehe Abbildung 9). Zur Behebung aller Betriebsstörungen waren insgesamt 4.282 Arbeitsstunden notwendig, dies entspricht durchschnittlich 138 Arbeitskraftstunden je Biogasanlage und Jahr.

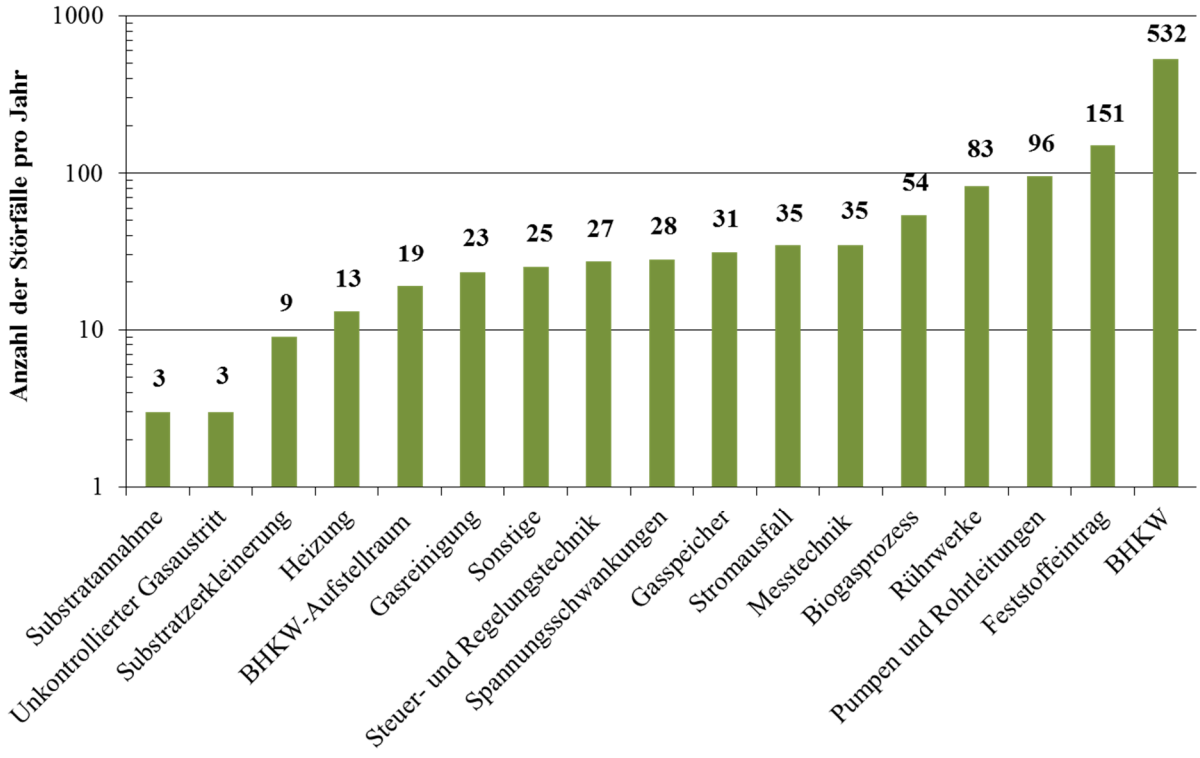

Abbildung 9: Betriebsstörungen und Schäden innerhalb eines Jahres an 31. deutschen Biogasanlagen [KTBL 2009]

Bei der Beurteilung von Schwachstellen landwirtschaftlicher Biogasanlagen wird meist nur der direkte Aufwand für die Beseitigung von Störungen betrachtet. Neben dem Reparaturaufwand ist auch der Materialbedarf und ggf. ein Erlösausfall zu beachten. Die Basis für Schwachstellen, die zu Mehraufwendungen und Mindererlösen führen, wird oft schon durch eine schlechte Integration der Biogasanlage in den Betrieb bzw. durch die verfahrenstechnische Planung gelegt.

Diese Ergebnisse zeigen, wie wichtig die konsequente Prozesskontrolle ist. Die Überwachung des Biogasprozesses sollte kontinuierlich, auch durch Analysen direkt vor Ort, erfolgen. Dadurch wird eine Optimierung möglich und Störungen können frühzeitig erkannt und behoben werden. Das eindeutigste Indiz für eine Prozessstörung ist eine starke Verringerung der Biogasausbeute bzw. der Methankonzentration. Im Gegensatz zu technischen Problemen, die meist recht schnell gelöst werden können, sind Prozessstörungen schwieriger zu korrigieren und erfordern ein grundlegendes Verständnis des Landwirts für die biologischen Prozesse und die Hemmung der anaeroben Vergärung.

8.2.2 Instandhaltung

Zahlreiche Prozesskennwerte (wie z. B. Temperatur, Substratmenge, Gasmenge, produzierte Kilowattstunden Strom oder Wärme etc.) werden kontinuierlich und automatisch durch die Anlagensteuerung erhoben. Zahlreiche Tätigkeiten im Rahmen des Anlagenbetriebs lassen sich jedoch nicht automatisieren.

Der Anlagebetreiber muss, auch zum Erhalt der Garantieleistungen, die Durchführung von Wartungsarbeiten je nach Bauteil in vorgegebenen, regelmäßigen Intervallen gewährleisten sofern er keinen Vollwartungsvertrag für die Anlage abgeschlossen hat. Einige Wartungsarbeiten können in Eigenregie erledigt werden, wie z. B. der geplante Austausch von Verschleißteilen wie Filter und Dichtungen, das Ersetzen oder Nachfüllen von Materialien oder Verbrauchsmateria-

lien wie Motoröl oder Wasser, die Behebung von Leckagen an Pumpen o. ä., das Säubern von Messfühlern, der Ölwechsel beim BHKW, das Auflösen von Verstopfungen, die Durchführung kleiner Reparaturen usw. oder von bestimmten Dienstleistern erfüllt werden, wie z. B. die Überholung des BHKW, der Austausch von Komponenten, etc..

Für die Steuerung und Optimierung des Prozesses ist ein gewisser Grad an Messtechnik nötig. Da jedoch die notwendige Messtechnik Kosten verursacht, wird oft - vor allem bei Kleinanlagen - versucht, diese zusätzlichen Kosten zu vermeiden. Für eine prozessbiologisch und verfahrenstechnisch optimale Biogasproduktion ist die messtechnische Überwachung jedoch unerlässlich.

8.2.3 Dokumentation

Eine konsequente Dokumentation der Prozesskennwerte ist der einzige Weg, zuverlässige Informationen über den Zustand und die Effizienz der Biogasproduktion zu erhalten. Die Erhebung der Kennwerte über einen längeren Zeitraum ist nicht nur für die Prozesskontrolle, sondern auch für die Diagnose von Problemen und Störungen wichtig.

Als ein sehr einfaches und wirksames Mittel dient das so genannte „Betriebstagebuch". Das Betriebstagebuch muss entsprechend der gesetzlichen Vorschriften geführt werden und wird z. B. im Rahmen der EEG-Prüfung jährlich vom Umweltgutachter eingesehen. Darüber hinaus ist es ein unerlässliches Werkzeug zur Prozess-Eigenüberwachung und sollte somit von jedem Biogasanlagenbetreiber gewissenhaft geführt werden. Vorteile eines Betriebstagebuchs sind u.a. [GOMEZ 2008]:

- Rückverfolgbarkeit der Menge und Qualität der eingesetzten Substrate (Nennung von Lieferanten)
- Steuerung und Optimierung der Raumbelastung der Anlage
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Gasverbrauch, Strombedarf, Betriebsstunden)
- Prozesssteuerung
- Gas-Leckerkennung.

Das Betriebstagebuch sollte folgende Angaben enthalten:

- Menge an täglich zugegebenen Substraten und ggf. Prozesshilfsmitteln
- Prozesstemperatur(en)
- Gasqualität (CH_4, CO_2, H_2S)
- Gasausbeute
- Gasmenge
- (Netto-) Stromproduktion
- Betriebsstunden (auch für einzelne Aggregate)
- Betriebsmittelverbrauch (Zündöl, etc.)
- In das Netz eingespeiste Strommenge
- Dienstleistungen, Störungen
- usw.

8.3 Anlagensicherheit

Mit dem Bau und Betrieb einer Biogasanlage stellen sich auch immer Fragen zum Thema Sicherheit, Risiken und Gefahren für Mensch, Tier und Umwelt. Geeignete Maßnahmen sollen dazu dienen, mögliche Risiken und Gefahrensituationen zu vermeiden und einen sicheren Anlagenbetrieb zu gewährleisten.

Folgende sicherheitsrelevante Aspekte müssen z. B. erfüllt sein, um eine Baugenehmigung zu erhalten:

- Einhaltung und Umsetzung von Brand- und Explosionsschutztechnischen Vorgaben
- Erkennung und Vermeidung von mechanischen Gefahren
- statisch einwandfreie Baukonstruktion
- elektrische Sicherheit
- ggf. Blitzschutz
- thermische Sicherheit
- Lärmschutz
- Vermeidung von Erstickungs- und Vergiftungsgefahren
- Umsetzung von hygienischen und veterinärmedizinischen Auflagen
- Vermeidung / Reduzierung von Luftschadstoffemissionen
- Einhaltung der Anforderungen an Grund- und Oberflächenwasserschutz (Umwallung)
- Vermeidung von Schadstofffreisetzung
- Installation von Kollisions- und Abrissschutz
- etc.

Abgesehen von möglichen Vergiftungs- und Erstickungsgefahren, Verbrennungen, elektrischen Schlägen oder rotierenden Teilen gibt es für das Personal auch andere mögliche Gefahrenquellen auf einer Biogasanlage. Um Unfälle zu vermeiden müssen klare Hinweise auf den entsprechenden Teilen der Anlage platziert sein. Die regelmäßige Schulung des Betreibers und des Bedienpersonals ist für einen sicheren Anlagenbetrieb unerlässlich.

Diese Qualifizierungsmaßnahme erhöht das Bewusstsein des Anlagenpersonals für mögliche Gefahrenquellen, ermöglicht einen sicheren Betrieb der Anlage und ist Voraussetzung dafür, Sicherheitsmaßnahmen festlegen zu können, falls fremde Unternehmen auf der Biogasanlage arbeiten müssen.

Anhang 1. Verträge

1.1. Anlagenbauvertrag

Der Anlagenbauvertrag regelt die Bauausführung und die bauliche Beschaffenheit und ist somit das Kernstück zur Errichtung einer Biogasanlage. Die wesentlichen Regelungspunkte hängen maßgeblich vom Konzept und der Größe der Anlage ab. Aus Sicht des Anlagenbetreibers sind insbesondere die folgenden Punkte regelungsbedürftig [FNR 2013, verändert]:

- ungeachtet dessen, ob die Anlage von einem Ingenieurbüro geplant oder als schlüsselfertige Errichtung eines Generalunternehmers erstellt wird, sollte der Vertrag alle Gewerke berücksichtigen und Vereinbarungen zu konkreten Leistungswerten beinhalten. Damit werden Streitigkeiten über die Verantwortlichkeiten für einzelne Gewerke vermieden. Der Vertrag sollte ein detailliertes Leistungsverzeichnis enthalten
- die technischen Voraussetzungen für die Vergütungsansprüche nach EEG sind einzuhalten (z. B. mindestens 150 Tage hydraulische Verweildauer der Gärsubstrate im gasdichten System)
- ein konkreter Fertigstellungstermin sollte vereinbart werden, zudem Regelungen bei Verzögerungen, um Einnahmeausfälle zu kompensieren (Vertragsstrafe)
- Bankbürgschaften oder andere werthaltige Sicherheiten können das Kostenrisiko sowohl in der Bau- als auch in der Gewährleistungsphase reduzieren
- klare Regelungen zum Probebetrieb (Umfang, Dauer, Leistungswerte, Wiederholungsversuche etc.) und zur Abnahme der Anlage
- Absprachen zum „Ob und Wie" nachträglicher Änderungen des Leistungsumfanges (Reduzierung und/oder Erweiterung) erhöhen die Flexibilität, selbst wenn ein Änderungswunsch bei Vertragsschluss noch nicht absehbar ist
- eine Reduzierung des gesetzlichen Gewährleistungsumfanges sollte möglichst vermieden werden. Ziel des Anlagenbetreibers ist stattdessen eine Verlängerung des Gewährleistungszeitraumes. Der Anlagenbauer möchte hingegen möglichst frühzeitig aus seiner Pflicht entlassen werden. Die gesetzlichen Regelungen zur Gewährleistung sind inhaltlich meist hinreichend, allerdings zeitlich regelmäßig auf maximal fünf Jahre begrenzt (BGB: 5 Jahre, VOB: 4 Jahre)
- eine vorausschauende Planung umfasst einen vertraglichen Anspruch auf Versorgung mit Ersatzteilen zu feststehenden oder jedenfalls bestimmbaren Preisen (Preisanpassungsklauseln)
- üblicherweise wird die Zahlung nach Baufortschritt vereinbart. Die Höhe der Abschlagszahlungen orientiert sich am wirtschaftlichen Wert des Gewerks bzw. der Teilleistung, deren Fälligkeit ergibt sich aus dem Projektablaufplan/Bauzeitenplan. Die Auszahlung der letzten Rate sollte nicht vor Ablauf des Gewährleistungszeitraumes erfolgen, jedenfalls aber nicht vor der Stellung entsprechender Sicherheiten (Gewährleistungsbürgschaft).

1.2. Betriebsführungs- und Wartungsvertrag

Die Biogasanlage muss instandgehalten und regelmäßig gewartet werden. Betreiber schließen in aller Regel Wartungsverträge für ihre Biogasanlage ab, gelegentlich ergänzt durch Betriebsführungsverträge. Falls der Anlagenhersteller bzw. -bauer keine Wartungsleistungen anbietet, sollte er dennoch schriftlich nach Wartungsvorgaben gefragt werden. Intervall und Umfang der Wartungsarbeiten sollten möglichst detailliert und in Schriftform festgelegt werden [FNR 2013, verändert]:

- neben dem Anlagenbauvertrag empfiehlt sich der zeitgleiche Abschluss eines Wartungsvertrages mit dem Anlagenbauer bzw. -hersteller
- die Laufzeit des Wartungsvertrages sollte die Gewährleistungsdauer nach Anlagenbauvertrag nicht unterschreiten
- um Gewährleistungsansprüche zu erhalten, ist ein Wartungsvertrag auch für Biogasanlagenbetreiber sinnvoll, die selbst über die technischen Fähigkeiten zur Wartung der Anlage verfügen.

1.3. Substratliefer- und Gärproduktrücknahmevertrag

Vor allem bei Anlagen mit einem hohen Anteil an Energiepflanzen und zugekaufter Biomasse entscheiden neben den Anfangsinvestitionen die Betriebskosten über die Wirtschaftlichkeit des Betriebs der Biogasanlage. Die Substratpreisentwicklung kann aufgrund der für 20 Jahre feststehenden Vergütungssätze des EEG, die keinen Inflationsausgleich und keine vertragliche Anpassung berücksichtigen, nicht kompensiert werden. Kosten und Modalitäten der Substratversorgung sind frühzeitig mit entsprechenden Risikozuschlägen in der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu berücksichtigen.

In Substratlieferverträgen für ackerbauliche Erzeugnisse werden die Liefermengen in der Regel flächenbezogen definiert, da der Ernteertrag nicht von vornherein feststeht. In guten Erntejahren kann es daher zu einer Überversorgung mit Substraten kommen, in schlechten zu einer Unterversorgung.

Vertraglich zu regeln ist auch die Verwertung der Gärprodukte nach Abschluss des Gärprozesses und der entsprechenden Lagerung im Gärrestlager. In der Praxis hat es sich bewährt, dass der Lieferant die Gärprodukte zurücknimmt, um sie als Düngemittel auf seinen landwirtschaftlichen Flächen einzusetzen.

In Substratliefer- und Gärproduktrücknahmeverträgen finden sich – neben den üblichen Regelungen zu Haftung etc. – Regelungen insbesondere zu folgenden Punkten [FNR 2013, verändert]:

- Laufzeit des Vertrages einschließlich Regelungen zu Kündigung und Vertragsverlängerung
- Angaben zu Liefermengen bzw. Anbauflächen unter Angabe der Ertragserwartung und etwaiger Mindestliefermengen, gegebenenfalls einschließlich Optionen
- Je nach Laufzeit des Vertrages Preisanpassungsmechanismen, zumeist in Anlehnung an einen oder mehrere Indizes (Verbraucherpreisindex, Dieselkraftstoffindex oder Substratpreisindex)
- Erntedienstleistung und Lieferlogistik, d. h. Vereinbarungen dazu, ob der Anlagenbetreiber oder der Substratlieferant die Ernte, das Häckseln, die Abfuhr, die Silierung nebst Verdichtung der Substrate übernimmt, wo diese eingelagert werden und wie lange sie gelagert werden müssen/dürfen
- Rücknahme des Gärprodukts (Umfang, Verantwortlichkeit, Zeitpunkte, Zeiträume, Fristen, Preise) einschließlich Logistik (insbesondere Transport, Lagerung, Verteilung) unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben zur Ausbringung der Gärrückstände als Düngemittel.

1.4. Wärmeliefervertrag

Bei Abschluss eines Wärmeliefervertrages sind ähnliche Punkte zu berücksichtigen wie beim Biogasliefervertrag (siehe 9.5), etwa Regelungen zu den Liefermengen, zur Laufzeit oder zur Vergütung.

Des Weiteren ist durch ein Umweltgutachten der Nachweis zu erbringen, dass 60 % der produzierten Strommenge in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden. Das bedeutet, dass die Kooperation des Wärmeabnehmers mit dem Gutachter sicherzustellen ist. Je nach Wärmenutzungsart (Gebäudetemperierung, Einspeisung in ein Wärmenetz, Prozesswärmenutzung etc.) müssen unterschiedliche Anforderungen beachtet werden, deren Erfüllung durch den Wärmeliefervertrag

sicherzustellen ist. Aus Sicht des Anlagenbetreibers ist die Vereinbarung einer Gesamtabnahmeverpflichtung bzw. Mindestabnahmeverpflichtung des Wärmekunden wichtig [FNR 2013].

1.5. Biogasliefervertrag

Das erzeugte Rohbiogas wird in der Regel in einem oder mehreren BHKW am Standort oder dessen Umgebung (Satelliten-BHKW) verstromt. Alternativ kann der Anlagenbetreiber das gewonnene Rohbiogas auch ganz oder teilweise verkaufen. Der Käufer sorgt dann für die Weiterverwertung, etwa die Verstromung und Wärmegewinnung in einem eigenen BHKW oder die Aufbereitung auf Erdgasqualität (Biomethan) zwecks Einspeisung in das öffentliche Gasnetz.

Ein Rohbiogasliefervertrag unterliegt keinen besonderen energierechtlichen Anforderungen. Meist erfolgt ein Transport des Rohbiogases über eigene Rohrleitungssysteme.

Der Biogasliefervertrag sollte die technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Interessen beider Vertragspartner angemessen berücksichtigen. Üblicherweise enthält ein Biogasliefervertrag folgende Regelungen [FNR 2013]:

- die Lieferung wird branchenüblich über zeitbezogene Regelung zu Mindest- bzw. Höchstmengen festgelegt (Anzahl der Kilowattstunden Biogas pro Stunde/Tag etc.) Ein solcher Liefermengen-Korridor berücksichtigt die naturgemäßen Schwankungen in der Biogasproduktion, ohne das Interesse beider Vertragspartner an hinreichender Planbarkeit zu vernachlässigen
- die vertragliche (Mindest-)Laufzeit und klar definierte Mechanismen zur Beendigung und zur Verlängerung des Vertrages sind für beide Vertragspartner von Bedeutung. Je länger die Vertragslaufzeit, desto wichtiger sind Preisanpassungsklauseln
- Preisanpassungsklauseln können an neutrale Indizes anknüpfen (z. B. Strom- oder Substratpreise an der Börse, Verbraucherpreisindex etc.) und sollten in erster Linie die jeweiligen Kostenrisiken bezogen auf die gesamte fest vereinbarte Vertragslaufzeit abbilden. Die Höhe und Dauer der EEG-Einspeisevergütung bieten Orientierungspunkte. Ob und wie sich Änderungen der gesetzlichen Vergütungsregelungen auf den Kaufpreis des Rohbiogases auswirken, sollte der Vertrag ausdrücklich regeln
- je nach beabsichtigter Verwendung des Rohbiogases durch den Käufer empfiehlt sich die Definition bestimmter Soll-Eigenschaften des Rohbiogases. Im Falle der Verstromung durch ein BHKW wird der Käufer auf eine Zusicherung bestehen, dass das Rohbiogas EEG-konform ist, damit er die EEG-Einspeisevergütung in Anspruch nehmen kann (Einsatzstoff-Tagebuch, Maisdeckel bzw. Gülleeinsatz, Verweildauer der Gärprodukte). Je nach Funktionsweise und technischen Anforderungen der Verstromungseinheit wird der Käufer Anforderungen an die Qualität des Rohbiogases stellen (Mindestmethangehalt etc.). Die Gasqualität ist auch für solche Käufer bedeutsam, die das Rohbiogas in Biogasaufbereitungsanlagen zu Biomethan aufbereiten. In diesem Fall richten sich die Kriterien auch nach den technischen Anforderungen der Biogasaufbereitungsanlage
- an welcher Stelle das Eigentum am Rohbiogas auf den Käufer übergehen soll, ist schon aus Gründen der Risikohaftung regelungsbedürftig. Hierbei sind die örtlichen Gegebenheiten und Eigentumsverhältnisse, etwa am Rohrleitungssystem bzw. dem oder den Gasspeicher(n), zu beachten
- der Liefervertrag regelt die Übertragung des Eigentums einer bestimmten Menge von Rohbiogas in einer bestimmten Qualität. Es ist daher erforderlich, Vereinbarungen über die Messung der Menge und der Qualität des Rohbiogases sowie zur Kostenübernahme dieser Messungen zu treffen.

1.6. Gestattungsvertrag

Die Errichtung und der Betrieb einer Biogasanlage auf dem eigenen Grundstück/Hof stellen den Regelfall dar. Wird allerdings ein Satelliten-BHKW – selbst oder durch Dritte – betrieben oder das erzeugte Rohbiogas bzw. die Wärme ganz

oder teilweise über Rohr- bzw. Wärmeleitungen geliefert, kann die Zustimmung benachbarter Grundstückseigentümer erforderlich sein. Hierfür werden schuldrechtliche Gestattungsverträge abgeschlossen. Die Laufzeit eines solchen Gestattungsvertrages sollte der erwarteten Nutzungsdauer entsprechen.

Die Vergütungsregelungen sollten aufgrund der langen Laufzeit Preisanpassungsmechanismen enthalten. Die Absicherung der Nutzungsrechte an fremden Grundstücken sollte unbedingt durch Eintragung entsprechender Dienstbarkeiten im Grundbuch geschehen. Nur so ist sichergestellt, dass die Nutzungsrechte bei einem Grundstücksverkauf oder im Falle der Insolvenz des Vertragspartners nicht verloren gehen [FNR 2013].

1.7. Wegenutzungsvertrag

Werden Rohbiogasleitungen oder Leitungen für ein Nahwärmenetz entlang öffentlicher Verkehrswege verlegt, kann es erforderlich sein, dass der Betreiber der Biogasanlage bzw. der Betreiber des Wärmenetzes einen Wegenutzungsvertrag mit dem zuständigen Straßenbaulastträger (Gemeinde) abschließen. Darin werden in aller Regel einmalige oder jährliche Gestattungsentgelte vereinbart. Einmalige Gestattungsentgelte orientieren sich häufig an der Entschädigung für die Bewilligung und Eintragung einer Grunddienstbarkeit. Jährlich zu zahlende Gestattungsentgelte orientieren sich häufig an der Zahlung einer Gas-Konzessionsabgabe für Sondervertragskunden gemäß Konzessionsabgabenverordnung (0,03 ct/kWh) [FNR 2013].

Anhang 2. Checklisten

1.1. Entwicklung einer Projektidee

Tabelle 5: Checkliste für die Projektidee [CASTILLO ET AL. 2012, verändert]

PHASE	TEILSCHRITT	GEPRÜFT	ANMERKUNGEN
1. BEWERTUNG DES LANDWIRTSCHAFTLICHEN POTENTIALS			
	Auf Ihren Feldern und Ihrem Betrieb: Ermitteln Sie die verfügbaren Substrate und schätzen Sie für jedes Substrat die Menge ein (Tonnen pro Jahr).		
	▪ Wirtschaftsdünger (Gülle, Festmist, usw.)		
	▪ Energiepflanzen (Mais, Grassilage usw.)		
	▪ Reststoffe (Futterreste, Getreideputz usw.)		
	▪ Weitere		
	In der Nachbarschaft: Wer könnte Interesse daran haben Substrate, z. B. Gülle, landwirtschaftliche Reststoffe, usw. abzugeben? Welche Mengen mit welcher Qualität, wie oft und zu welchem Preis?		
	▪ Andere Landwirte		
	▪ Agro-Industrie (Kartoffelverarbeitung etc.)		
	▪ Weitere		
	Erste (vorläufige) Berechnungen des Biomassepotentials des Betriebs und der Zulieferer sowie der Kosten für die Anlage		
	▪ Nutzen Sie den Biogas-Rechner auf www.bioenergyfarm.eu um eine erste Beurteilung zur ökonomischen Machbarkeit ihres geplanten Bioenergieprojekts zu bekommen.		
	▪ Prüfen sie die Ergebnisse, welche die unterschiedlichen Kosten (Ausrüstung, Treibstoffverbrauch, Logistik usw.) und die Nettoeinnahmen beschreiben.		
	▪ Befragen Sie Fachleute zu Ihrer Projektidee. Adressen finden sich im Anhang 5.		
2. BEWERTUNG DER TRANSPORTSITUATION			
	Gibt es eine gute Infrastruktur (Quantität und Qualität) zwischen dem möglichen Standort der Biogasanlage und den Feldern/Zulieferern?		
	Können LKWs die Straßen ohne Einschränkung nutzen?		

	Welche Substrate (in t/a) müssen über welche Distanz transportiert werden?		
	Wie viel wird die Logistik pro Jahr kosten und sind die Substrate diesen Aufwand wert?		
3. PROJEKTZIEL			
	Bestimmen Sie den Energieverbrauch des landwirtschaftlichen Betriebs (auch saisonale Spitzen) und des privaten Wohngebäudes		
	Bestimmen Sie die Art (Gas, Wärme, Strom) und die Energiemenge die benötigt wird		
	Gibt es Verkaufsmöglichkeiten, z. B. für überschüssige Wärme oder Biomethan, in der Nähe?		
	Informieren Sie sich über die Preise und die Bedingungen (Zeitraum, Gasqualität, Energiemenge, etc.). die verkauft werden können		
	Bestimmen Sie mit dem Kunden seine Bedürfnisse (Menge und Art der erzeugten Energie). Überprüfen Sie, ob es sich um eine langfristige Bindung handelt.		
	Überlegen Sie, wie die Energie transportiert werden kann (Wärmenetz, Tankstelle etc.)		
4. ART/STRUKTUR DES UNTERNEHMENS			
	Informieren Sie sich über die häufigsten Formen von Unternehmen und ihre Besonderheiten (siehe Kapitel 1.1.1).		
	Bestimmen sie die Personen, die eventuell an ihrem Projekt teilhaben könnten. Diskutieren sie mit ihnen über deren Beteiligung und Verantwortlichkeiten.		

1.2. Dokumente zur Anlagengenehmigung

Tabelle 6: Unterlagen für die Genehmigung einer Biogasanlage – ein Beispiel [FNR 2013, verändert]

Bauantragsformulare/ Antragsformulare auf immissionsschutzrechtliche Genehmigung	Die Formulare sind bei der für das Genehmigungsverfahren – Verfahren nach BImSchG oder Baurecht – zuständigen Behörde anzufordern.
Qualifizierter Lageplan	Dieser ist beim Kataster- und Vermessungsamt des Kreises zu erwerben.
Grundbuchauszug	Angaben über Eigentum, Wirtschaftsart, Lage des Standorts.
Anlagen- und Betriebsbeschreibung	Formulare zu Anlagendaten, Verfahren (Stoffübersicht) sowie Anlagen- und Betriebsbeschreibung (erstellt vom Planer).
Emission/Immission	Darstellung der emissionsverursachenden Verfahren/Vorgänge.
Lärmgutachten nach TA Lärm / Geruchsgutachten und Emissionsquellenplan nach TA Luft	Entscheidet die genehmigende Behörde aufgrund der besonderen Gegebenheiten des Standortes dass ein Gutachten erstellt werden muss, so ist hierzu ein zugelassener Sachverständiger nach §29b BImSchG zu beauftragen.
Wassergefährdende Stoffe	Darstellung der Leckageerkennung und Rückhalteeinrichtung der Biogasanlage sowie zur Lagerung und des Transports der in Betrieb befindlichen und gehandhabten wassergefährdenden Stoffe.
Anlagensicherheit	Beschreibung der Anlage unter brandschutztechnischen Gesichtspunkten, Darstellung eines Brandschutzkonzeptes vom Planer, ggf. Erstellung eines Brandschutzgutachtens von einem zugelassenen Sachverständigen. Beschreibung der Maßnahmen zur Sicherstellung sicherheitstechnischer Anforderungen, Lageplan mit Ex-Zonenplan.
Eingriff in Natur und Landschaft	Vereinbarkeit des Projekts auf Basis von bestehenden planerischen Rahmenbedingungen (z. B. Flächennutzungsplan, Bebauungsplan). Darstellung der Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen für eingriffsrelevante Vorhabensbestandteile (z. B. bebaute Fläche).
Zulassung nach EG-VO Tierische Nebenprodukte	Antrag auf Zulassung der Biogasanlage nach der EG-VO Tierische Nebenprodukte (VO EG Nr. 1069/2009) z. B. bei Einsatz von Gülle oder Mist.
Lageplan mit Abstandsflächen	Erstellung gemäß den Anforderungen der Sicherheitsregeln des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften für landwirtschaftliche Biogasanlagen.
Statik-Berechnungen für Großkomponenten der Biogasanlage	Die Statik-Berechnungen der Großkomponenten (z. B. Behälter, Gebäude) werden vom Anlagenhersteller/Komponentenhersteller erstellt und geliefert.
Aufstellungsplan	Dieser wird vom Planer erstellt.
Detailzeichnungen	Diese werden vom Planer erstellt. ▪ Rohrleitungspläne (Substrat/Gas/Heizmedien) mit Gefälle, Fließrichtung, Dimensionierung und Materialeigenschaften ▪ Berücksichtigung des Ex-Zonen-Bereiches (Ex-Zonen-Plan)

	▪ Art und Ausführung der Umschlagplätze für Gülle, Silagen und sonstige schüttfähige Substrate ▪ Maschinenraum mit den erforderlichen Installationen ▪ Heizleitungspläne mit Anbindung der Wärmeerzeuger und -verbraucher ▪ Grundfließschema mit Betriebseinheiten ▪ Stromflussdiagramm zur Einbindung des BHKW in den Betrieb ▪ Gasspeicher, Gassicherheitsstrecke ▪ Substratlagerstätten
Fließschemata für verfahrenstechnische Anlagen	Erstellung der Grundfließschemata nach DIN EN ISO 10628 mit Betriebseinheiten durch den Planer.
Verwertung der Gärprodukte	Darstellung der notwendigen Flächenausstattung zur landwirtschaftlichen Verwertung des Wirtschaftsdüngers (Gärrückstände).
Rückbauverpflichtungserklärung	Verpflichtung des Antragstellers über Rückbau und Beseitigung der Anlage und der Bodenversiegelung nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung.

Anhang 3. Daten und Informationen für Projekte in Deutschland

1.1. Rechtsformen von Unternehmen

Tabelle 7: Wesentliche Merkmale relevanter Rechtsformen für Biogasunternehmen [FNR 2013, FNR 2013 B]

	EINZEL-UNTERNEHMER	GESAMTHANDS-GEMEINSCHAFT / GESELLSCHAFT BÜRGERLICHEN RECHTS (GBR)	KOMMANDIT-GESELLSCHAFT (KG)	GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG (GMBH) / UNTERNEHMER-GESELLSCHAFT (UG)
Geschäftsführer / Gesellschafter	Eine natürliche Person.	Mind. zwei natürlichen und/oder juristischen Personen (Gesellschafter).	Mind. zwei natürlichen und/oder juristischen Personen.	Eine oder mehrere natürliche oder juristische Personen.
Kapitaleinlage	Eine Mindestkapitaleinlage ist gesetzlich nicht vorgesehen.	Eine Mindestkapitaleinlage ist gesetzlich nicht vorgesehen.	Eine Mindestkapitaleinlage ist gesetzlich nicht vorgesehen. Jeder Gesellschafter ist entsprechend seiner Vermögenseinlage am Gesellschaftsvermögen beteiligt (Kapitalanteil).	Das Stammkapital muss mindestens 25.000 € betragen. Bei Unternehmergesellschaften muss das Mindeststammkapital 1 € betragen (es müssen ggf. gewisse Rücklagen vorliegen).
Haftung	Der Einzelunternehmer haftet unbeschränkt mit seinem gesamten privaten und betrieblichen Vermögen.	Gesellschafter haften jeweils unbeschränkt mit ihrem gesamten privaten und betrieblichen Vermögen.	Mindestens ein Gesellschafter haftet unbeschränkt mit seinem Vermögen (Komplementär). Die Teilhafter (Kommanditisten) haften nur in Höhe ihrer Einlagen.	Die GmbH haftet mit ihrem gesamten Gesellschaftsvermögen. Die Haftung ist auf das Stammkapital beschränkt, d.h. die Gesellschafter haften nur mit ihrer Einlage.
Rechtsfähigkeit	Der Einzelunternehmer kann Rechte erwerben und Verbindlichkeiten eingehen. Er kann Eigentum und andere dingliche Rechte an Grundstücken erwerben und vor Gericht klagen und verklagt werden.	Vorhanden.	Vorhanden.	Juristische Person.
Geschäftsführung & Vertretung	Der Einzelunternehmer führt die Geschäfte unter seinem Namen bzw. seiner	Alle Gesellschafter sind zur Geschäftsführung berechtigt und verpflichtet. Über die Form	Zur Geschäftsführung ist ausschließlich der persönlich haftende	Wird von einem oder mehreren Geschäftsführer(n) vertreten.

	Firma auf eigene Rechnung und eigenes Risiko. Er kann die Geschäfte durch einen Angestellten führen lassen bzw. einen Dritten zur Führung der Geschäfte bevollmächtigen.	(Einzel- oder Gesamtvertretung) bestimmen die Gesellschafter.	Komplementär berechtigt und verpflichtet. Durch vertragliche Vereinbarung kann die Geschäftsführung einem oder mehreren Kommanditist(en) übertragen.	Gesellschafter haben kein Vertretungsrecht. Geschäftsführer kann ein Außenstehender oder ein Gesellschafter sein.
Besteuerung	Der Einzelunternehmer ist gewerbesteuerpflichtig, wenn, durch die im Rahmen einer gewerblich geführten Biogasanlage, Einkünfte entstehen. Der Inhaber des Unternehmens ist Einkommensteuerpflichtig, jedoch nicht das Unternehmen. Ein Einzelunternehmer ist zur Umsatzsteuer verpflichtet	Einkommenssteuerpflichtig sind die Gesellschafter mit ihrem Gewinnanteil. Umsatzsteuerlich und gewerbesteuerlich gelten weitestgehend die gleichen Voraussetzungen wie für Einzelunternehmer.	Die Gesellschafter selbst sind einkommenssteuerpflichtig. Die KG ist umsatzsteuer- und in der Regel gewerbesteuerpflichtig. Keine Körperschaftssteuerpflicht.	Eine GmbH unterliegt mit ihrem Einkommen der Körperschaftssteuer. Eine GmbH gilt als Handelsgesellschaft und unterliegt somit der Gewerbesteuer. Schüttet die GmbH Gewinn an ihre Gesellschafter aus, muss sie davon Kapitalertragsteuer einbehalten. Eine GmbH kann ggf. auch unter das Umsatzsteuerrecht fallen.
Besonderheiten	Eine Buchführungspflicht für den landwirtschaftlichen Einzelunternehmer ergibt sich dann, wenn die selbstbewirtschaftete land- und forstwirtschaftliche Fläche einen Wirtschaftswert von mehr als 25.000 €, der Gewinn aus Land- und Forstwirtschaft mehr als 50.000 € im Kalenderjahr oder die Umsätze mehr als 500.000 € im Kalenderjahr betragen. Werden die vorgenannten Grenzen nicht überschritten, ist eine vereinfachte	Geeignet für Handelsgeschäfte mit einem Partner. Kein Mindestkapital benötigt. Haftungsrisiken (Mitglieder der Gesellschaften mit Sozial- und Privatkapital) Hohes Ansehen aufgrund der persönlichen Haftung. Hinsichtlich der Buchführungs- und Rechnungslegungspflichten gelten weitestgehend die gleichen Voraussetzungen wie bei einem Einzelunternehmer.	Für Unternehmer die nach weiterem Startkapital suchen, aber in alleiniger Verantwortung bleiben möchten. Der Vollhafter führt die Geschäfte allein. Teilhafter ist finanziell am Unternehmen beteiligt.	Eine GmbH entsteht erst mit der Eintragung in das Handelsregister. Einfachste Form der Gesellschaft. Unternehmer wollen Haftung beschränken. Bietet steuerliche Vorteile, wenn das Einkommen hoch ist. Vergleichsweise hoher Aufwand für die Gründung und die Buchhaltung. Unternehmen haftet mit dem gesamten Unternehmenskapital. Haftung der Mitglieder ist auf ihre eigene

	Einnahmen-Überschuss-Rechnung ausreichend. Kleinere Unternehmen können ggf. ihre Gewinne nach Durchschnittssätzen ermitteln. Biogasanlagen, die als Nebenbetriebe eines landwirtschaftlichen Hauptbetriebs geführt werden, gelten dabei als Sondernutzungen.			Einlage begrenzt.

1.2. Grundlagen der Anlagengenehmigung

Für die Zulassung von Biogasanlagen sind viele Gesetze und Verordnungen zu beachten. Diese gesetzlichen Anforderungen berücksichtigen verschiedene Regelungen wie Projektplanungsrechte, Bauvorschriften, Vorschriften zum Schutz von Wasser und Natur, zum Umgang mit Abfall und Dünger sowie Hygienevorschriften und u. U. Vorschriften zur Umweltverträglichkeitsprüfung. Tierseuchenrechtliche Bestimmungen können außerdem eine Rolle spielen, wenn tierische Nebenprodukte in der Anlage verwendet werden [FNR 2013].

Es ist zu berücksichtigen, dass die Genehmigungspraxis in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich ist und die Vielzahl der für das Genehmigungsverfahren zu beachtenden Gesetze macht deutlich, dass es ratsam ist einen Experten bei der Genehmigungsbeantragung hinzuzuziehen.

Bei der Genehmigung von Biogasanlagen kommen zwei Verfahren zur Anwendung: Das baurechtliche Genehmigungsverfahren oder das aufwändigere Verfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG [BImSchG 2014]. Das Hauptkriterium, um das für die Anlage erforderliche Genehmigungsverfahren zu bestimmen, ist die jährliche Produktionsrate von Rohbiogas. Unterhalb einer Schwelle von 1,2 Mio. Nm³/Jahr, was einer installierten elektrischen Leistung des BHKW von ca. 270 kW entspricht, ist die Baugenehmigung durch das Baurecht ausreichend. Für Biogas-Kleinanlagen ist dies das vorherrschende Genehmigungsverfahren.

Jedes Bundesland hat seine eigene Bauordnung (Landesbauordnung), die das eigentliche Verfahren und die erforderlichen Unterlagen vorgibt. Für die Antragstellung werden in der Regel Dokumente, Karten und Entwürfe zu folgenden Aspekten eingereicht:

- allgemeine Informationen über die betroffene Landschaft, das Bauland und ihren Besitzer
- Zeichnungen zur Geländegestaltung sowie Ansichten und Schnitte der Biogasanlage, etc.
- Angaben zu den in der Biogasanlage verwerteten Substrate
- Berechnungen der erwarteten Gasproduktion
- Prozessbeschreibung einschließlich der Gasbehälter und des BHKW
- Immissionsschutzrelevante Daten
- Beschreibung des Anfahrprozesses der Anlage
- Beschreibung der emissionsmindernden Maßnahmen Umsetzung der Anlagensicherheit (Brandschutz, Sicherheitseinrichtungen, Arbeitsschutz)
- Verwendungskonzept für das Gärprodukt

- Maßnahmen für die Demontage der Anlage nach Beendigung der Nutzungsdauer
- usw.

Während des Planungsprozesses sollte das örtliche Energieversorgungsunternehmen kontaktiert werden, um es über die laufenden Pläne zur Errichtung einer Biogasanlage zu informieren und um sich über den Anschlusspunkt an das Stromnetz zu erkundigen. Da die Energieversorgungsunternehmen durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verpflichtet sind regenerative Energieanlagen an das Netz anzuschließen, ist eine offizielle Genehmigung für den Netzanschluss nicht erforderlich.

Weitere Informationen

Sie finden weitere Informationen zur Anlagengenehmigung z. B. im „Leitfaden Biogas" [FNR 2013] oder im "Biogashandbuch Bayern". Obwohl letzteres speziell das Baugenehmigungsverfahren in Bayern beschreibt, bietet es einen fundierten Überblick (und das Grundprinzip ist auch in anderen Bundesländern anwendbar).

- Gesetzte und Verordnungen im Internet:
  www.gesetze-im-internet.de
- Allgemeine Information:
  www.carmen-ev.de/infothek/rechtlicher-rahmen/gesetze-verordnungen
  http://biogas.fnr.de/rahmenbedingungen/rahmenbedingungen2/
  www.lfu.bayern.de/energie/biogashandbuch/index.htm

Eine Übersicht zu weiterführender Literatur und Informationen findet sich im Anhang 4.

1.3. Emissionsvorschriften

Immissionsschutz

Um die Umwelt und die Gesundheit der Menschen zu schützen, müssen die verschiedensten Emissionen eingeschränkt und kontrolliert werden. Diese Beschränkungen werden durch nationale Vorschriften festgelegt und sind Teil der notwendigen Bedingungen, um eine Genehmigung für die Anlage zu erhalten.

Das Bundes-Immissionsschutzgesetzes [BImSchG 2014] sowie die dazugehörigen Verordnungen regeln den Emissionsschutz. Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft und die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm enthalten z. B. die Grenzwerte für Abgase und Lärm die beim Betrieb eines Blockheizkraftwerks (BHKW) einzuhalten sind.

Tabelle 8: Emissionsgrenzwerte für Abgas von Blockheizkraftwerken <1 MW_{el}

GRENZWERT	GAS-OTTO-MOTOREN	ZÜNDSTRAHLMOTOREN
Stickoxide (NO_x)	0,5 g/m³	1 g/m³
Kohlenmonoxid (CO)	1 g/m³	2 g/m³
Gesamtstaub	0,02 g/m³	0,02 g/m³
Formaldehyd	0,06 g/m³	0,06 g/m³
Schwefeloxide	0,31 g/m³	

Tabelle 9: Lärmschutz: Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden

IMMISSIONSORT	TAG (6:00 – 22:00 UHR)	NACHT (22:00 – 6:00 UHR)
in Industriegebieten	70 dB(A)	
in Gewerbegebieten	65 dB(A)	50 dB(A)
in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	60 dB(A)	45 dB(A)
in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten	55 dB(A)	40 dB(A)
in reinen Wohngebieten	50 dB(A)	35 dB(A)
in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB(A)	30 dB(A)

Gasförmige Emissionen von Biogasanlagen sowie die Lagerung von Substraten und Gärprodukten sind in der VDI-Richtlinie Emissionsminderung - Biogasanlagen in der Landwirtschaft - Vergärung von Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger (3475-4) zusammengefasst [VDI 2010], die den aktuellen Stand der Technik beschreibt. Für kleine Biogasanlagen unter 75 kW_{el} installierte Leistung gilt zum Beispiel:

- Senkung der Treibhausgasemissionen durch eine angemessene Abdeckung von Lagerbehältern.
  Wenn die Biogasanlage mit 100% Gülle betrieben wird, sind wegen der deutlichen Emissionsminimierung durch die Gülleverwertung keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Anlagen, die zudem Co-Substrate wie Energiepflanzen verwenden, müssen ein gasdichtes Gärrestlager vorweisen. Die hydraulische Verweilzeit des Substrats in der gesamten Anlage muss 150 Tage betragen (Anforderung des EEG (2014)).
- Die Anlage muss über einen alternativen Gasverbraucher (z. B. Gasfackel oder Gaskessel) verfügen.

Gewässerschutz

Der Schutz vor Wasserverschmutzungen durch technische Anlagen wird auf nationaler Ebene im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sowie in der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) bzw. derzeit noch in den jeweiligen Verordnungen der Bundesländer geregelt. In diesen werden Schutzstufen und Anforderungen definiert, wie z. B. die Leckage-Einrichtungen von Behältern und Rohrleitungen, die Sammlung und Behandlung von verunreinigtem Regenwasser von Fahrsilos und Fahrwegen und Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz von Oberflächengewässern vor Gärsubstrat, Gärrest oder anderen wassergefährdenden Stoffen.

Weitere Informationen:

- Biogashandbuch Bayern, Kapitel 2.2.4:
  www.lfu.bayern.de/energie/biogashandbuch/doc/kap224.pdf
- Informationsblatt „Wasserwirtschaftliche Anforderungen an landwirtschaftliche Biogasanlagen" vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg:
  https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/BiogasbroschuereInternet_1_.pdf

1.4. Fördermaßnahmen

In Deutschland gibt es diverse Maßnahmen und Programme zur Förderung der regenerativen Energien, die auf verschiedenen Verwaltungsebenen (z. B. Bund, Bundesländer, usw.) angesiedelt sind und für eine bestimmte Art von Biomasse und/oder Bioenergie (Wärme, Strom) sowie für verschiedene Zielgruppen (z. B. Privatpersonen, Unternehmen, usw.) gültig sind. Darüber hinaus können Förderungen nicht rückzuzahlende Investitionszuschüsse, zinsgünstige Darlehen oder feste Tarife für die Stromeinspeisung beinhalten.

Im Folgenden wird eine kurze Beschreibung der wichtigsten Förderungsregelungen und der entsprechenden Links zur Höhe der Förderungen gegeben.

Erneuerbare-Energien-Gesetz

Das EEG ist das zentrale Steuerungsinstrument für den Ausbau der erneuerbaren Energien. Es spielt somit für die Finanzierung einer Biogasanlage eine entscheidende Rolle.

Tabelle 10: Übersicht über das Erneuerbare-Energien-Gesetz [EEG 2017]

ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ (EEG)	
Fokus	Das EEG trat im Jahr 2000 erstmals in Kraft und wurde seitdem vier Mal novelliert. Die fünfte Novellierung tritt zum 1.1.2017 in Kraft. „Zweck des Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen…" (§1 EEG 2017). Ziel des EEG 2017 ist es, den Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2025 auf 40-45%, bis zum Jahr 2050 auf mindestens 80 Prozent zu steigern (§1 (2) EEG 2017).
Zielgruppe	Betreiber von Anlagen zur Erzeugung und Einspeisung von Strom aus Erneuerbaren Energien.
Inhalt	Mit der EEG-Fassung von 2017 hat sich die Förderung der Stromerzeugung aus Biomasse drastisch verändert. Erstmals werden nun auch Ausschreibungen für Biomasseanlagen durchgeführt. Im Hinblick auf die Biomasse bezieht sich das Erneuerbare-Energien-Gesetz auf die Bereitstellung elektrischer Energie aus Biogas, Holz und anderen Biomassesubstraten (für Beschreibungen der Biomasse im Rahmen des EEG siehe Biomasseverordnung: *www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/biomassev/gesamt.pdf*). Das Ausschreibungsvolumen liegt bis 2019 bei 150 MW installierter Leistung und erhöht sich auf 200 MW installierte Leistung in den Jahren 2020-2022.
Förderhöhe	*Eine direkte Einspeisevergütung für Biomasseanlagen ist nach EEG 2017 nur noch für Gülle-Kleinanlagen (§44; mind. 80% Gülle), Anlagen ≤ 150 kWel und Bioabfallanlagen möglich. Für alle anderen Anlagen wird die Förderhöhe über jährlich stattfindende Ausschreibungen mit max. Gebotswerten bestimmt.*

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>ANLAGENTYP - FESTVERGÜTUNG</th><th>VERGÜTUNG</th></tr>
<tr><td>Biomasse allgemein ≤ 150 kW_{el}</td><td>13,32 ct/kWh_{el}</td></tr>
<tr><td>Bioabfall ≤ 500 kW_{el}</td><td>14,88 ct/kWh_{el}</td></tr>
<tr><td>Bioabfall 500 kW_{el} – 1 MW_{el}</td><td>13,05 ct/kWh_{el}</td></tr>
<tr><td>Gülle-Kleinanlagen ≤ 75 kW_{el}</td><td>23,14 ct/kWh_{el}</td></tr>
<tr><th>ANLAGENTYP - AUSSCHREIBUNG</th><th>MAX. GEBOTSWERT</th></tr>
<tr><td>Bestandsanlagen (Förderzeitraum 10 Jahre)</td><td>16,9 ct/kWh_{el}*</td></tr>
<tr><td>Neuanlagen (Förderzeitraum 20 Jahre)</td><td>14,88 ct/kWh_{el}</td></tr>
</table>
* max. bis zur Höhe der bisherigen Vergütung
Diese Vergütungshöhen bestehen für alle Anlagen die bis zum 31.03.2017 in Betrieb genommen werden. Beginnend mit dem 01.04.2017 unterliegen die Werte der Festvergütung einer halbjährlichen Degression von 0,5 % gegenüber dem jeweils vorangegangenen geltenden Wert. Die max. Gebotswerte sinken für die Ausschreibungen sinken jährlich um 1% (erstmals am 1.1.2018).
</td></tr>
<tr><td>Weitere Informationen</td><td>Eine kurze Übersicht über die Finanzielle Förderung von Biogasanlagen inkl. der Förderbedingungen gemäß EEG bietet: http://bioenergie.fnr.de/eeg_2017/
Weitere Informationen zum Gesetz bietet: www.erneuerbare-energien.de
Der Gesetzestext zur aktuellen Novellierung kann heruntergeladen werden unter: http://dipbt.bundestag.de/dip21/brd/2016/0355-16.pdf</td></tr>
</table>

Marktanreizprogramm

Mit dem Marktanreizprogramm (MAP) fördert die Bundesregierung u. a. den Einbau biomassebetriebener Heizungsanlagen für Privatpersonen, Freiberufler und Unternehmen. Unterstützt werden u. a. aber auch Nahwärmenetze, die mit Wärme aus regenerativen Energien betrieben werden.

Das MAP gewährt zudem einen Tilgungszuschuss von bis zu 30 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten bei Errichtung und Erweiterung von Biogasleitungen für unaufbereitetes Biogas hin zur Konversionsanlage. Der Zuschuss wird anerkannt, wenn entsprechende Gasnutzungsvarianten verwendet und Wärmenutzungskriterien eingehalten werden (Anhang II).

Weitere Informationen zum Marktanreizprogramm (MAP):

www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Foerderung/Beratung_und_Foerderung/Marktanreizprogramm/marktanreizprogramm.html

Finanzierungsprogramme

Auf nationaler Ebene können die Anleger zinsgünstige Darlehen beantragen. Folgende Programme sind derzeit Verfügbar (Stand August 2014).

- KfW-Programm Erneuerbare Energien "Standard"
  Förderung von Anlagen zur Stromerzeugung aus regenerativen Energien. Voraussetzung ist, dass Sie zumindest einen Teil des Stroms in das öffentliche Stromnetz einspeisen. Das Programm ist über die Hausbank des

Anlegers zugänglich, keine Frist festgelegt.
https://kfw.de

- KfW-Programm Erneuerbare Energien "Premium"
  Förderung von Investitionen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Gültig auch für die Peripherie einer Biogasanlage, beispielsweise die Installation oder Ausbau eines Fernwärmenetzes, Mikrogasnetzes oder großen Wärmespeichers. Das Programm ist über die Hausbank des Anlegers zugänglich, keine Frist festgelegt.
  https://kfw.de
- Rentenbank-Programm "Energie vom Land"
  Förderprogramm zur Finanzierung von Investitionen zur Gewinnung und Nutzung erneuerbarer Energien, z. B. Biogasanlagen. Das Programm ist über die Hausbank des Anlegers zugänglich.
  www.rentenbank.de
- BAFA Unterstützung für Heiz- und Kühlnetze sowie Speicherung
  Grad der technischen Unterstützung hängt von den Parametern des Heiz-/ Kühl-Netzwerks ab. Keine Frist des Programms festgelegt.
  www.bafa.de

Eine aktuelle und umfassende Übersicht über öffentliche Förder- und Finanzierungsprogramme in Deutschland, z. B. für die Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung, liefert der Informationsdienst des Fachinformations-zentrums (BINE). Es listet alle relevanten Programme des Bundes und der Länder sowie gegebenfalls Finanzierungsmöglichkeiten von Kommunen auf:

- BINE Informationsdienst
  www.energiefoerderung.info

Weitere Informationen zu Fördermöglichkeiten in Deutschland und in der EU:

- Förderdatenbank
  www.foerderdatenbank.de

Anhang 4. Weiterführende Literatur

Folgende Veröffentlichungen (Auswahl) beschäftigen sich mit den Aspekten der landwirtschaftlichen Biogasproduktion und -nutzung.

Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung	Autorenteam, Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 6. Auflage, 244 Seiten, 2013, ISBN: 3-00-014333-5, Download: http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/biogas.html
Faustzahlen Biogas	Autorenteam, Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 3. überarbeitete Auflage, 360 Seiten, 2013, ISBN 978-3-941583-85-6, Shop: www.ktbl.de/shop/
Biogas Praxis - Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit	B. Eder, et. al., 5. überarbeitete Auflage 2012, 254 Seiten, ökobuch Verlag, ISBN: 978-3-936896-60-2
Biogasanlagen in der Landwirtschaft	Gruber, C., Herausgeber aid infodienst e.V., 6. Auflage, 100 Seiten, 2013, ISBN 978-3-8308-1070-4, Shop:https://shop.aid.de/1453/Biogasanlagen-in-der-Landwirtschaft
Biogashandbuch Bayern - Materialienband	Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Stand 2014 Download: www.lfu.bayern.de/energie/biogashandbuch/index.htm
Schwachstellen an Biogasanlagen verstehen und vermeiden	Autorenteam, Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 2. überarbeitete Auflage, 2009, 56 Seiten, ISBN 978-3-939371-81-6, Shop: www.ktbl.de/shop/
Sicherer Betrieb von Biogasanlagen - Gesetzliche Normen praktisch umsetzen	D. Walter, 1. Auflage, 2013, 120 Seiten, DLG-Verlag, ISBN 978-3-7690-2023-6
Biomethaneinspeisung in der Landwirtschaft - Geschäftsmodelle - Technik - Wirtschaftlichkeit	Autorenteam, Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 1. Auflage, 2012, 84 Seiten, ISBN 978-3-941583-70-2 Shop: www.ktbl.de/shop/
Leitfaden Biogasaufbereitung und -einspeisung	Autorenteam, Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 5. überarbeitete Auflage, 2014, 160 Seiten, ISBN 3-00-018346-9, Download: http://mediathek.fnr.de/leitfaden-biogasaufbereitung.html
Biogas-Messprogramm II - 61 Biogasanlagen im Vergleich	Autorenteam, Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2009, 168 Seiten, ISBN 978-3-9803927-8-5, Download: www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_385-messprogramm_ii.html
Clevere Landwirte geben Gas – Muster-lösungen zukunftsfähiger Biogasanlagen	Autorenteam, Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 1. Auflage, 2012, 48 Seiten, ISBN 978-3-941583-69-6 Shop: www.ktbl.de/shop/
Festmist- und Jaucheanfall	Autorenteam, Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Schrift 502, 1. Auflage, 2014, 72 Seiten, ISBN 978-3-941583-68-9, Shop: www.ktbl.de/shop/
Technologiebewertung von Gärrestbehandlungs- und Verwertungskonzepten	W. Fuchs, B. Drosg; Herausgeber: Universität für Bodenkultur Wien, 1. Auflage 2010, 215 Seiten, ISBN: 978-3-900962-86-9
Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen	Autorenteam, Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 3. Auflage, Darmstadt, 2015, ISBN 978-3-945088-03-6 Shop: www.ktbl.de/shop/

Anhang 5. Kontakte für Informationen und Beratung

IBBK Fachgruppe Biogas GmbH	Adresse:	Am Feuersee 6 74592 Kirchberg/Jagst
	Telefon:	07954 9262-03
	E-Mail:	info@biogas-zentrum.de
	Web:	www.biogas-zentrum.de
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)	Adresse:	Bartningstraße 49 64289 Darmstadt
	Telefon:	06151 7001-0
	E-Mail:	info@ktbl.de
	Web:	www.ktbl.de
Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. (C.A.R.M.E.N)	Adresse:	Schulgasse 18 94315 Straubing / Germany
	Telefon:	09421 960-300
	E-Mail:	contact@carmen-ev.de
	Web:	www.carmen-ev.de/biogas
Deutsches BiomasseForschungszentrum gGmbH	Adresse:	Torgauer Str. 116 04347 Leipzig
	Telefon:	0341 2434-112
	E-Mail:	info@dbfz.de
	Web:	www.dbfz.de
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)	Adresse:	OT Gülzow, Hofplatz 1 18276 Gülzow-Prüzen
	Telefon:	03843 6930-199
	E-Mail:	info@bio-energie.de
	Web:	www.bio-energie.de
Fachverband Biogas e.V.	Adresse:	Angerbrunnenstrasse 12 85356 Freising
	Telefon:	08161 9846-60
	E-Mail:	info@biogas.org
	Web:	www.biogas.org

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Biogas-Info-Service	Adresse:	Nevinghoff 40 48147 Münster
	Telefon:	0251 2376-0
	E-Mail:	info@lwk.nrw.de
	Web:	www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/technik/biogas/index.htm
Landwirtschaftskammer Niedersachsen	Adresse:	Mars-la-Tour-Straße 1-13 26121 Oldenburg
	Telefon:	0441 801-0
	E-Mail:	info@lwk-niedersachsen.de
	Web:	www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/7/nav/10/action/contact/parent/Energietechnik/sub/Biogas.html
Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen	Adresse:	Kölnische Str. 48-50 34117 Kassel
	Telefon:	0561 72 99
	E-Mail:	informationstechnik@llh.hessen.de
	Web:	www.llh.hessen.de/nachwachsende-rohstoffe-bio-energie/energetische-nutzung.html
Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg	Adresse:	Lehmgrubenweg 5 88326 Aulendorf
	Telefon:	07525 942-350
	Web:	www.lazbw.de/pb/,Lde/Startseite/Gruenlandwirtschaft+und+Futterbau

Literaturverzeichnis

BIMSCHG 2014

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschg/gesamt.pdf; Zugriff im November 2014

CASTILLO ET AL. 2012

Castillo, B.-P., et. al.: Implementierung einer Bioenergieanlage. Handbuch des EU-Projekts BioEnergy Farm, Stuttgart, 2012

EDER ET AL. 2012

Eder, B., et al.: Biogas Praxis - Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. 5. überarbeitete Auflage, Herausgeber ökobuch Verlag, Staufen, 254 Seiten, 2012, ISBN: 978-3-936896-60-2

EEG 2014

Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien. www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg_2014/gesamt.pdf, Zugriff im November 2014

EEG 2017

Gesetz zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zu weiteren Änderungen des Rechts der erneuerbaren Energien (EEG 2017), Gesetzesbeschluss des Deutschen Bundestages, Drucksache 355/16 vom 08.07.2016. http://dipbt.bundestag.de/dip21/brd/2016/0355-16.pdf, Zugriff im Oktober 2016

EHRENSTEIN ET AL. 2012

Ehrenstein, U.; Strauch, S.; Hildebrand, J.: Akzeptanz von Biogasanlagen - Hintergrund, Analyse und Empfehlungen für die Praxis. Herausgeber Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Forschungsgruppe Umweltpsychologie und Universität des Saarlandes, 24 Seiten, Oberhausen, 2012

ELTROP ET. AL. 2014

Eltrop et al: Grundlagen und Planung von Bioenergieprojekten. Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, 96 Seiten, 2014, ISBN: 3-942147-13-2

FNR 2013

Autorenteam: Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung. Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 6. Auflage, 244 Seiten, Gülzow, 2013, ISBN: 3-00-014333-5

FNR 2013B

Thomsen, J.: Geschäftsmodelle für Bioenergieprojekte - Rechtsformen, Vertrags- und Steuerfragen. Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 1. Auflage, 56 Seiten, Gülzow, 2013

FUCHS & DROSG 2010

Fuchs, W.; Drosg, B.: Technologiebewertung von Gärrestbehandlungs- und Verwertungskonzepten. Herausgeber Universität für Bodenkultur Wien, 1. Auflage, 215 Seiten, Wien, 2010

GOMEZ ET. AL. 2008

Da Costa Gomez, C., Porsche, G., Heldwein, G,: Operational Guidelines - Guideline 1, EU-Projekt Agrobiogas. Herausgeber Fachverband Biogas e.V., Freising, 2008

SVLFG 2008

Sicherheitsregel für landwirtschaftliche Biogasanlagen - Technische Information Nr. 4. Herausgeber Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG), 2008. www.svlfg.de/60-service/servo2_brosch/servo201praev/servo20103_tech_info/07_blbpdf12.pdf, Zugriff im April 2015

KTBL 2015

Autorenteam: Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 3. Auflage, Darmstadt, 2015, ISBN 978-3-945088-03-6

KTBL 2013

Autorenteam: Faustzahlen Biogas. Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 3. überarbeitete Auflage, 360 Seiten, Darmstadt, 2013, ISBN 978-3-941583-85-6

KTBL 2012

Autorenteam: Biomethaneinspeisung in der Landwirtschaft - Geschäftsmodelle - Technik - Wirtschaftlichkeit. Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 1. Auflage, 84 Seiten, Darmstadt, 2012, ISBN 978-3-941583-70-2

KTBL 2009

Autorenteam: Schwachstellen an Biogasanlagen verstehen und vermeiden. Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 2. überarbeitete Auflage, 56 Seiten, Darmstadt, 2009, ISBN 978-3-939371-81-6

KTBL 1999

Döhler, H.; Schiesl, K.; Schwab, M.: Umweltvertragliche Gülleaufbereitung und -verwertung. Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., BMBF–Förderschwerpunkt, KTBL-Arbeitspapier 272, Darmstadt, 1999

LFU 2007

Autorenteam: Biogashandbuch Bayern – Materialband. Kapitel 1.1 – 1.5, Herausgeber Bayerische Landesanstalt für Umwelt, Stand 2007, 68 Seiten, Augsburg

SEADI ET AL. 2008

Seadi, T. A., et al.: Biogas Handbook – Guide of BiG>East-Project. Herausgeber University of Southern Denmark, 126 Seiten, 2008, ISBN 978-87-992962-0-0

VDI 2010

Emissionsminderung - Biogasanlagen in der Landwirtschaft - Vergärung von Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger - VDI 3475 Blatt 4. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010

Projektpartner

Cornelissen Consulting Services B.V.

Welle 36 | 7411 CC Deventer | Die Niederlande

T: +31-507-667-000

E: info@cocos.nl | W: www.cocos.nl

DCA Multimedia B.V.

Middendreef 281 | 8233 GT Lelystad | Die Niederlande

T: +31-320-269-520

E: info@dca.nl | W: www.boerenbusiness.nl

University of Turin – DEIAFA

Via L. Da Vinci, 44 | 10095 – Grugliasco (TO) | Italien

T: +39 011 6708596

E: remigio.berruto@unito.it | W: www.deiafa.unito.it

Foundation Science and Education for Agri-Food Sector FNEA

Fabianska 12 | 01472 Warszawa | Polen

T: +48 608 630 637

E: edward_majewski@sggw.pl

National Energy Conservation Agency

ul. Swietokrzyska 20 | 00-002 Warszawa | Polen

T: +48-22-505-5661

E: nape@nape.pl | W: www.nape.pl

IBBK Fachgruppe Biogas GmbH

Am Feuersee 6 | 74592 Kirchberg/Jagst | Deutschland

T: +49 7954 926 203

E: info@biogas-zentrum.de | W: www.biogas-zentrum.de

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt | Deutschland

T: +49 (0)6151 7001-0

E: ktbl@ktbl.de | W: www.ktbl.de

Farmer society for projects | Innovatiesteunpunt

Diestsevest 40 | 3000 Leuven | Belgien

T: +31 (0)16 28 61 02

E: info@innovatiesteunpunt.be | W:www.innovatiesteunpunt.be

Agrotech A/S

Agro Food Park 15 | DK-8200 Aarhus N | Dänemark

T: +45 8743 8400

E: info@agrotech.dk | W: www.agrotech.dk

Organic Denmark

Silkeborgvej 260 | 8230 Åbyhøj | Dänemark

T: +45 87 32 27 00

E: info@okologi.dk | W: http://organicdenmark.dk

Farmers Association of Region Bretagne

Rond Point Maurice Le Lannou - CS 74223 | 35042 Rennes Cedex | Frankreich

T: +33 2 23 48 23 23

E: accueil@bretagne.chambagri.fr | W: http://www.bretagne.synagri.com/

TRAME

6, rue de La Rochefoucauld | 75009 Paris | Frankreich

T : +33 1 44 95 08 00

E : trame@trame.org | W : http://www.trame.org

Meine Hofenergie aus Gülle und Reststoffen

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Kontaktieren Sie uns für Fragen und weitere Informationen

www.bioenergyfarm.eu

#BioEnergyFarm

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

ktbl@ktbl.de

06151 / 70 01 0

www.ktbl.de

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union