



Analyse der Stromerzeugung aus Biogas in der Europäischen Union bis 2020

Diplomarbeit

Vorgelegt von

Hans-Peter Bachmann

Betreuer:

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Udo Bachhiesl

Begutachter:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Mag.rer.soc.oec. Dr.techn. Heinz Stigler

Eingereicht am

Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation
der Technischen Universität Graz

Graz, Oktober 2011

„Die nächste Generation darf nicht Geisel der Energiequellen des vergangenen Jahrhunderts sein“

Barack Obama

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benützt, und die den benützten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 12. Oktober 2011

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all jenen recht herzlich bedanken, die zu dem positiven Abschluss dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Ein großer Dank gilt meinem Betreuer, Herrn Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Udo Bachhiesl vom Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation der TU Graz für die Betreuung während der gesamten Diplomarbeit.

Weiteres möchte ich mich bei dem Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation der TU Graz unter der Leitung von, Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Mag.rer.soc.oec. Dr.techn. Heinz Stigler bedanken.

Ein weiterer Dank gilt, Herrn Dipl.-Ing. Stefan Außerhofer vom Institut für Grundlagen und Theorie der Elektrotechnik, der mir vor allem im Grundstudium viele Fragen rund um die Elektrotechnik beantwortet hat.

Insbesondere möchte ich mich bei meiner Freundin Teres und meiner Mutter Maria, die mich während meines Studiums in vollster Weise unterstützt haben, recht herzlich bedanken.

Kurzfassung

Die Europäische Union hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020, 20 % der Energie aus erneuerbaren Energiequellen zu erzeugen, und die Biogastechnologie kann einen wesentlichen Beitrag dazu leisten.

In dieser Arbeit wurde ein Überblick der aktuellen Situation der Stromerzeugung aus Biogas in den einzelnen Ländern der EU geschaffen sowie zukünftige Trends herausgearbeitet. Dazu wurde eine Datenbank mit sämtlichen Biogasanlagen in der Europäischen Union erstellt. Basierend auf diesen Daten, der Analyse der Energiestrategien für erneuerbare Energie der einzelnen EU Mitgliedstaaten sowie der Einschätzungen der jeweiligen Biogasfachverbände wurde weiters ein Zukunftsszenario für die einzelnen Länder bis 2020 erstellt. Diese Daten dienen in weiterer Folge der Simulationssoftware Atlantis zur Berechnung weiterer gesamteuropäischer Energieszenarien.

Die Analyse zeigt, dass sich besonders in Deutschland der Biogasmarkt durch geeignete Rahmenbedingungen seitens der Regierung in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt hat und somit in der ganzen EU als Vorbild in diesem Sektor gilt. Neben Deutschland ist speziell in den östlichen EU-Ländern wie Polen, Bulgarien, Slowakei und Rumänien ein noch großes ungenutztes Potential vorhanden, welches unter geeigneten Rahmenbedingungen bis 2020 verstärkt genutzt werden kann. Neben diesen erwähnten Ländern werden sich vor allem die Märkte in Frankreich, Italien, Spanien, Tschechien und den Niederlanden in den kommenden Jahren stark weiterentwickeln.

Abstract

As the European Union has set its goal to produce 20 % of the energy from renewable energy sources by 2020, the biogas technology will contribute significantly. On account of governmental framework, the German biogas market has developed immensely over the last few years and is now regarded as a model throughout the EU in this sector. But not only in Germany, in Eastern European countries, too, such as Poland, Bulgaria, Slovakia and Romania, plenty of untouched potential exists, which will expand enormously by the year 2020, if appropriate courses are set. Besides the mentioned countries, markets in France, Italy, Spain, the Czech Republic and the Netherlands will advance and refine even more.

This thesis provides an overview of the current situation of electricity generation from biogas in the individual countries, as well as it illuminates future trends. For this purpose a data base has been created which covers all installed biogas plants in the European Union. Based on these data, as well as on the timetables for renewable energy of the member states of the European Union and the assessments of the individual biogas associations, a future scenario for the individual countries has been calculated up to the year 2020. Subsequently these data is used by the simulation software Atlantis to calculate further Pan-European energy scenarios.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Aufbau der Diplomarbeit.....	2
2	Grundlagen	3
2.1	CO ₂ -Kreislauf der Organik.....	4
2.2	Stoffeigenschaften von Biogas	5
2.3	Eckdaten von Biogas	6
2.4	Substrate	6
2.4.1	Substrate aus der Landwirtschaft.....	7
2.4.1.1	Wirtschaftsdünger	7
2.4.1.2	Nachwachsende Rohstoffe	8
2.4.2	Substrate aus der weiterverarbeitenden Agroindustrie.....	8
2.4.3	Organische Reststoffe aus Kommunen und Haushalten.....	9
2.4.4	Grün- und Rasenschnitt	10
2.5	Entstehungsprozess von Biogas	11
2.6	Biogasausbeute.....	12
2.7	Vor- und Nachteile von Biogasanlagen.....	13
3	Aufbau landwirtschaftlicher Biogasanlagen.....	14
3.1	Anlagentechnik.....	15
3.2	Verfahrensmerkmale	16
3.2.1	Diskontinuierliche Beschickung.....	17
3.2.2	Kontinuierliche Beschickung	20
3.2.3	Durchmischung	21
3.2.4	Trennung der Prozessstufen	22
3.2.5	Konsistenz des Substrates.....	22
3.2.6	Prozesstemperatur	23
3.2.7	Fermenterbauformen	23
3.3	Kurzer Überblick über weitere Komponenten einer Biogasanlage.....	25
3.4	Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung.....	27
3.4.1	Zündstrahlmotor	28
3.4.2	Gas-Ottomotor	29
3.4.3	Elektrische Wirkungsgrade	30
4	Stand und Entwicklung des Biogassektors in der Europäischen Union.....	32
4.1	Biogas in Österreich	33

4.2	Biogas in Deutschland.....	35
4.3	Biogas in Italien.....	37
4.4	Biogas in den Niederlanden	39
4.5	Biogas in Tschechien.....	40
4.6	Biogas in Belgien	42
4.7	Biogas in Ungarn.....	44
4.8	Biogas in Luxemburg	46
4.9	Biogas in Polen.....	47
4.10	Biogas in Bulgarien	48
4.11	Biogas in Rumänien	49
4.12	Biogas in Slowenien.....	50
4.13	Biogas in Griechenland	52
4.14	Biogas in Lettland	53
4.15	Biogas in der Slowakei.....	55
4.16	Biogas in Frankreich	56
4.17	Biogas in Portugal	57
4.18	Biogas in Finnland.....	59
4.19	Biogas in Schweden	60
4.20	Biogas in Zypern	61
4.21	Biogas in Estland.....	63
4.22	Biogas in Litauen.....	63
4.23	Biogas in Irland	65
4.24	Biogas in Dänemark	65
4.25	Biogas in Malta	66
4.26	Biogas in Spanien.....	67
4.27	Biogas in Großbritannien	68
5	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	70
5.1	Ist-Stand in der Europäischen Union.....	70
5.1.1	Anzahl der Biogasanlagen in der EU im Jahr 2009/10	71
5.1.2	Installierte elektrische Leistung in der EU im Jahr 2009/10	72
5.2	Zukünftige Entwicklung in der Europäischen Union.....	73
5.2.1	Prognose der Anlagenanzahl in der EU im Jahr 2020.....	73
5.2.2	Prognose der installierten elektrischen Leistung in der EU im Jahr 2020.....	74
6	Diskussion der Ergebnisse.....	76
7	Ausblick	80
8	Verzeichnisse	82

8.1	Abbildungen	82
8.2	Tabellen	84
8.3	Literatur	85
8.4	Abkürzungen	93
9	Anhang	95
9.1	Auszug Datenbank, Bsp. Österreich-Tirol	95
9.2	Diverse Grafiken	96

1 Einleitung

Da wir in einer Welt leben in der die Energieressourcen immer knapper werden, wir jedoch immer mehr und mehr Energie benötigen, wird es in Zukunft unerlässlich sein verstärkt auf die erneuerbaren Energien umzusteigen, um einerseits die Energieversorgung zu sichern und andererseits vor allem sauberen CO₂-freien Strom zu erzeugen. Um die Klimaziele in Europa zu erreichen, d.h. bis 2020 20 % weniger CO₂-Ausstoß und 20 % mehr erneuerbare Energie, wird die Stromerzeugung aus Biogasanlagen auch einen Beitrag dazu leisten, um diese durchaus ambitionierten Ziele zu erreichen.

1.1 Motivation

Die letzten Jahre haben gezeigt, dass sich im Biogassektor sehr viel getan hat bzw., dass die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist. Immer mehr Landwirte sehen das Potential mit den eigenen Erzeugnissen- etwa Mais, Gras, Gerste, etc.- sowie mit den anfallenden Exkrementen, wie Gülle und Mist, Strom und Wärme mittels Kraftwärmekopplung (KWK) zu erzeugen. Dieser erzeugte Strom sowie die erzeugte Wärme decken einerseits den eigenen Strom- und Wärmebedarf und schaffen andererseits ein zusätzliches Standbein für die Existenz, da der erzeugte Strom verkauft wird. Längst nicht nur die Landwirte sehen dieses Potential, auch die Gastronomie nutzt diese Biogastechnik verstärkt, indem die organischen Abfälle von Großküchen und Kantinen gewinnbringend in landwirtschaftlichen Anlagen entsorgt werden. Weiters müssen in diesem Zusammenhang auch die Vielzahl von Deponie- und Klärgasanlagen erwähnt werden. Immer mehr Deponie- und Klärgasanlagen rüsten auf die Biogastechnologie um, um den eigenen Stromverbrauch zu decken und darüber hinaus den erzeugten Strom zu verkaufen. In den meisten europäischen Statistiken, Berichten sowie Veröffentlichungen über erneuerbare Energien wird Biogas leider oftmals nicht einzeln betrachtet, sondern in einen Topf mit Biomasse geworfen und daher ist es schwierig genaue und detaillierte Informationen über die Stromerzeugung in diesem Sektor zu finden. Dies war Motivation, um sich mit dieser interessanten Technologie genauer zu beschäftigen und, um einen Überblick der Situation in den 27 EU-Ländern zu schaffen.

Die Rahmenbedingungen für diesen rasanten Vormarsch von Biogas in diversen Ländern schafften die jeweiligen Mitgliedstaaten der Europäischen Union mit entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen. Das Erneuerbare Energiegesetz (EEG) in Deutschland

beispielsweise hat sich zum Ziel gemacht den Anteil erneuerbarer Energien auf 20 % im Jahr 2020 zu erhöhen. Dieses Gesetz trat am 1. Jänner 2009 in Kraft. Mit diesem Gesetz sichert man den Biogasbetreibern, die elektrischen Strom ins Netz einspeisen, feste Vergütung seitens der Netzbetreiber. Die Netzbetreiber sind verpflichtet, den Strom aus erneuerbaren Energien abzunehmen und nach §§6 bis 12 EEG zu vergüten.¹

1.2 Aufbau der Diplomarbeit

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Elektrizitätserzeugung aus Biogasanlagen in der Europäischen Union. Sie ist in drei Abschnitte gegliedert.

Im **ersten** Abschnitt (Kapitel 2 und 3) werden kurz die Grundlagen von Biogas erklärt. Zu diesen zählen die Stoffeigenschaften von Biogas, der Entstehungsprozess von Biogas und die Auflistung der organischen Substrate mit ihren Eigenschaften, welche in Biogasanlagen verwendet werden. Zum Weiteren wird eine landwirtschaftliche Biogasanlage mit deren Komponenten erklärt.

Im **zweiten** Abschnitt (Kapitel 4 und 5) wurde die aktuelle Situation der jeweiligen EU Mitgliedstaaten im Bezug auf die Stromerzeugung aus Biogas erläutert. Dazu wurde eine Ist-Stand Datenbank (Kapitel 9) über die bestehenden Biogasanlagen in den 27 EU-Ländern kreiert. Diese Datenbank enthält den Standort und die installierte Leistung in MW_{el} der Biogasanlagen der einzelnen Länder. Diese entstandenen Daten dienen in weiterer Folge dem Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der Technischen Universität Graz zur Einbindung in das Simulationsmodell Atlantis zur Errechnung von gesamteuropäischen Zukunftsszenarien für erneuerbare Energien.

Im **dritten** Abschnitt (Kapitel 4 und 5) wurden die einzelnen Länder der Europäischen Union auf deren Potentiale untersucht und mit Hilfe von den Aktionsplänen für erneuerbare Energien der einzelnen EU Ländern, sowie den Biogasfachverbänden und der kreierten Datenbank eine Prognose bis 2020 erstellt.

¹ Quelle aus [16]

2 Grundlagen

Biogas ist ein Gemisch aus Kohlendioxid mit geringem Anteil anderer Gase und besteht hauptsächlich aus Methan. Es ist ein Gas, welches bei der Vergärung von organischen Stoffen wie Gülle, Mist, Speiseresten, Pflanzen etc. in Fermentern oder Faultürmen entsteht. Diese organischen Stoffe bestehen vorwiegend aus Wasser, Eiweiß, Fett und Kohlehydraten. Die Vergärung erfolgt unter Sauerstoffabschluss durch methanbildende Bakterien, die sogenannte anaerobe Vergärung.

Grundsätzlich kann zur Gewinnung von Biogas jede biogene Substanz verwendet werden. Am häufigsten kommen jedoch in der Landwirtschaft, Gülle, Mist, Gras/Grassilage, Mais/Maissilage sowie Pflanzen, wie etwa Sonnenblumen zum Einsatz. Zu den Rohstoffen der Gewerbebetriebe zählen Speisereste, Kompost, Klärschlamm sowie Schlachthofabfälle der Tierkörperverwertung. Hausmüll und sonstige biogene Abfälle stellen Substrate von Deponieanlagen dar.²

² Quelle aus [3]

2.1 CO₂-Kreislauf der Organik

Das erzeugte Biogas ist im Gegensatz zu anderen Energieformen, wie Verbrennungen von Kohle, Erdgas oder Öl, CO₂-neutral, weil sich das entstehende CO₂ im natürlichen Kohlenstoffkreislauf bewegt und nur das CO₂ freigesetzt wird, welches die Pflanze zuvor bei ihrem Wachstum der Luft entzogen hat (s. Abbildung 1)

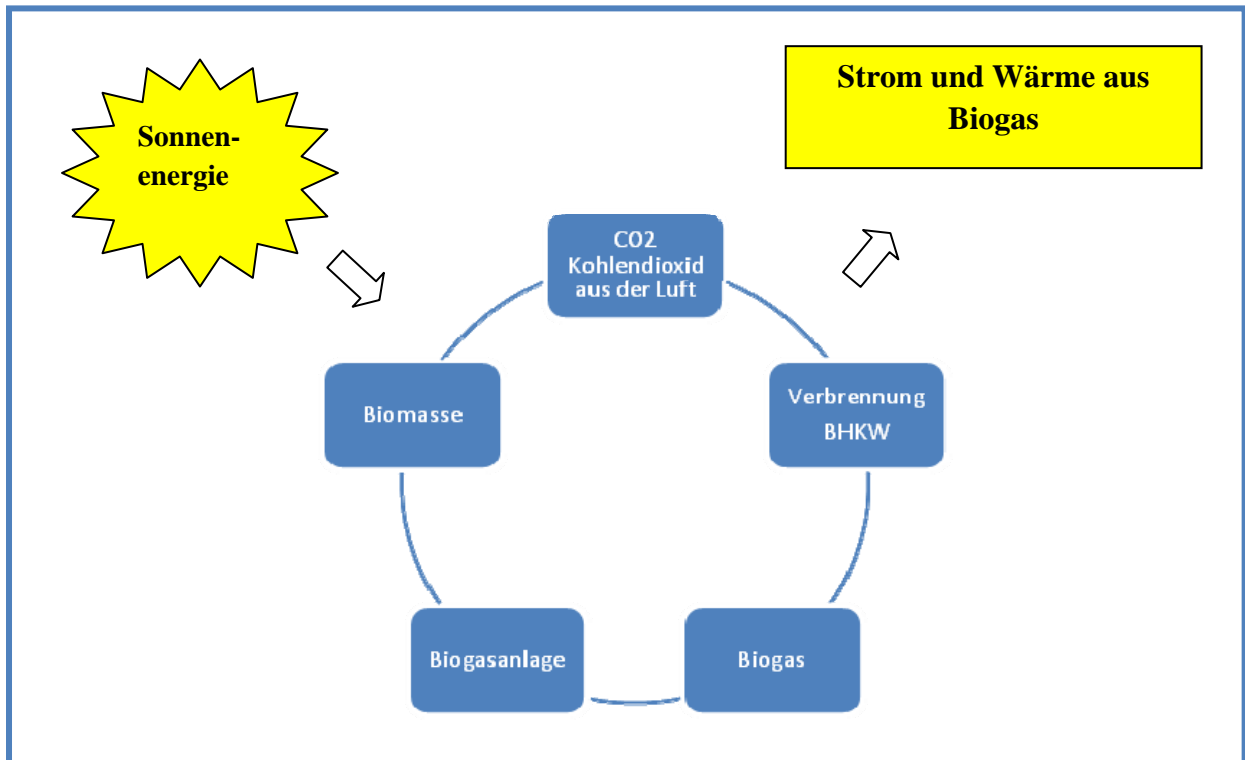


Abbildung 1: CO₂-Kreislauf der Organik [1], (Eigene Darstellung)

Durch diesen CO₂-Kreislauf der Organik, spart die Nutzung des Biogasstroms unter Berücksichtigung der Produktionskette, 0,688 Kilogramm pro kWh ein.³ Dies bedeutet alleine in Deutschland eine CO₂ Einsparung von ca. 9.000.000 [t/a]. Für die Biogasproduktion in ganz Europa ergibt sich bei einer Stromproduktion von rund 25.000 [GWh] (Stand 2009) eine jährliche Einsparung von 17.200.000 Tonnen an CO₂.

³ Quelle aus [63]

2.2 Stoffeigenschaften von Biogas

Biogas besteht hauptsächlich aus Methan, Kohlendioxid und aus Teilen anderer Gase. Die durchschnittliche Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften sowie der Energiegehalt werden in den Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Stoffeigenschaften von Biogas [2], (Eigene Darstellung)

Physikalische Eigenschaften		
Dichte	$1,2 \frac{kg}{m^3}$	
Zündtemperatur	700 °C	
Zündkonzentration	Gasgehalt 6-12 %	
Geruch	Aufgrund des Schwefelwasserstoff nach faulen Eiern	
Die durchschnittliche Zusammensetzung		
Stoff	Chemische Bezeichnung	Anteil in %
Methan	CH ₄	40-75
Kohlendioxid	CO ₂	25-55
Wasserdampf	H ₂ O	0-10
Stickstoff	N ₂	0-5
Sauerstoff	O ₂	0-2
Wasserstoff	H ₂	0-1
Ammoniak	NH ₃	0-1
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	0-1
Energiegehalt		
Stoff	Heizwert H _u	Brennwert H _o
CH ₄ rein (100 % Vol.)	$9,94 \frac{kWh}{m^3}$	$11,07 \frac{kWh}{m^3}$
Biogas (abhängig vom Methangehalt)	$4-7,5 \frac{kWh}{m^3}$	$6,64 \frac{kWh}{m^3}$ (für 60 % Methan)

2.3 Eckdaten von Biogas

In der nachstehender Tabelle 2 werden Eckdaten von Biogas dargestellt. Diese Werte sollen den Zusammenhang unterschiedlicher Faktoren beschreiben und sind als Faustzahlen zu verstehen und können in der Praxis abweichen.

Tabelle 2: Eckdaten von Biogas [2],[1],[13] (Eigene Darstellung)

Eckdaten von Biogas	
1 GV (Stier mit 600 kg)	60 kg Gülle/Tag
60 kg Gülle	1,5 m ³ Biogas
1 m ³ Biogas	5,5-6,5 kWh gesamt
1 m ³ Biogas	1,8-2,2 kW _{el.}
1 m ³ Biogas	0,6 Liter Heizöl
1 ha Mais	kann ein Auto 70000 km fahren
1 kW installierte elektrische Leistung	5-7 Rinder
1 kW installierte elektrische Leistung	12,5 m ³ Biogas/Tag
1 kW installierte elektrische Leistung	4500 m ³ Biogas/Jahr
1 t Gülle	12-26 m ³ Methan
1 ha Mais	3500-6000 m ³ Methan
1 ha Corn-Cob-Mix	3000-3500 m ³ Methan
1 ha Wiesen gras intensiv	2000-3000 m ³ Methan
1 ha Silomais	20 GV Gasmenge
BHKW Laufzeit/Jahr	7000-8000 h/Jahr
Investitionskosten je kW installierter elektrischer Leistung	2000-4000 €/kW

2.4 Substrate

Es kommt eine Vielzahl von Substrate bei der Biogaserzeugung zum Einsatz. Die Wahl des Substrates wird nicht alleine anhand der Gasausbeute getroffen, sondern hängt von vielen Faktoren, wie etwa der Trockensubstanz (TS), organischen Trockensubstanz (oTS), Nährstoffen (N, P, K) oder auch von vorhandenen Schadstoffen ab. Die nachstehenden Tabellen 2-6 zeigen einen Überblick der verwendeten Substrate mit deren Zusammensetzungen.⁴

⁴ Quelle aus [3]

2.4.1 Substrate aus der Landwirtschaft

Substrate aus der Landwirtschaft stellen das meist verwendete Substrat in Biogasanlagen dar. Mehr als 80 % der in Europa installierten Biogasanlagen verwenden organische Stoffe aus der Landwirtschaft. Sie lassen sich in Wirtschaftsdünger und nachwachsende Rohstoffe (NaWaRos) unterteilen.

2.4.1.1 Wirtschaftsdünger

Wirtschaftdünger werden in Festmist sowie Flüssigmist (Gülle) unterteilt. Schweine- und Rindergülle sind für die Verwendung in Biogasanlagen sehr gut geeignet, da fast ausschließlich Nassvergärungsverfahren zur Anwendung kommen und somit pumpfähige Stoffe benötigt werden. Der Biogasertrag von Rindergülle ist mit bis 30 m³/t unter jenen von Schweinegülle (bis 35 m³/t). Auch der durchschnittliche Methangehalt von Rindergülle ist niedriger als bei Schweinegülle (s. Tabelle 3). Der Grund dafür ist jener, dass der Magen einer Kuh nach dem gleichen Prinzip wie eine Biogasanlage funktioniert und somit eine Vorvergärung im Magen stattfindet. Wirtschaftdünger werden in der Praxis hauptsächlich mit anderen Substraten wie Mais gemischt. Tabelle 3 zeigt die Stoffeigenschaften von Wirtschaftsdünger.

Tabelle 3: Stoffeigenschaften von Wirtschaftsdünger [3]

Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdünger							
Substrat	TS in %	oTS in % TS	N	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Rindergülle	8-11	75-82	2,6-6,7	1-4	0,5-3,3	5,5-10	0,3-0,7
Schweinegülle	ca. 7	75-86	6-18	3-17	2-10	3-7,5	0,6-1,5
Rindermist	ca.25	68-76	1,1-3,4	0,22-2	1-1,5	2-5	1,3
Schweinemist	20-25	75-80	2,6-5,2	0,9-1,8	2,3-2,8	2,5-3	n.a.
Hühnermist	ca. 32	63-80	5,4	0,39	n.a.	n.a.	n.a.
Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdünger							
Substrat	Cd	Cr	Cu	Hg in mg/kg TS	Ni	Pb	Zn
Rindergülle	0,3	7,3	44,5	0,06	5,9	7,7	270
Schweinegülle	0,4	9,4	309	0,02	10,3	6,2	858
Rindermist	0,29	12,9	39	0,03	5,2	30	190
Schweinemist	0,33	10,3	450	0,04	9,5	5,1	1068
Hühnermist	0,25	4,4	52,6	0,02	8,1	7,2	336
Gasertrag und Methangehalt von Wirtschaftsdünger							
Substrat	Biogasertrag		CH ₄ - Gehalt in Vol.-%				
	In m ³ /t Substrat	In m ³ /t oTS					
Rindergülle	20-30	200-500	60				
Schweinegülle	20-35	300-700	60-70				
Rindermist	40-50	210-300	60				
Schweinemist	55-65	270-450	60				
Hühnermist	70-90	250-450	60				

2.4.1.2 Nachwachsende Rohstoffe

Die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRos) hat in den europäischen EU-Ländern stark zugenommen. Speziell in Deutschland werden 90 % der nach 2004 errichteten Anlagen mit NaWaRos betrieben. Von diesen Anlagen werden wiederum 90 % rein mit Mais beschickt. Der Grund dafür ist zum Einen der hohe Zuckergehalt von Mais und die dadurch hohe Gasausbeute von 170-200 m³/t (s. Tabelle 4), sowie zum Anderen die zusätzliche Vergütung von sechs bis sieben Cent pro kWh, die das EEG für NaWaRos gewährt. Tabelle 4 stellt die Stoffeigenschaften von nachwachsenden Rohstoffen dar.

Tabelle 4: Stoffeigenschaften von nachwachsenden Rohstoffen [3]

Nährstoffgehalte von Nachwachsenden Rohstoffen							
Substrat	TS in %	oTS in % TS	N	NH ₄	P		
Maissilage	20-35	85-95	1,1-2	0,15-0,3	0,5-3,3		
Roggensilage	30-35	92-98	4	0,57	0,71		
Zuckerrübe	23	90-95	2,6	0,2	0,4		
Gehaltsrübe	12	75-85	1,9	0,3-0,4	0,4		
Rübenblatt	16	75-80	0,1-0,4	n.a	0,7-0,9		
Schwermetallgehalte von Nachwachsenden Rohstoffen							
Substrat	Cd	Cr	Cu in mg/kg TS	Ni in mg/kg TS	Fe	Pb	Zn
Maissilage	0,2	0,5	4,5-5	5	67	2	35-56
Rübenblatt	0,2	<1	10	5	n.a.	0,5	28
Grassilage	0,2	1,4	8,1-9,5	2,1	n.a.	3,9	38-53
Gasertrag und Methangehalt von Nachwachsenden Rohstoffen							
Substrat	Biogasertrag		CH ₄ - Gehalt in Vol.-%				
	In m ³ /t FM	In m ³ /t oTS					
Maissilage	170-200	450-700	50-55				
Roggensilage	170-220	550-680	ca. 55				
Zuckerrübe	170-180	800-860	53-54				
Gehaltsrübe	75-100	620-850	53-54				
Rübenblatt	ca. 70	550-600	54-55				

2.4.2 Substrate aus der weiterverarbeitenden Agroindustrie

Nicht nur die Landwirte sehen das Potential, ihre Erzeugnisse und organischen Abfälle in Biogasanlagen gewinnbringend zu entsorgen, sondern auch die Agroindustrie entsorgen ihre Nebenprodukte lukrativ in Biogasanlagen. Speziell Biertreber und Kartoffelpülpe weisen einen hohen Gasertrag auf. Tabelle 5 stellt die Stoffeigenschaften von Substrate der weiterverarbeitenden Agroindustrie dar.

Tabelle 5: Stoffeigenschaften von Substrate der weiterverarbeitenden Agroindustrie [3]

Nährstoffgehalte von Substrate der Agroindustrie					
Substrat	TS in %	oTS in % TS	N	NH ₄	P ₂ O ₅
Biertreber	20-25	70-80	4-5	n.a.	1,5
Getreideschlempe	6-8	83-88	6-10	3-17	3,6-6
Kartoffelschlempe	6-7	85-95	5-13	0,22-2	0,9
Obstschlempe	2-3	ca. 95	n.a.	0,9-1,8	0,73
Kartoffelpülpe	ca. 13	ca. 90	0,5-1	0,04	0,1-0,2
Fruchtwasser (Kartoffelverarbeitung)	3,7	70-75	4-5	0,8-1	2,5-3
Prozesswasser (Kartoffelverarbeitung)	1,6	65-90	7-8	0,6-0,8	2-2,5
Pressschnitzel (Zuckerverarbeitung)	22-26	ca. 95	n.a.	n.a.	n.a.
Melasse	80-90	85-90	1,5	n.a.	0,3
Apfeltrester	25-45	85-90	1,1	n.a.	n.a.
Obstrest	25-45	90-95	1-1,2	n.a.	n.a.
Rebentrest	40-50	80-90	1,5-3	n.a.	n.a.
Schwermetallgehalte von Substrate der Agroindustrie					
Substrat	Cd	Cr	Cu in mg/kg TS	Ni in mg/kg TS	Fe
Biertreber	0,1-0,2	0,5	15	0,5	n.a.
Pressschnitzel (Zuckerverarbeitung)	0,35	4,4	4,31	2	194
Melasse	0,12	0,2	2,69	2,99	32,3
Apfeltrester	0,3	1,6	7,8	n.a.	n.a.
Obstrest	n.a.	0,06	7,8	3	n.a.
Rebentrest	0,5	5	150	2,5	n.a.
Gasertrag und Methangehalt von Substrate der Agroindustrie					
Substrat	Biogasertrag		CH ₄ -Gehalt in Vol.-%		
	In m ³ /t oTS	In m ³ /t oTS			
Biertreber	105-130	580-750	59-60		
Getreideschlempe	30-50	430-700	58-65		
Kartoffelschlempe	36-42	400-700	58-65		
Obstschlempe	10-20	300-650	58-65		
Kartoffelpülpe	80-90	650-750	53-65		

2.4.3 Organische Reststoffe aus Kommunen und Haushalten

Organische Reststoffe aus Kommunen und Haushalten werden hauptsächlich in Cofermentation eingesetzt, d.h. in Verbindung anderen Substraten wie beispielsweise Gülle. Diesen Substraten unterliegen jedoch strenge hygienische Anforderungen welche in der EU-Verordnung Nr. 1774/2002 vorgeschrieben sind. So müssen etwa Speisereste hygienisiert werden (d.h. Einmaliges aufheizen um Keime abzutöten). Die folgende Tabelle 6 stellt organische Reststoffe mit deren Nährstoffgehalten, Schwermetallgehalten, sowie Gaserträge dar.

Tabelle 6: Stoffeigenschaften von Substrate aus Kommunen und Haushalten [3]

Nährstoffgehalte von Substrate aus Kommunen und Haushalten						
Substrat	TS in %	oTS in % TS	N	NH ₄	P ₂ O ₅	
Biotonne	40-75	50-70	0,5-2,7	0,05-0,2	0,2-0,8	
Speisereste	9-37	80-98	0,6-5	0,01-1,1	0,3-1,5	
Marktabfälle	15-20	80-90	3,5	n.a.	0,8	
Fettabscheider	2-70	75-93	0,1-3,6	0,02-1,5	0,1-0,6	
Mageninhalt (Schwein)	12-15	75-86	2,5-2,7	n.a.	1,05	
Panseninhalt	11-19	80-90	1,3-2,2	0,4-0,7	1,1-1,6	
Flotatschlamm	5-24	80-95	3,2-8,9	0,01-0,06	0,9-3	
Schwermetallgehalte aus Kommunen und Haushalten						
Substrat	Cd	Cr	Cu in mg/kg TS	Ni in mg/kg TS	Zn	Pb
Biotonne	0,3-0,6	7-25	14-21	5,5-10	88-105	n.a.
Speisereste	n.a.	n.a.	7	n.a.	67	n.a.
Marktabfälle	0,8	8,5	12,2	8,5	94	4,6
Fettabscheider	n.a.	n.a.	44	n.a.	290	n.a.
Mageninhalt (Schwein)	n.a.	n.a.	49-53	n.a.	163-190	n.a.
Panseninhalt	2	33	5-99	20	71-380	20
Gasertrag und Methangehalt aus Kommunen und Haushalten						
Substrat	Biogasertrag		CH ₄ - Gehalt in Vol.-%			
	In m ³ /t Substrat	In m ³ /t oTS				
Biotonne	80-120	150-600	58-65			
Speisereste	50-480	200-500	45-61			
Marktabfälle	45-110	400-600	60-65			
Fettabscheider	11-450	ca. 700	60-72			
Mageninhalt (Schwein)	20-60	250-450	60-70			
Panseninhalt	20-60	200-400	58-62			
Flotatschlamm	35-280	900-1200	60-72			

2.4.4 Grün- und Rasenschnitt

Dieses Substrat fällt hauptsächlich durch die Pflege der Parkanlagen, begrünten Straßenrändern oder Friedhöfen an. Um es ganzjährig verwenden zu können, muss es jedoch siliert werden. Tabelle 7 stellt die Stoffeigenschaften von Grün- und Rasenschnitt dar.

Tabelle 7: Stoffeigenschaften von Grün- und Rasenschnitt [3]

Nährstoffgehalte von Substrate aus Grün- und Rasenschnitt							
Substrat	TS in %	oTS in % TS	N	P			
Grünschnitt	ca. 12	83-92	2-3	1,5-2			
Schwermetallgehalte von Substrate aus Grün- und Rasenschnitt							
Substrat	Cd	Cr	Cu in mg/kg TS	Ni in mg/kg TS	Fe	Pb	Zn
Grünschnitt	0,7-2,1	4-9	10-21	1-9	n.a.	70	8
Gasertrag und Methangehalt von Substrate aus Grün- und Rasenschnitt							
Substrat	Biogasertrag		CH ₄ - Gehalt in Vol.-%				
	In m ³ /t Substrat	In m ³ /t oTS					
Grünschnitt	150-200	550-680	55-65				

2.5 Entstehungsprozess von Biogas

Biogas ist ein Gas welches bei dem Abbau von organischen Substanzen wie etwa Speisereste, Klärschlamm, Mais, Grassilage etc. unter Sauerstoffabschluss (anaerob) entsteht. Wie dieser Abbauprozess im Wesentlichen funktioniert, wird in Abbildung 2 dargestellt.

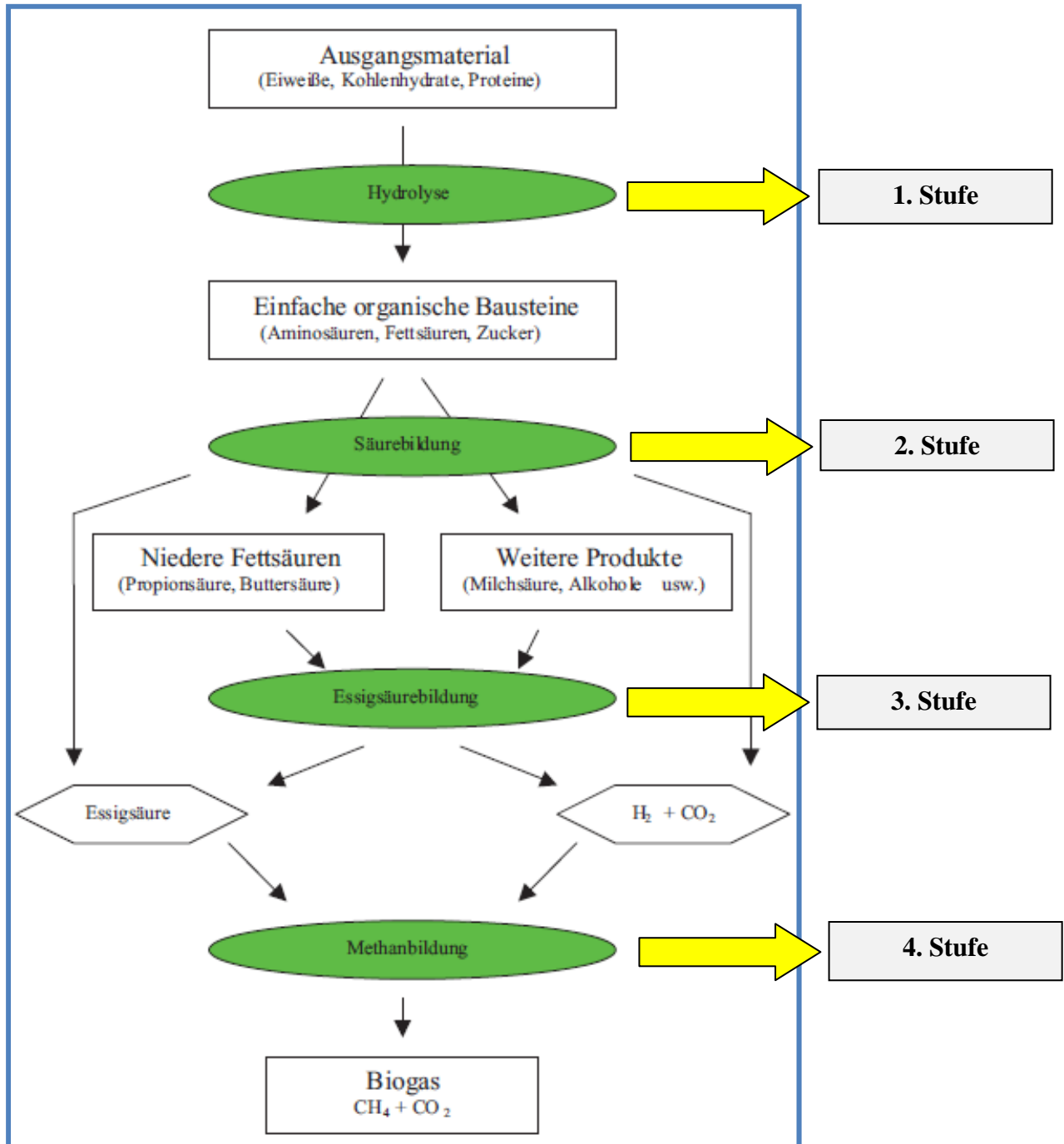


Abbildung 2: Schematische Darstellung des anaeroben Abbaus [1]

1. In der ersten Stufe, der **Hydrolyse** bauen aerobe Bakterien die organischen Ausgangssubstanzen (Fette, Proteine und Kohlenhydrate) in einfachere niedermolekulare Verbindungen, wie Zucker, Fettsäuren, Aminosäuren um. Die daran beteiligten Bakterien zersetzen das Material auf biochemischem Weg.
2. In der zweiten Stufe der **Versäuerungsstufe** auch Acidogenese genannt, können dann säurebildende Bakterien den weiteren Abbau vollziehen. Die einzelnen Moleküle werden in die Zellen der Bakterien eingeschleust, wo sie dann weiter abgebaut werden. Diese fakultativ anaeroben Bakterien verbrauchen den noch letzten vorhandenen Sauerstoff und schaffen somit die Bedingungen für die Methanbakterien. Es werden in dieser Stufe hauptsächlich kurzkettige Fettsäuren (Essig-, Propion- und Buttersäuren) sowie Alkohole (Ethanol) und Gase (Kohlendioxid, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff und Ammoniak) erzeugt.
3. In der dritte Stufe, der **Essigsäurebildung** auch Acetogenese genannt, produzieren Essigsäurebakterien aus den organischen Säuren die Vorläufersubstanz des Biogases, nämlich: Essigsäure, Kohlendioxid und Wasserstoff.
4. In der vierten Stufe, der **Methanbildung** auch Methanogenese genannt, wird aus den Produkten der Acetogenese das Methan gebildet.^{5 6}

2.6 Biogasausbeute

Bringt man ein Substrat in den Fermenter ein, entsteht durch die oben genannten vier Stufen langsam Biogas. Es ist durchaus nachzuvollziehen, dass die dadurch entstehende Biogasmenge ständig zunimmt, bis ein gewisses Maximum erreicht ist. Danach würde es keinen Sinn mehr machen das Substrat weiterhin im Fermenter zu lassen, da dann nur noch, die schwer abbaubaren Stoffe den Bakterien zur Verfügung stehen würden. Dadurch sinkt ab diesen Maxima die Gasausbeute wieder stetig ab. Heutzutage wird die Substrateinbringung, bei den Verfahren so gewählt, dass ständig eine Einbringung des frischen Substrates erfolgt. Somit kommt es zu einer ständig gleichen Gasbildung. Die Abbildung 3 zeigt den Einfluss der Verweilzeit auf die Gasbildungsrate und Gasausbeute.

⁵ Quelle aus [1]

⁶ Quelle aus [3]

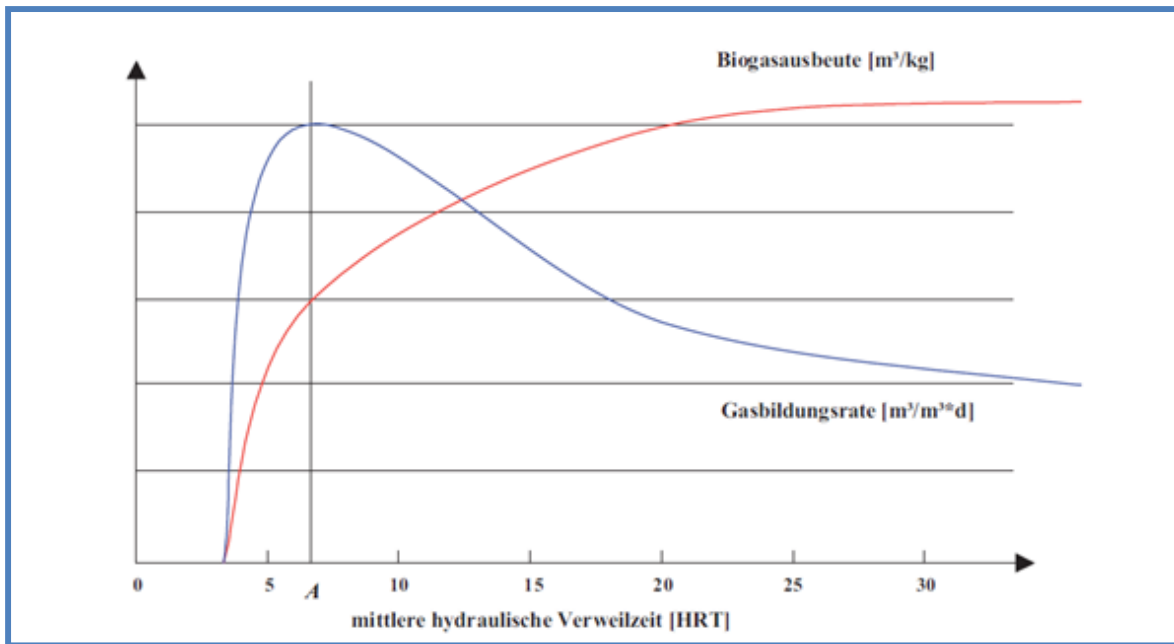


Abbildung 3: Einfluss der Verweilzeit auf die Gasbildungsrate und Gasausbeute [3]

2.7 Vor- und Nachteile von Biogasanlagen

Zu den Vorteilen zählen zweifellos, dass es sich bei der Nutzung von Biogas um eine erneuerbare Energiequelle handelt und dass der Prozess CO_2 -frei ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass man aus Biogas, Strom und Wärme mittels KWK erzeugen kann. Ebenso wird das Multitalent Biogas ins Erdgasnetz eingespeist, oder als Treibstoff verwendet. Im Gegensatz zu den meisten erneuerbaren Energiequellen ist Biogas nicht dargebotsabhängig, d.h. es kann eine konstante Stromerzeugung gewährleistet werden, nicht wie etwa beispielsweise bei Photovoltaik und Windenergie.

Leider hat diese Energieform auch Nachteile zu denen hohe Investitionskosten beim Anlagenbau, geringer Wirkungsgrad, eventuelle Geruchsbelästigungen, ökologische Probleme durch Anbau von NaWaRos sowie großer Flächenbedarf beim Anbau von „Energiepflanzen“ zu zählen sind.⁷

⁷ Quelle aus [15]

3 Aufbau landwirtschaftlicher Biogasanlagen

Die folgende Darstellung zeigt das Verfahrensschema einer Biogasanlage mit ihren einzelnen Komponenten. Die meisten Biogasanlagen, die heutzutage gebaut werden, funktionieren nach dem hier in der Abbildung 4 dargestellten Durchfluss-Speicher-Verfahren. Im Kapitel 3.2 wird auf die einzelnen Verfahren noch näher eingegangen.

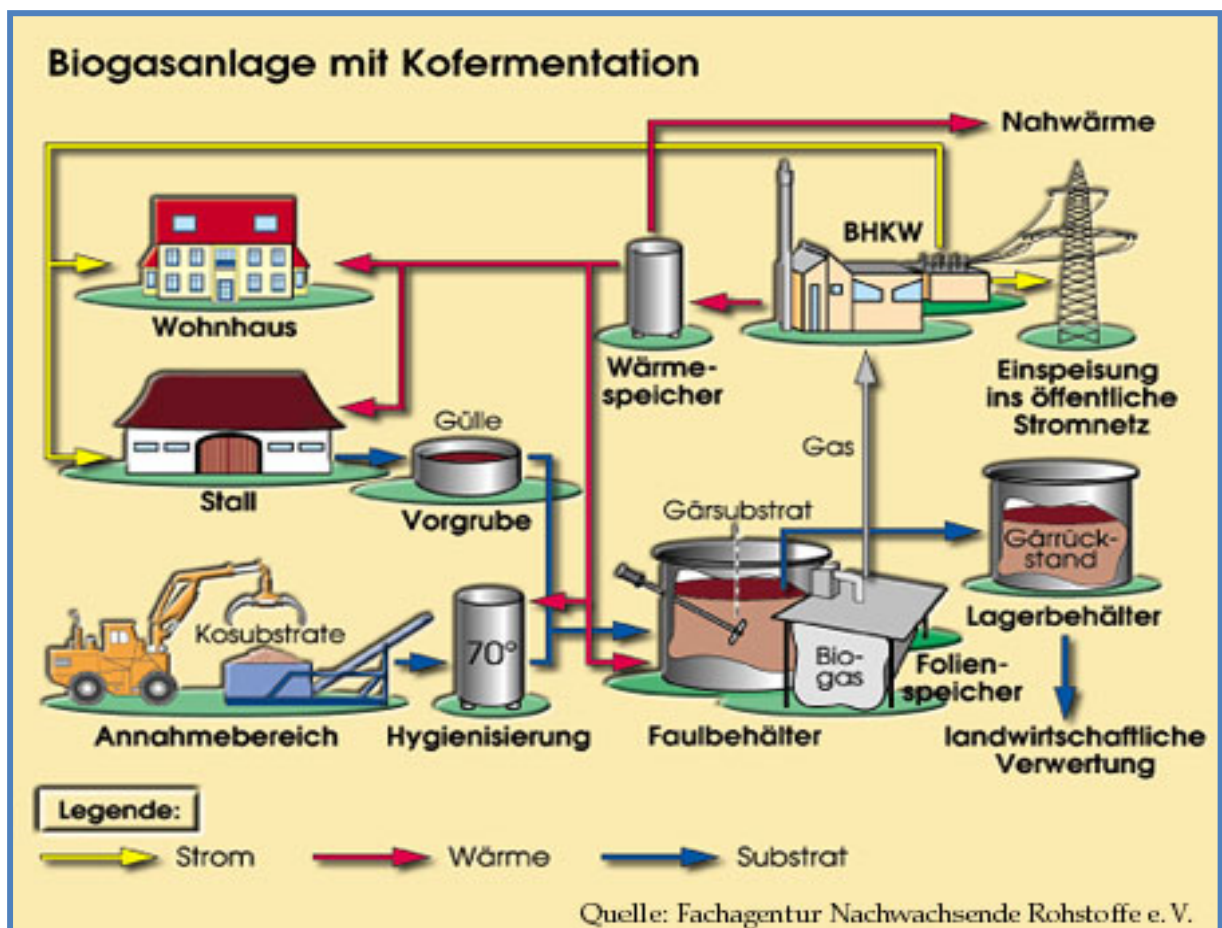


Abbildung 4: Funktionsschema einer Biogasanlage [4]

Zunächst wird die Gülle in der Vorgrube gesammelt. Von dort wird sie in den beheizten Fermenter eingebracht. In dieser Darstellung werden zusätzliche Kosubstrate über eine Hygienisierung in den Fermenter eingebracht. Dieser Fermenter muss nicht nur gas- und wasserdicht sondern auch lichtundurchlässig sein, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Im Fermenter (hier Faulbehälter genannt) wird die Biomasse durch ständiges Rühren eines Rühr- oder Paddelwerks durchmischt, um einen ständig gleichmäßigen Gasertrag zu erzielen. Nun fangen die Bakterien an zu arbeiten und zersetzen die Biomasse. Je nach Anlage arbeiten sie bei 30-45 Grad Celsius (mesophil) oder bei 45-55 Grad Celsius (thermophil). Durch diese Vergärung entsteht Biogas. Dieses produzierte Gas wird zunächst von Schwefel und sonstigen

Schadstoffen gereinigt und dann einem Gasmotor zugeführt, der dann in einem sogenannten Blockheizkraftwerk (BHKW) Strom sowie Wärme erzeugt. Ein Teil der erzeugten Wärme wird in den Fermenter zurückgeführt, um ihn auf die nötige Betriebstemperatur zu beheizen. Der andere Teil der Wärme wird benutzt, um die Wirtschaftsräume und Wohnhäuser zu beheizen. Da in solchen Anlagen immer mehr Wärme als Strom produziert wird, kann bei größeren Anlagen (wie auch in Abbildung 4) diese auch ins Wärmeleitungsnetz eingespeist werden, um Schwimmbäder, Wohnanlagen etc. zu beheizen. Vom Fermenter gelangen die vergorenen Substrate in den Nachgärbehälter, hier Lagerbehälter genannt, wo die letzten entstehenden Gase zur Nutzung von Biogas herausgeholt werden. Die Gärreste werden anschließend als wertvoller Wirtschaftsdünger verwendet, und bleiben der Region erhalten und fördern den Aufbau neuer Biomasse.

3.1 Anlagentechnik

Die Anlagentechnik von Biogasanlagen zur Biogaserzeugung weist eine große Palette an Möglichkeiten und Unterschiede auf. Es stellen sich Fragen wie: Welches Substrat wird verwendet? Welchen Trockensubstanzgehalt weist das verwendete Substrat auf? Wird das Substrat ständig, also kontinuierlich in den Fermenter eingebracht oder diskontinuierlich? Laufen die vier Stufen der Biogaserzeugung einstufig oder mehrstufig ab? Bei welcher Betriebstemperatur laufen diese Prozessstufen ab? Diese Fragestellungen werden in diesem Kapitel diskutiert. So werden auf die einzelnen Verfahrensvarianten eingegangen und die Merkmale und Unterschiede herausgearbeitet und die einzelnen Komponenten einer Biogasanlage kurz erklärt.

3.2 Verfahrensmerkmale

Obwohl sich in den letzten Jahren eine Vielzahl von Biogasvarianten entwickelt hat, kann man sie dennoch auf einige wenige typische verfahrenstechnische Varianten zusammenfassen: nämlich nach ihrer Art der Beschickung, nach Art der Mischung, ob ein- oder mehrstufig gearbeitet wird, oder ob das verwendete Substrat fest bzw. nass ist. Weiters unterscheidet man die Art der Fermenterbauform (liegend, stehend) und mit welchem Baustoff gebaut wurde (s. Abbildung 5 und 6).⁸

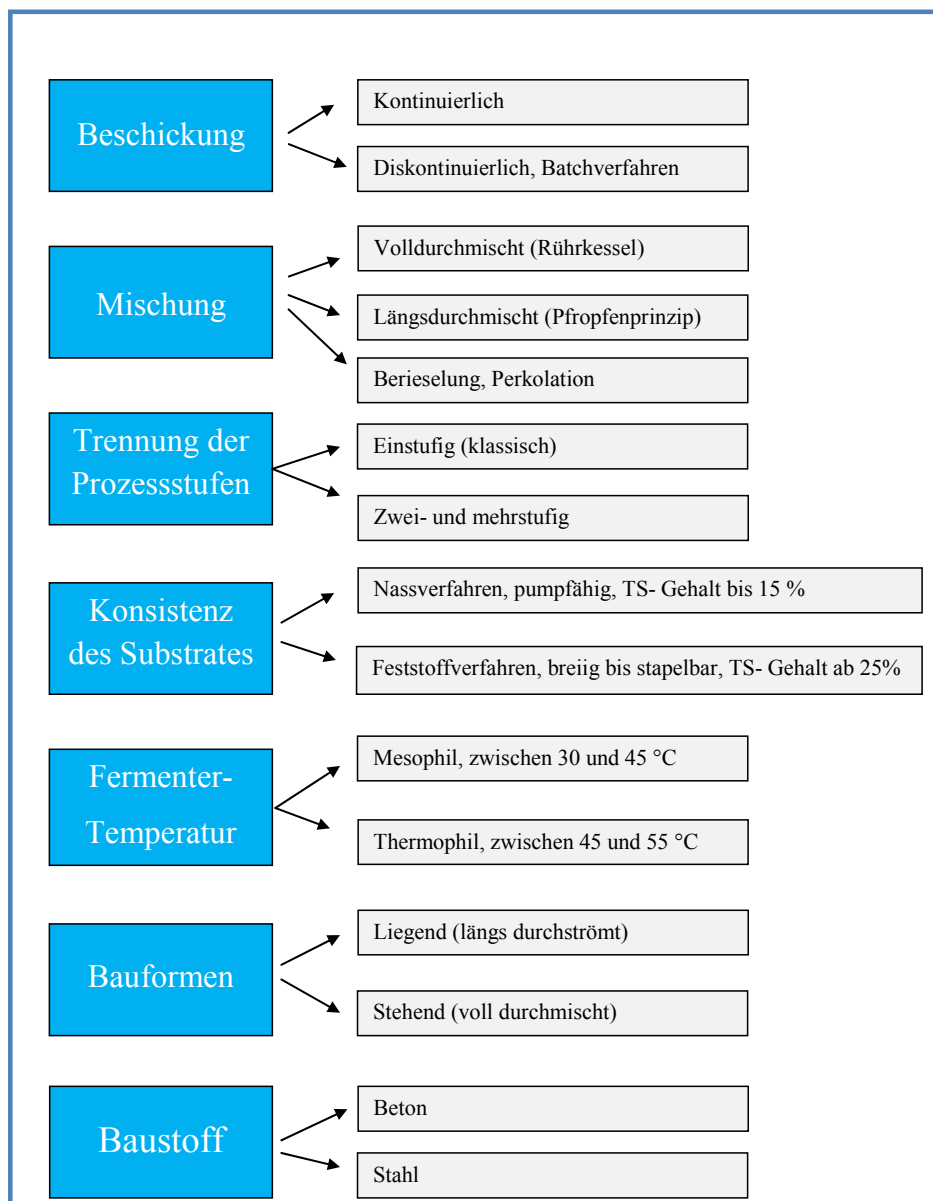


Abbildung 5: Unterschiede und Merkmale von Biogasverfahren [1], (Eigene Darstellung)

⁸ Quelle aus [1]

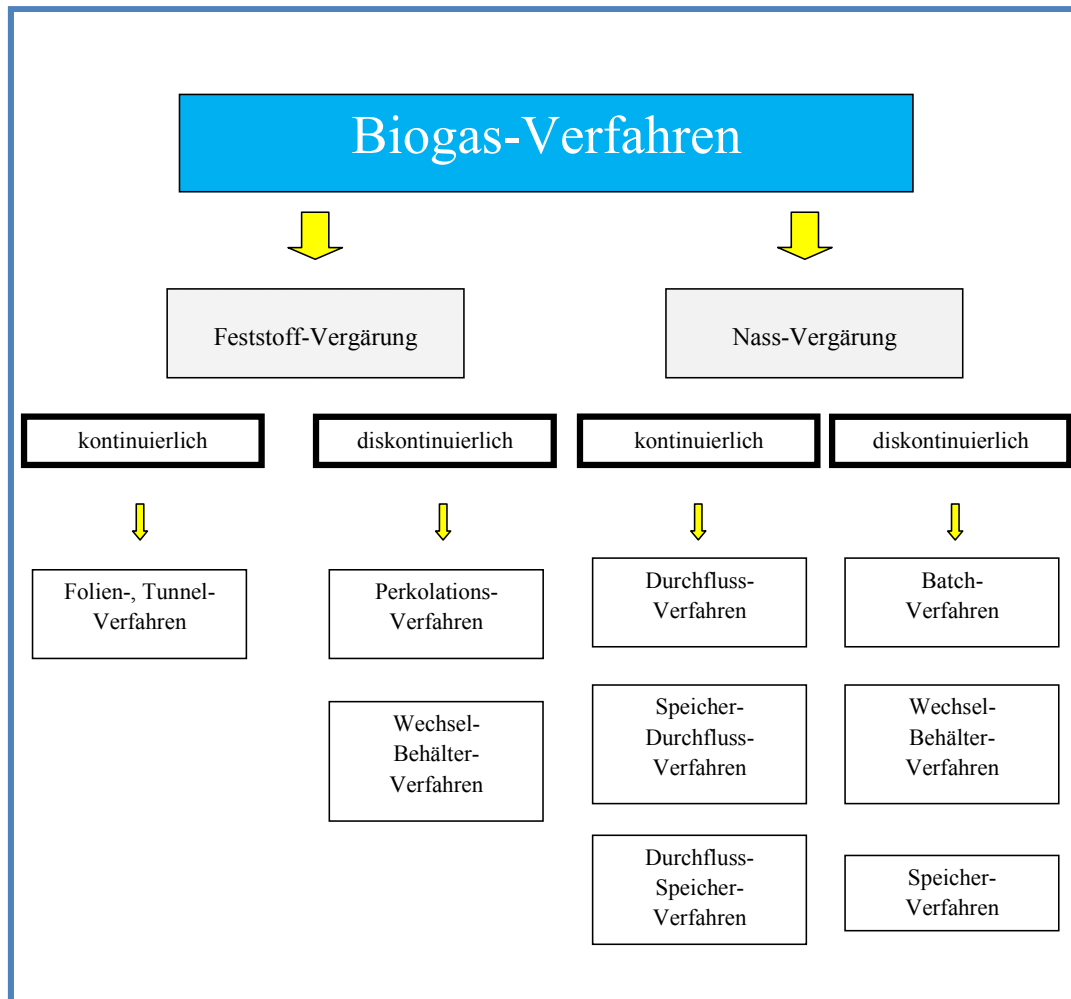


Abbildung 6: Schematische Übersicht über Biogasverfahren [1], (Eigene Darstellung)

3.2.1 Diskontinuierliche Beschickung

Bei dieser Beschickung wird zwischen Batch- und Wechselbehälterverfahren unterschieden, und sie kommt bei der Trockenfermentation am häufigsten zum Einsatz.

Batchverfahren

Bei diesem Verfahren (s. Abbildung 7) wird der Fermenter einmal komplett gefüllt und anschließend luftdicht abgeschlossen. Das Substrat bleibt dann bis zum Ende der vorgegebenen Verweilzeit im Faulbehälter. Es kommt während diesem Prozess auch zu keinem weiteren Ein- bzw. Ausbringen von Substrat. Die Gasbildung steigt bis zu einem gewissen Maximum an, und sinkt nach Übersteigen des Scheitelwertes wieder ab. Somit ist keine konstante Gasproduktion möglich. Weiters muss ein zusätzlicher Behälter zur raschen Auffüllung und Entleerung installiert werden. Nach der Vergärung der Biomasse wird das

Restsubstrat bis auf einen kleinen Teil, welcher zur Animpfung des neuen Substrates dient, entleert.⁹

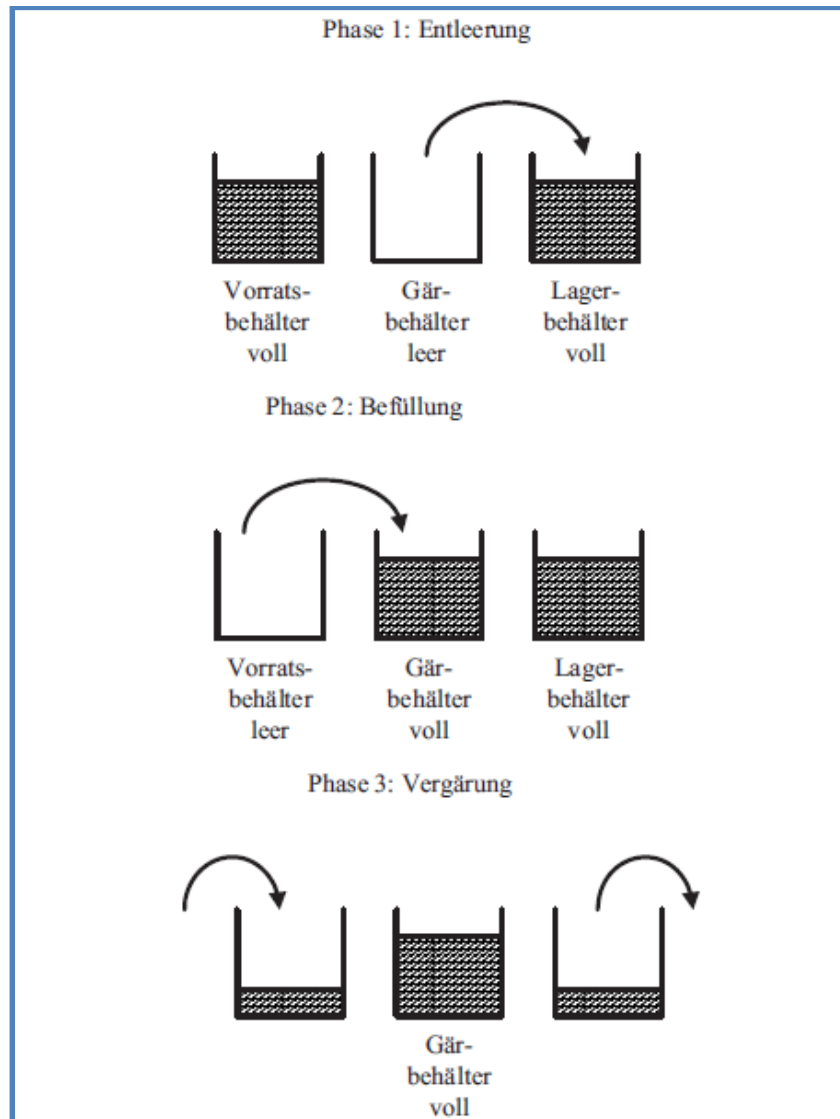


Abbildung 7: Batchverfahren [3]

Wechselbehälterverfahren

Beim Wechselbehälterverfahren (Abbildung 8) kommen zwei Gärbehälter zum Einsatz. Aus einer Vorgrube, die in der Regel ein Fassungsvermögen des Substratsanfalls von 1-2 Tagen hat, wird der entleerte Fermenter langsam und kontinuierlich gefüllt, während zugleich im vollen zweiten Faulbehälter die Vergärung in vollem Gang abläuft. Ist nun der erste Behälter vollständig gefüllt, wird der zweite, in dem der Inhalt nun vergärt ist, in den Lagerbehälter

⁹ Quelle aus [3]

entleert. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass gleichmäßig Gas produziert werden kann. Der Nachteil sind hier die zusätzlichen Kosten beim Bau, da ein zweiter Behälter benötigt wird.¹⁰

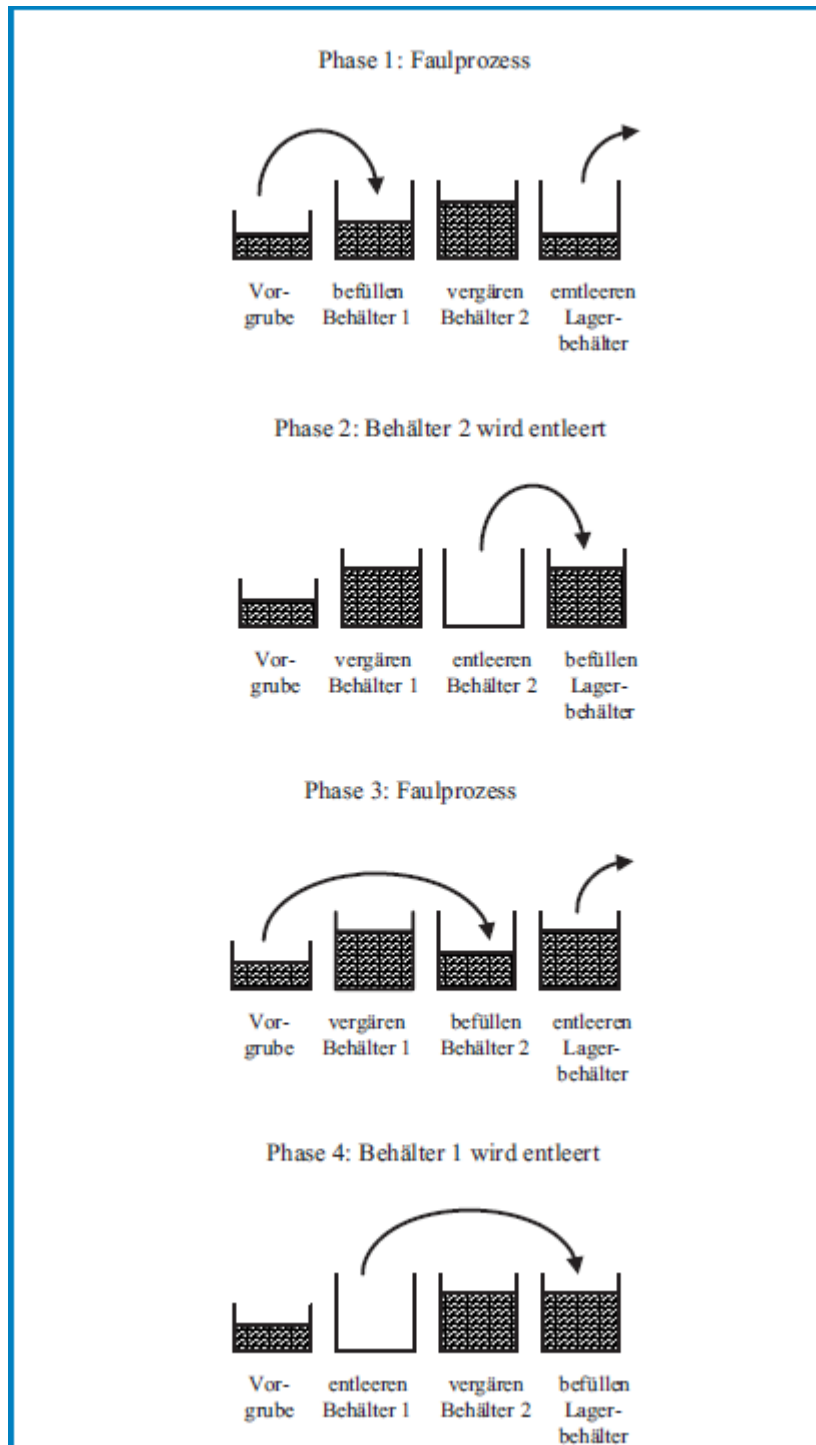


Abbildung 8: Wechselbehälter Verfahren [3]

¹⁰ Quelle aus [3]

3.2.2 Kontinuierliche Beschickung

Im Gegensatz zu der diskontinuierlichen Beschickung wird bei der kontinuierlichen Beschickung das frische Substrat ständig und kontinuierlich eingebracht. Unterschieden wird hier zwischen Durchfluss-, Speicher-, und dem kombinierten Speicher-Durchflussverfahren.

Durchflussverfahren

Dieses Verfahren (Abbildung 9), welches sich bei den meisten landwirtschaftlichen Anlagen durchgesetzt hat, besteht durch die geringeren Anschaffungskosten. Von der Vorgrube wird die Biomasse mehrmals täglich in den Faulbehälter eingebracht. Gleichzeitig wird die gleiche Menge, die eingebracht worden ist, auch wieder entnommen und ins Restlager gebracht. Dadurch ist der Faulbehälter ständig gefüllt und wird nur bei Revisions- und Reparaturarbeiten entleert. Auch mit diesem Verfahren ist es möglich konstant Gas zu produzieren.¹¹

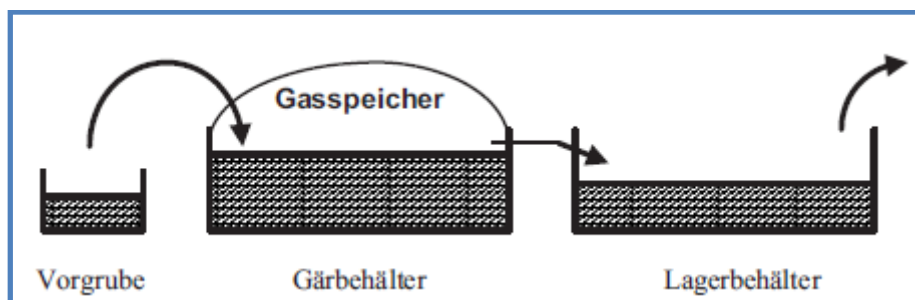


Abbildung 9: Durchfluss-Verfahren [3]

Speicherverfahren

Bei diesem Verfahren (Abbildung 10) sind der Fermenter und das Gärrestlager in einem Behälter kombiniert. Von der Vorgrube aus wird der einzige Behälter mit der frischen Biomasse langsam gefüllt. Bei der Entleerung wird ebenfalls, wie beim Batch-Verfahren, ein Teil der verfaulten Masse im Fermenter zurückgelassen, welcher zum Animpfen des neuen frischen Substrats dient. Als Nachteil ist hier die nicht ganz so kontinuierliche Gasproduktion zu erwähnen, jedoch muss nur ein Behälter gebaut werden, was wiederum Kosten spart.¹²

¹¹ Quelle aus [3]

¹² Quelle aus [3]

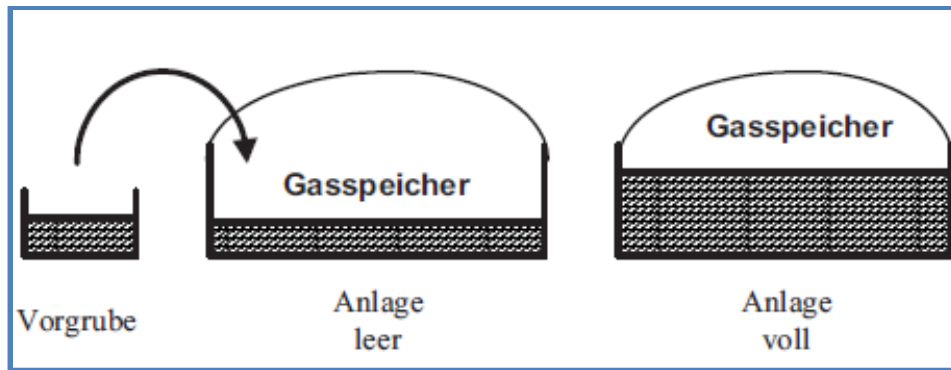


Abbildung 10: Speicher-Verfahren [3]

Kombiniertes Durchfluss-Speicher-Verfahren

Dieses Verfahren (Abbildung 11) weist den höchst entwickeltsten Stand der Biogaserzeugung auf. Hier arbeitet der Lagerbehälter als Gasspeicher, da er, wie der Gärbehälter ebenfalls abgedeckt ist. Diesem Speicher ist ein Durchflussfermenter vorgeschaltet. Bei diesem Verfahren ist es wiederum möglich gleichmäßig Biogas zu produzieren. Ein Nachteil ist jedoch, dass die Verweilzeit nicht genau bestimmbar ist, da es zu Kurzschlussströmungen im Durchflussfermenter kommen kann, d.h., dass frisches Substrat, ohne dass er vergoren wird, wieder aus dem Lagerbehälter entnommen wird.¹³

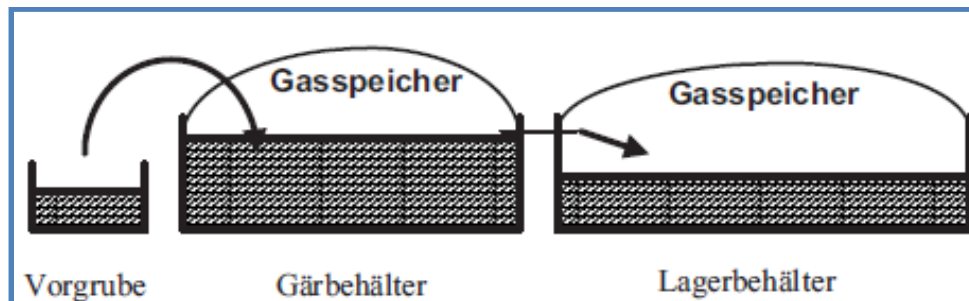


Abbildung 11: Kombiniertes Durchfluss-Speicher-Verfahren [3]

3.2.3 Durchmischung

Abhängig von der Art der Durchmischung der frischen Biomasse unterscheidet man zwischen volldurchmischten Verfahren, propfendurchmischten Verfahren und Feststoffverfahren.

¹³ Quelle aus [3]

Volldurchmisches-Verfahren

Bei diesem Verfahren wird das Substrat kontinuierlich mit einem Rührwerk durchgemischt. Dadurch kann man natürlich die Verweilzeit nicht mehr bestimmen und muss vorlieb mit einer errechneten, mittleren Verweilzeit nehmen. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass hier die Animpfung (hier wird ein Teil des vergorenen Substrates im Faulbehälter gelassen um den Metanbildungsprozess zu beschleunigen) entfällt.

Pfropfen-Verfahren

Bei diesem Verfahren wird die Biomasse längs, wie ein Pfropfen durch den Fermenter geschoben. Hierbei ist der Behälterdurchmesser viel kleiner als dessen Länge. Es ist eventuell eine Animpfung des frischen Substrats nötig um den Prozess zu beschleunigen. Weiters ist bei dieser Bauform mehr Platz nötig. Als Vorteil sind hoher Hygienisierungseffekt und eine größere mögliche Belastung zu nennen.

Feststoff Verfahren

Bei diesem Verfahren wird die Biomasse, die in fester Form vorliegt, in den Fermenter in stapelbarer Form eingebracht. Die Vergärung erfolgt ohne weitere Durchmischung. Nach der Vergärung wird es wieder in stapelbarer Form aus dem Fermenter entfernt.

3.2.4 Trennung der Prozessstufen

Hier wird unterschieden, ob die vier Stufen der Verfaulung der Biomasse in einem Behälter ablaufen (einstufig), oder ob sie getrennt ablaufen (mehrstufig).

3.2.5 Konsistenz des Substrates

Wie schon mehrmals erwähnt, wird zwischen Nass- bzw. Trockenvergärungsverfahren unterschieden. Die landwirtschaftlichen Biogasanlagen arbeiten ausschließlich mit dem Nassvergärungsverfahren. Diese arbeiten mit pumpfähigen Substraten. Zu diesen Verfahren gehören die schon erwähnten Pfropfenströmungsverfahren sowie Verfahren mit Volldurchmischung. Bei der Trockenfermentation werden stapelbare Substrate verwendet, wobei diese Anlagen selten zum Einsatz kommen und auch technisch noch nicht ausgereift sind. Deshalb werden sie zur Vollständigkeit bei dieser Arbeit nur erwähnt.

3.2.6 Prozesstemperatur

Es wird zwischen mesophil und thermophil betriebener Anlagen unterschieden. Mesophile Biogasanlagen arbeiten in einem Temperaturbereich um 32-45 °C, etwa 85 % der landwirtschaftlichen Anlagen arbeiten im mesophilen Bereich. Bei thermophilen Anlagen liegt die Prozesstemperatur zwischen 42 und 55 °C.

3.2.7 Fermenterbauformen

Die Fermenter können entweder liegend (horizontal) bzw. stehend (vertikal) ausgeführt sein. Abbildung 12 zeigt einen Querschnitt eines liegenden Tankfermenters bzw. Abbildung 13 und 14 einen stehenden runden Betonfermenter, sowie werden die Vor- und Nachteile erklärt.

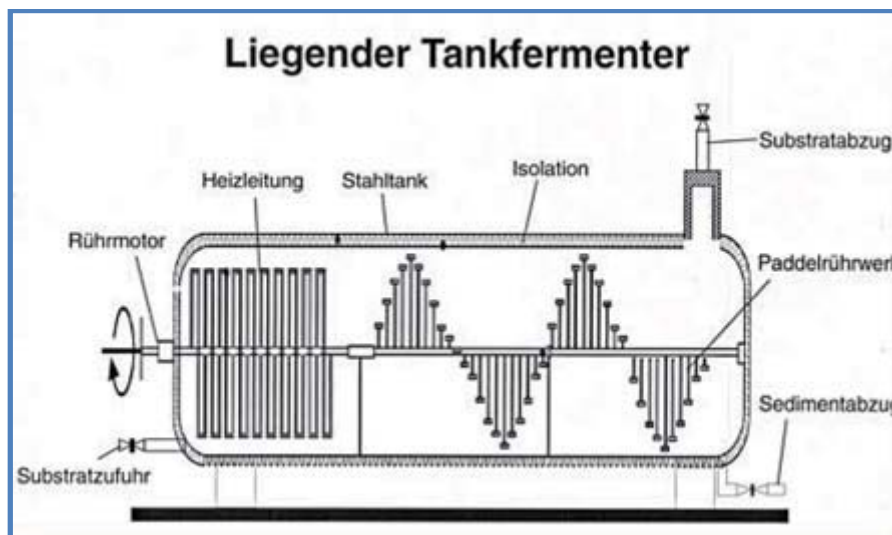


Abbildung 12: Pfropfenstromreaktor in liegender Bauform [4]

Vorteile:

- Es kann ein leistungsstarkes, energiesparendes Rührwerk verwendet werden
- Durch Pfropfenströmung prozessbiologisch günstige Bedingung
- Kürzere Verweilzeiten
- Kurzschlussströme können besser vermieden werden
- Hohe Faulraumbelastung von 7 bis 10 $kg \frac{oTS}{m^3}$

Nachteile:

- Großer Platzbedarf
- Im Volumen begrenzt
- Große Wärmeverluste
- Fehlende Impfung des frischen Substrats



Abbildung 13: Stehende runde Bauweise [5]

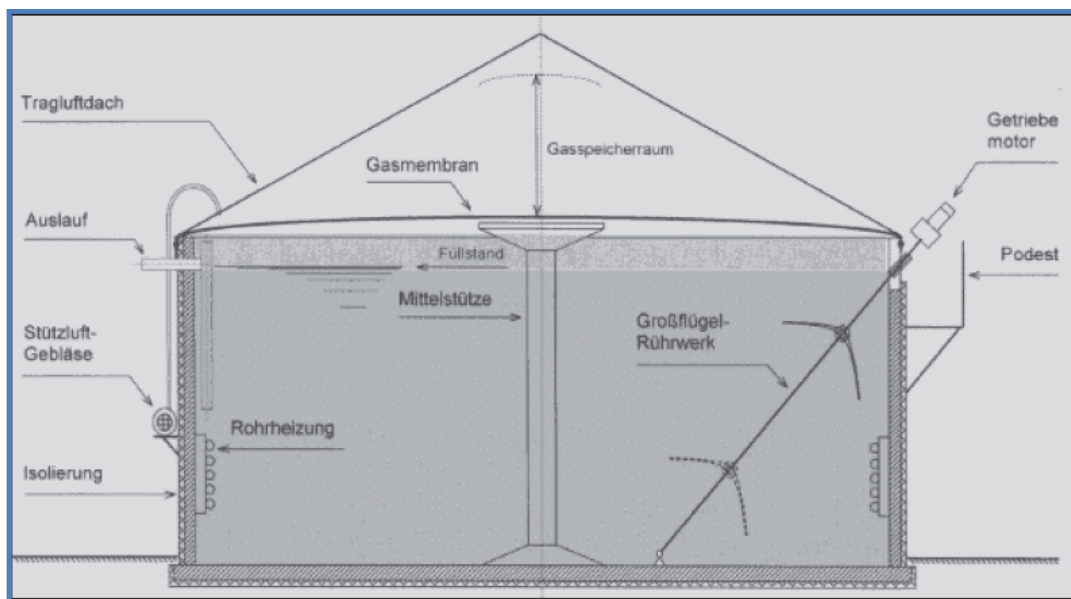


Abbildung 14: Querschnitt eines stehenden Fermentes [3]

Vorteile:

- Kompakte Bauweise
- Geringere Wärmeverluste
- Fermentervolumen nicht begrenzt

Nachteile:

- Anforderung auf das Rührwerk sind sehr hoch
- Mit zunehmender Höhe des Fermenters wird die Durchmischung immer aufwendiger
- Es lässt sich keine Pfropfenströmung erzielen

3.3 Kurzer Überblick über weitere Komponenten einer Biogasanlage

Einbringtechnik

Bei der Einbringung wird zwischen pumpfähigen und stapelbaren Substraten unterschieden. Pumpfähige Substrate werden hauptsächlich in Vorgruben zwischengelagert. Stapelbare Substrate werden meistens nicht in Vorgruben zwischengelagert, sondern direkt in den Fermenter eingebracht. Verfahren zur Einbringung solcher stapelbarer Substrate werden in der Abbildung 15 dargestellt.

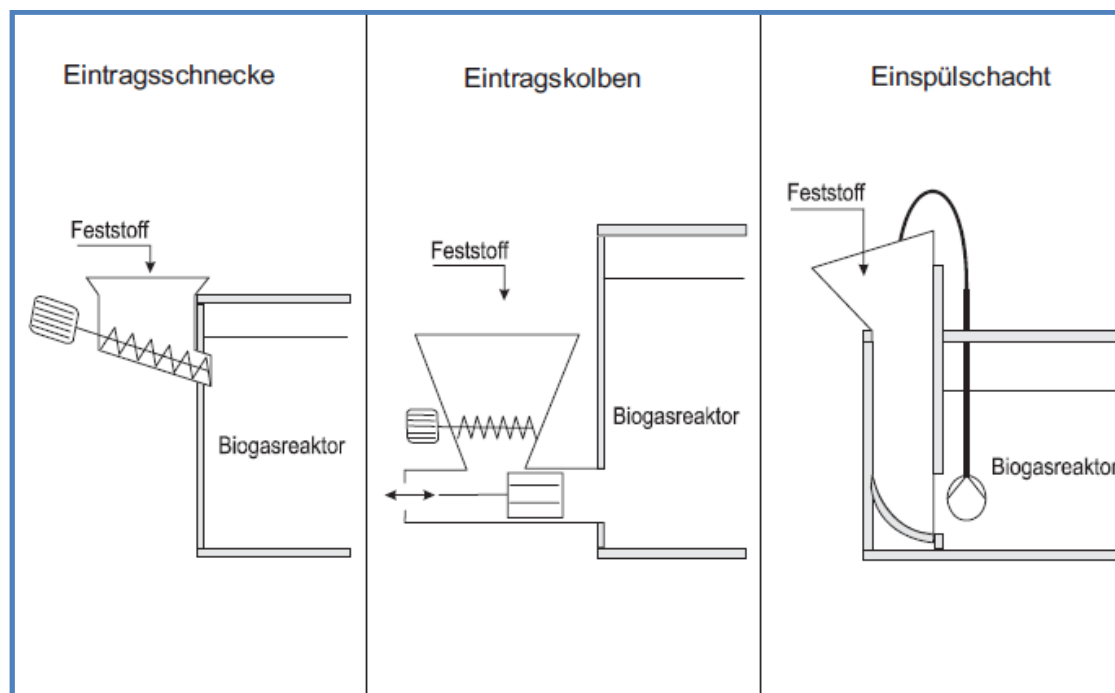


Abbildung 15: Verfahren zur Einbringung stapelbarer Substrate [3]

Vorgrube

Da das benötigte Substrat nur in den seltensten Fällen direkt von seiner Entstehung in den Fermenter gelangt, wird oft eine Vorgrube verwendet, in welcher das Substrat, wie etwa Gülle, organische Abfälle etc., vorerst gelagert und von dort aus mehrmals täglich in den Fermenter gepumpt wird. Diese Vorgrube sollte so konzipiert sein, dass das anfallende frische Substrat von 3-5 Tagen in dieser Grube Platz findet.

Pumpen

In einer Biogasanlage kommen eine Menge Pumpen zum Einsatz die einerseits Höhenunterschiede überwinden und andererseits Aggregate antreiben. Die Abbildung 16 stellt typische verwendete Pumpen dar.

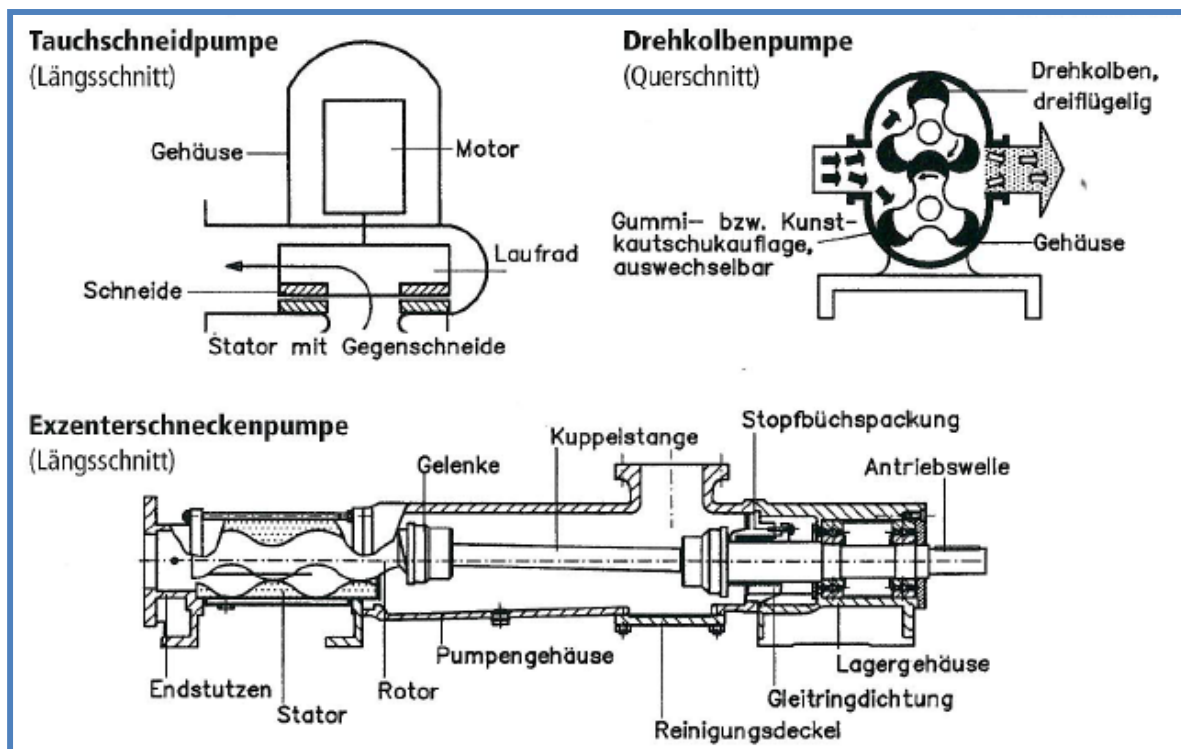


Abbildung 16: Eingesetzte Pumpen in Biogasanlagen [1]

Rührwerke

Rührwerke haben die Aufgabe, die Biomasse mehrmals täglich kontinuierlich durchzumischen Schwimmdecken und Sinkschichten zu vermeiden oder zu zerstören, um den Stoffwechsel der Bakterien zu verbessern, um die Wärme im Fermenter zu verteilen und um

das frische Substrat anzupumpen. Abbildung 17 zeigt eine schematische Darstellung der existierenden Rührwerke.¹⁴

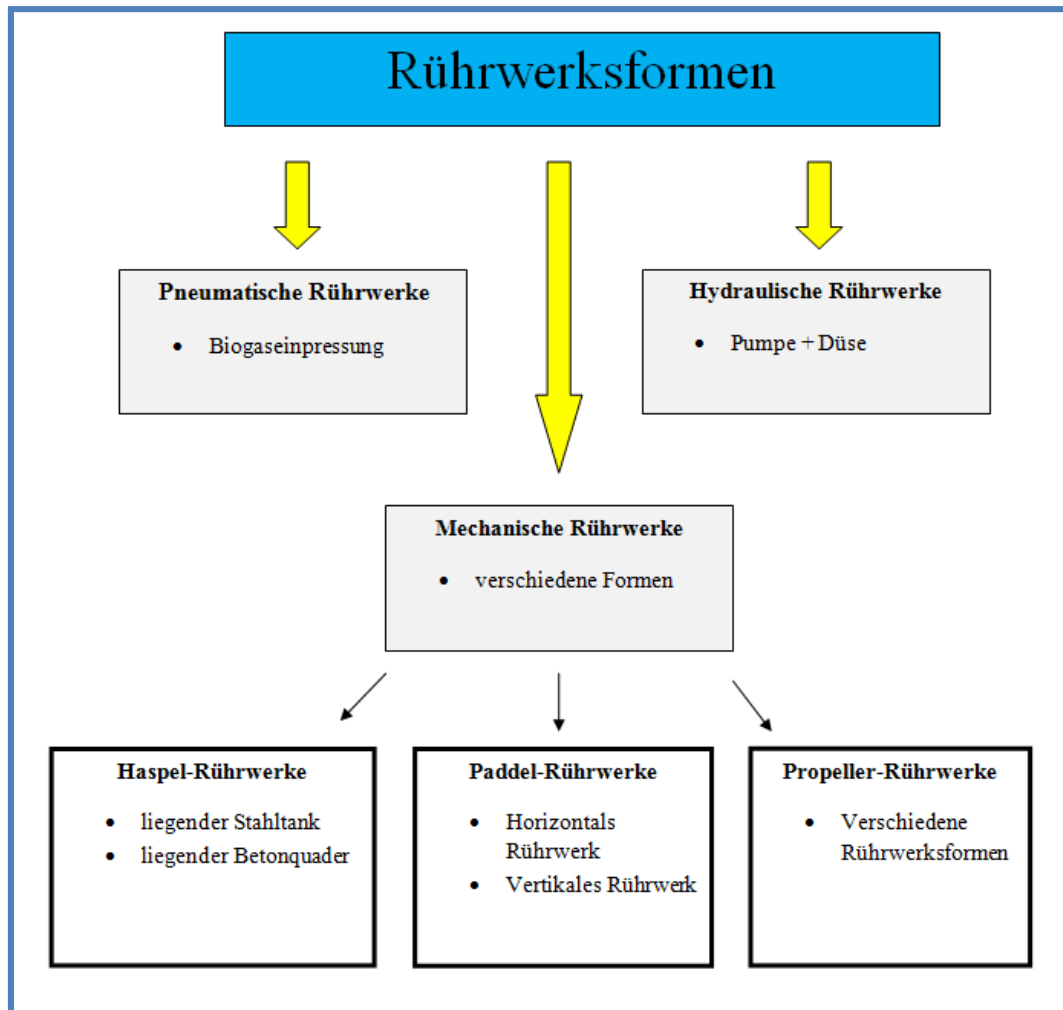


Abbildung 17: Übersicht über existierende Rührwerke [1], (Eigene Darstellung)

3.4 Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung

Kraft-Wärme-Kopplung bedeutet die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme. Fast ausschließlich kommen in solchen Biogasanlagen Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Verbrennungsmotoren zum Einsatz. Zu den üblichen Motoren (Zündstrahl und Gas-Otto Motor) werden auch Mikrogasturbinen, Brennstoffzellen sowie Stirlingmotoren verwendet, doch haben sich diese Technologien bis dato im Markt noch nicht etablieren können und werden daher nur erwähnt. Die Abbildung 18 zeigt einen schematischen Aufbau eines üblichen BHKW.

¹⁴ Quelle aus [1]

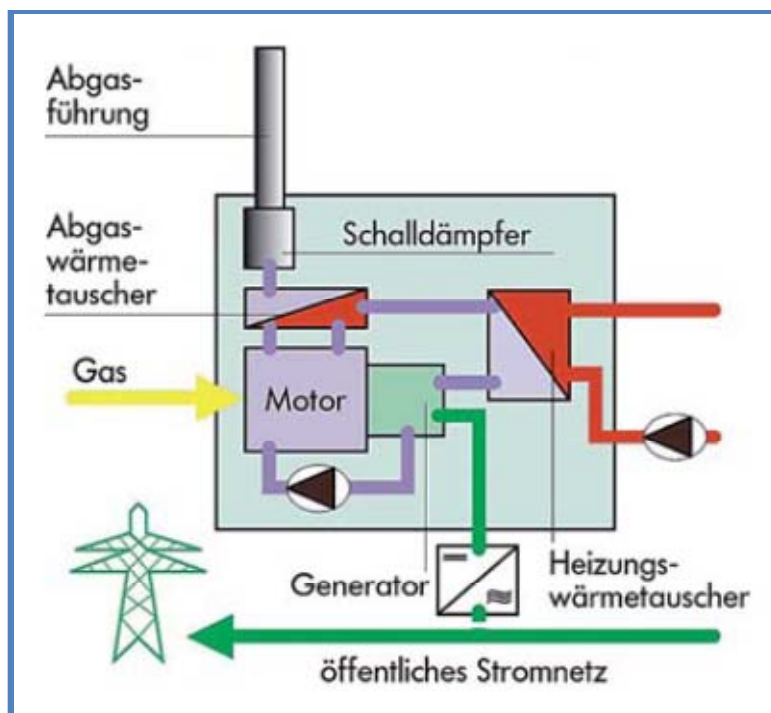


Abbildung 18: Schematischer Aufbau eines BHKW [4]

3.4.1 Zündstrahlmotor

Zündstrahlmotoren kamen in den letzten Jahren sehr oft zum Einsatz jedoch werden sie in den neu errichteten Anlagen immer mehr und mehr von Gas-Ottomotoren abgelöst. Zündstrahlmotoren funktionieren nach dem Dieselpinzip und sind eigentlich nicht für den Betrieb mit Gas entwickelt worden und müssen daher bei Verwendung in Biogasanlagen modifiziert werden. Bei diesem Motor wird dem verdichteten Gas-Luft-Gemisch über eine Einspritzanlage Zündöl zur Zündung zugeführt. Als Zündöl wird in der Regel ein leichtes Öl wie etwa Raps-Methyl-Ester verwendet, das der Motor nicht nur beim Starten und Warmlaufen benötigt, sondern während des gesamten Betriebes braucht. Dies ist auch einer der Hauptgründe warum Zündstrahlmotoren von den Gas-Ottomotoren immer mehr ersetzt werden. Der Zündölverbrauch kann in der Regel auf ca. 2-5 % der zugeführten Brennstoffleistung angesetzt werden was bei den Kosten durchaus Niederschlag findet. Zudem besteht die Gefahr, dass durch das Einspritzen des Öls die Einspritzdüsen verkoken und dadurch schneller zerstört werden und somit der Reparaturaufwand erhöht wird. Die nachfolgende Tabelle 8 zeigt die Kennwerte und Einsatzparameter von Zündstrahlmotoren.¹⁵

¹⁵ Quelle aus [4]

Tabelle 8: Kennwerte von Zündstrahlmotoren [4], (Eigene Darstellung)

Kennwerte
2-5 % Zündölanteil zur Verbrennung
Elektrische Leistung bis ca. 340 kWel
Standzeit: ca. 35000 Betriebsstunden
Wirkungsgrade 30-44 % (30 % nur bei kleinen Anlagen)
Eignung
Grundsätzlich alle Biogasanlagen, aber nur bis ca. 300 kWel
Vorteile
Preisgünstig, da Standard Motoren
Erhöhter Wirkungsgrad im Vergleich zu Gas-Ottomotoren im unteren Leistungsbereich
Aggregate auch im kleinen Leistungsbereich
Nachteile
Verkoken der Einspritzdüsen
Nicht für Biogas entwickelt
Benötigt Zündöl
Hoher Schadstoffausstoß

3.4.2 Gas-Ottomotor

Im Gegensatz zu Zündstrahlmotoren sind Gas-Ottomotoren speziell für den Gasbetrieb entwickelte Motoren die auch kein Zündöl benötigen und nach dem Otto-Prinzip funktionieren. Diese Motoren werden mit Luftüberschuss betrieben um die Stickstoffemissionen so gering als möglich zu halten. Gas-Ottomotoren sind auf einen Mindest-Gasgehalt angewiesen. Bei Biogasanlagen beträgt diese Schwelle 45 %. Unter diesem Bereich schalten die Motoren ab. Gas-Ottomotoren können alternativ auch mit anderen Gasen wie beispielsweise mit Erdgas betrieben werden, was durchaus einen Vorteil darstellt. Dies wird etwa beim Anfahren von Biogasanlagen genutzt. Diese Art von Motoren setzen sich in der Praxis immer häufiger durch. Zwei von drei Biogasanlagen die neu errichtet werden haben einen Gas-Ottomotor eingebaut. Grund dafür ist hauptsächlich, dass dieser Motor kein zusätzliches Zündöl benötigt und somit Kosten spart. Die nachfolgende Tabelle 9 zeigt die Kennwerte und Einsatzparameter von Gas-Ottomotoren.¹⁶

¹⁶ Quelle aus [4]

Tabelle 9: Kennwerte von Gas-Ottomotoren [4], (Eigene Darstellung)

Kennwerte
Elektrische Leistung bis über 1 MW, unter 100 kW selten
Erst ab 45 % Methangehalt einsetzbar
Standzeit: ca. 60000 Betriebsstunden
Wirkungsgrade 34-42% (ab Anlagen über 300 kW)
Eignung
Grundsätzlich alle Biogasanlagen, aber eher über ca. 300 kW
Vorteile
Speziell für Gasverwendung konstruiert
Emmissionsgrenzwerte werden weitestgehend eingehalten
geringer Wartungsaufwand
Gesamtwirkungsgrad höher als Zündstrahlmotoren
Nachteile
Höhere Investitionskosten
Höhere Kosten durch Fertigung in geringen Stückzahlen
Im unteren Leistungsbereich geringerer Wirkungsgrad als Zündstrahlmotor

3.4.3 Elektrische Wirkungsgrade

In einem BHKW beschreibt der Wirkungsgrad wie effektiv eine Anlage die zugeführte Energie in Nutzenergie umwandelt. Der Gesamtwirkungsgrad setzt sich aus dem elektrischen Wirkungsgrad und dem thermischen Wirkungsgrad zusammen und bewegt sich normalerweise zwischen 80 und 90 %. Das heißt, dass 80-90 % der zugeführten Energie energetisch genutzt wird. Das Problem was sich in der Praxis allerdings ergibt besteht darin, dass viele Anlagen die Wärme nur für den Eigenverbrauch und für die Prozesswärme nutzen und nicht gewinnbringend verkaufen können, da es an einem etwaigem Wärmenetz scheitert und so einen sehr geringen Wirkungsgrad besitzen. Als Faustzahl kann angenommen werden, dass der elektrische und thermische Wirkungsgrad bei Zündstrahlmotoren und Gas-Ottomotoren jeweils 50 % des Gesamtwirkungsgrad beträgt. Um den elektrischen Wirkungsgrad zu berechnen, muss der mechanische Wirkungsgrad des Motors und des Generators multipliziert werden. Der Generatorwirkungsgrad beschreibt wiederum die Umwandlung der mechanischen Energie in elektrische Energie und beträgt in der Regel 90 bis 96 %. Der Rest wird in Generatorwärme umgewandelt. Die genauen Wirkungsgrade der einzelnen verwendeten Motoren sowie des gesamten BHKW hängen sehr stark von deren elektrischen Leistungen ab. Die Abbildungen 19 und 20 stellen die elektrischen

Wirkungsgrade unterschiedlicher Motoren sowie die elektrischen Wirkungsgrade von BHKW dar.¹⁷

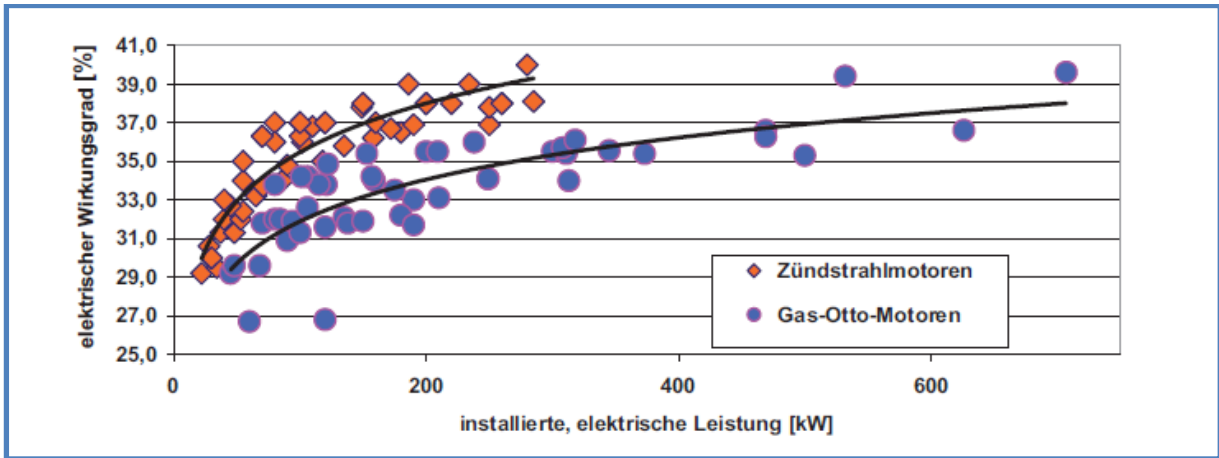


Abbildung 19: Elektrische Wirkungsgrade von unterschiedlichen Biogasmotoren [4]

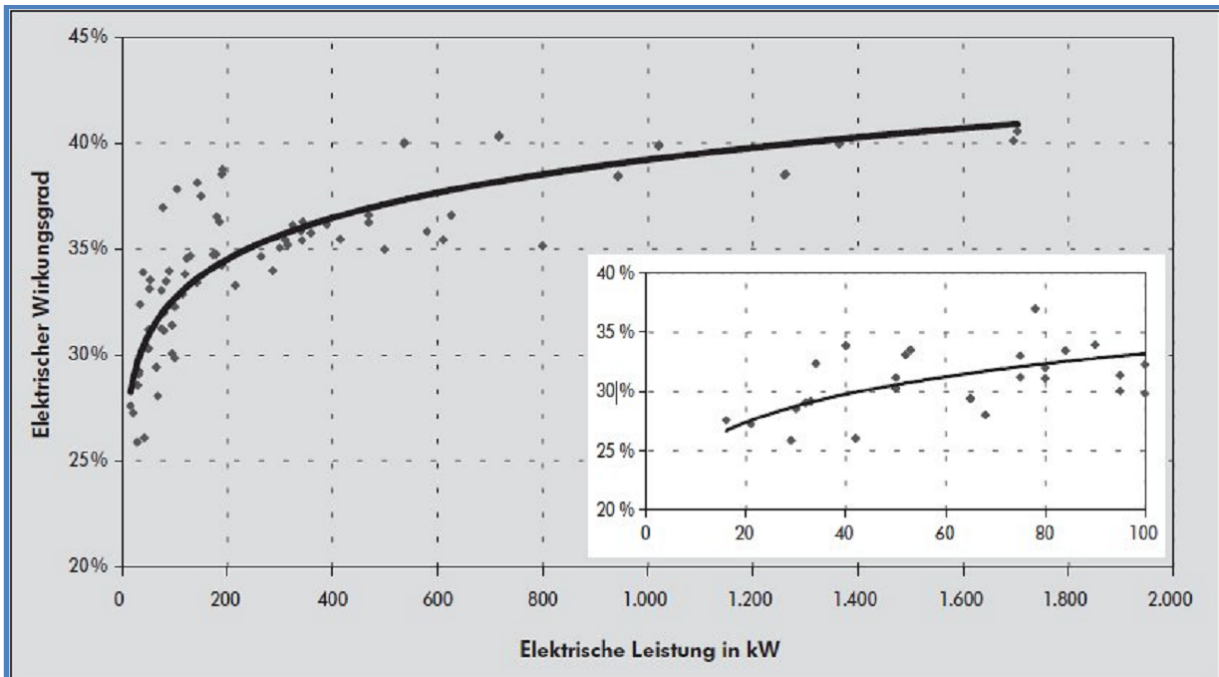


Abbildung 20: Elektrische Wirkungsgrade von unterschiedlichen BHKW [61]

Wie in den Abbildungen 19 und 20 zu sehen ist, hängen die elektrische Wirkungsgrade sehr stark von der elektrischen Leistung ab. So ist eine große Steigung speziell im unteren Leistungsbereich bis 200 kW_{el} erkennbar. Ab diesem Leistungsbereich ist eine Abflachung der Kurve zu erkennen.

¹⁷ Quelle aus [4]

4 Stand und Entwicklung des Biogassektors in der Europäischen Union

In diesem Kapitel werden die einzelnen Länder der Europäischen Union auf deren Stand und Entwicklung des Biogassektors untersucht. Bei Biogas handelt es sich um ein Multitalent, mit dem man Strom und Wärme sowie Biomethan, welches als gereinigtes Gas ins Erdgasnetz eingespeist wird, erzeugen kann. Durch diesen Umstand gibt es sehr große Unterschiede in den einzelnen EU Ländern, was deren Entwicklungen sowie auch den technologischen Fortschritt betrifft. Diese Diplomarbeit beschäftigt sich hauptsächlich mit jenem Biogas, das zur Stromerzeugung genutzt wird. Es werden der momentane Stand der bestehenden Biogasanlagen sowie die zukünftigen Entwicklungen und Trends beleuchtet. In den meisten europäischen Statistiken, Berichten sowie Veröffentlichungen über erneuerbare Energien wird Biogas leider oftmals nicht einzeln betrachtet, sondern in einen Topf mit Biomasse geworfen, und daher ist es schwierig genaue und detaillierte Informationen über die Stromerzeugung in diesem Sektor zu finden. Dies war Motivation genug, um sich mit dieser interessanten Technologie genauer zu befassen und einen Überblick der Situation in den 27 EU-Ländern zu schaffen. Es wurde dafür eine Datenbank erstellt, welche die einzelnen in Europa installierten Biogasanlagen beinhaltet. In dieser Datenbank sind sämtliche landwirtschaftliche Anlagen, die als Substrate nachwachsende Rohstoffe (NaWaRoS), tierische Exkremente, organische Bioabfälle und sonstige landwirtschaftliche Reststoffe verwenden, enthalten, sowie Klär- und Deponiegasanlagen und industrielle Abwasseranlagen. Von diesen Anlagen wurden Informationen über Standorte, Baujahre sowie installierte Leistungen in MW_{el} zusammengefasst. Zu den Klär- und Deponiegasanlagen ist zu erwähnen, dass in einigen wenigen Ländern keine exakten Informationen über diese Anlagen vorhanden sind und diese deshalb in der Datenbank nicht angeführt werden konnten. Desweiteren wurde für jedes Land eine Prognose über die mögliche Entwicklung bis zum Jahr 2020 dargestellt.

4.1 Biogas in Österreich

In Österreich ist die Zahl der Ökostromanlagen in den letzten Jahren stetig gestiegen. Anfang 2010 befanden sich 341 Biogasanlagen in Betrieb, was einer Gesamtleistung von 94,45 MW_{el} entspricht. In diese Kategorie fallen Anlagen mit NaWaRoS und landwirtschaftlichen Exkrementen als Substrate sowie Kompostanlagen. Des Weiteren waren 65 Klär- und Deponiegasanlagen mit einer Leistung von 29,12 MW_{el} installiert, jedoch werden diese laut E-Control nicht zu den Biogasanlagen gezählt und sind deshalb nicht mitberücksichtigt. Die berücksichtigten 341 Biogasanlagen erzeugen in Summe ca. 525 GWh Strom pro Jahr.¹⁸ Das wiederum entspricht dem Stromverbrauch von rund 200.000 Haushalten, also immerhin über 1 % des gesamten österreichischen Stromverbrauchs. Weiters sind 6 Anlagen (Bruck/Leitha, Pucking, Leoben, Linz, St. Margarethen am Moos und Eugendorf) in Betrieb, die Biogas erzeugen und es in das bestehende Erdgasnetz einspeisen.¹⁹ Die durchschnittliche Biogasanlagengröße beträgt in Österreich ca. 277 kW_{el}. Die Mehrheit der Anlagen besitzt eine Leistung, die weniger als 500 kW_{el} beträgt. Drei Anlagen sind größer als 1 MW_{el}. Auffallend ist, dass in Österreich der Trend in Richtung immer größerer Anlagen geht, wobei die Grenze der technischen Realisierbarkeit zurzeit bei etwa bei 1.000 kW_{el} liegt. Die meisten Anlagen befinden sich in Niederösterreich, gefolgt von Oberösterreich und der Steiermark (s. Abbildung 21).²⁰

Da die Investitionskosten dieser Technologie hoch sind, behaupten die Betreiber, dass sie trotz der gegebenen Einspeisvergütungen, ihre Anlagen nicht kostendeckend betreiben können. Österreich besitzt zwar ein sehr großes Potential im Bereich der Landwirtschaft, aber die gesamten Umstände lassen die Investitionen neuer Projekte in Zukunft immer schwerer zu. Es ist jedoch insgesamt zu beobachten, dass bereits bestehende Anlagen erweitert werden. Die Stromerzeugung aus Biogas wird sich, wie die Abbildung 22 zeigt, in den nächsten Jahren kaum weiterentwickeln.

¹⁸ Quelle aus [6]

¹⁹ Quelle aus [17]

²⁰ Quelle aus [6]

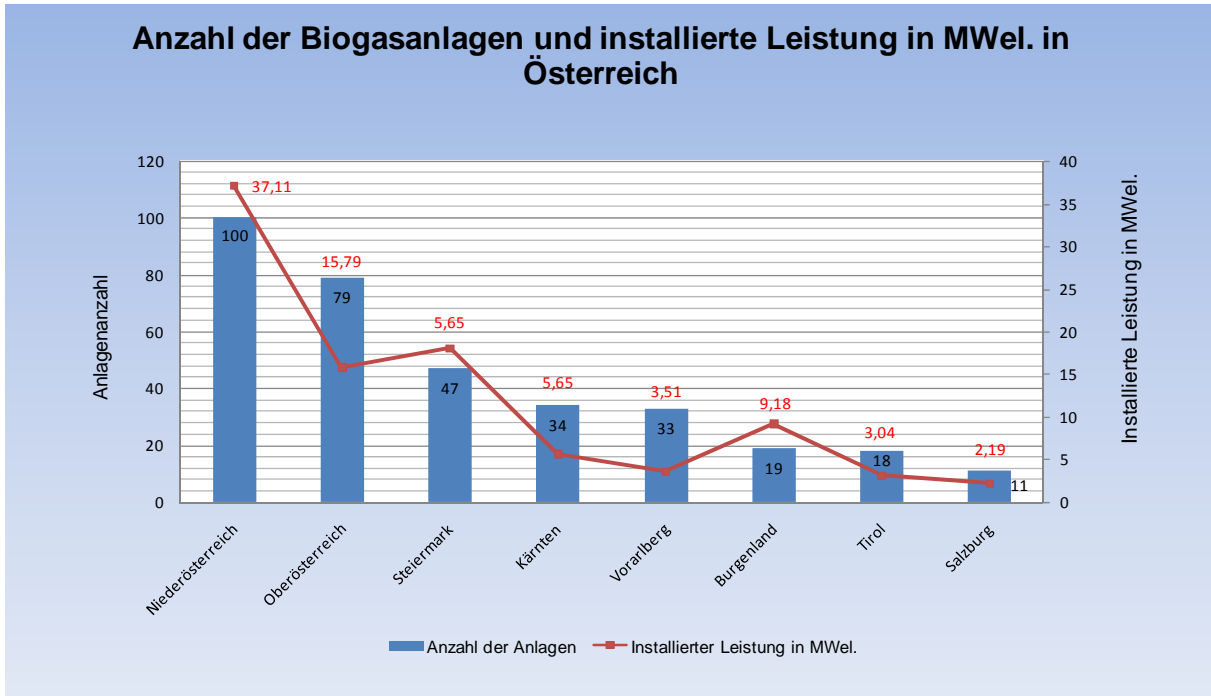


Abbildung 21: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el} [6], (Eigene Darstellung)

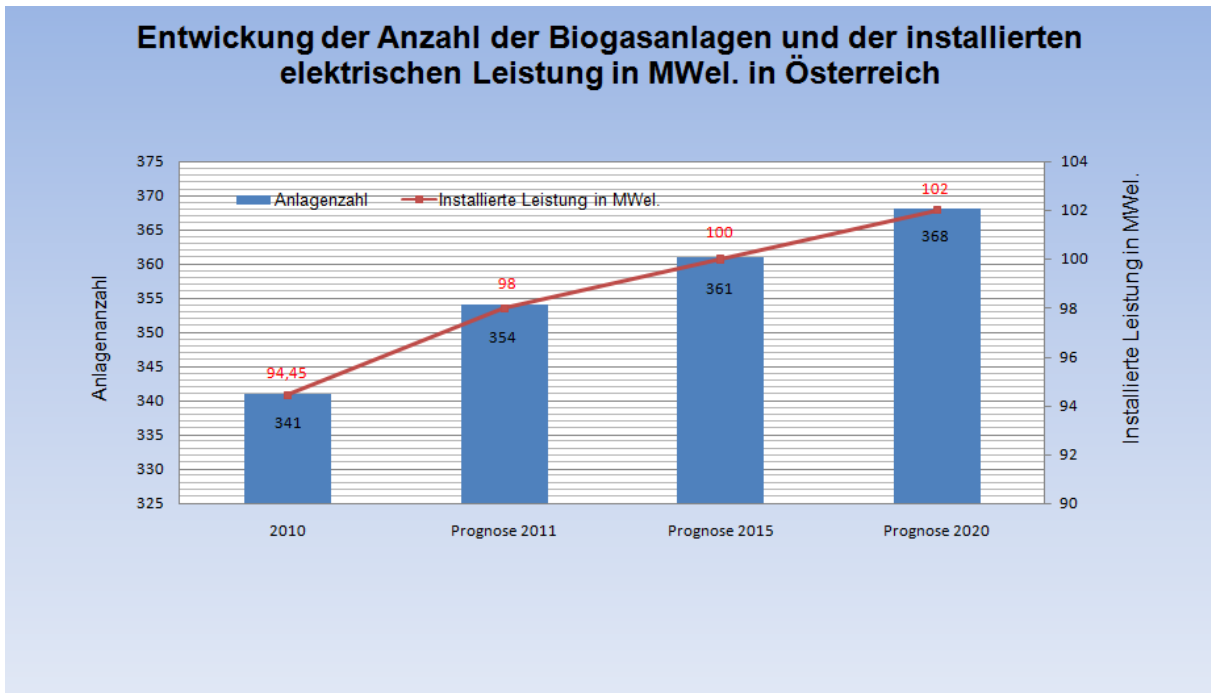


Abbildung 22: Aktueller Stand und Prognose in Österreich bis 2020

4.2 Biogas in Deutschland

Deutschland ist im Biogassektor in Europa die aktuelle Nummer eins. Als das EEG 2000 in Kraft getreten ist, befanden in Deutschland knapp 1.000 Anlagen mit einer installierten Leistung von etwa 65 MW_{el} in Betrieb. Ab diesem Zeitpunkt boomte diese Technologie stark. Speziell der zusätzliche Bonus von sechs bzw. sieben Cent pro kWh für die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRos-Bonus), der durch das EEG 2009 vergütet wird, war ein weiterer Investitionsimpuls. Mit Ende 2009 standen bereits 4.984 Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von 1.893 MW_{el}, wobei es sich bei diesen Anlagen fast ausschließlich um landwirtschaftliche Anlagen handelt. Diese Anlagen erzeugten 2009 Strom von 11,6 TWh. Die meisten dieser Anlagen stehen in den Bundesländern Bayern, Niedersachsen und in Baden-Württemberg (s. Abbildung 23). Dies bedeutet, dass sich die Anzahl der Anlagen in den letzten zehn Jahren verfünffacht hat. Somit zählt diese Branche schon lange nicht mehr zur Randgruppe der erneuerbaren Energiequellen, vielmehr stellt sie einen starken und wichtigen Wirtschaftsmotor in Deutschland dar. Die durchschnittliche Leistung der Anlagen beträgt in Deutschland ca. 350 kW_{el}, wobei der Trend zu größeren Anlagen geht (500 kW bis 700 kW). Als Substrate werden hauptsächlich nachwachsende Rohstoffe (47 %) und tierische Exkremete (41 %) sowie Bioabfälle (10 %) und industrielle und landwirtschaftliche Reststoffe verwendet. In mehr als 90 % der nach 2004 gebauten Anlagen werden Energiepflanzen vergoren (90 % Silomais).²¹ Der Trend zum Bau von neuen Biogasanlagen wird sich auch in den nächsten Jahren in Deutschland weiter fortsetzen. Demnach wurden 2010 weitere 1.000 Anlagen errichtet. Nach Einschätzung des Biogasverbandes in Deutschland werden im Jahre 2020 ungefähr 10.000 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von ungefähr 3,8 GW_{el} installiert sein (s. Abbildung 24). Dies entspricht etwa einer elektrischen Leistung von vier Kernkraftwerken.

Biogas wird, hauptsächlich zur Strom- und Wärmeerzeugung mittels KWK genutzt. Es existieren jedoch auch 30 Anlagen, die Biomethan ins Erdgasnetz einspeisen. Weiters sind 30 Projekte in Planung bzw. befinden sich im Bau. Geht es nach der Bundesregierung sollen bis 2020 jährlich sechs Mrd. m³ Biomethan ins Erdgasnetz eingespeist werden.²²

²¹ Quelle aus [18]

²² Quelle aus [17]

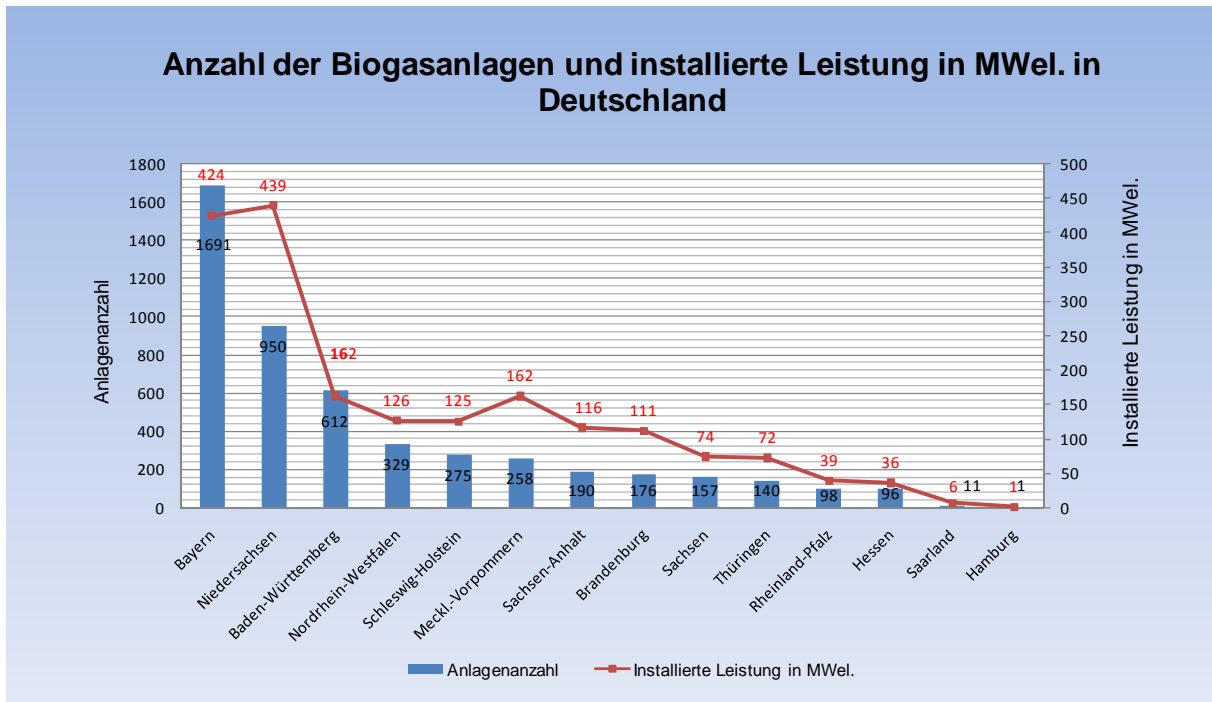


Abbildung 23: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el} [7], (Eigene Darstellung)

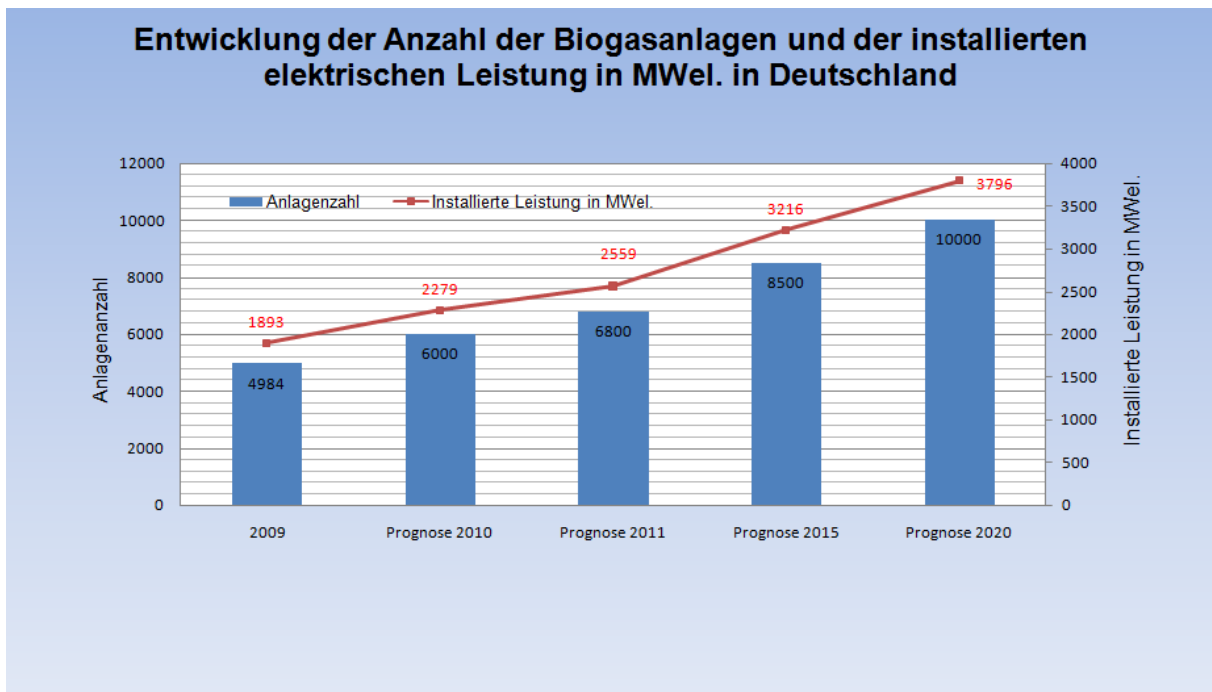


Abbildung 24: Aktueller Stand und Prognose in Deutschland bis 2020 [7], [9], (Eigene Darstellung)

4.3 Biogas in Italien

Der italienische Biogassektor ist die letzten Jahre deutlich gewachsen und ist mittlerweile nach Deutschland und Großbritannien der drittgrößte Markt in der EU. Interessant ist jedoch, dass ein großer Anteil des erzeugten Biogases aus Deponiegasanlagen entsteht. Anders wie zum Beispiel in Deutschland, wo hauptsächlich auf landwirtschaftliche Anlagen gesetzt wird, waren 2009 in Italien 194 Deponiegasanlagen aus Hausmüll mit einer elektrischen Leistung von ca. 299 MW_{el}²³ installiert. Weiters sind rund 308 landwirtschaftliche Anlagen, die als Substrate Mist, Gülle, Energiepflanzen sowie landwirtschaftliche Abfälle und industrielle Abwasser nutzen, sowie 99 Anlagen, die Biogas aus organischen Siedlungsabfällen, industrielle- sowie kommunale Klärschlämme erzeugen, installiert.²⁴ Diese erwähnten 601 Anlagen besitzen eine Leistung von ca. 434 MW_{el} und produzierten 2009 Strom in Höhe von 1.740 GWh.²⁵ Da die italienische Regierung hohe Einspeisvergütungen gewährt, ist es nicht verwunderlich, dass sich auch der Biogasmarkt in diesem Land weiterentwickelt. Das zeigen auch die neuesten Zahlen: demnach wurden in den letzten zwei Jahren über 80 neue Projekte verwirklicht, weitere 80 Anlagen befinden sich 2011 in der Bauphase. Der größte Boom in diesem Sektor besteht einerseits in den Deponiegasanlagen, wo ein starker Zuwachs beobachtet werden kann, sowie andererseits im landwirtschaftlichen Bereich. Interessant zu beobachten ist auch die geografische Verteilung der Anlagen nach den Regionen. Demnach befinden sich in den nördlichen Regionen (Lombardia, Emilia Romagna, Venezien und Südtirol) die meisten Kraftwerke, hingegen sind in Mittel- und Süditalien sehr wenige Anlagen installiert. Die Abbildung 25 zeigt die regionale Verteilung der landwirtschaftlichen Anlagen, jedoch fehlen bei dieser Abbildung, 26 Anlagen da von diesen Anlagen keine elektr. Leistung erfasst werden konnte. Laut dem Italienischen Ministerium für Wirtschaft, wird der Biogassektor bis 2020 auf eine Leistung von 1,2 GW_{el}²⁶ ausgebaut sein. Jedoch sind in Italien eine Menge an Barrieren die diesen Fortschritt verzögern bzw. behindern zu nennen. Zu diesen zählen schwierige wirtschaftliche Rahmenbedingungen, niedriges Bewusstsein in der Agrar- und Nahrungsmittelindustrie, schwierige Erfassung der lokal vorhandenen Rohstoffe, schwierige Vorhersage des erzeugten Gases sowie mangelndes Bewusstsein für das Produkt Biogas seitens der Bürger.²⁷ Die Abbildung 26 zeigt die aktuelle Zahl der Biogasanlagen sowie die Entwicklung bis 2020. Das Potential für die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz

²³ Quelle aus [36]

²⁴ Quelle aus [37]

²⁵ Quelle aus [12]

²⁶ Quelle aus [38]

²⁷ Quelle aus [37]

ist in Italien durchaus vorhanden, jedoch wird zurzeit fast ausschließlich Strom und Wärme erzeugt.

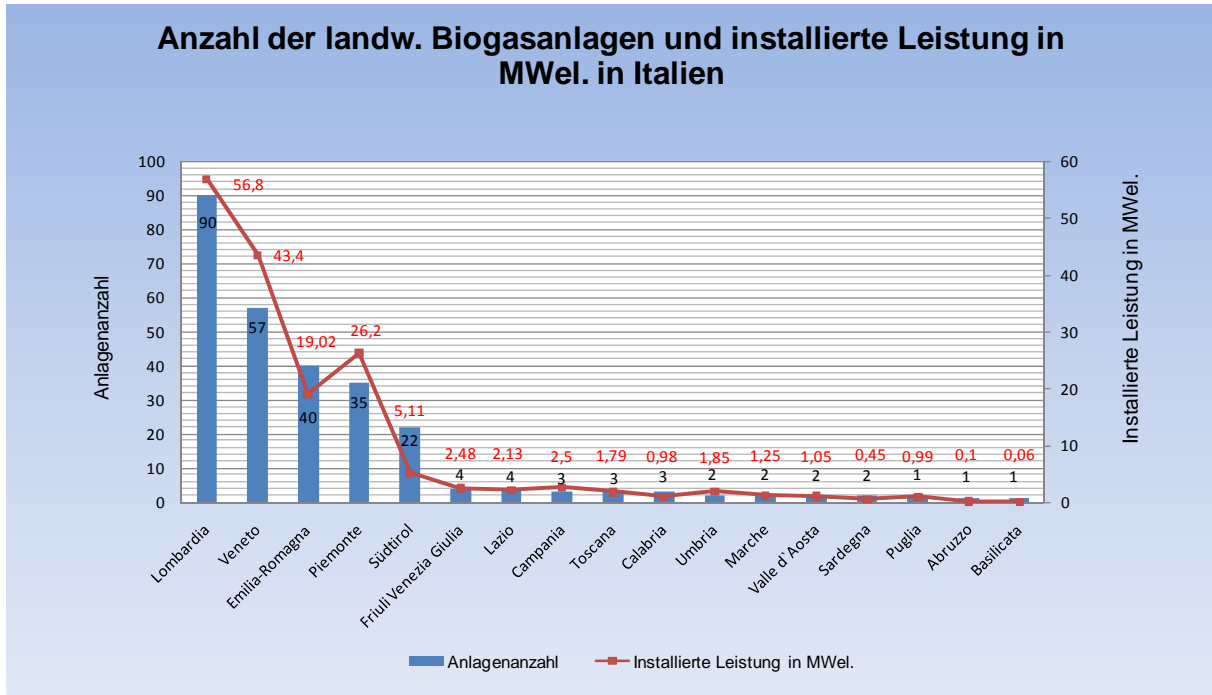


Abbildung 25: Bestehende landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

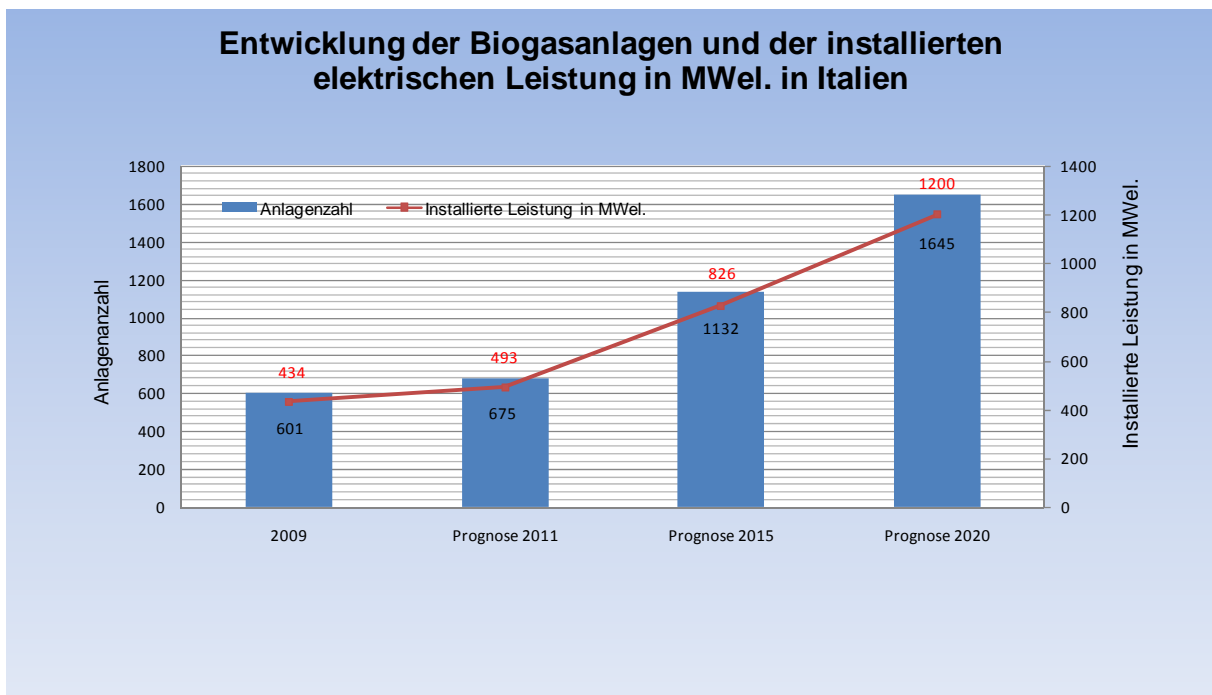


Abbildung 26: Aktueller Stand und Prognose in Italien bis 2020

4.4 Biogas in den Niederlanden

Die Niederlande gehören mit ihren 188 Biogasanlagen (Stand 2009) zu den größten Biogasproduzenten in der Europäischen Union. Diese Anlagen besitzen eine gesamte elektrische Leistung von 153,4 MW_{el}. Die Mehrheit der installierten Anlagen sind kommunale Klärgasanlagen (72 Anlagen). Weiters verfügt die Niederlande über 19 Deponiegasanlagen. Die restlichen 97 Kraftwerke teilen sich in Kompostier-, Industrieabwasseranlagen sowie in landwirtschaftliche Anlagen auf. Die durchschnittliche Anlagenleistung beträgt 0,82 MW_{el}²⁸. Die meisten dieser Anlagen befinden sich, wie die nachfolgende Abbildung 27 zeigt, in den Regionen Gelderland, Nordbrabant sowie Friesland. In den nächsten Jahren wird sich die Anzahl der Kläranlagen und Abfallanlagen sowie der landwirtschaftlichen Anlagen deutlich erhöhen. Die Stromerzeugung aus Biogasanlagen soll in den Niederlanden bis 2020 auf über 0,6 GW_{el}²⁹ ausgebaut werden. Abbildung 28 zeigt die aktuelle Zahl der Biogasanlagen sowie die mögliche Entwicklung bis 2020. Ein weiterer Trend besteht in diesem Land vor allem in der Biogasaufbereitung und somit die Einspeisung in das bestehende Erdgasnetz.

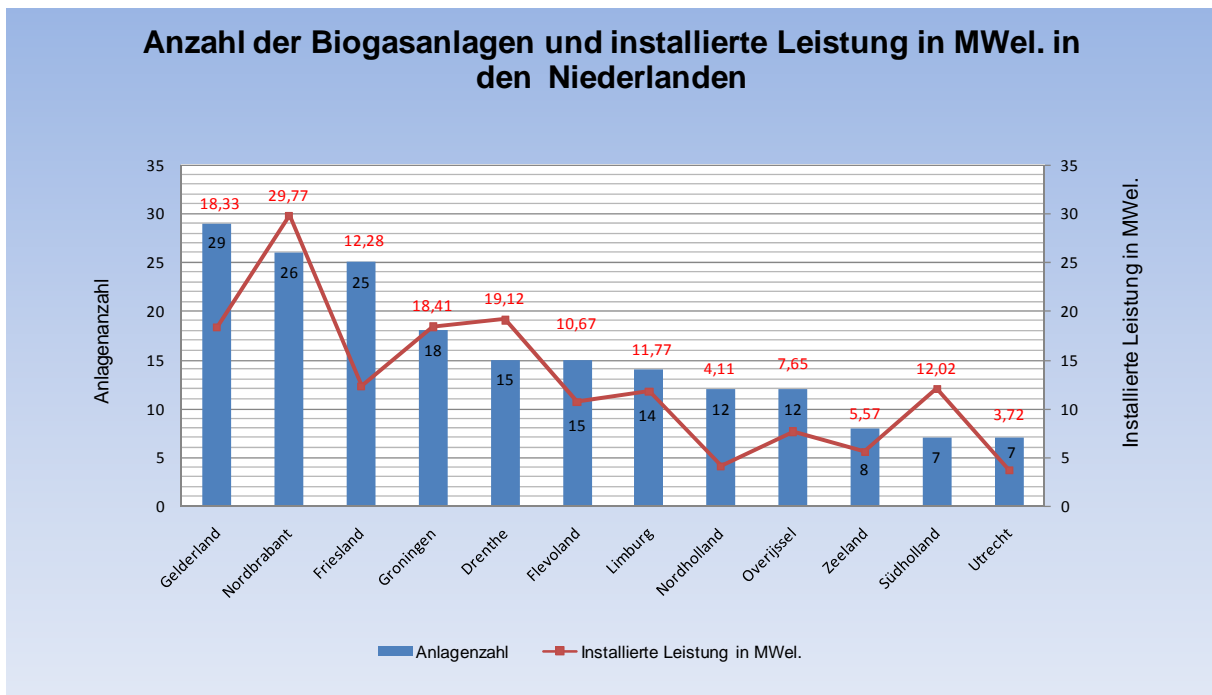


Abbildung 27: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

²⁸ Quelle aus [50]

²⁹ Quelle aus [51]

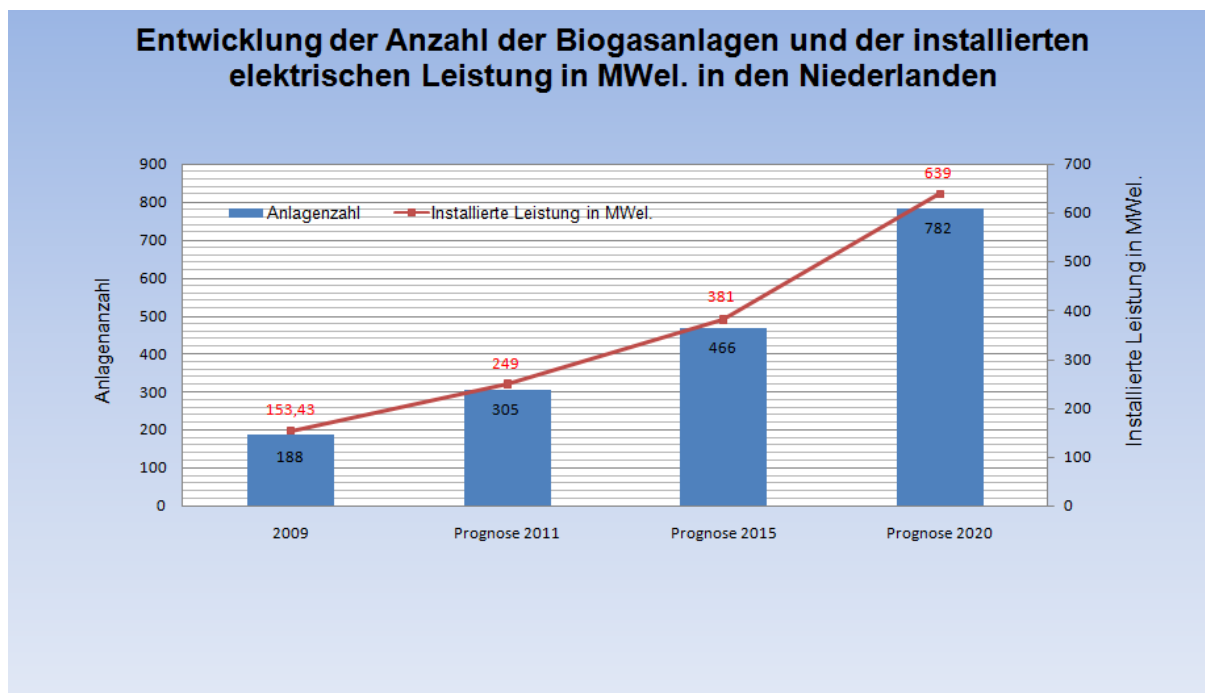


Abbildung 28: Aktueller Stand und Prognose in den Niederlanden bis 2020

4.5 Biogas in Tschechien

Der Biogasmarkt in Tschechien gehört mit zu den größten in den EU-Ländern. Mitte 2009 befanden sich 181 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von 83,1 MW_{el} in Betrieb, welche 2009, 364 GWh elektrischen Strom produzierten. Die Grundlage dieser Entwicklung stellt das Erneuerbare Energie Gesetz 180/2005 dar, welches Boni für „Grünen Strom“ gewährt. Auffallend ist, dass Tschechien im Verhältnis zu anderen Staaten, viele Klärgasanlagen besitzt. 2009 standen bereits 106 Anlagen, wovon aber nur 60 mit einer installierten Leistung von ca. 17 MW_{el} zur Stromerzeugung genutzt wurden. In Bezug auf die Kläranlagen ist noch zu erwähnen, dass aufgrund der hohen Anzahl dieser Anlagen das Potential zu einem hohen Grad ausgeschöpft ist, jedoch Prozessverbesserungen noch möglich wären. Weiters sind in Tschechien noch 36 Deponiegas- und 8 Gemeinde-, bzw. Industrieabwasseranlagen im Betrieb.³⁰ Abbildung 29 zeigt die Verteilung der Biogasanlagen (ohne Klärgasanlagen) nach den Bundesländern. Der Trend in Tschechien geht in Richtung landwirtschaftliche Anlagen. Zum Zeitpunkt der Ist-Standerhebung Mitte 2009 waren bereits 77 landwirtschaftliche Anlagen in Betrieb. Laut Angabe der Tschechischen Biogas Association, wird sich die Anzahl der landwirtschaftlichen Biogasanlagen bis 2020 auf 700 Anlagen mit einer installierten Leistung von 500 MW_{el} erhöhen. In den letzten Jahren wurden jährlich mindestens 40 neue landwirtschaftliche Biogasanlagen errichtet. Abbildung 30 zeigt

³⁰ Quelle aus [10]

die aktuelle Zahl der Biogasanlagen sowie die Entwicklung bis 2020. Ein weiteres Potential sieht die Tschechische Biogas Association in der Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz, wobei diese Technologie erst am Anfang steht und zum Zeitpunkt der Recherchen noch kein Thema war.

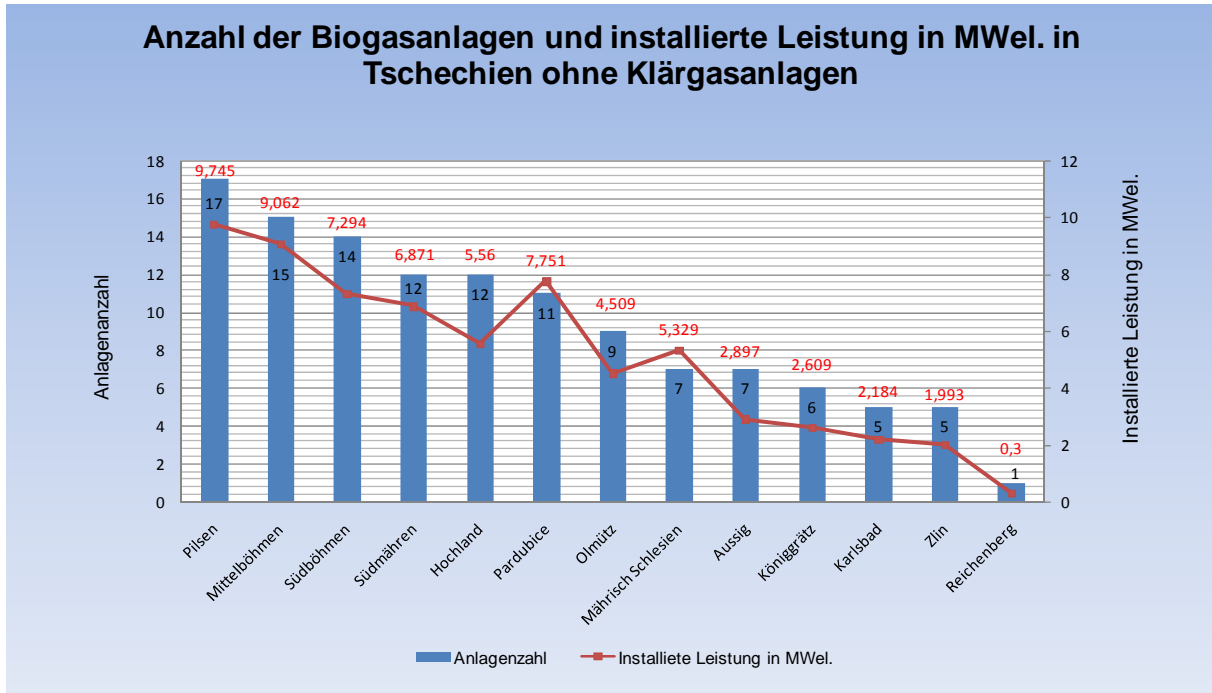


Abbildung 29: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el} (Ohne Klärgasanlagen)

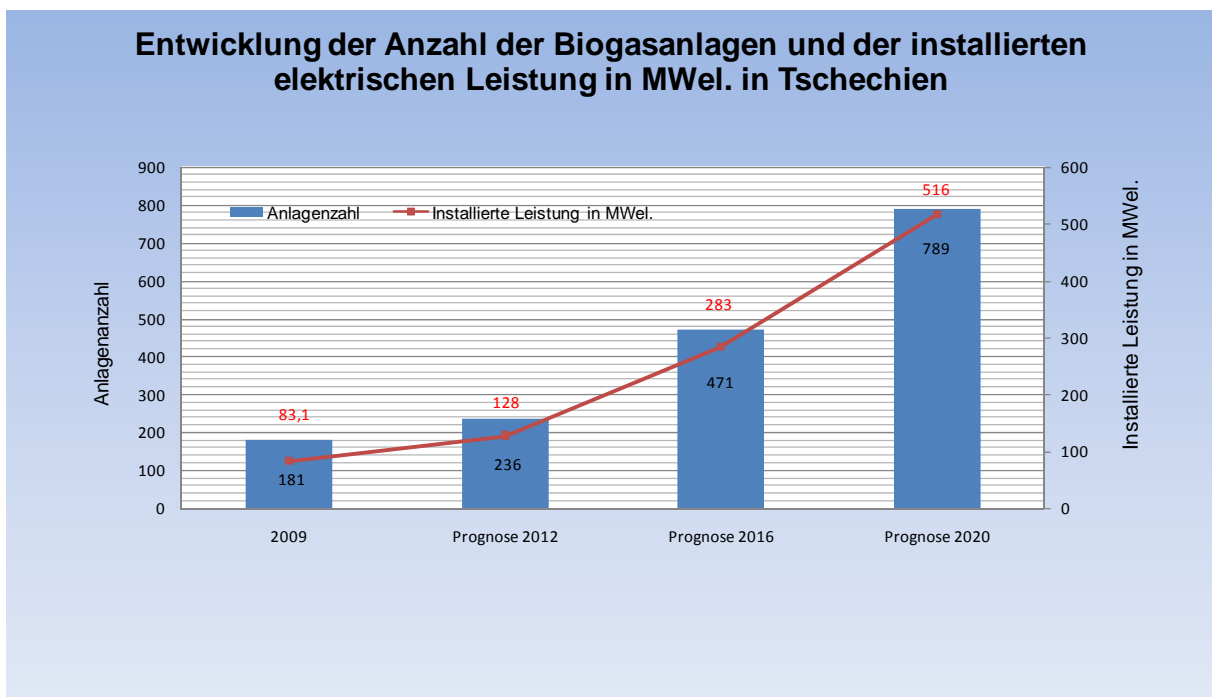


Abbildung 30: Aktueller Stand und Prognose in Tschechien bis 2020 [10], (Eigene Darstellung)

4.6 Biogas in Belgien

In Belgien wird Biogas hauptsächlich aus Deponien und aus anaerober Vergärung von organischen Abfällen (Industrie und Haushalte) gewonnen. Da Belgien in die drei Regionen Flämische, Wallonische sowie in die Region Brüssel-Hauptstadt geteilt ist, wurde auch bei der Erhebung in diese Regionen unterschieden, da diese erhebliche Unterschiede aufweisen. Die Wallonische Region befindet sich im Süden von Belgien und grenzt an Deutschland, Luxemburg und Frankreich und ist im Verhältnis zur Flämischen Region im Biogasmarkt noch nicht so ausgebaut. Ende 2006 standen lediglich 16 Anlagen, die sich in 5 landwirtschaftliche sowie in 10 Deponiegas- und in eine industrielle Anlage (Zuckerverarbeitung) aufteilen. Diese erwähnten Anlagen werden ausschließlich zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Weiters sind 7 städtische Kläranlagen in Betrieb, die jedoch nur zur Wärmeerzeugung dienen. Aktuellere Daten zu dieser Region stehen nicht zur Verfügung. Die Einspeisung des aufbereiteten Biogases in das Erdgasnetz scheiterte bis jetzt vor allem aufgrund der Lobby der Gas-, Kernenergie- und Erdölgesellschaften, das Transport- und Verteilnetz-Management sowie auch aufgrund der zu hohen Kosten der Biogasaufbereitung.³¹ Anders sieht es in der Flämischen Region aus, da hier mit 73 Anlagen (Stand: Anfang 2010) fast fünf mal so viele Anlagen stehen. Diese 73 Anlagen teilen sich in 47 Industrieabwasser- und landwirtschaftlichen Anlagen, in 15 Klärgas- sowie in 11 Deponiegasanlagen auf und besitzen in Summe eine elektrische Leistung von 89,8 MW_{el}. Die durchschnittliche Leistung der Anlagen ist mit 1,2 MW_{el} im Verhältnis zu anderen Ländern relativ hoch. Der Trend wird auch in dieser Region hin zu den landwirtschaftlichen Biogasanlagen gehen. Es sind auch bereits 2011 acht weitere Anlagen im Bau.³² In der Region Brüssel steht nur eine Industrieabwasseranlage mit einer elektrischen Leistung von 1,1 MW_{el}. Die Abbildungen 31 und 32 zeigen die Verteilung der Biogasanlagen nach den Regionen sowie die Entwicklung bis 2020.

³¹ Quelle aus [34]

³² Quelle aus [35]

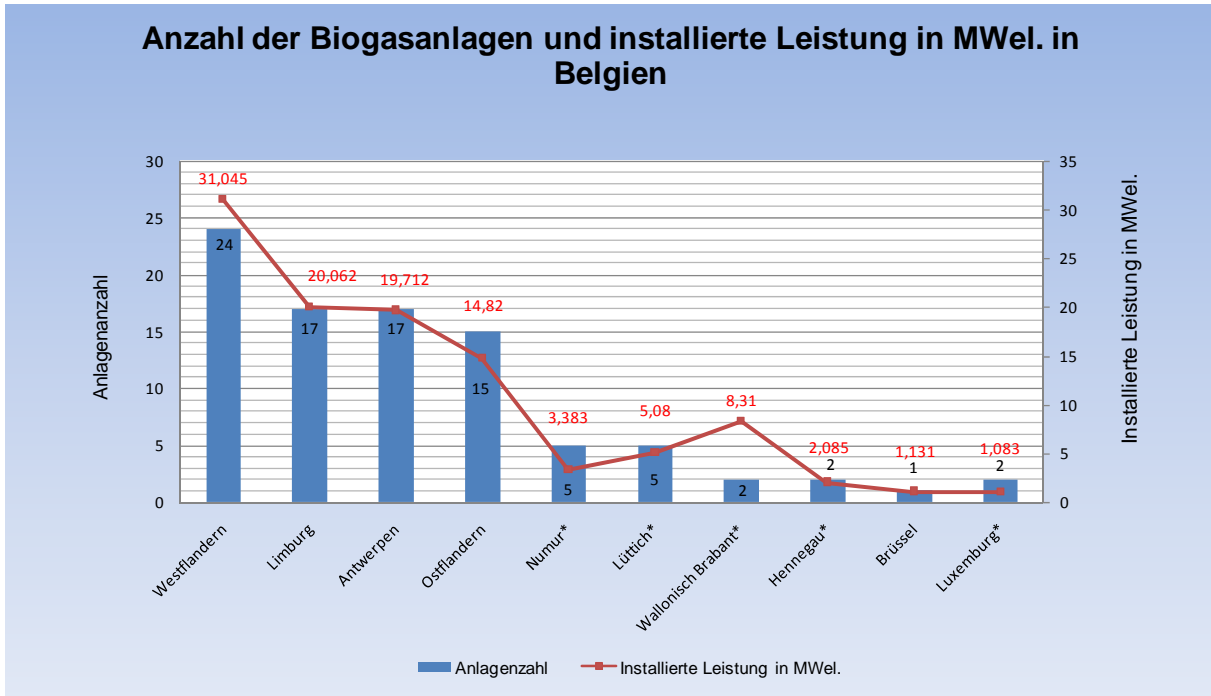


Abbildung 31: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el} (*Daten aus 2006)

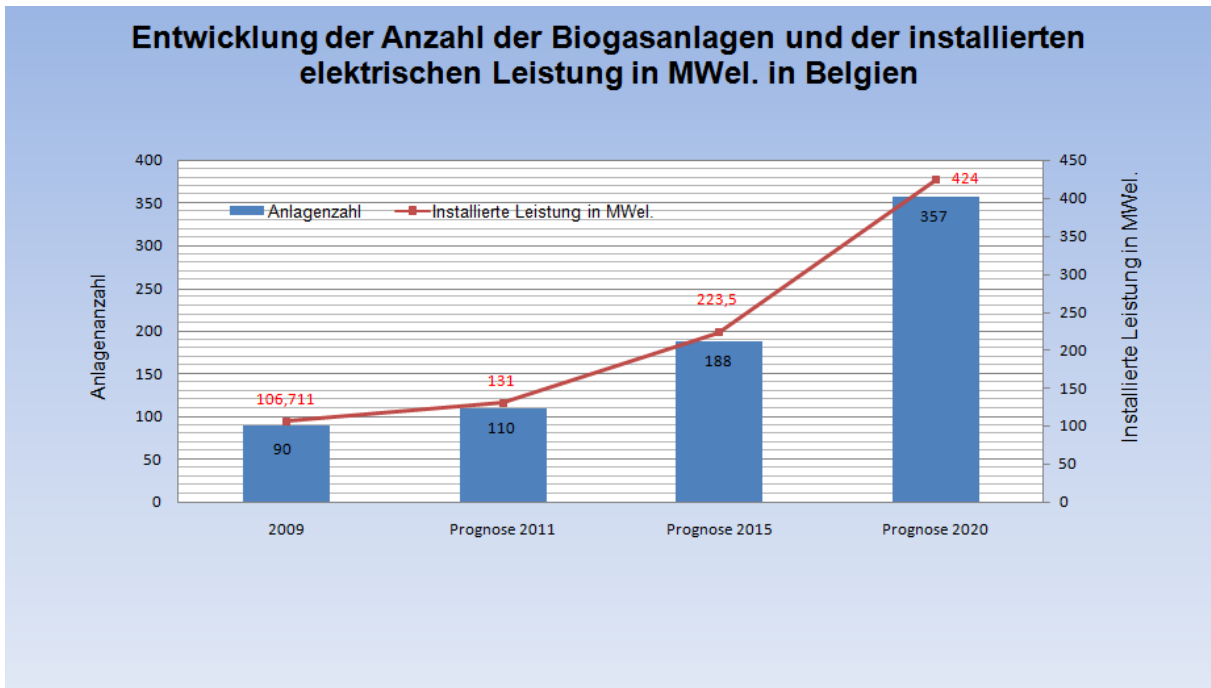


Abbildung 32: Aktueller Stand und Prognose in Belgien bis 2020

4.7 Biogas in Ungarn

In Ungarn steckt die Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen noch in den Kinderschuhen. Das bei der EU eingereichte operative Programm der ungarischen Regierung sieht bei der Förderung der erneuerbaren Energie und Energieeffizienz nur 1 % der Gesamtförderung vor, wodurch sich auch der Biogassektor dementsprechend langsam entwickelt. Als wesentlichste Hindernisse für das Vorantreiben dieser Technologie sind vor allem fehlende bzw. zu niedrige Einspeisevergütungen und große Hürden bei den Genehmigungsverfahren zu nennen und auch Engpässe im Stromsystem lassen keine größeren Anlagenbauten zu.³³ Zurzeit sind 22 landwirtschaftliche Biogasanlagen im Betrieb, wovon 21 zur Stromproduktion verwendet werden. Eine Anlage wird zur Biomethanaufbereitung genutzt. Diese 21 Anlagen haben eine installierte Leistung von 16,9 MW_{el}. Die durchschnittliche Leistung dieser landwirtschaftlichen Anlagen ist mit 800 kW_{el} um 400 kW_{el} höher als etwa in Deutschland. Grund dafür ist, dass dort wo eine Biogasanlage infrastrukturell Sinn macht, meist eine verhältnismäßig große Anlage errichtet wird. Abbildung 33 stellt die regionale Verteilung der landwirtschaftlichen Anlagen dar. Weiters verfügt Ungarn über zwölf Klärgasanlagen sowie vier Deponiegasanlagen mit einer elektrischen Leistung von 4,7 MW_{el}. In Summe hat Ungarn 37 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von 21,6 MW_{el}.³⁴ Der Trend wird in den nächsten Jahren am stärksten in Richtung Klär- und Deponiegasanlagen gehen, da seitens der Wirtschaftspolitik die Abfallbehandlung mehr unterstützt wird, jedoch werden sich langfristig aber auch landwirtschaftlichen Projekte verstärkt durchsetzen. Die Abbildung 34 stellt den aktuellen Stand sowie die Entwicklung bis 2020 dar.

³³ Quelle aus [19]

³⁴ Quelle aus [20]

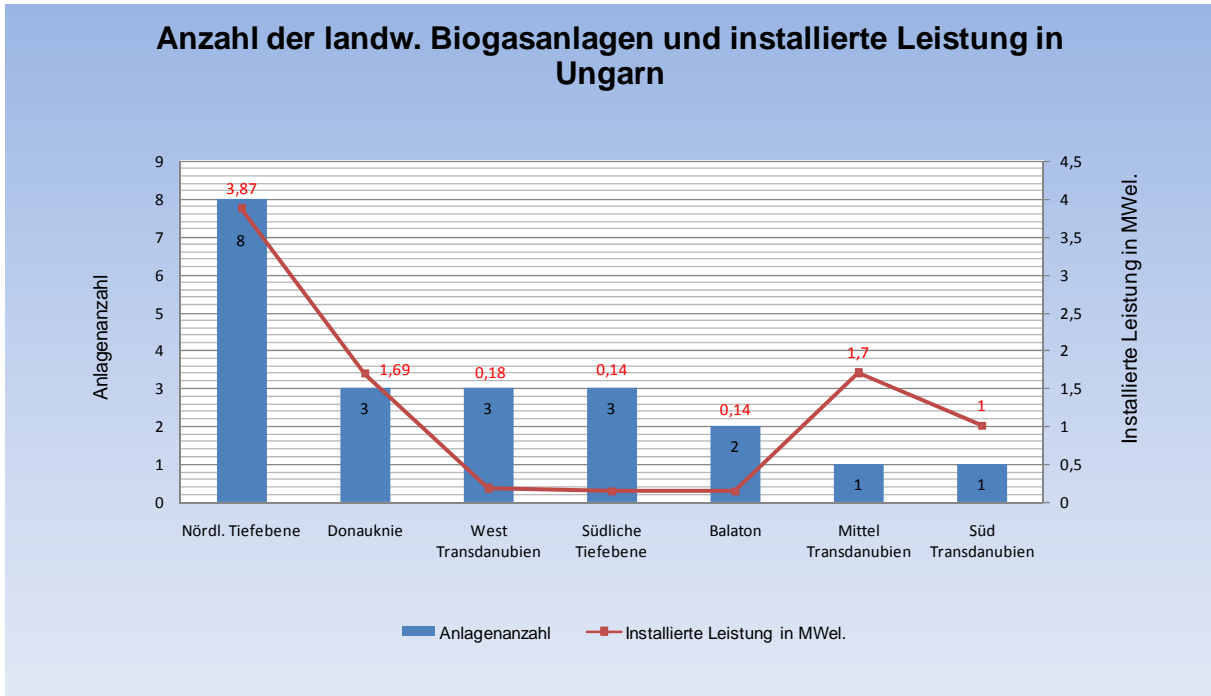


Abbildung 33: Bestehende landwirtschaftlicher Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

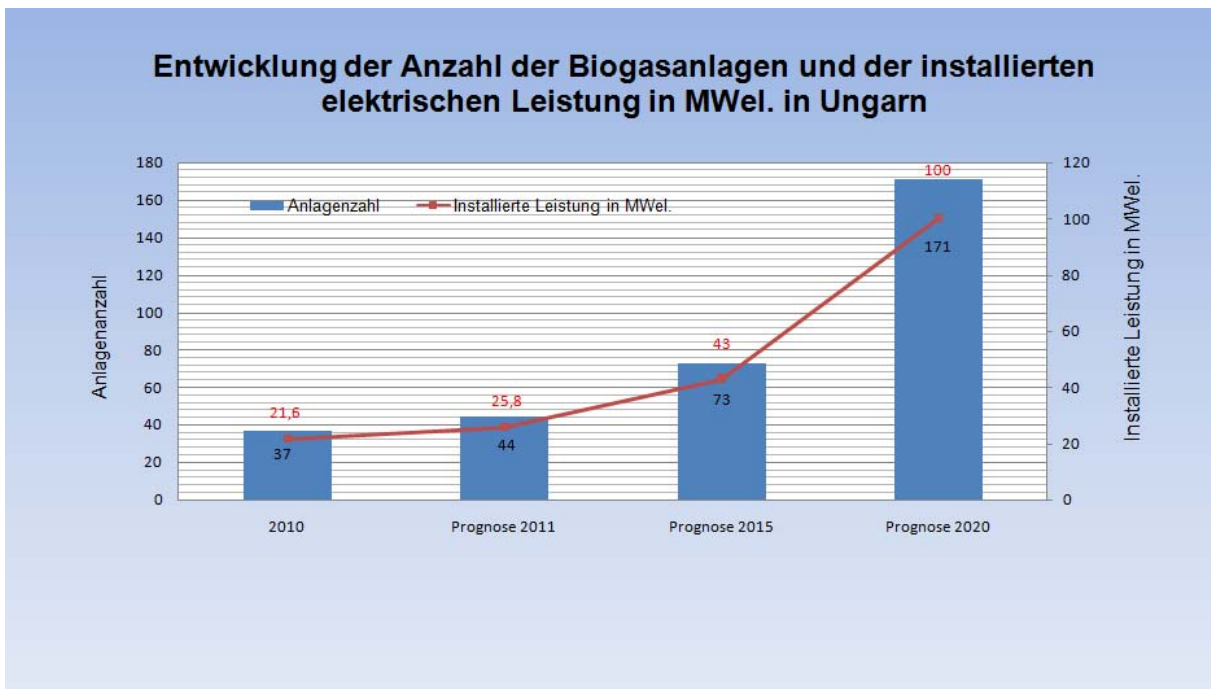


Abbildung 34: Aktueller Stand und Prognose in Ungarn bis 2020

4.8 Biogas in Luxemburg

In Luxemburg gibt es derzeit 27 landwirtschaftliche Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von 6,5 MW_{el} und zwei weitere befinden sich in Bau. Diese Anlagen besitzen eine durchschnittliche Leistung von 275 kW_{el} und produzieren jährlich 47,2 GWh Strom. Zudem gibt es eine Klärgasanlage mit 634 kW_{el}, die mit einer jährlichen Stromproduktion von 5,8 GWh (das sind 4,16 % der erneuerbaren Energie in Luxemburg) einen sehr geringen Anteil ausmacht. Die Abbildung 35 stellt die Verteilung der Biogasanlagen nach Distrikten dar. Demnach befinden sich in Diekirch die meisten Anlagen. Deponiegasanlagen sowie industrielle Abfallanlagen sind in diesem Land momentan kein Thema. Auch von Seiten der Regierung ist man sich einig, dass Biogas ein wichtiger Sektor ist um das Ziel von 11 % erneuerbarer Energie bis 2020 zu erreichen. Das würde bedeuten, dass bis zum Jahr 2020, 75 Anlagen (durchschnittliche Leistung: 275 kW_{el}) mit einer Leistung rund 20 MW_{el} gebaut werden müssten (s. Abbildung 36). Dennoch sind fehlende langfristig gesicherte Einspeisvergütungen sowie Behinderung durch administrative Prozeduren bei den Genehmigungen als große Hindernisse zu nennen.³⁵

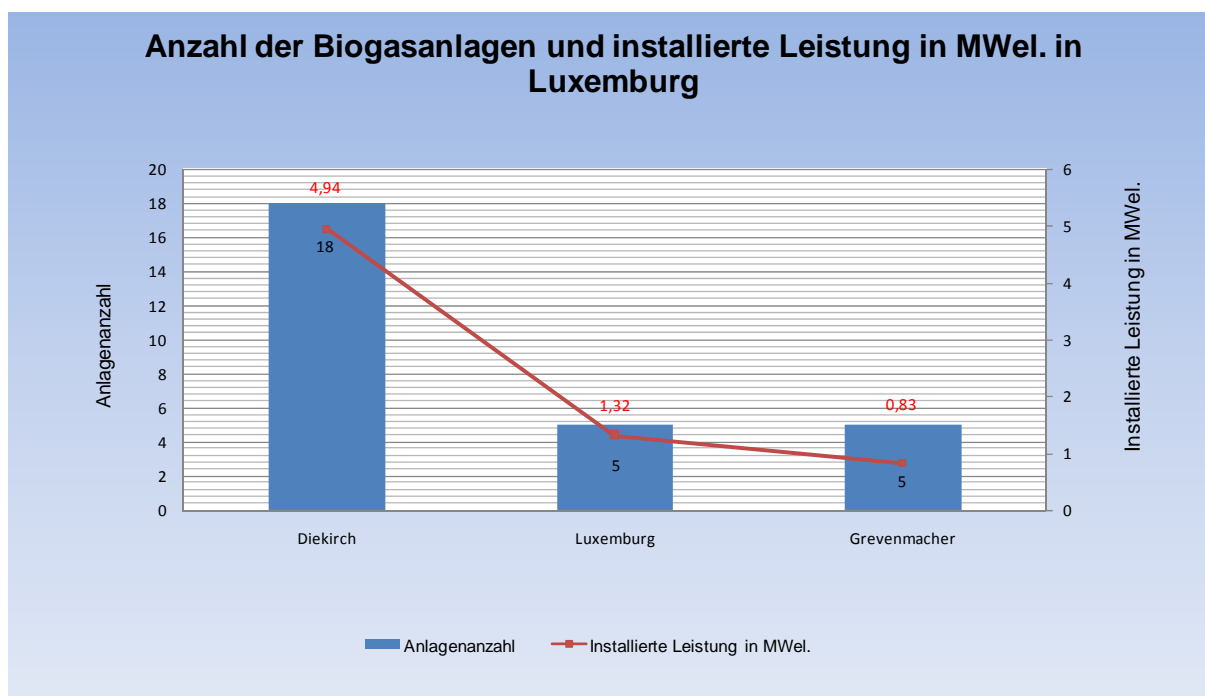


Abbildung 35: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

³⁵ Quelle aus [21]

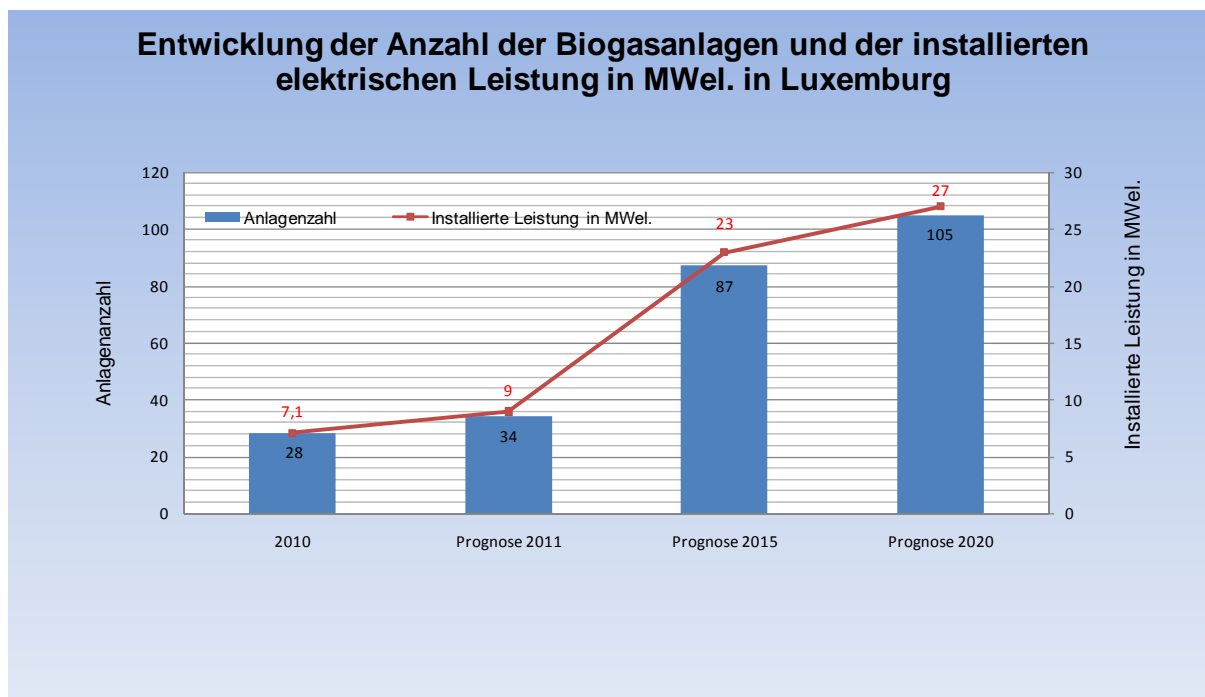


Abbildung 36: Aktueller Stand und Prognose in Luxemburg bis 2020

4.9 Biogas in Polen

Im jungen Biogassektor von Polen steckt ein großes Potential, das durchaus mit dem in Deutschland zu vergleichen ist, da Polen annähernd die gleiche landwirtschaftliche Fläche wie Deutschland aufweist. Die geografische Nähe, die bilateralen Handelsbeziehungen sowie das Know-how, das Deutschland im Bau von Biogasanlagen bereits hat, lassen Polen mit Sicherheit in den nächsten Jahren zu einem der wichtigsten Biogasmärkten in Europa heranwachsen. Ende 2010 standen in Polen lediglich neun landwirtschaftliche Anlagen mit einer Leistung von 8,7 MW_{el.} Im Bereich Klärgas- und Deponiegasanlagen sieht es wesentlich anders aus. Es stehen derzeit 78 Deponiegasanlagen mit einer Leistung von 23,7 MW_{el.} sowie 73 Klärgas- und industrielle Abwasseranlagen mit einer elektrischen Leistung von 40 MW_{el.} Insgesamt produzieren polnische Biogasanlagen ca. 276,5 GWh Strom pro Jahr.³⁶ In den kommenden Jahren gehen die Investitionen ganz klar in Richtung landwirtschaftlicher Anlagen. Es sind bereits mit Giżyno, Grzmięca, Klepsk, Mełno, Pieszkowo, Siedliczki, Skrzatusz, Uniechówko, Wojnowo, Zerniki und Wielkie elf neue Projekte in Bau sowie weitere 195 Anlagen in Planungsvorbereitung. Experten gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2020 ca. 2.000 landwirtschaftliche Anlagen errichtet werden könnten (s. Abbildung 37). In diesem Zusammenhang ist auch erwähnenswert, dass viele geplante

³⁶ Quelle aus [22]

Projekte nicht zu Stande kommen da diese neuen Systeme geringe gesellschaftliche Akzeptanz erfahren. Benachbarte Bewohner fürchten etwa die Geruchsbildung sowie explodierendes Wachstum des Verkehrsaufkommens und damit verbundene Lärmbelastigungen und Schäden an Straßen, die durch die Zufuhr von Substraten verursacht werden könnten. Erkennbar ist, dass die durchschnittliche Leistung der geplanten Anlagen mit $1,6 \text{ MW}_{\text{el}}$ sehr hoch ist.³⁷

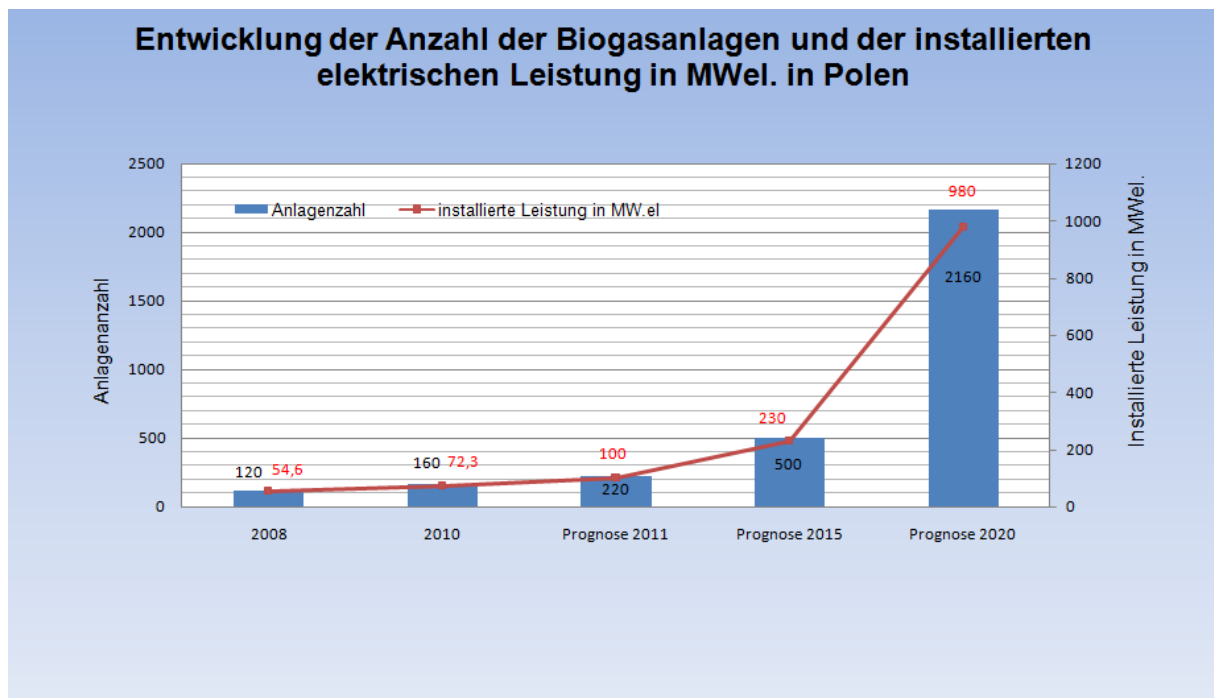


Abbildung 37: Aktueller Stand und Prognose in Polen bis 2020

4.10 Biogas in Bulgarien

Bulgarien besitzt hervorragende Bedingungen für die Entwicklung des Biogasmarktes im landwirtschaftlichen Bereich. Dieses Land verfügt über ein günstiges Klima für die Produktion von verschiedenen Kulturen. Da 60 % des Landes aus landwirtschaftlichen Flächen besteht, bietet die Entwicklung der Biomasse für die Produktion von Biotreibstoffen und Biogas eine große Chance, sofern gewisse notwendige Impulse seitens der Regierung und Mechanismen bei Genehmigungen und Investitionsanreize für Investoren geschaffen werden. Eine weitere Möglichkeit bietet der Ausbau von Deponiegasanlagen, da über 3 Mio. Siedlungsabfälle pro Jahr anfallen sowie Biogas aus Kläranlagen und lokalen Industrieabwasseranlagen, die etwa in den Städten installiert werden könnten, um dort gereinigtes Biogas ins Erdgasnetz einzuspeisen. Trotz des großen Interesses, an

³⁷ Quelle aus [23]

Biogasprojekten, ist bis dato in Bulgarien noch kein Projekt umgesetzt worden. Große Hindernisse sind etwa Monopolstellungen im Energiesektor sowie Probleme mit den Anbindungen an die Hochspannungsnetze. Zurzeit sind mit Tsarevets und Dobrich zwei landwirtschaftliche Anlagen, mit Montana, Ruse, Sozopol und Suhodol vier Deponiegasanlagen und eine Klärgasanlage in Kubratovo in Planung oder Planungsvorbereitung.³⁸ Abbildung 38 stellt den aktuellen Stand sowie die Entwicklung bis 2020 dar.

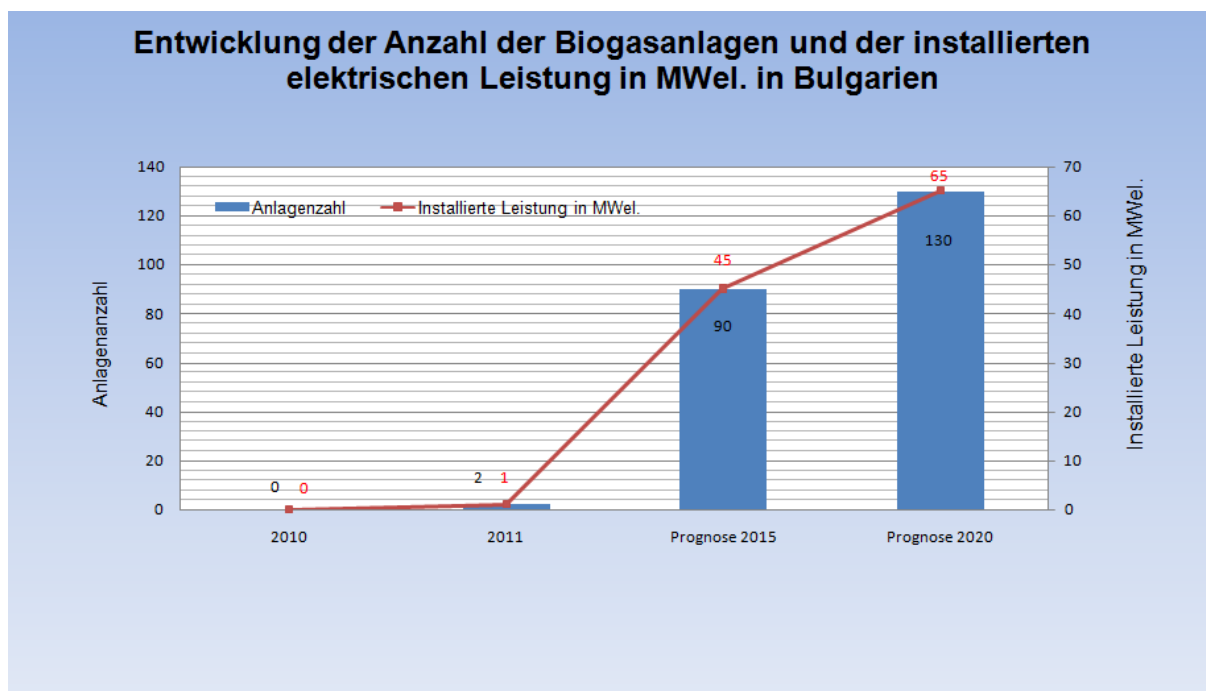


Abbildung 38: Aktueller Stand und Prognose in Bulgarien bis 2020

4.11 Biogas in Rumänien

Rumänien besitzt bis dato einen der kleinsten Biogasmärkte der Europäischen Union. Ende 2009 befanden sich in diesem Land lediglich zwei Anlagen in Betrieb. Die landwirtschaftliche Anlage Bucuresti wurde 1980 errichtet, verwendet als Substrat Gülle und erzeugt Biomethan. Die zweite Anlage Tg. Mures ist eine Klärgasanlage, wurde 2001 fertiggestellt, wird als KWK betrieben und besitzt eine elektrische Leistung von 455 kW_{el}. Durch die beschlossene Gesetzesnovelle zum erneuerbaren Energiegesetz wird die Attraktivität der Investitionen für zukünftige Biogasanlagen in den nächsten Jahren deutlich zunehmen. Die größten Potentiale für die Biogasproduktion besitzt Rumänien im landwirtschaftlichen Bereich sowie in der Abfallbehandlung und in der Verwendung von Klärschlamm. Im Süden und Süd-Osten des Landes sollte man sich künftig für landwirtschaftliche Projekte entscheiden, hingegen sollten

³⁸ Quelle aus [24]

im Norden des Landes Projekte auf Basis von Klärschlamm errichtet werden.³⁹ Bis 2020 soll der Biogasmarkt von 455 kW_{el} (Stand 2009) auf 195 MW_{el} ausgebaut werden.⁴⁰ In Summe ist in Rumänien mit einem Zuwachs von ca. 240 Biogasanlagen, mit einer durchschnittlichen Leistung von 800 kW_{el} pro neu gebauter Anlage, bis 2020 zu rechnen (s. Abbildung 39).

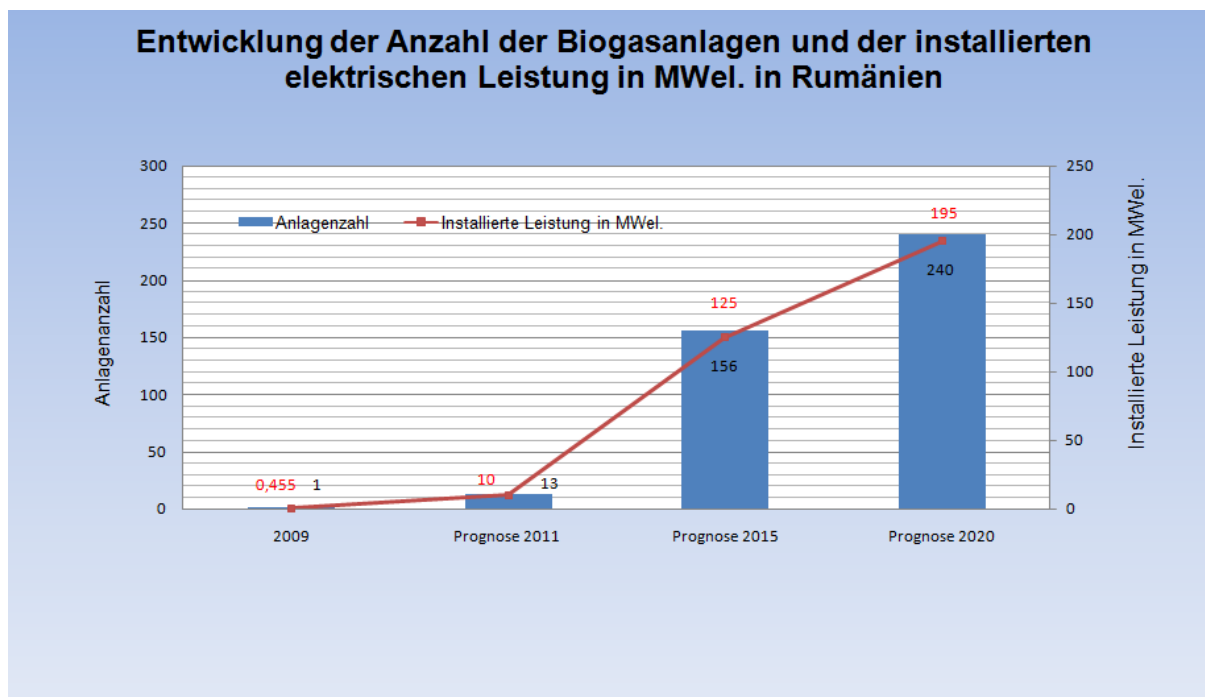


Abbildung 39: Aktueller Stand und Prognose in Rumänien bis 2020

4.12 Biogas in Slowenien

Auch der Biogasmarkt in Slowenien ist im Jahre 2010 noch sehr überschaubar. Auch in diesem Land steckt ein großes Potential im Bereich landwirtschaftlicher, Deponiegas- und Klärgasanlagen. Seit der Einführung des Einspeisegesetzes 2002 steigt das Interesse der Landwirte und Gemeinden sowie Investoren, da seitdem die Biogasnutzung mit höheren Prämien gefördert wird. Vor allem größere Betriebe und auch Investoren sehen eine Gelegenheit für den Bau von Biogasanlagen. Dadurch entstehen in Slowenien sehr große Anlagen mit 1 MW_{el} und mehr. Doch in den letzten Jahren sind auch in Slowenien, wie in der ganzen EU die Agrarpreise deutlich angestiegen, was es durchaus noch schwieriger macht diesen Sektor voranzutreiben. Dennoch stehen zurzeit (Stand 2010) 25 Biogasanlagen (s. Abbildung 40) mit 22,3 MW_{el} und erzeugen jährlich 68,8 GWh Strom.⁴¹ Diese 25 Anlagen teilen sich in 16 landwirtschaftliche, 7 Deponie- und in zwei Kläranlagen auf. Die

³⁹ Quelle aus [40]

⁴⁰ Quelle aus [41]

⁴¹ Quelle aus [12]

durchschnittliche Leistung der bestehenden Anlagen beträgt $890 \text{ kW}_{\text{el}}$.⁴² Abbildung 41 stellt den aktuellen Stand sowie die Entwicklung bis 2020 dar.

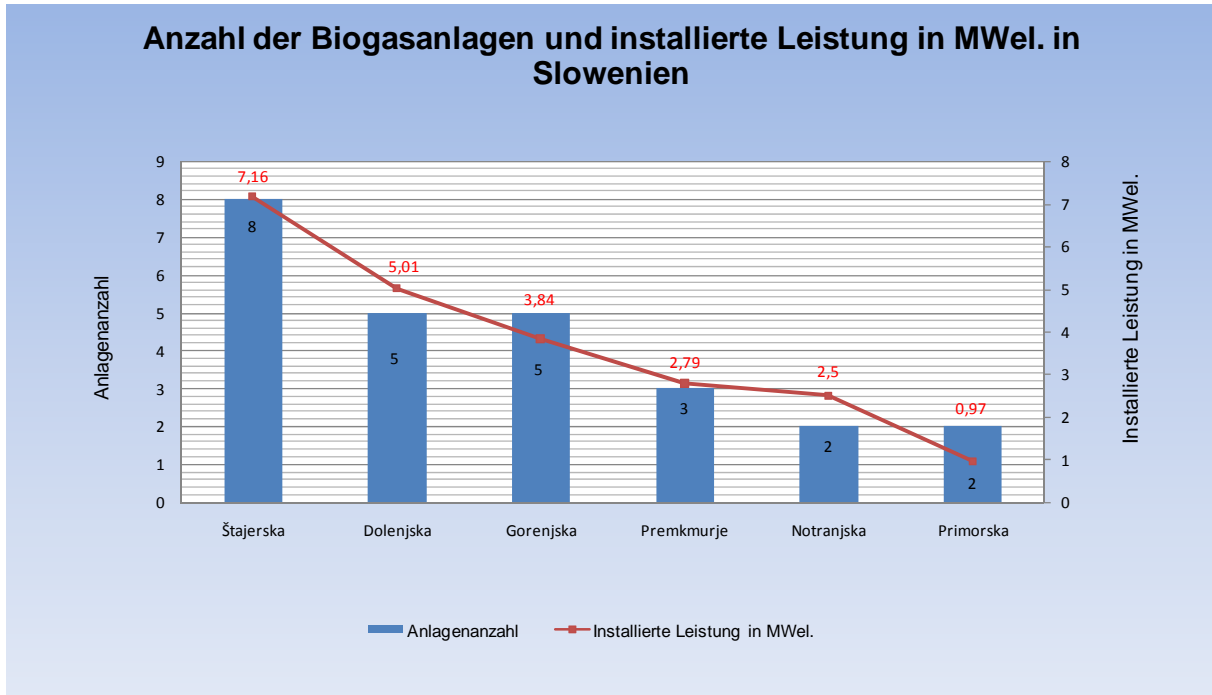


Abbildung 40: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

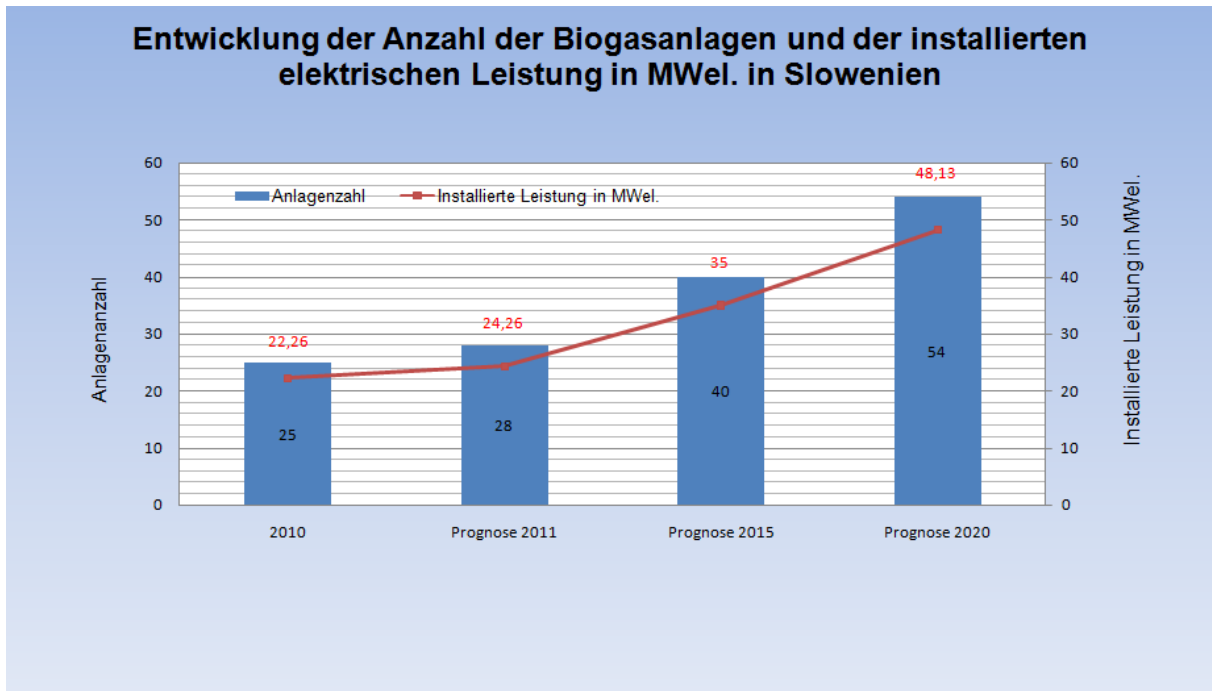


Abbildung 41: Aktueller Stand und Prognose in Slowenien bis 2020 [11], (Eigene Darstellung)

⁴² Quelle aus [26]

4.13 Biogas in Griechenland

Der Biogasmarkt in Griechenland besteht hauptsächlich aus Klärgasanlagen und einigen wenigen Industrie- und Deponiegasanlagen. Obwohl Griechenland ein vielversprechendes Potential von organischen Abfällen und vor allem tierischen Exkrementen aufweist, war Ende 2007 noch keine Anlage auf Basis dieses Substrates installiert. Von 2007 bis 2010 wurden nur noch drei industrielle Abwasseranlagen und zwei landwirtschaftliche Anlagen gebaut. Das Gesetz der erneuerbaren Energiesysteme in Griechenland (Gesetz 3468/2006) wurde im Dezember 2009 novelliert und gewährt nun eine spezielle Förderung für erneuerbare Energien und führt damit zur Beschleunigung der Genehmigungsverfahren von Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen. Zurzeit befinden sich 18 Biogasanlagen in Betrieb, wovon aber acht Anlagen zur Wärmebereitstellung genutzt werden. Die anderen zehn Anlagen produzieren jährlich 217,5 GWh Strom.⁴³ In Griechenland fällt auf, dass speziell die Klärgasanlagen sehr groß sind. MWTP Greater Athen beispielsweise besitzt eine Leistung von 10,35 MW_{el}.⁴⁴ Die Abbildungen 42 und 43 stellen die regionale Verteilung der Biogasanlagen, sowie die Entwicklung bis 2020 dar.

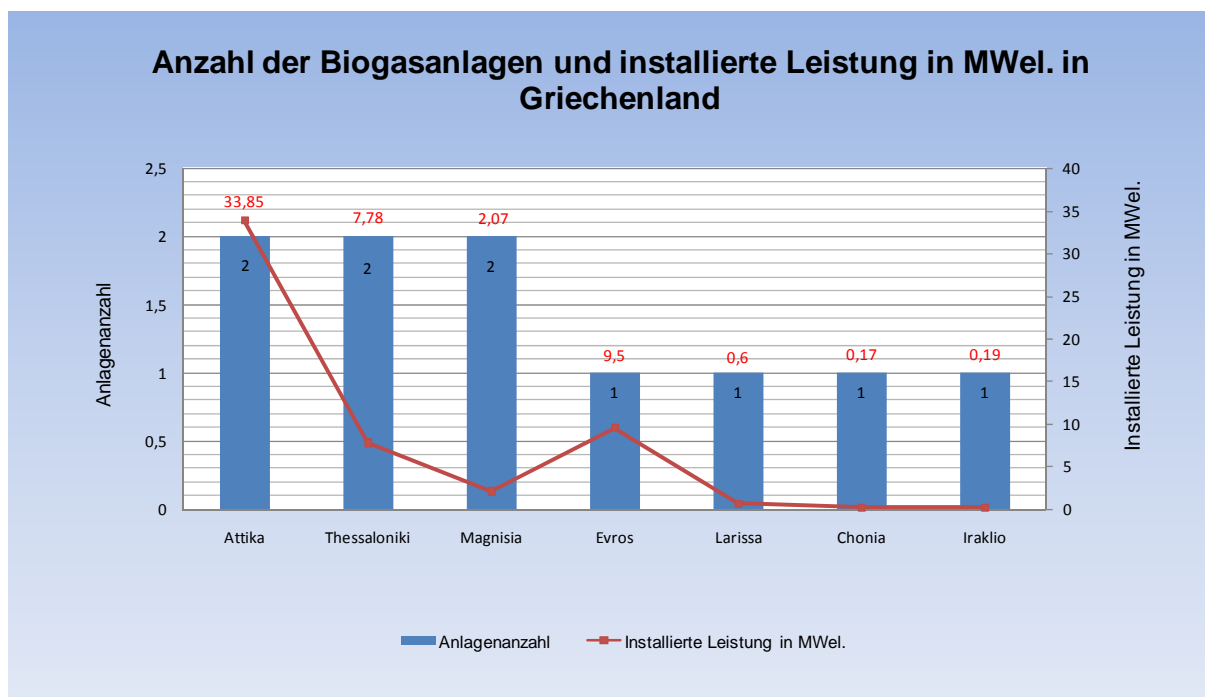


Abbildung 42: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

⁴³ Quelle aus [12]

⁴⁴ Quelle aus [26]

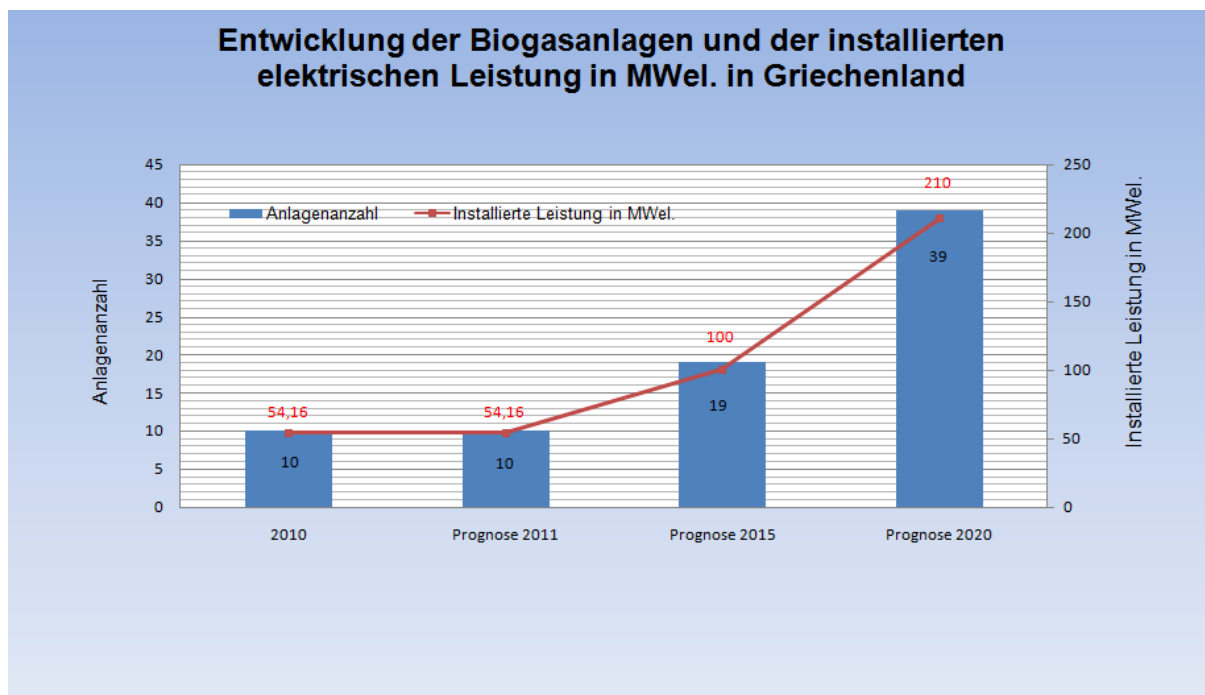


Abbildung 43: Aktueller Stand und Prognose in Griechenland bis 2020

4.14 Biogas in Lettland

Die erste Biogasanlage in Lettland wurde 1983 als experimentelle Biogasanlage errichtet, wobei diese Anlage nur Wärme erzeugte und nicht zur Stromerzeugung genutzt wurde. Als Substrat wurde Schweinegülle verwendet. In Lettland befanden sich 2010 zwölf Anlagen mit einer gesamten Leistung von 15 MW_{el.}⁴⁵ Diese erzeugen jährlich Strom in Höhe von 45 GWh.⁴⁶ Davon sind fünf Deponie-, sechs landwirtschaftliche und eine Kläranlage installiert. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die bestehenden Deponiegasanlagen nicht ihre möglichen Stromerzeugungskapazitäten ausnützen können. Der Hauptgrund der schlechten Biogausausbeute hängt mit der Zusammensetzung der einzelnen Komponenten des anfallenden Siedlungsabfalls zusammen. Die Verbesserung dieser Problematik bei zukünftigen Deponiegas-Projekten ist auch ein großes Ziel von Lettland. Die derzeitige Situation für landwirtschaftliche Biogas-Projekte in Lettland ist sehr vielversprechend. Zurzeit ist eine Menge von Projekten in Planung oder bereits in Bau.⁴⁷ Die Abbildungen 44 und 45 stellen die regionale Verteilung der Anlagen sowie die Entwicklung bis 2020 dar.

⁴⁵ Quelle aus [27]

⁴⁶ Quelle aus [12]

⁴⁷ Quelle aus [28]

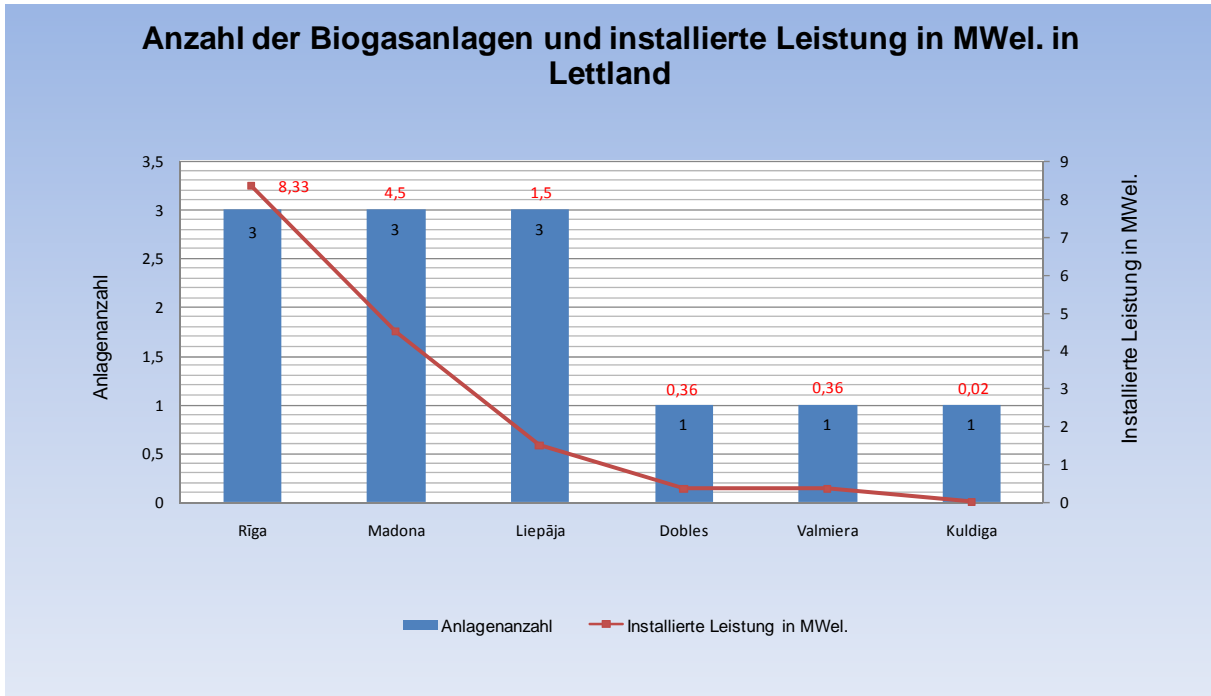


Abbildung 44: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

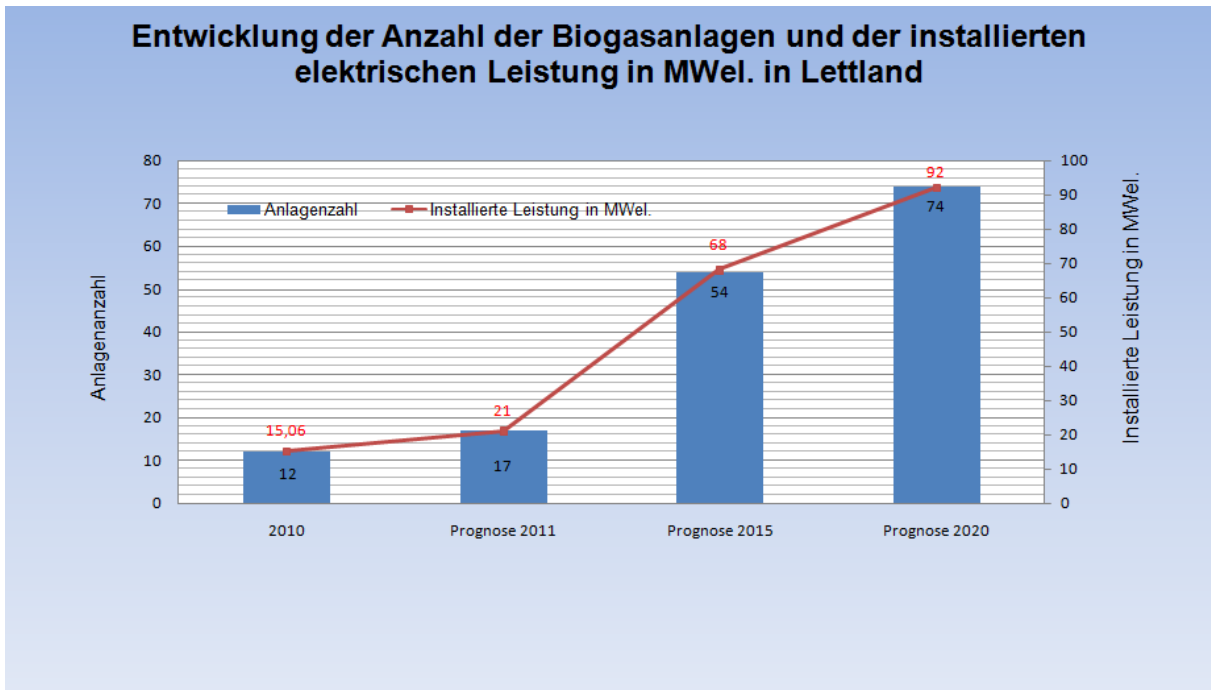


Abbildung 45: Aktueller Stand und Prognose in Lettland bis 2020

4.15 Biogas in der Slowakei

In der Slowakei befanden sich Ende 2010 29 Biogasanlagen mit einer gesamten elektrischen Leistung von 10,2 MW_{el} in Betrieb. Der überwiegende Teil der Anlagen in der Slowakei sind kommunale Klärgasanlagen (19 Anlagen). Die restlichen zehn Anlagen sind landwirtschaftliche Anlagen mit Gülle bzw. Maissilage als Substrat. Die Möglichkeit Gras und Grassilage in Zukunft als Substrat zu verwenden beschäftigt in der Slowakei mehrere Forschungsinstitute. Die Forscher sind sich einig, dass in Zukunft verstärkt auf die anaerobe Fermentation aus Gras und Grassilage gesetzt werden kann. Eine weitere Möglichkeit der Nutzung von Biogas in der Slowakei besteht seit der Einführung des erneuerbaren Energiegesetzes mit der Einspeisung in das Erdgasnetz was zurzeit nicht genutzt wird. Die durchschnittliche Leistung der in Betrieb befindlichen Anlagen ist im europäischen Schnitt ziemlich gering und liegt bei ca. 350 kW_{el}.⁴⁸ Die Abbildungen 46 und 47 stellen die Anlagen nach den jeweiligen Bezirken, sowie die zukünftige Entwicklung bis 2020 dar.

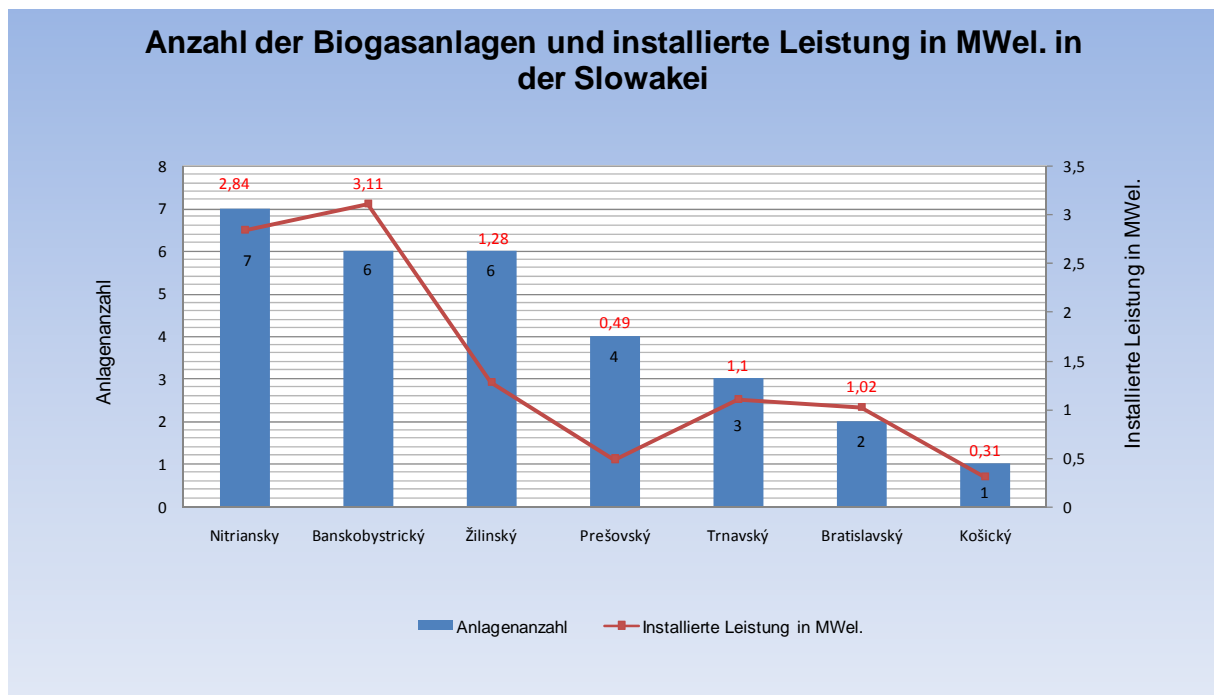


Abbildung 46: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

⁴⁸ Quelle aus [29]

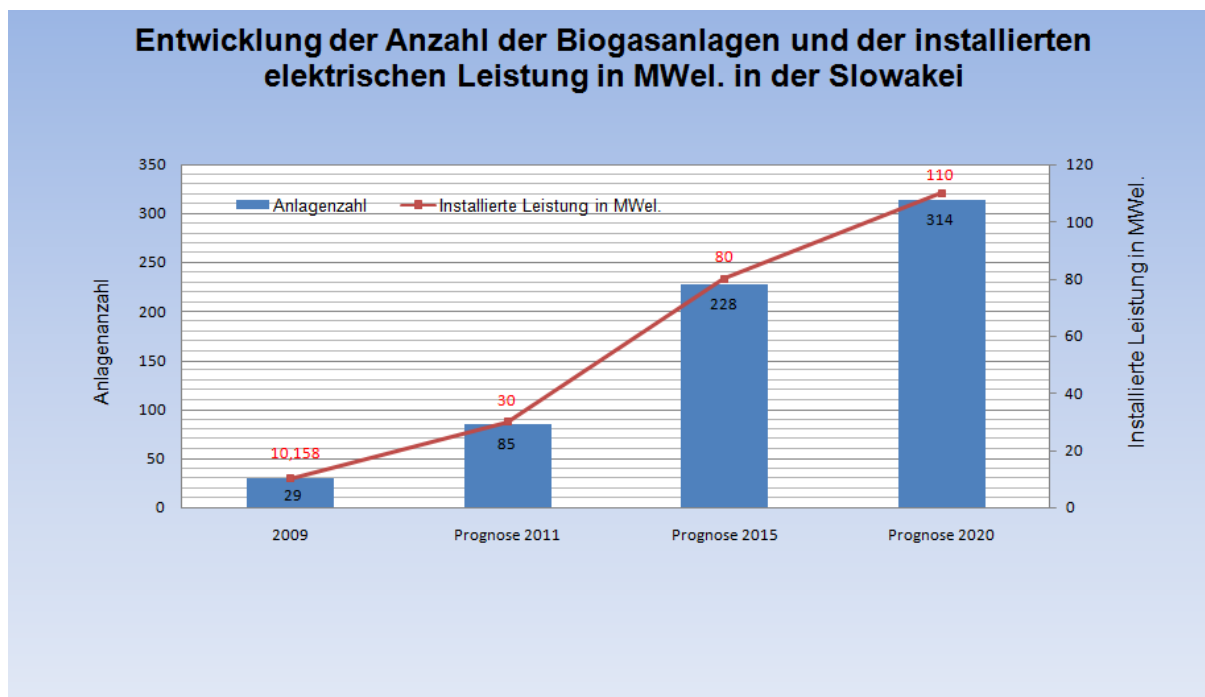


Abbildung 47: Aktueller Stand und Prognose in der Slowakei bis 2020

4.16 Biogas in Frankreich

In Frankreich befinden sich 2010 277 Biogasanlagen, die sich in 88 industrielle Anlagen, 74 Kläranlagen, 7 Kompostabfallanlagen, 37 landwirtschaftliche Anlagen sowie in 71 Deponiegasanlagen aufteilen. Im Jahre 2008 produzierte Frankreich aus seinen Biogasanlagen 1,29 TWh Energie, wovon 683 GWh Strom produziert wurden. Der Rest wurde als Wärme genutzt.⁴⁹ Von 2008 bis 2010 stieg die Stromerzeugung von 683 GWh auf 935 GWh mit einer installierten elektrischen Leistung von 164 MW_{el}.⁵⁰ Auffallen ist in Frankreich, dass die landwirtschaftlichen Anlagen mit einer durchschnittlichen elektrischen Leistung von 150 kW_{el} sehr klein sind. Frankreich besitzt im landwirtschaftlichen Sektor vor Deutschland und Polen das größte Biogaspotential in Europa, allerdings wird seitens der Regierung diese Technologie mit 8-15 Cent/kWh zur Zeit noch sehr gering unterstützt weswegen bis dato eben nur diese 37 landwirtschaftlichen Anlagen existieren. Es ist dennoch in diesem Bereich mit einem deutlichen Ausbau bis 2020 zu rechnen. Weiters werden bis 2020 ca. 60 Industrieanlagen und 60 Kläranlagen zu den bereits bestehenden Anlagen hinzukommen.⁵¹ In Summe ist in Frankreich mit einem Zuwachs von ca. 770 Biogasanlagen, mit einer durchschnittlichen Leistung von 600 kW_{el} pro neu gebauter Anlage, bis 2020 zu rechnen (s. Abbildung 48).

⁴⁹ Quelle aus [52]

⁵⁰ Quelle aus [53]

⁵¹ Quelle aus [52]

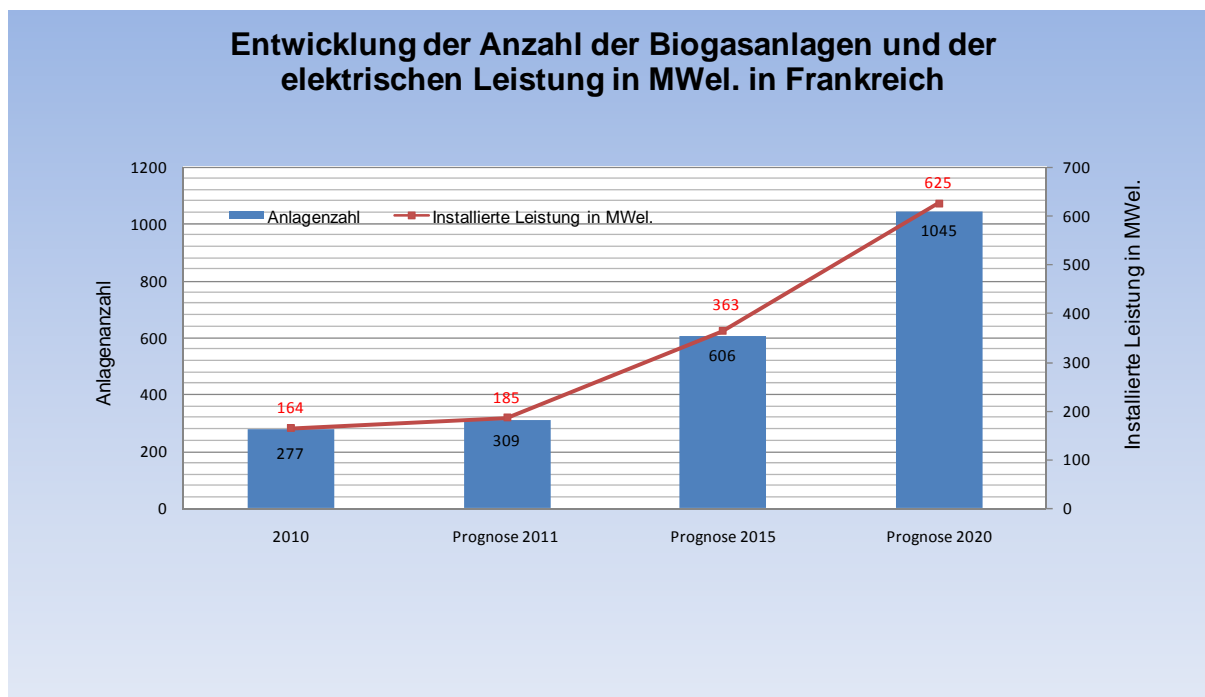


Abbildung 48: Aktueller Stand und Prognose in Frankreich bis 2020

4.17 Biogas in Portugal

Im Vergleich zu anderen EU-Ländern hat Portugal im Bezug auf die Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen sehr ambitionierte und ehrgeizige Ziele. Demnach produziert Portugal 39 % der erzeugten Energie aus erneuerbaren Energiequellen. Es verfügt über ein relativ dichtes Gewässernetz, eine hohe durchschnittliche Sonneneinstrahlung und profitiert von guten Windverhältnissen. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass die Entwicklung der Technologien in Richtung Wasser, Wind und Photovoltaik gehen. Dennoch sind in Portugal 27 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von 16,2 MW_{el} installiert (Stand 2009) und erzeugen jährlich Strom von 83 GWh.⁵² Diese Anlagen teilen sich auf in zwölf Deponiegasanlagen, neun landwirtschaftliche Anlagen sowie in sechs Klärgasanlagen.⁵³ Die durchschnittliche Leistung dieser Anlagen beträgt 550 kW_{el}. Bis zum Jahre 2020 soll der Biogassektor bis auf 150 MW_{el} ausgebaut werden, wobei hauptsächlich auf die anaerobe Abfallbehandlung gesetzt wird. Die Einspeisung ins Erdgasnetz ist momentan in Portugal kein Thema. Die Abbildungen 49 und 50 stellen die Anlagen nach den jeweiligen Regionen, sowie die zukünftige Entwicklung bis 2020 dar.

⁵² Quelle aus [12]

⁵³ Quelle aus [31]

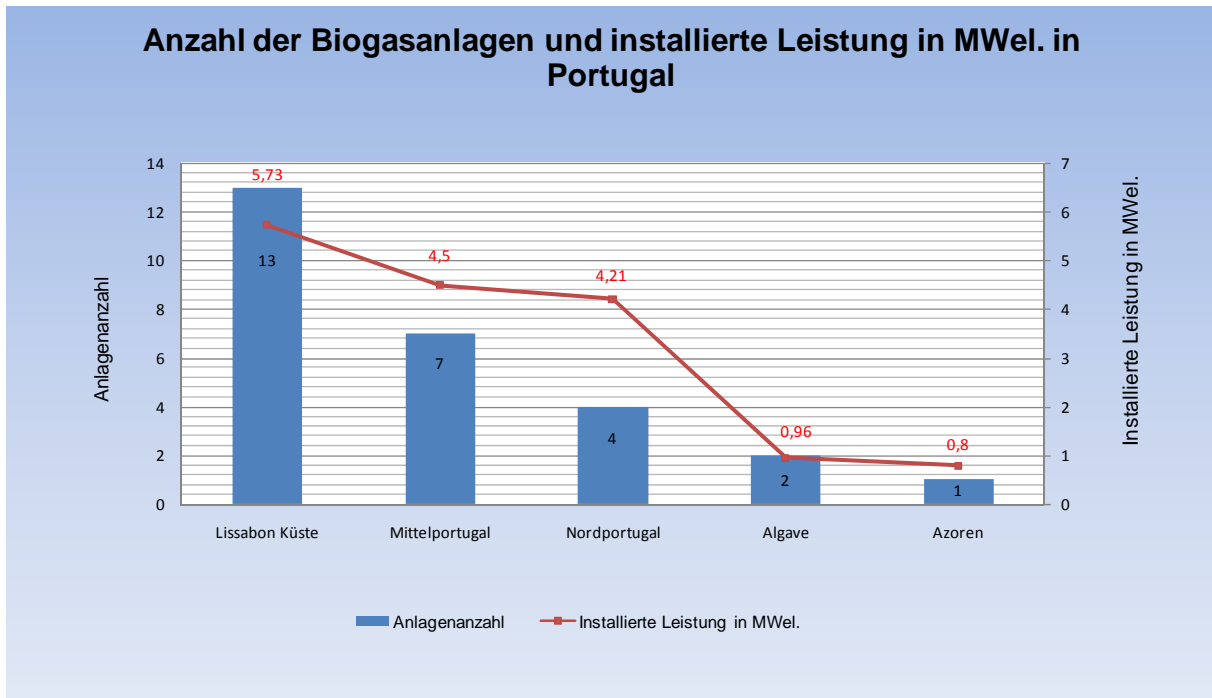


Abbildung 49: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

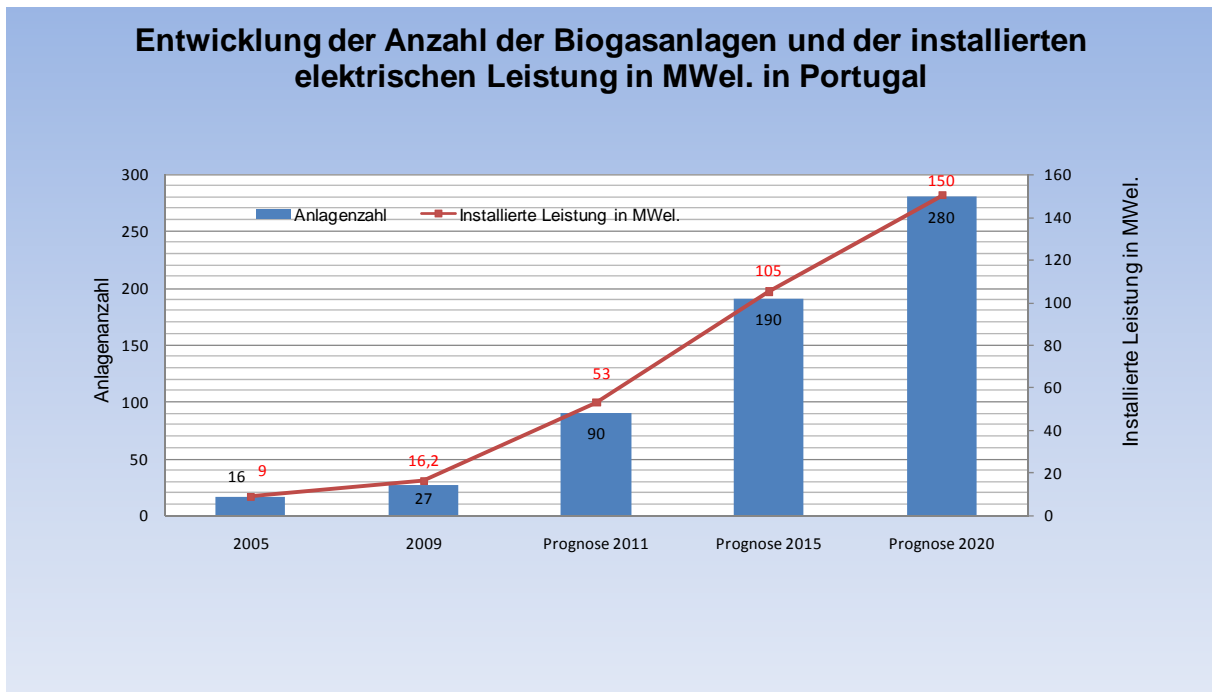


Abbildung 50: Aktueller Stand und Prognose in Portugal bis 2020

4.18 Biogas in Finnland

Finnland produzierte 2009 insgesamt 144,5 Mio. m³ Biogas. Das entspricht einem Energieinhalt von 436,4 GWh, wovon aber nur rund 58 GWh Strom erzeugt wurde. Die restlichen 378,3 GWh wurden in Form von Wärme genutzt. Insgesamt befinden sich in Finnland 65 Biogasanlagen in Betrieb, davon erzeugen aber nur 24 Strom in Form einer KWK. Diese 24 Anlagen teilen sich in acht Kläranlagen, neun Deponiegasanlagen, fünf landwirtschaftliche Anlagen sowie in zwei Kompostanlagen und besitzen in Summe eine elektrische Leistung von 9,3 MW_{el}. Die meisten dieser Kraftwerke stehen in Südfinnland gefolgt von Mittelfinnland (s. Abbildung 51). Die durchschnittliche Leistung der bestehenden Anlagen, die zur Stromerzeugung herangezogen werden, beträgt in Finnland ca. 400 kW_{el}. Die restlichen 41 Anlagen werden zur Wärmeerzeugung bzw. eine Anlage wird zur Methanaufbereitung genutzt. Weiters sind 28 Anlagen in Bau. Momentan ist zwar keine Biogasaufbereitungsanlage in Bau, aber es besteht großes Interesse in Zukunft die Biogasaufbereitung mit der Einspeisung ins Erdgasnetz auszubauen. Die Stromerzeugung aus Biogas soll in Finnland bis 2020 stark ausgebaut werden. Bis 2020 sollen in Summe weitere 50 kleinere Anlagen (200-300 kW_{el}) sowie 20 größere Anlagen (500-2.000 kW_{el}) errichtet werden (s. Abbildung 52), von denen einige auch zur Biomethaneinspeisung genutzt werden sollen.⁵⁴

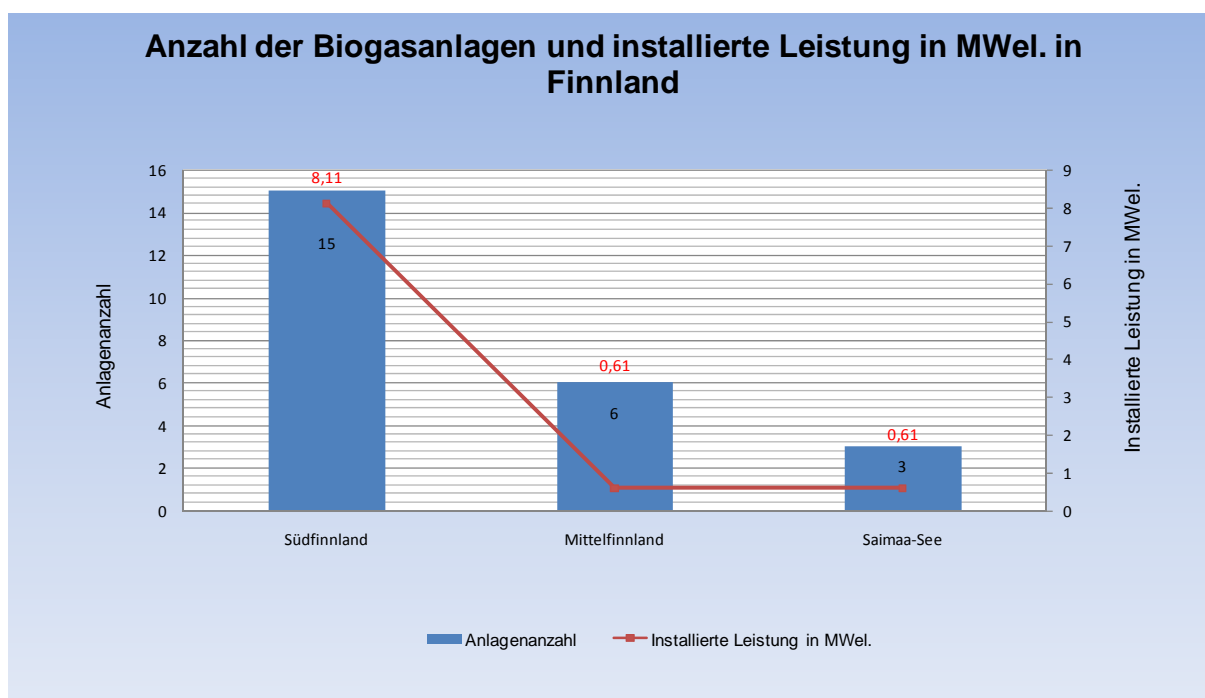


Abbildung 51: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

⁵⁴ Quelle aus [39]

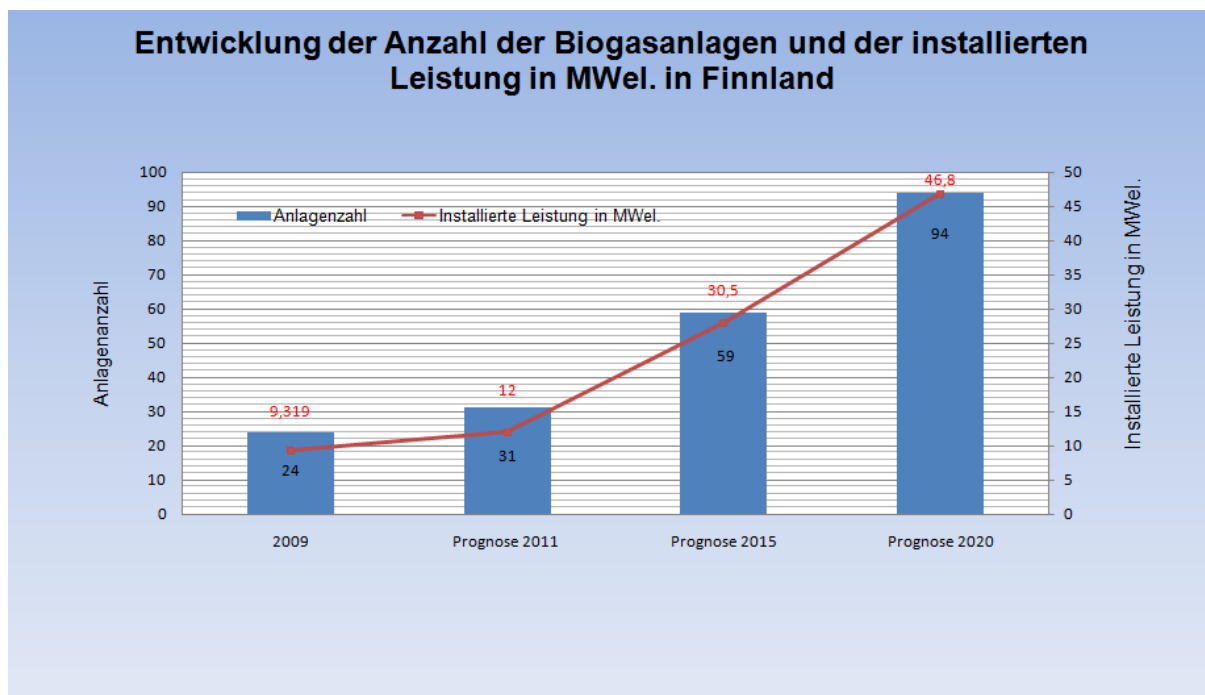


Abbildung 52: Aktueller Stand und Prognose in Finnland bis 2020

4.19 Biogas in Schweden

Der schwedische Biogassektor ist mit seinen 230 Biogasanlagen (Stand 2009) im europäischen Schnitt unter den meist ausgebauten Märkten in der Europäischen Union zu finden, jedoch wird Biogas hauptsächlich zur reinen Wärmeerzeugung und zur Biogasaufbereitung genutzt. Die 230 Anlagen teilen sich in 136 Klärgasanlagen, 57 Deponiegasanlagen, 4 Industriegasanlagen, 21 Kompostierungsanlagen und 12 landwirtschaftliche Anlagen auf. Diese erzeugten 2009 in Summe 1.363 GWh Energie, wovon aber lediglich 64 GWh elektrischer Strom erzeugt wurde.⁵⁵ Insgesamt werden 45 Biogasanlagen in Schweden zur Stromerzeugung aus Biogas genutzt und besitzen eine elektrische Leistung von 8 MW_{el.}⁵⁶ Zu den wichtigsten Substraten gehören in Schweden verschiedene Arten von Abfällen, wie Klärschlamm sowie Abfälle der Lebensmittelindustrie. Die größte Biogasproduktion findet in den Regionen Västra, Götaland und Skane statt. Anders als etwa in Deutschland, setzt man in Schweden relativ stark auf die Biogasaufbereitung. Bis dato sind von den 230 Anlagen bereits 38 Biogasanlagen in Betrieb welche Treibstoff erzeugen. Darüber hinaus gibt es 7 Anlagen, die Biogas ins Erdgasnetz einspeisen. In den nächsten Jahren ist mit einem Rückgang der Deponiegasanlagen zu rechnen, da in den nächsten Jahren eine Reduzierungspflicht von organischen Abfällen

⁵⁵ Quelle aus [49]

⁵⁶ Quelle aus [58]

besteht.⁵⁷ Im Gegenzug dazu wird die Produktion im Bereich der Industrieanlagen zunehmen. Bis 2020 wird die Stromerzeugung aus schwedischen Biogasanlagen gleich bleiben (s. Abbildung 53), jedoch wird der Trend in Richtung Biogasaufbereitungsanlagen gehen. Demnach sind in diesem Sektor bereits weitere 50 Projekte in der Planungsphase oder bereits in Bau.

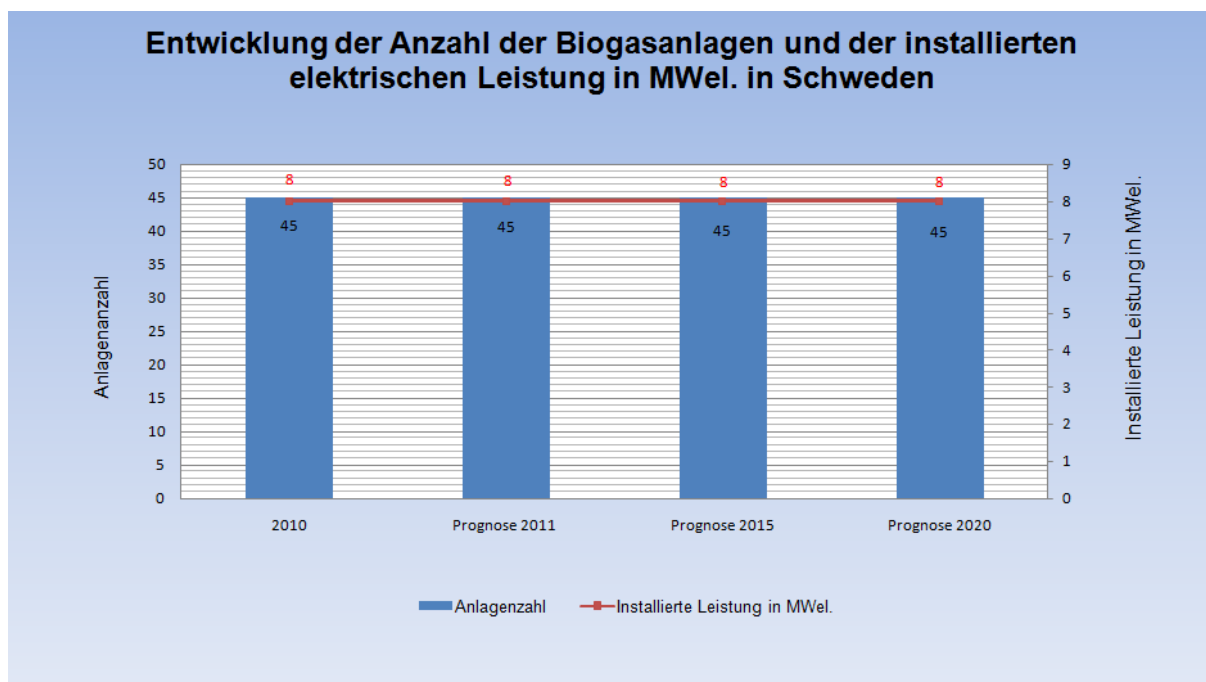


Abbildung 53: Aktueller Stand und Prognose in Schweden bis 2020

4.20 Biogas in Zypern

Zypern ist aufgrund seiner Größe im europäischen Vergleich ein „Biogaszweig“. Dennoch sind auf Zypern zurzeit acht Anlagen mit einer installierten Leistung von 6,8 MW_{el} installiert. Weiters sind zwei Anlagen mit einer Leistung von 1,25 MW_{el} im Bau. Die meisten Anlagen stehen in der Stadt Nicosia (4 Anlagen), gefolgt von Larnarka und Limossol (s. Abbildung 54). Die durchschnittliche Anlagenleistung beträgt 840 kW_{el}. Bis 2020 sollen in Zypern weitere landwirtschaftliche Anlagen gebaut werden, um eine installierte Leistung von 20 MW_{el} zu realisieren. Die Biomethan und Biodiesel Erzeugung ist in Zypern zurzeit kein Thema.⁵⁸ Die Abbildung 55 stellt den aktuellen Stand sowie die Entwicklung bis 2020 dar.

⁵⁷ Quelle aus [48]

⁵⁸ Quelle aus [30]

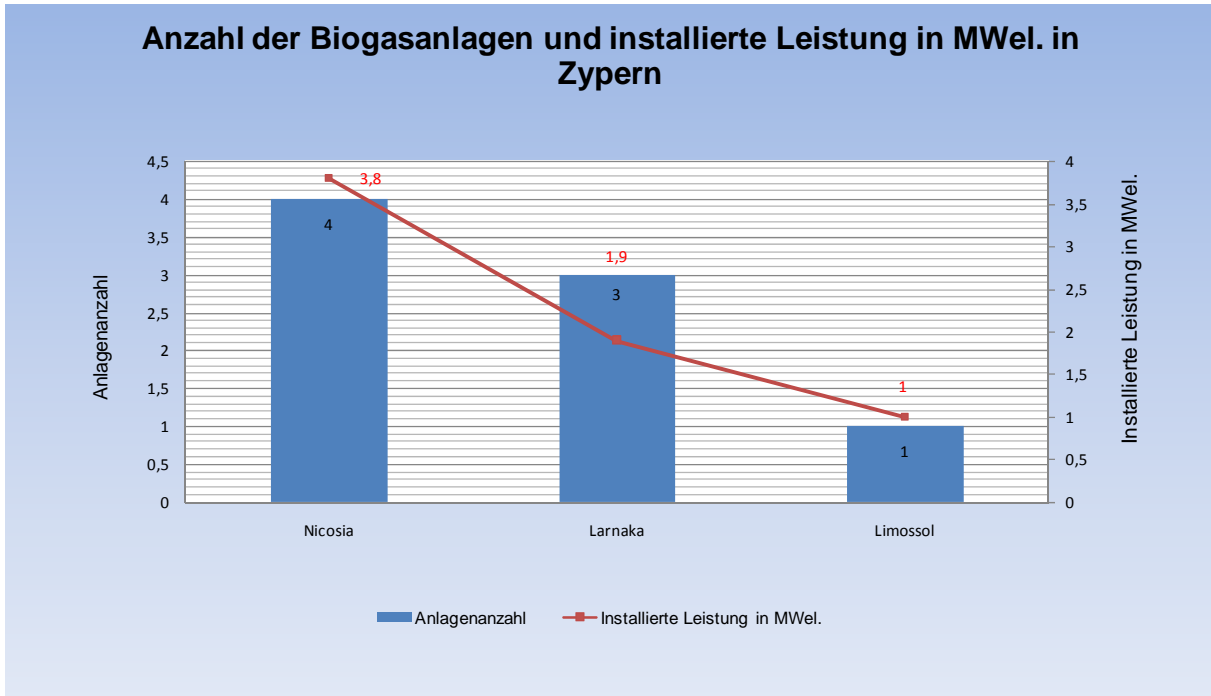


Abbildung 54: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

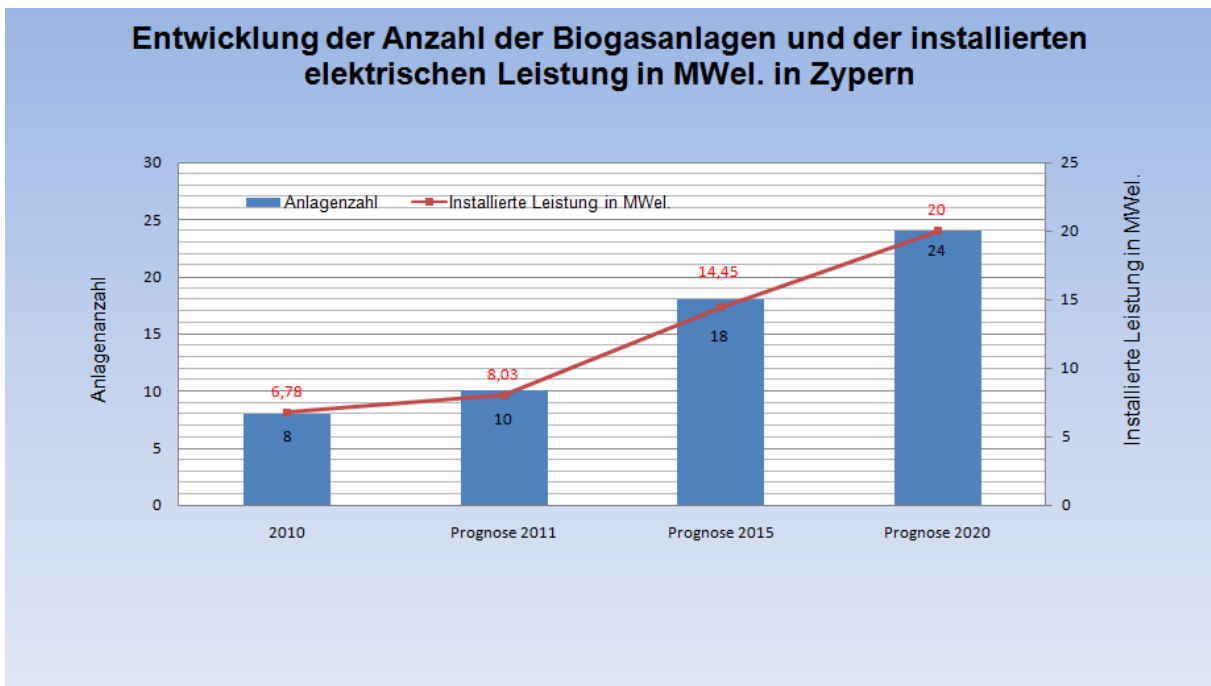


Abbildung 55: Aktueller Stand und Prognose in Zypern bis 2020

4.21 Biogas in Estland

Der Biogassektor in Estland ist ähnlich wie in allen baltischen Ländern, noch sehr überschaubar obwohl durchaus Potential in der Biogasproduktion besteht. Zurzeit ist die Erzeugung von Energie aus organischen Abfällen gemessen an der estnischen Energiebilanz noch sehr gering. Der Grund liegt darin, dass Estland kein Konzept zur gezielten Nutzung von organischen Abfällen hat. Eine weitere vielversprechende Branche ist die Landwirtschaft bzw. Lebensmittelindustrie, sowie speziell bei der Landwirtschaft die Viehzucht. Trotz des großen Potentials wird meistens gegen eine Errichtung einer Biogasanlage entschieden, weil kein beziehungsweise zu wenig Know-how vorhanden ist. Das Ergebnis des fehlenden Know-hows hat auch oft stillgelegte oder schlecht laufende bestehende Biogasanlagen zur Folge. Deshalb wird versucht deutsche Unternehmen mit großer Erfahrung in die Planung und Entwicklung mit einzubeziehen. Dennoch kann in den nächsten 10 Jahren durchaus damit gerechnet werden, dass mehrere Biogasanlagen speziell in der Landwirtschaft und auf Abfalldeponien errichtet werden.⁵⁹ Zurzeit sind in Estland drei Deponiegasanlagen, eine landwirtschaftliche Anlage sowie eine Klärgasanlagen im Betrieb. Diese fünf Anlagen besitzen eine elektrische Leistung von 4,7 MW_{el}.⁶⁰ Eine Prognose bis 2020 konnte in Estland aufgrund fehlender Daten leider nicht durchgeführt werden.

4.22 Biogas in Litauen

In Litauen befinden sich derzeit (Stand 2010) zwölf Biogasanlagen mit einer Leistung von 13,7 MW_{el} in Betrieb und erzeugen jährlich elektrische Energie von ca. 50 GWh. Diese teilen sich in vier Kläranlagen, in drei landwirtschaftliche Anlagen, die als Substrat hauptsächlich Schweinegülle verwenden, sowie in zwei Deponiegasanlagen und in zwei Industrieabwasseranlagen auf. Weiters ist eine Bioethanol Anlage installiert, die einerseits Treibstoff und andererseits auch Strom und Wärme erzeugt und stellt mit 4 MW_{el} die größte Anlage im gesamten Baltikum dar. Der Biogassektor in diesem Land soll bis 2020 auf 62 MW_{el} ausgebaut werden.⁶¹ Die Abbildungen 56 und 57 stellen die regionale Verteilung sowie die zukünftige Entwicklung bis 2020 dar.

⁵⁹ Quelle aus [32]

⁶⁰ Quelle aus [33]

⁶¹ Quelle aus [42]

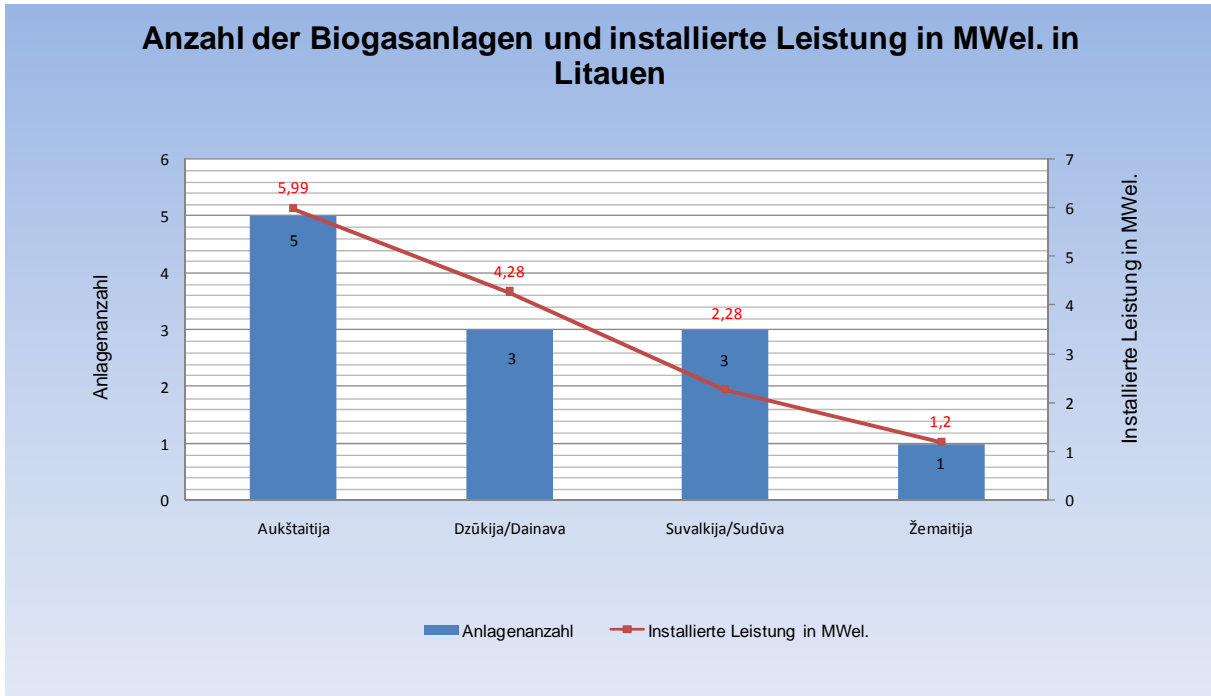


Abbildung 56: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el}

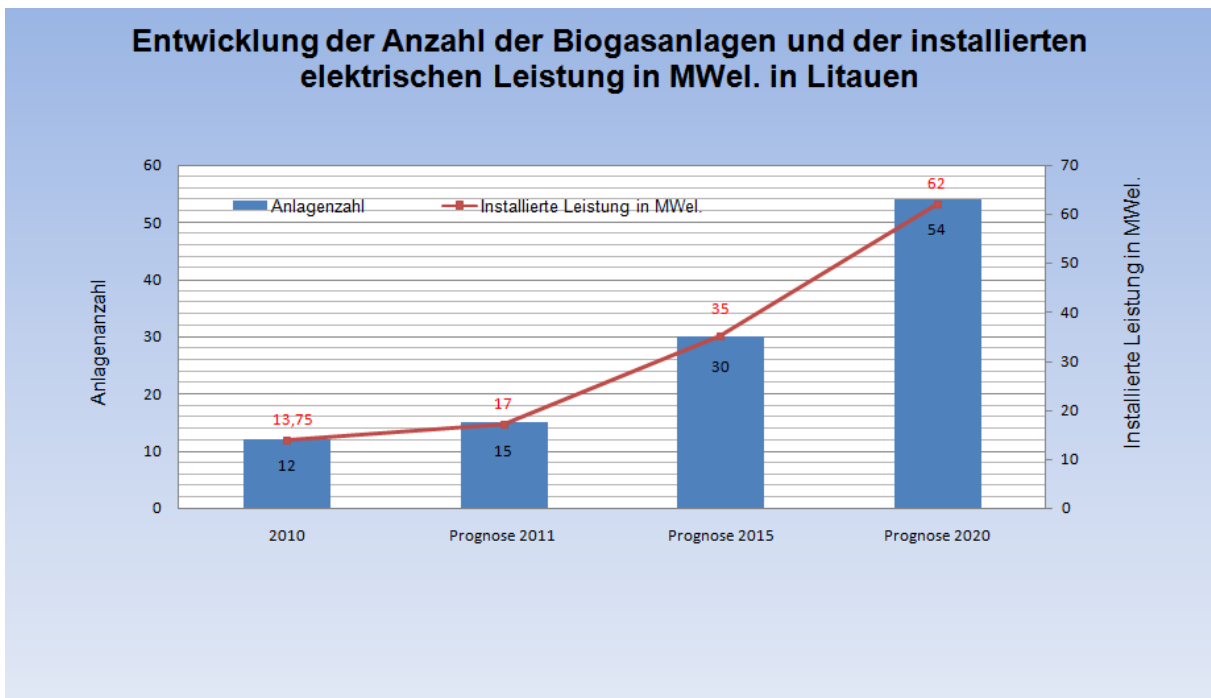


Abbildung 57: Aktueller Stand und Prognose in Litauen bis 2020

4.23 Biogas in Irland

In Irland befinden sich derzeit (Stand 2010) 36 Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 62 MW_{el}.⁶² Diese teilen sich in 16 Industrieabwasser- und Klärschlammmanlagen, 16 Deponiegasanlagen sowie in vier landwirtschaftliche Anlagen, wovon aber nur eine zur Stromerzeugung genützt wird, auf. Vor allem die Deponiegasanlagen besitzen mit bis zu 5 MW_{el} sehr große installierte Leistungen. Laut Irischem Energiefahrplan für erneuerbare Energien, wird sich in den nächsten Jahren die Anzahl der Biogasanlagen, die Strom produzieren, nicht ändern (s. Abbildung 58). Das größte theoretische Potential ist in der Abfallbehandlung und in der Landwirtschaft zu sehen.⁶³ Der Trend wird in Irland jedoch in den kommenden Jahren nicht in Richtung Stromerzeugung aus Biogas, sondern in die Biogaseinspeisung ins Erdgasnetz gehen.

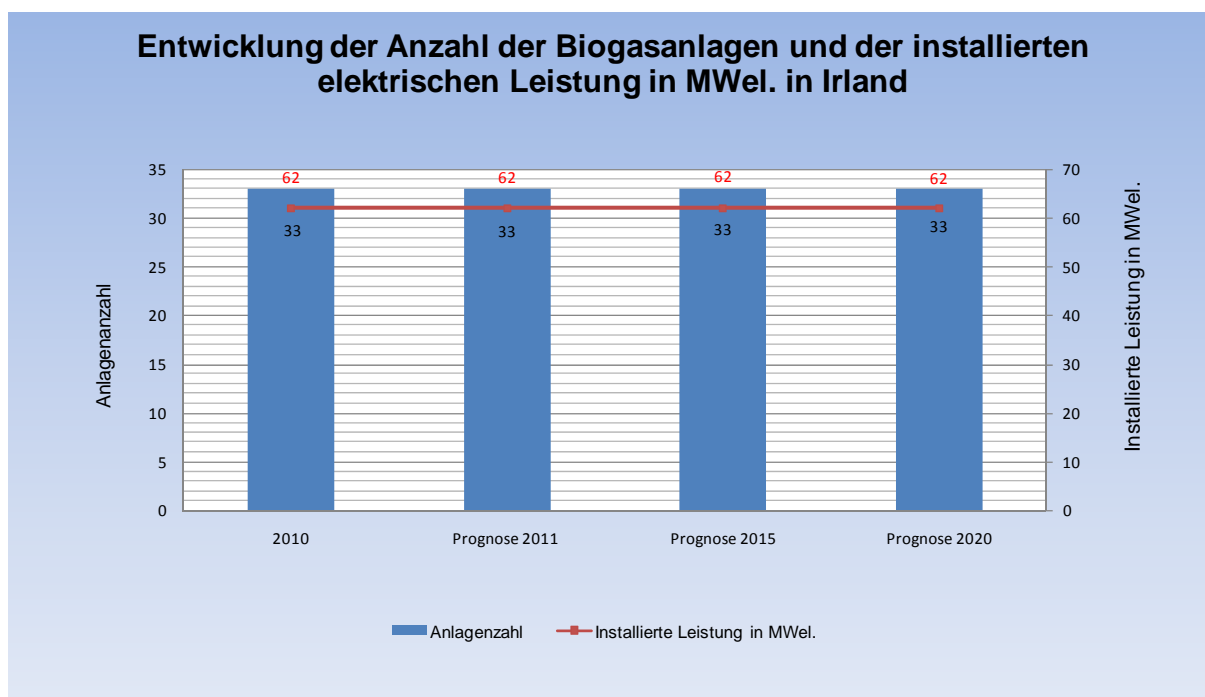


Abbildung 58: Aktueller Stand und Prognose in Irland bis 2020

4.24 Biogas in Dänemark

In Dänemark befinden sich bis dato (Ende 2009) 67 Biogasanlagen, die zur Stromerzeugung genutzt werden, in Betrieb. Auffallend ist, dass es in diesem Land sehr viele zentralisierte landwirtschaftliche Biogasanlagen gibt, d.h. dass sich einige Landwirte zusammengeschlossen und gemeinsam eine große Biogasanlage errichtet haben, wodurch die durchschnittliche

⁶² Quelle aus [45]

⁶³ Quelle aus [46]

elektrische Leistung pro Anlage mit ca. 1,5 MW_{el} sehr hoch ist. Es gibt insgesamt 25 solcher zentralisierten Biogasanlagen und dieser Trend wird in Dänemark weiter fortgesetzt.⁶⁴ Bis 2020 sollen weitere vier Anlagen errichtet werden. In Summe produzierten die gesamten 67 Anlagen in Dänemark im Jahre 2009 324 GWh Strom.⁶⁵ Da nicht alle 67 Anlagen in der Datenbank erfasst werden konnten, wurde die gesamte elektrische Leistung auf 57 MW_{el} errechnet. Derzeit sind weitere 12 landwirtschaftliche Anlagen in Bau.⁶⁶ Die Biogasaufbereitung ist in Dänemark zurzeit noch kein Thema, wird aber in den nächsten Jahren zunehmen. Laut dem dänischen Aktionsplan für erneuerbare Energien, wird die Stromerzeugung aus Biogas von derzeit 57 MW_{el}, auf 349 MW_{el} bis 2020 ausgebaut werden (s. Abbildung 59).⁶⁷

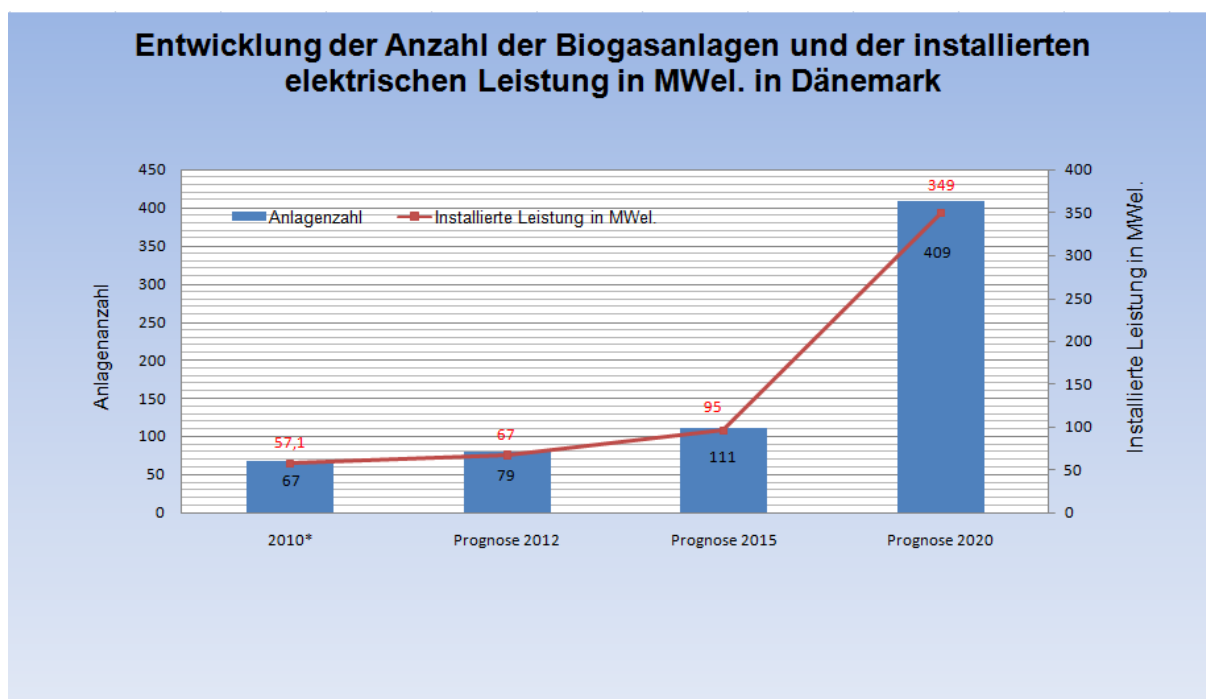


Abbildung 59: Aktueller Stand und Prognose in Dänemark bis 2020 (*Leistung errechnet)

4.25 Biogas in Malta

In Malta ist zurzeit nur eine Deponiegasanlage mit einer elektrischen Leistung von 1,7 MW_{el} installiert. Das Potential von Biogas aus Mülldeponien wurde laut dem Bericht der Malta Resources Authority überschätzt. Grund dafür ist, dass durch die Zusammensetzung des Mülls zu wenig Methan gebildet wird und dadurch eine wirtschaftliche Nutzung nur schwer möglich

⁶⁴ Quelle aus [59]

⁶⁵ Quelle aus [12]

⁶⁶ Quelle aus [47]

⁶⁷ Quelle aus [60]

ist. Trotzdem sind mit Ta Zwejra und Ghallis zwei Deponiegasanlagen in Bau und werden voraussichtlich 2011 bzw. 2012 in Betrieb gesetzt werden.⁶⁸ Abbildung 60 stellt den aktuellen Stand sowie die Entwicklung bis 2020 dar.

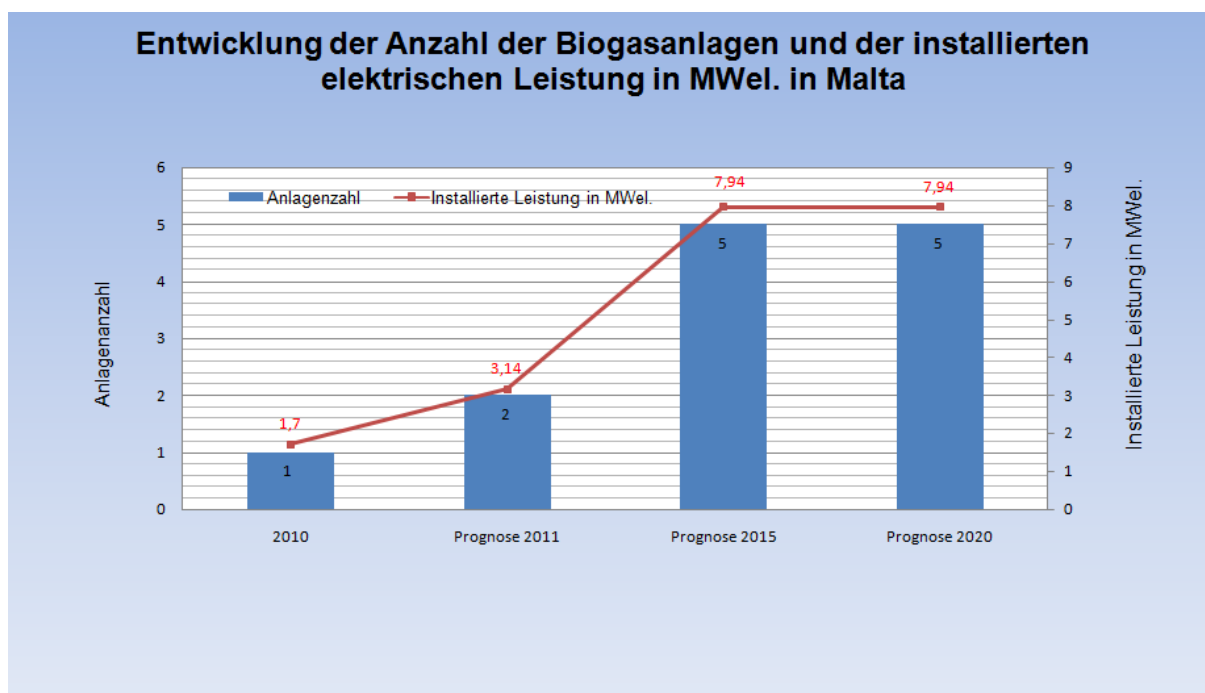


Abbildung 60: Aktueller Stand und Prognose in Malta bis 2020

4.26 Biogas in Spanien

Spanien gehört ebenfalls zu den großen Biogaserzeugern in der Europäischen Union. Genau wie Frankreich und Großbritannien verfügt Spanien aber nur über sehr wenige landwirtschaftliche Anlagen. Zurzeit sind lediglich elf Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 4,5 MW_{el} in Betrieb. Weiters sind mit Picassent, Cati, Vall D'Uxo, Carparroso und Valle de Karrantza fünf Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 4 MW_{el} in Bau.⁶⁹ Die durchschnittliche Leistung dieser Anlagen beträgt ca. 400 kW_{el}. Diese wird sich aber bei neu gebauten Projekten deutlich erhöhen. Die meisten Biogasanlagen in Spanien sind Deponiegasanlagen sowie Klärgasanlagen. Die Gesamtanzahl der Deponie- und Klärgasanlagen konnte nicht exakt festgestellt werden und wurde somit nach eigener Prognose auf 255 Anlagen berechnet. In Summe besitzen diese berechneten Anlagen 156 MW_{el} elektrische Leistung und erzeugten 2010, 799 GWh Strom pro Jahr.⁷⁰ Die zukünftige Entwicklung der Anlagen zur Nutzung von Biogas geht in Richtung

⁶⁸ Quelle aus [56]

⁶⁹ Quelle aus [54]

⁷⁰ Quelle aus [55]

landwirtschaftliche Projekte, da dieser Sektor de facto noch nicht ausgebaut ist. Im Bereich der Deponiegasanlagen ist ebenfalls mit einem Anstieg in den kommenden Jahren zu rechnen, jedoch wird langfristig die Anzahl dieser Anlagen rückläufig sein, da neue Gesetze den Umgang von biologisch abbaubaren Abfällen auf Deponien neu regeln. Klärgasanlagen werden in Spanien bis 2020 ebenfalls deutlich zunehmen, allerdings nicht so stark wie landwirtschaftliche Anlagen.⁷¹ Abbildung 61 stellt den aktuellen Stand sowie die Entwicklung bis 2020 dar.

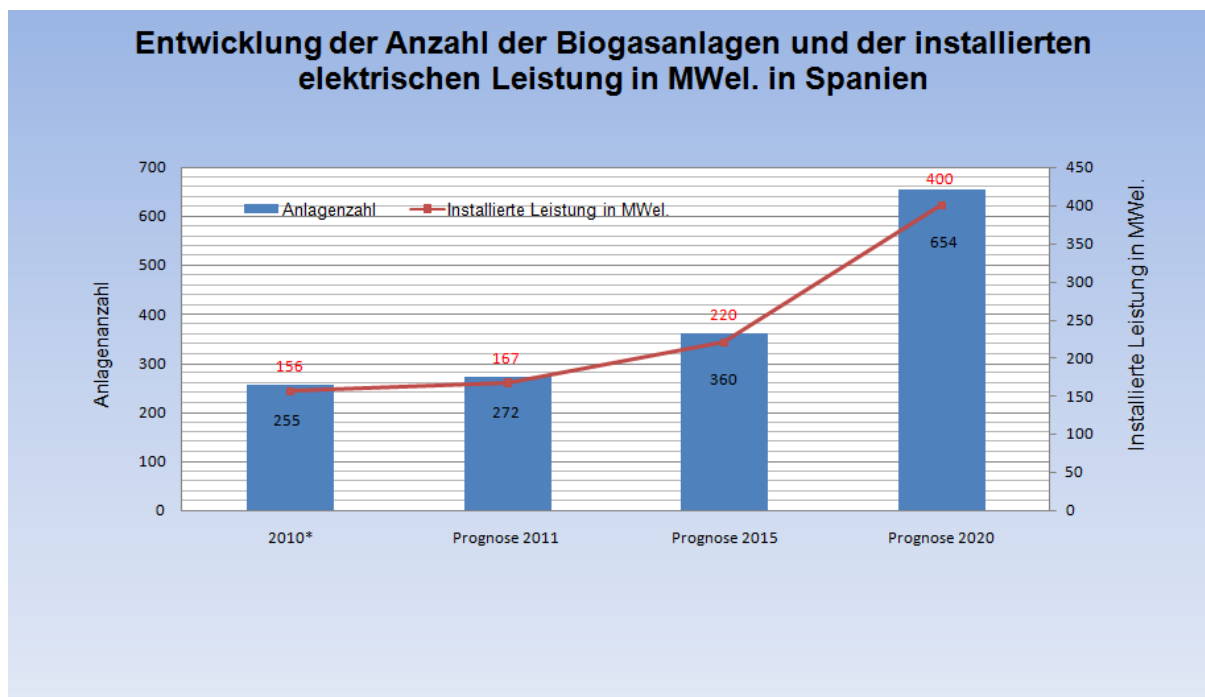


Abbildung 61: Aktueller Stand und Prognose in Spanien bis 2020 (*Anlagenzahl berechnet)

4.27 Biogas in Großbritannien

Großbritannien ist nach Deutschland der größte Biogaserzeuger in der Europäischen Union. Anders als in Deutschland entwickelten sich in Großbritannien in den letzten Jahren Deponiegas- und Klärgasanlagen stark weiter. Im Jahre 2010 befanden sich 345 Deponiegasanlagen sowie 151 Klärgasanlagen in Betrieb.⁷² Diese haben eine durchschnittliche Leistung von ca. 2,4 MW_{el} und sind somit im europäischen Durchschnitt als sehr hoch einzustufen. Der Grund besteht darin, dass Deponiegasanlagen höhere installierte elektrische Leistungen besitzen. Im Bereich von landwirtschaftlichen Anlagen sowie Anlagen auf Basis industriellem Abfall besitzt Großbritannien trotz sehr großem Potential bis dato

⁷¹ Quelle aus [55]

⁷² Quelle aus [57]

(Stand 2010) nur 33 landwirtschaftliche Anlagen sowie 21 Industrieabwasser- bzw. Industrieabfallanlagen (s. Abbildung 62). Von diesen 54 Kraftwerken, werden vier zur Biomethanherzeugung und anschließender Einspeisung ins Erdgasnetz verwendet, und sieben Anlagen werden nur zur Wärmeerzeugung genutzt. Die restlichen 43 Anlagen besitzen eine elektrische Leistung von 32,3 MW_{el}. In Summe besitzen die gesamten Anlagen eine Leistung von 1,34 GW_{el}⁷³. Die Zukunft für die Stromerzeugung aus Biogas steht in Großbritannien allerdings, trotz des sehr großen landwirtschaftlichen Potentials, das leider zu wenig vorangetrieben wird, in keinem guten Zeichen, wenn man dem großbritannischen Fahrplan für erneuerbaren Energien Glauben schenkt. Demnach wird die Stromproduktion aus Biogasanlagen bis 2020 nicht ansteigen.⁷⁴ Die Abbildung 63 zeigt, dass Großbritannien das einzige ist, in dem die Stromerzeugung aus Biogas in den nächsten Jahren rückläufig ist. Der Grund dafür ist, dass einige Deponiegasanlagen stillgelegt werden, da bis 2016 der organische Anteil des Mülls auf 35 % reduziert werden muss. Zurzeit sind zwar 50 Anlagen in Planungsvorbereitung, aber es ist durchaus möglich, dass diese Anlagen aufgrund zu großer Barrieren nicht gebaut werden. Zu den Barrieren in diesem Land sind vor allem bei landwirtschaftlichen Anlagen die Wirtschaftlichkeit und dort vor allem der geringe Wirkungsgrad sowie die hohen Investitionskosten und die fehlende Akzeptanz dieser Technologie in der Regierung sowie fehlende Experten auf diesem Gebiet zu zählen.

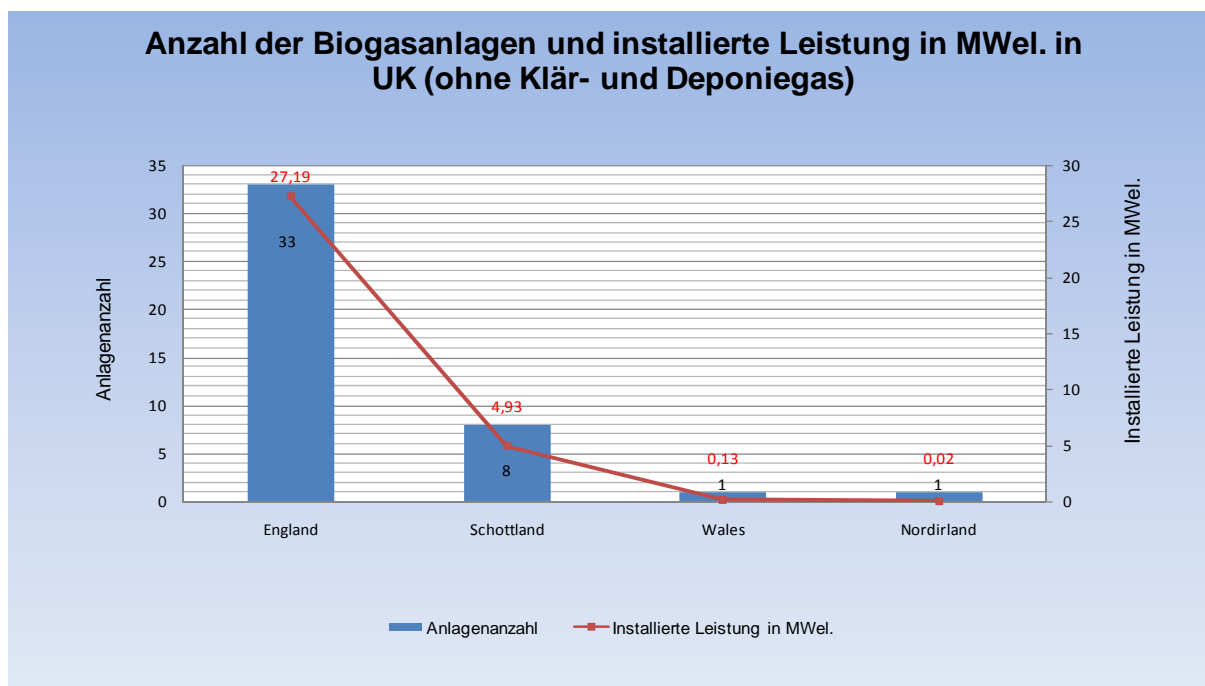


Abbildung 62: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW_{el} (ohne Klär- und Deponiegas)

⁷³ Quelle aus [43]

⁷⁴ Quelle aus [44]

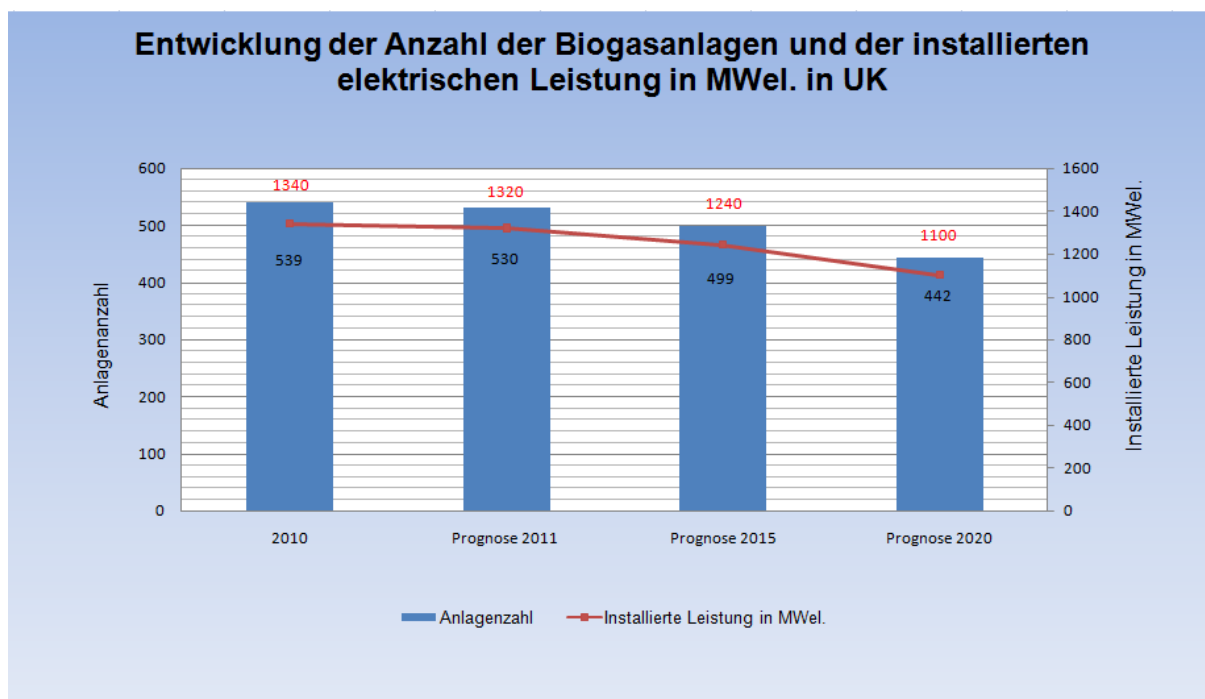


Abbildung 63: Aktueller Stand und Prognose in Großbritannien bis 2020

5 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

5.1 Ist-Stand in der Europäischen Union

Der Biogassektor hat sich in den jeweiligen Ländern sehr unterschiedlich entwickelt. Deutschland nimmt bei der Stromerzeugung aus Biogas eine Vorreiterrolle ein. Mit knapp 5000 Anlagen und einer elektrischen Leistung von ca. 1,9 GW_{el} spielt dieser im erneuerbaren Gesamtzeugungsmix eine wesentliche Rolle. So produzieren deutsche Biogasanlagen 11 % des Stroms der erneuerbaren Energien. Nicht nur in Deutschland sondern in gesamt Westeuropa hat sich Biogas als Stromerzeuger etabliert. In den osteuropäischen Ländern sind bis auf Tschechien und Polen die Märkte nicht vorhanden. Grund dafür sind die Rahmenbedingungen, wie fehlende oder zu geringe Vergütungen sowie Hemmnisse gegenüber dem Gut Biogas. Vor allem in den östlichen Ländern behindern oftmals bürokratische Hürden wie Genehmigungsverfahren den Bau einer Biogasanlage. Zum weiteren gibt es Probleme der Netzanbindungen sowie zu wenig Erfahrung bei der Planung und dem Bau solcher Anlagen. Die nordeuropäischen Länder verwenden das produzierte Biogas zu einem großen Teil für die Wärmeerzeugung bzw. zur Erdgaseinspeisung und nicht

zur Stromerzeugung. Das Kapitel 5.1.1 sowie 5.1.2 stellen die Anzahl der derzeitigen Biogasanlagen sowie die zugehörigen Leistungen in MW_{el} dar.

5.1.1 Anzahl der Biogasanlagen in der EU im Jahr 2009/10

In Deutschland befinden sich mit Abstand die meisten Biogasanlagen in der Europäischen Union. Werden die Anlagen der restlichen 26 Mitgliedstaaten zusammengezählt, ergeben diese nur knapp die Hälfte der Anlagen von Deutschland. Neben Deutschland sind vor allem Länder wie Italien, Spanien, Frankreich und die Niederlande derzeit am besten ausgebaut. Österreich ist mit seinen 341 Anlagen Spitzenreiter in der Stromerzeugung aus Biogas. Abbildung 64 stellt die derzeitige Anzahl der Biogasanlagen in der EU dar.

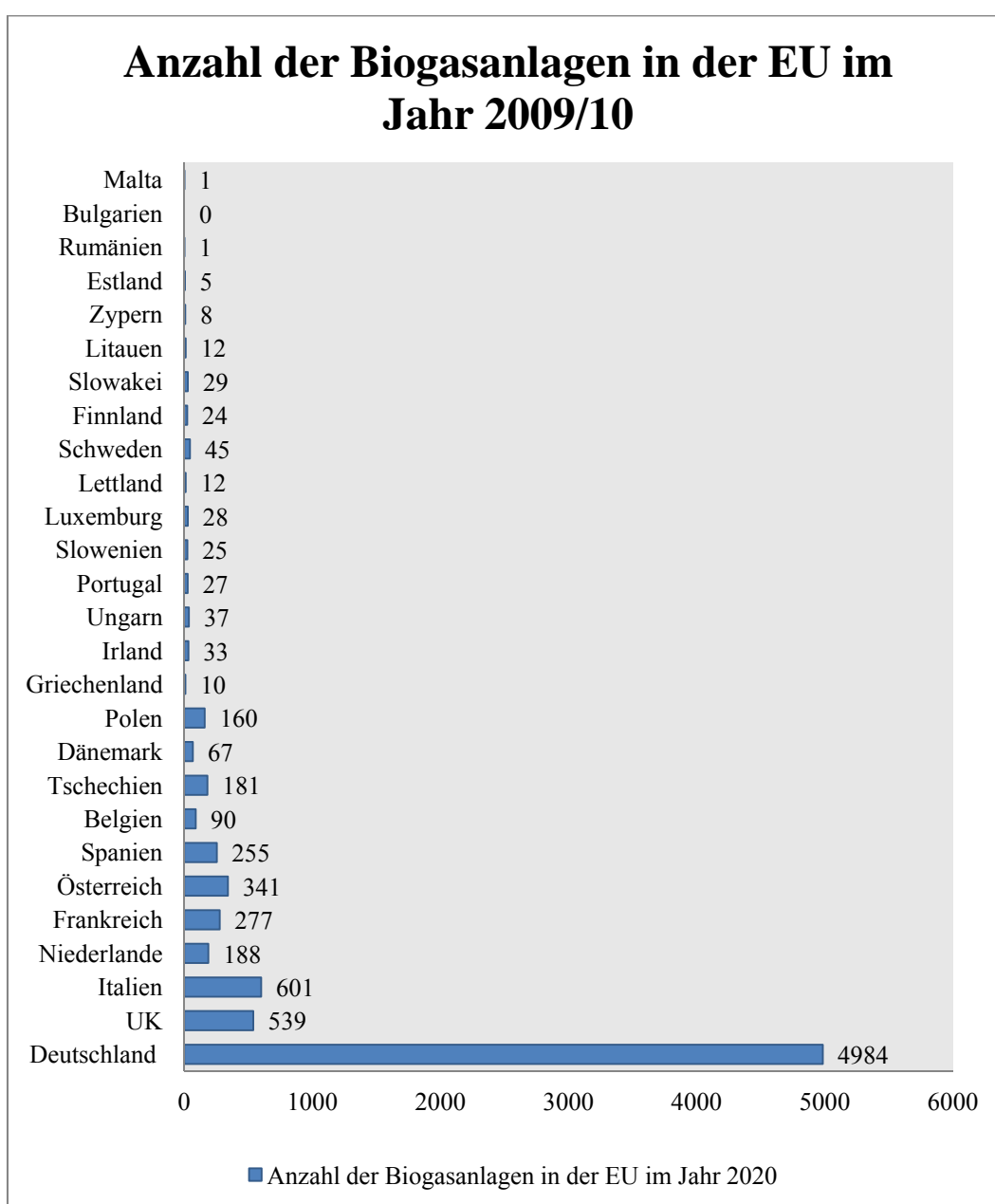


Abbildung 64: Anzahl der Biogasanlagen in der EU (Stand: 2009/10)

5.1.2 Installierte elektrische Leistung in der EU im Jahr 2009/10

Deutschland besitzt aufgrund der hohen Anlagenanzahl auch die höchste installierte elektrische Leistung gefolgt von Großbritannien. Die elektrischen Leistungen von Großbritannien, Griechenland und Irland sind im Verhältnis zu den Anlagenanzahlen sehr hoch. Der Grund besteht darin, dass Großbritannien und Irland fast ausschließlich Deponiegasanlagen besitzen, sowie in Griechenland sehr viele Klärgasanlagen stehen und diese, eine sehr hohe elektrische Leistung aufweisen. Abbildung 65 zeigt die aktuelle installierte elektrische Leistung in MW_{el} in der EU.

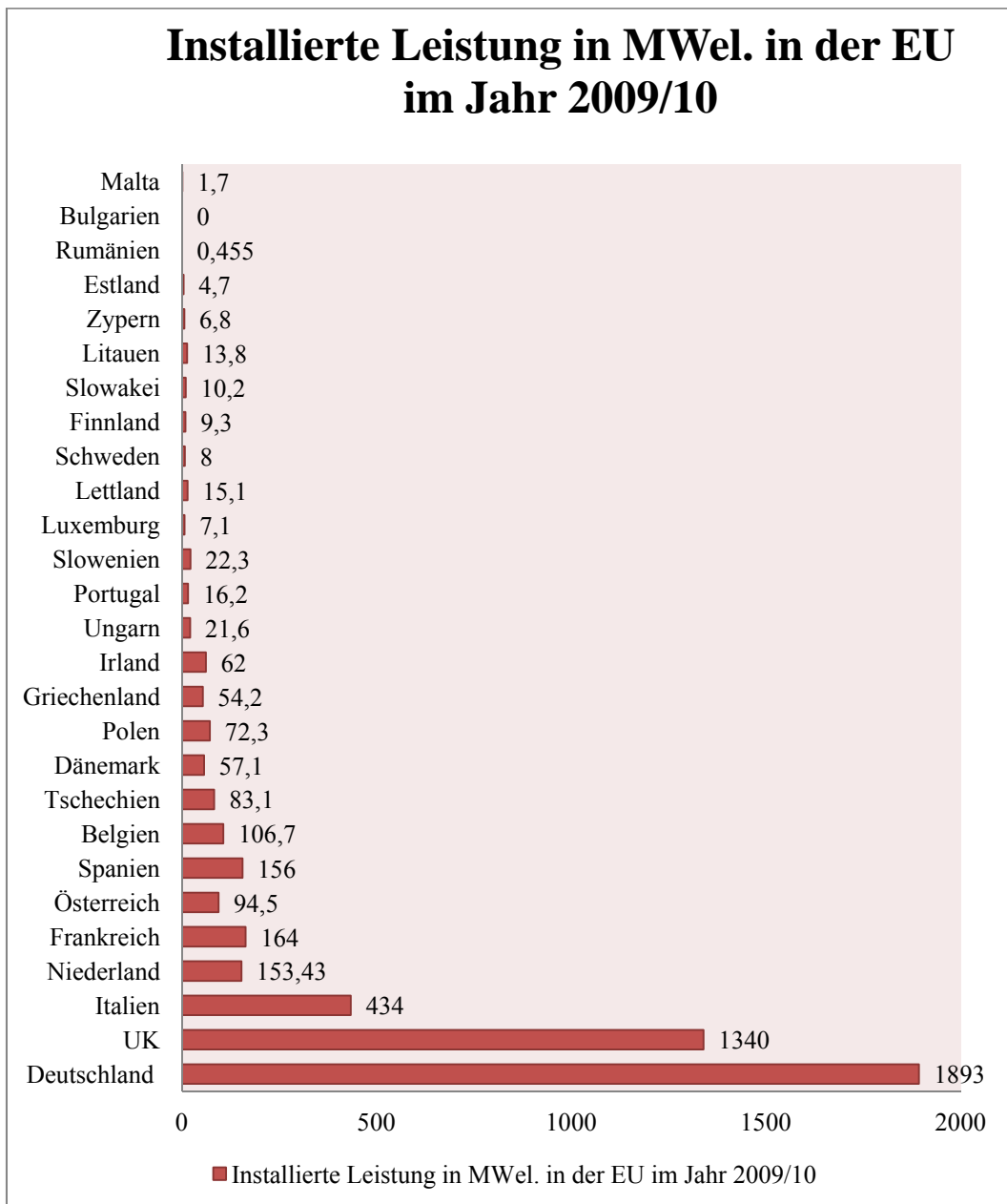


Abbildung 65: Installierte Leistung in MW_{el} in der EU (2009/10)

5.2 Zukünftige Entwicklung in der Europäischen Union

Die Zukunft der Stromerzeugung aus Biogas wird im Stromerzeugungsmix in den nächsten Jahren stark zunehmen. Nicht nur Deutschland wird die Biogasstromerzeugung bis 2020 weiter ausbauen. Vielmehr sind in den osteuropäischen Mitgliedstaaten langfristig höhere Wachstumsraten zu erwarten. Vor allem in den Ländern Polen, Tschechien, Rumänien und Bulgarien.

In den westlichen EU Mitgliedstaaten Staaten werden vor allem die Biogasmärkte Frankreich, Spanien, Italien, Belgien und Niederlande in den nächsten Jahren stark ausgebaut.

Im Norden ist Dänemark jenes Land, welches die Stromerzeugung aus Biogas am stärksten ausbaut. Die restlichen Länder setzen in Zukunft auf die Erdgaseinspeisung sowie auf die reine Wärmeerzeugung.

In Lettland ist mit einer Versechsfachung der Stromerzeugung aus Biogasanlagen zu rechnen.

Die Kapitel 5.2.1 sowie 5.2.2 stellen die zukünftige Entwicklung der jeweiligen EU Mitgliedstaaten bis 2020 grafisch dar.

5.2.1 Prognose der Anlagenanzahl in der EU im Jahr 2020

In Deutschland geht der Biogasboom ungemindert weiter. Demnach werden in Deutschland bis 2020 rund 5.000 neue Biogasanlagen hinzukommen. Neben Deutschland werden sich die osteuropäischen Länder in den nächsten Jahren sehr stark weiterentwickeln und dort vor allem Polen. Neben Polen werden sich die Länder Italien, Spanien, Frankreich und die Niederlande stark entwickeln. Die nachfolgende Abbildung 66 stellt die Anlagenanzahl in der EU im Jahre 2020 dar.

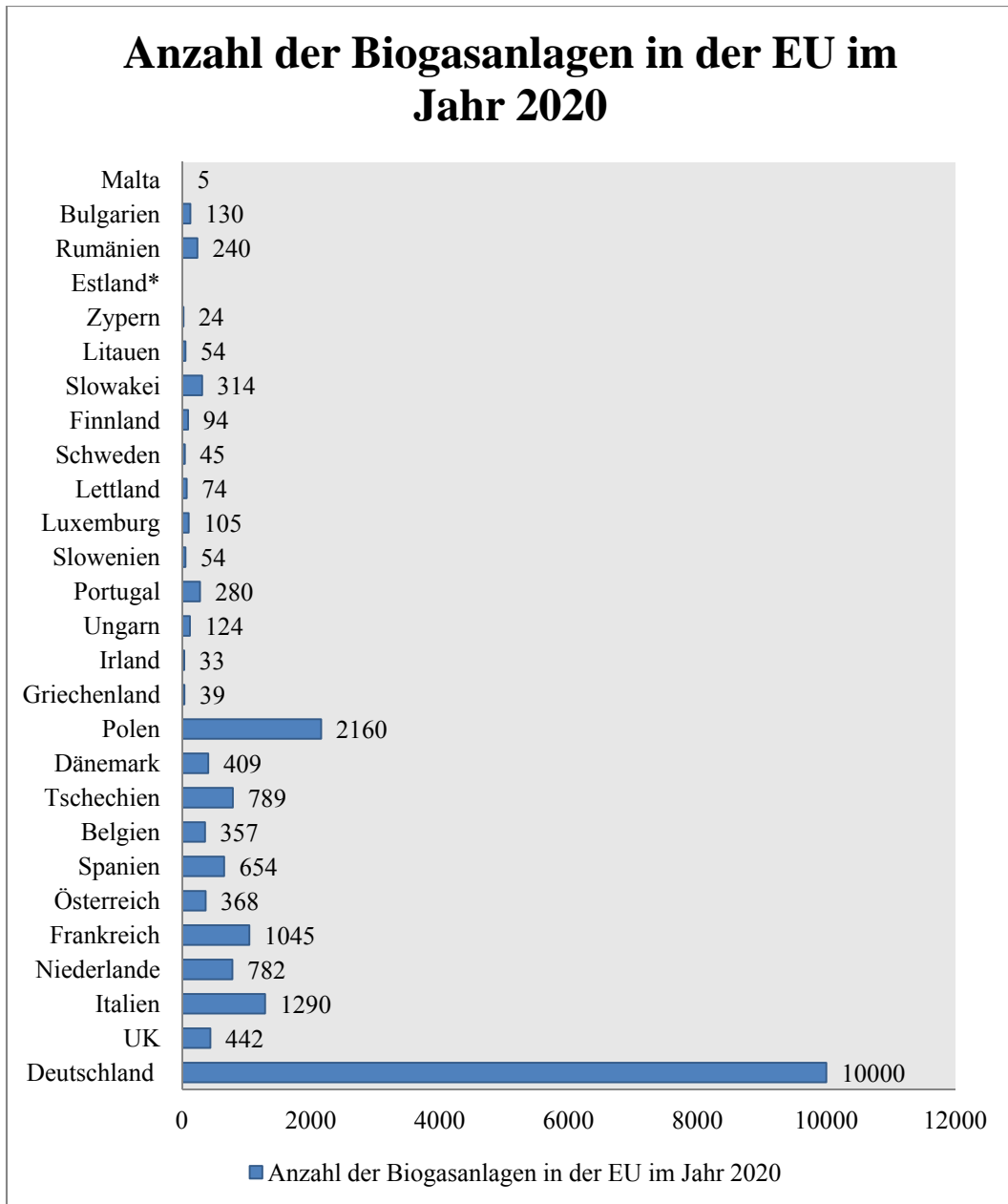


Abbildung 66: Anzahl der Biogasanlagen im Jahre 2020 (* Daten nicht verfügbar)

5.2.2 Prognose der installierten elektrischen Leistung in der EU im Jahr 2020

Abbildung 67 zeigt die installierte elektrische Leistung in MW_{el} aus Biogas in der EU im Jahr 2020. Neben Deutschland werden Italien und Großbritannien die größte Leistung besitzen. Großbritannien ist das einzige Land in der EU mit einer rückläufigen Entwicklung. Grund dafür besteht darin, dass viele Deponiegasanlagen geschlossen werden müssen da Gesetze den Umgang mit organischem Müll neu regeln. Polen wird sich nach Deutschland am stärksten weiterentwickeln und die Leistung auf rund $980 MW_{el}$ ausbauen.

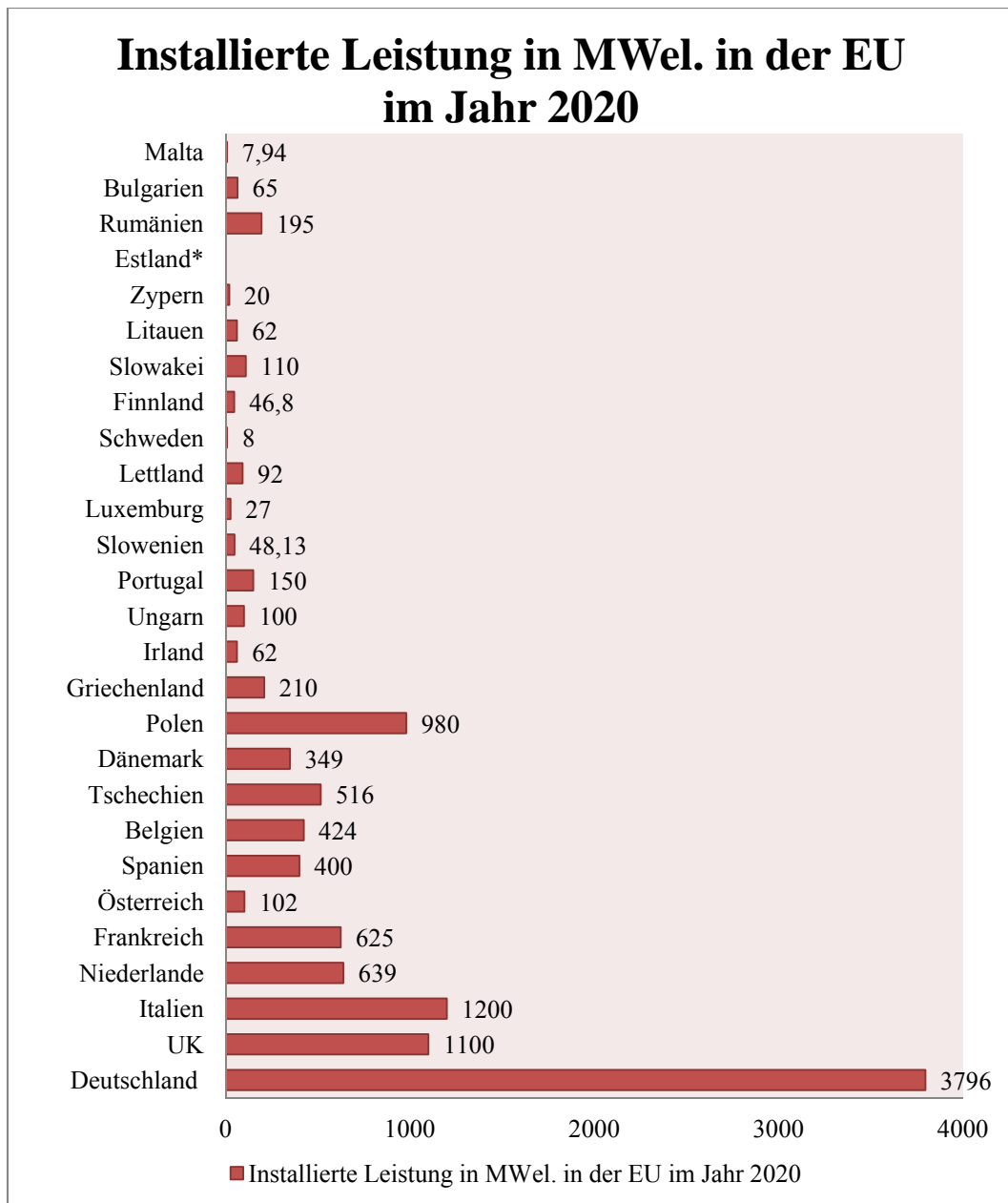


Abbildung 67: Installierte Leistung in MW_{el} in der EU im Jahr 2020 (*Daten nicht verfügbar)

6 Diskussion der Ergebnisse

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse der einzelnen Länder nochmals kurz zusammen. Der Biogasmarkt hat sich in den einzelnen Ländern durch verschiedene Rahmenbedingungen sehr unterschiedlich entwickelt. Während sich in Österreich und Deutschland hauptsächlich landwirtschaftliche Biogasanlagen durchgesetzt haben, befinden sich etwa in Großbritannien, Spanien und Frankreich hauptsächlich Deponiegas- und Klärgasanlagen und verhältnismäßig wenige landwirtschaftliche Biogasanlagen im Betrieb. Der Grund dafür sind im Wesentlichen die bestehenden Rahmenbedingungen seitens der Mitgliedstaaten und nicht das fehlende Potential. Viele Länder weisen großes Potential für den Ausbau dieser Technologie auf. Polen etwa besitzt die annähernd gleich große landwirtschaftliche Fläche wie Deutschland, hat aber nur neun landwirtschaftliche Biogasanlagen, wohingegen in Deutschland knapp 5000 Anlagen installiert sind.

Nicht nur Polen sondern die gesamten **osteuropäischen** Länder haben ein großes Ausbaupotential im landwirtschaftlichen Bereich. Bulgarien und Rumänien besitzen sehr viel Landwirtschaft sowie gutes Klima für den Anbau von Kulturpflanzen. Neben dem landwirtschaftlichen Sektor kann der Abwasser- und Abfallbereich in den osteuropäischen Ländern noch ausgebaut werden. In diesem Zusammenhang ist noch zu erwähnen, dass ein großer Teil der Erzeugung von Biogas in osteuropäischen Ländern wie Polen, der Slowakei, Slowenien, Tschechien und Ungarn zurzeit noch aus Deponiegas- und Klärgasanlagen besteht und dieses hauptsächlich auch zur Stromerzeugung genutzt wird. In diesen Ländern wird Biogas in Zukunft immer stärker im Vormarsch sein, da einfach Alternativen fehlen um die Klimaziele der EU einzuhalten. Der tschechische Biogasmarkt ist neben dem deutschen ein Vorzeigemarkt für die Weiterentwicklung der Biogasproduktion in einem Land. Der Anlagenmix dieses Landes teilt sich derzeit in Klärgasanlagen, Deponiegasanlagen sowie in landwirtschaftliche Biogasanlagen auf. Bis 2020 wird sich die Stromerzeugung aus Biogas in Tschechien stark weiterentwickeln, was in Zahlen ausgedrückt einem elektrischen Zuwachs der Leistung von derzeit rund 83 MW_{el} auf 500 MW_{el} entspricht. Der Trend geht dabei in Richtung landwirtschaftliche Projekte.

Frankreich besitzt nicht nur in **Westeuropa**, sondern innerhalb der gesamten EU im landwirtschaftlichen Bereich das größte Potential, dennoch existieren in diesem Land zurzeit nur 34 landwirtschaftliche Anlagen. Dennoch gibt es in Frankreich insgesamt über 270 Biogasanlagen im Bereich von Klärgas-, Deponiegas- sowie Industriegasanlagen. In den

nächsten Jahren werden in Frankreich viele landwirtschaftliche Biogasanlagen gebaut werden und es kommen rund 120 Klärgas- und Industriegasanlagen bis 2020 hinzu. In Österreich hingegen sieht die Situation in Bezug auf die Stromerzeugung aus Biogas wesentlich anders aus. Demnach werden bis 2020, trotz des noch vorhandenen Potentials, wenige Biogasanlagen hinzukommen, die mittels KWK Strom und Wärme erzeugen. Österreich setzt in Zukunft auf die Biogasaufbereitung und die anschließende Einspeisung ins Erdgasnetz. Generell behaupten Biogasbetreiber in Österreich, dass sie ihre Anlagen nicht gewinnbringend betreiben können und dass zukünftige Investitionen nur mehr schwer oder gar nicht mehr zu finanzieren seien. In Deutschland hingegen geht der Boom der landwirtschaftlichen Biogasanlagen ungemindert weiter. Kein Land in der Europäischen Union kommt annähernd an die Biogasproduktion von Deutschland heran. In Deutschland wurden seitens der Regierung mit dem EEG grundlegende Weichen gestellt, sodass sich dieser Markt immer weiter entwickelt konnte. Bis 2020 werden in Deutschland ca. 10.000 Biogasanlagen in Betrieb sein. Interessant ist, dass in Deutschland fast ausschließlich landwirtschaftliche Biogasanlagen in Betrieb sind und diese vermehrt als Substrate NaWaRos verwenden und als KWK Anlage betrieben werden und somit Strom und Wärme produzieren. In den Niederlanden sowie in Belgien ist der Biogassektor im europäischen Schnitt gut ausgebaut. Die Niederlande etwa gehören hinter Deutschland Großbritannien und Italien zu den viertgrößten Stromerzeugern aus Biogas in Europa. Demnach wird die Stromerzeugung aus Biogas in den Bereichen Landwirtschaft, Abfallbehandlung sowie Industrie in den Niederlanden bis 2020 weiter ausgebaut werden, was in Summe einer Vervierfachung der Stromerzeugung aus Biogas bis 2020 bedeutet. Ein ganz ähnliches Bild zeigt sich in Belgien, wo ebenfalls mit einer Vervierfachung der Stromerzeugung aus Biogas bis 2020 zu rechnen ist. In Luxemburg stehen zurzeit fast ausschließlich landwirtschaftliche Anlagen und dieser Trend wird sich auch in den nächsten Jahren weiter fortsetzen.

In den **baltischen** Biogasmärkten kann ebenfalls positiv in die Zukunft gesehen werden. Diese Märkte sind durch ihre Größe bedingt kleiner ausgebaut, jedoch wird zum Beispiel die Stromerzeugung aus Biogas in Lettland bis 2020 versechsfacht werden. In Litauen wird der Biogassektor ebenfalls ausgebaut werden. Dort ist mit einer Vervierfachung bis 2020 zu rechnen. Die derzeitigen Biogasanlagen im Baltikum sind ein Mix aus Deponiegas-, Klärgas-, Industriegas- sowie landwirtschaftlichen Anlagen. In Zukunft wird speziell der landwirtschaftliche Bereich ausgebaut werden.

Die **südlichen** Länder in der Europäischen Union wie etwa Italien, Spanien, Portugal und Griechenland besitzen bis dato sehr viele Deponiegasanlagen und Klärgasanlagen. Diese werden fast ausschließlich zur Stromerzeugung genutzt. Italien etwa gehört hinter Deutschland und Großbritannien zu den drittgrößten Stromerzeugern aus Biogas. Es existieren in Italien zwar mit ca. 200 Deponiegasanlagen sowie rund 100 Klärgasanlagen viele Anlagen die Abwasser oder Hausmüll als Substrate verwenden, jedoch sind in Italien die meisten Anlagen landwirtschaftlicher Natur. Auffallend ist in Italien, dass die meisten der 308 landwirtschaftlichen Anlagen mehrere Substrate verwenden und nicht wie in Deutschland hauptsächlich Maissilage vergoren wird. Zu diesen Substraten zählen Gülle, Industrieabwasser und landwirtschaftliche Bioabfälle. Italien wird auch in den kommenden Jahren der Strom- und Wärmezeugung aus Biogas treu bleiben und bis 2020 die elektrische Leistung auf 1,2 GW_{el} ausbauen und zwar vor allem in der Abfallbehandlung und wiederum im landwirtschaftlichen Bereich. In Spanien ist die Biogasproduktion von landwirtschaftlichen Anlagen noch als nicht zufriedenstellend zu bewerten. Demnach stehen in Spanien zurzeit nur elf landwirtschaftliche Anlagen und weitere fünf sind in Bau. Trotz des großen Potentials wird dieser Markt derzeit nur wenig weiterentwickelt. Anders sieht es im Bereich der Deponie- und Klärgasanlagen aus, dort ist 2010 eine Leistung von 167 MW_{el} installiert. Der Biogassektor soll in Spanien bis 2020 auf 400 MW_{el} ausgebaut werden. Portugal verfügt im erneuerbaren Energiesektor mit Wind-, Sonne- und Wasserkraft sehr viele Alternativen, entschloss sich dennoch auch den Biogassektor im Bezug auf die Stromerzeugung bis 2020, vor allem im Bereich der Abfallbehandlung auszubauen.

In den **nordischen** Ländern ist Schweden hinter Großbritannien das größte „Biogasland“, allerdings setzt es nicht auf die Stromerzeugung aus Biogas sondern es werden hauptsächlich Wärme und Biomethan erzeugt. Nur etwa 5 % der gesamten Biogasproduktion wird zur Stromerzeugung verwendet und dies wird sich bis 2020 auch nicht ändern. Finnland besitzt zwar mit 65 Anlagen viele Biogasanlagen, diese werden aber wiederum hauptsächlich zur Wärmezeugung genutzt. Dennoch werden auch im Bereich der Stromerzeugung bis 2020 rund 70 neue Anlagen hinzukommen. Dänemark besitzt mit 67 Anlagen auch sehr viele Kraftwerke und ist Spitzenreiter der nordischen Länder in Bezug auf die Stromerzeugung. In Dänemark ist auffallend, dass die meisten landwirtschaftlichen Biogasanlagen zentralisierte Anlagen sind, die demnach sehr hohe durchschnittliche elektrische Leistungen besitzen. Der Trend wird in Dänemark in Richtung landwirtschaftliche Projekte gehen und dort weiterhin in zentralisierte Anlagen und es wird neben der Stromerzeugung auch die Biomethanzeugung bis 2020 deutlich zunehmen. Großbritannien ist zwar im europäischen Schnitt hinter

Deutschland an zweiter Stelle, jedoch wird die Stromerzeugung aus Biogas laut dem großbritannischen Aktionsplan für Erneuerbare Energien (NREAP) bis 2020 zurückgehen. Grund dafür ist, dass einige Deponiegasanlagen nicht mehr betrieben werden und gleichzeitig die landwirtschaftlichen Projekte trotz des großen Potentials zu wenig vorangetrieben werden. Irland besitzt mit 33 Biogasanlagen, eine installierte elektrische Leistung von 62 MW_{el}, wovon die meisten Klär- und Deponiegasanlagen sind. Hier wird der Biogasstromerzeugungssektor bis 2020 gleich bleiben. Das größte Potential ist im Bereich der Landwirtschaft zu sehen. Irland investiert in den kommenden Jahren verstärkt in die Erdgaseinspeisung.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich in der Europäischen Union in der Zeitspanne der Recherche (2009/10), über 8.000 Biogasanlagen befinden, die eine elektrische Leistung von insgesamt ca. 4,7 GW_{el} besitzen. Die bisherige Entwicklung von 1980 bis heute sowie die voraussichtliche zukünftige Weiterentwicklung zeigen ganz deutlich, dass das Interesse an dieser Technologie durchaus besteht und, dass sich demnach die Anzahl der Biogasanlagen bis 2020 in der Europäischen Union auf etwa 19.000 Anlagen erhöhen könnte, was einer elektrischen Leistung von 10,8 GW_{el} entspräche.

7 Ausblick

Um die erneuerbaren Ziele der Europäischen Union bis 2020 erfüllen zu können, bedarf es mit Sicherheit seitens der Regierungen große Anstrengungen. Aber nicht nur die Regierungen haben geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, sondern es müssen auch die technischen Komponenten der erneuerbaren Anlagen dahingehend verbessert werden, dass Wirkungsgrade erhöht und Kosten gesenkt werden, was insgesamt zu einer Verbilligung der Gesamtanlagen in Zukunft führen würde.

Diese Arbeit zeigt, wie sich die Stromerzeugung aus Biogas in Europa in den nächsten Jahren entwickeln könnte. Das dargestellte Zukunftsszenario, welches auf den Fahrplänen für erneuerbare Energien sowie der Einschätzungen der einzelnen Biogasverbände der Mitgliedstaaten beruht, ist als konservativ zu beurteilen. Tatsächlich gibt es in Ländern wie Polen, Frankreich, Deutschland, Tschechien, Großbritannien, Bulgarien und Rumänien ein sehr größeres ungenutztes Potential, vor allem im landwirtschaftlichen Bereich. Natürlich ist auch diese Technologie in vielen Kreisen sehr umstritten, da sie wie alle Stromerzeugungsanlagen auch gewisse Nachteile aufweist zu denen hohe Investitionskosten, geringer Wirkungsgrad, Monokultur in der Landwirtschaft durch großflächigen Maisanbau und eventuelle Geruchsentwicklungen zu zählen sind. Die wohl größte Frage muss sicherlich in der ethischen Betrachtung gestellt werden, da in vielen zukünftigen Anlagen Mais als Substrat verwendet wird und somit eigentlich Lebensmittel vergoren werden. Nichts desto trotz besitzt Biogas Vorteile, welche wenige Energiequellen aufweisen, wie beispielsweise die nicht Bedarfsgerechtigkeit. Unabhängig davon, ob Wind weht oder ob Sonne scheint, können diese Anlagen bei optimalen Bedingungen 7000 bis 8000 Stunden im Jahr betrieben werden. Weiters gehört Biogas zu den CO₂-freien Technologien und spart demnach jährlich viel CO₂ ein und trägt damit aktiv zum Klimaschutz bei.

Die aktuellen Ereignisse in Japan zeigen eindeutig, dass sich die Atomkraft nicht beherrschen lässt und dass solche AKW tickende Zeitbomben darstellen und somit enorme Gefahren in sich bergen. Nicht nur in Japan sondern auch in der EU sind wir mit Sicherheit nicht vor einer solchen Katastrophe gefeit und dadurch sind wir, verpflichtet, endlich umzudenken und jede mögliche erneuerbare Energiequelle in Zukunft verstärkt zu nutzen bzw. die Vor- und

Nachteile zu diskutieren. Biogas ist eine dieser Alternativen die unter geeigneten Rahmenbedingungen elf Atomkraftwerke bis 2020 in der EU ersetzen könnte.

8 Verzeichnisse

8.1 Abbildungen

Abbildung 1: CO ₂ -Kreislauf der Organik [1], (Eigene Darstellung).....	4
Abbildung 2: Schematische Darstellung des anaeroben Abbaus [1].....	11
Abbildung 3: Einfluss der Verweilzeit auf die Gasbildungsrate und Gasausbeute [3]	13
Abbildung 4: Funktionsschema einer Biogasanlage [4].....	14
Abbildung 5: Unterschiede und Merkmale von Biogasverfahren [1], (Eigene Darstellung)	16
Abbildung 6: Schematische Übersicht über Biogasverfahren [1], (Eigene Darstellung).....	17
Abbildung 7: Batchverfahren [3]	18
Abbildung 8: Wechselbehälter Verfahren [3]	19
Abbildung 9: Durchfluss-Verfahren [3].....	20
Abbildung 10: Speicher-Verfahren [3].....	21
Abbildung 11: Kombiniertes Durchfluss-Speicher-Verfahren [3]	21
Abbildung 12: Pfropfenstromreaktor in liegender Bauform [4].....	23
Abbildung 13: Stehende runde Bauweise [5].....	24
Abbildung 14: Querschnitt eines stehenden Fermentes [3].....	24
Abbildung 15: Verfahren zur Einbringung stapelbarer Substrate [3].....	25
Abbildung 16: Eingesetzte Pumpen in Biogasanlagen [1]	26
Abbildung 17: Übersicht über existierende Rührwerke [1], (Eigene Darstellung)	27
Abbildung 18: Schematischer Aufbau eines BHKW [4].....	28
Abbildung 19: Elektrische Wirkungsgrade von unterschiedlichen Biogasmotoren [4]	31
Abbildung 20: Elektrische Wirkungsgrade von unterschiedlichen BHKW [61]	31
Abbildung 21: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el} [6], (Eigene Darstellung).....	34
Abbildung 22: Aktueller Stand und Prognose in Österreich bis 2020	34
Abbildung 23: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el} [7], (Eigene Darstellung).....	36
Abbildung 24: Aktueller Stand und Prognose in Deutschland bis 2020 [7], [9], (Eigene Darstellung) 36	
Abbildung 25: Bestehende landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	38
Abbildung 26: Aktueller Stand und Prognose in Italien bis 2020	38
Abbildung 27: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	39
Abbildung 28: Aktueller Stand und Prognose in den Niederlanden bis 2020.....	40
Abbildung 29: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el} (Ohne Klärgasanlagen).....	41
Abbildung 30: Aktueller Stand und Prognose in Tschechien bis 2020 [10], (Eigene Darstellung).....	41
Abbildung 31: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el} (*Daten aus 2006)	43
Abbildung 32: Aktueller Stand und Prognose in Belgien bis 2020.....	43
Abbildung 33: Bestehende landwirtschaftlicher Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	45
Abbildung 34: Aktueller Stand und Prognose in Ungarn bis 2020	45
Abbildung 35: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	46
Abbildung 36: Aktueller Stand und Prognose in Luxemburg bis 2020	47
Abbildung 37: Aktueller Stand und Prognose in Polen bis 2020	48
Abbildung 38: Aktueller Stand und Prognose in Bulgarien bis 2020	49
Abbildung 39: Aktueller Stand und Prognose in Rumänien bis 2020.....	50
Abbildung 40: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	51
Abbildung 41: Aktueller Stand und Prognose in Slowenien bis 2020 [11], (Eigene Darstellung)	51
Abbildung 42: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	52

Abbildung 43: Aktueller Stand und Prognose in Griechenland bis 2020.....	53
Abbildung 44: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	54
Abbildung 45: Aktueller Stand und Prognose in Lettland bis 2020.....	54
Abbildung 46: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	55
Abbildung 47: Aktueller Stand und Prognose in der Slowakei bis 2020	56
Abbildung 48: Aktueller Stand und Prognose in Frankreich bis 2020.....	57
Abbildung 49: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	58
Abbildung 50: Aktueller Stand und Prognose in Portugal bis 2020.....	58
Abbildung 51: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	59
Abbildung 52: Aktueller Stand und Prognose in Finnland bis 2020	60
Abbildung 53: Aktueller Stand und Prognose in Schweden bis 2020.....	61
Abbildung 54: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	62
Abbildung 55: Aktueller Stand und Prognose in Zypern bis 2020.....	62
Abbildung 56: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el}	64
Abbildung 57: Aktueller Stand und Prognose in Litauen bis 2020	64
Abbildung 58: Aktueller Stand und Prognose in Irland bis 2020.....	65
Abbildung 59: Aktueller Stand und Prognose in Dänemark bis 2020 (*Leistung errechnet)	66
Abbildung 60: Aktueller Stand und Prognose in Malta bis 2020.....	67
Abbildung 61: Aktueller Stand und Prognose in Spanien bis 2020 (*Anlagenzahl berechnet)	68
Abbildung 62: Bestehende Biogasanlagen mit Leistungen in MW _{el} (ohne Klär- und Deponiegas)	69
Abbildung 63: Aktueller Stand und Prognose in Großbritannien bis 2020.....	70
Abbildung 64: Anzahl der Biogasanlagen in der EU (Stand: 2009/10)	71
Abbildung 65: Installierte Leistung in MW _{el} in der EU (2009/10)	72
Abbildung 66: Anzahl der Biogasanlagen im Jahre 2020 (* Daten nicht verfügbar)	74
Abbildung 67: Installierte Leistung in MW _{el} in der EU im Jahr 2020 (*Daten nicht verfügbar).....	75
Abbildung 68: Erzeugter Strom in GWh von 25 EU Ländern [12], (Stand 2009).....	96
Abbildung 69: Die Biogaserzeugung in der Europäischen Union in ktoe [12], (Stand 2009)	97
Abbildung 70: Biogas Potential in Europa bis 2020 in Mtoe [62]	98

8.2 Tabellen

Tabelle 1: Stoffeigenschaften von Biogas [2], (Eigene Darstellung).....	5
Tabelle 2: Eckdaten von Biogas [2],[1],[13] (Eigene Darstellung).....	6
Tabelle 3: Stoffeigenschaften von Wirtschaftsdünger [3].....	7
Tabelle 4: Stoffeigenschaften von nachwachsenden Rohstoffen [3].....	8
Tabelle 5: Stoffeigenschaften von Substrate der weiterverarbeitenden Agroindustrie [3].....	9
Tabelle 6: Stoffeigenschaften von Substrate aus Kommunen und Haushalten [3]	10
Tabelle 7: Stoffeigenschaften von Grün- und Rasenschnitt [3]	10
Tabelle 8: Kennwerte von Zündstrahlmotoren [4], (Eigene Darstellung).....	29
Tabelle 9: Kennwerte von Gas-Ottomotoren [4], (Eigene Darstellung).....	30

8.3 Literatur

- [1] Eder Barbara; Schulz Heinz, Buch: „*Biogas Praxis*“, Freiburg: Ökostromverlag 2007
- [2] Institut für Umweltverfahrenstechnik, Universität Bremen: „*Wasser-Wissen*“
www.wasser-wissen.de. [Online], 2010. [Zitat vom: 06. Oktober 2010.]
<http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/b/biogas.htm>
- [3] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.: „*Handreichung Biogas*“.
www.fnr.de. [Online], 2009. [Zitat vom: 07. Oktober 2010.]
http://www.big-east.eu/downloads/FNR_HR_Biogas.pdf
- [4] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.: „*Leitfaden Biogas*“. www.fnr.de.
[Online], 2010. [Zitat vom: 24. Juni 2011.] http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_208-leitfaden_biogas_2010_neu.pdf
- [5] Alfagy's: www.alfagy.com. [Bild], [Zitat vom: 25. Jänner 2011.]
- [6] E-Control: „*Ökostrombericht 2010*“. www.e-control.at. [Online], [Zitat vom: 25. Jänner 2011.] <http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/dokumente/pdfs/ecg-oekostrombericht-%202010.pdf>
- [7] Fachverband für Biogas: „*Biogas Branchenzahlen 2010*“. www.biogas.org. [Online], 2010. [Zitat vom: 26. Jänner 2011.]
[http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/11-05-30_Biogas%20Branchenzahlen%202010_final.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/11-05-30_Biogas%20Branchenzahlen%202010_final.pdf)
- [8] Horbelt, Andrea; Maciejczyk, Manuel; Olzem, Bastian; Rauh, Stefan. Fachverband für Biogas: „*Biogas kann's Informationen, Argumente, Potenziale, Zahlen und Zukunft*“
www.biogas.org. [Online], 2010. [Zitat vom: 26. Jänner 2011.] http://www.biogas-kanns.de/downloads/Biogas_kanns_web.pdf
- [9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „*Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen*“. www.erneuerbare-energien.de. [Online], 2010. [Zitat vom: 26. Jänner 2011.] http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nationaler_aktionsplan_ee.pdf

- [10] Stambsky, Jan. Czech Biogas Association: „*Biogas in the Czech Republic, Current Status and Best Practise Examples*”. www.czba.cz. [Online], 2010. [Zitat vom: 21. Februar 2011.] <http://www.biogasin.org/files/pdf/HCL/Stambasky.pdf>
- [11] Institut für Landwirtschaft in Slowenien: „*Regional strategy and action plan for the development of biogas production in Slovenia*”. www.biogasregions.org. [Online] 2009. [Zitat vom: 28. Jänner 2011.] http://www.lev.at/Download/BiogasRegions/Regionale_Strategien/Biogas_Regions_D22-Regional_Strategy-Slovenia-081218.pdf
- [12] Euroserv'er: „*Biogas Barometer*“. www.euroserv-er.org. [Online] 2009. [Zitat vom: 25. Jänner 2011.] <http://www.euroserv-er.org/pdf/baro200b.pdf>
- [13] Deutsche Energieagentur. [Online], 2010. [Zitat vom: 25. Jänner 2011.] <http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbare-energien/biomasse/biogas/entstehung-von-biogas.html>
- [14] Interessenvertretung der österreichischen Gas- und Wärmewirtschaft. www.gaswaerme.at. [Online], 2011. [Zitat vom: 28. Jänner 2011.]
- [15] KWH-Preis. www.kwh-preis.de. [Online], 2011. [Zitat vom: 28. Jänner 2011.] <http://www.kwh-preis.de/gas/biogas>
- [16] ÖKOBIT, Multitalent Biogas. [Online], [Zitat vom: 12. Februar 2011.] <http://www.oekobit-biogas.com/de/multitalent-biogas/eeg.html>
- [17] Gashighway: „*National reports on current status of biogas production*”. www.gashighway.net. [Online], [Zitat vom: 25. Jänner 2011.] <http://www.gashighway.net/default.asp?sivulID=25922&component=/modules/bbsView.asp&recID=16778>
- [18] Gruber, Waldemar. Aid: „*Biogasproduktion- Entwicklung der deutschen Biogasbranche*“. www.aid.de. [Online], 2009. [Zitat vom: 26. Jänner 2011.] http://www.aid.de/shop/addinfo_files/1229.pdf

- [19] Kovacs, Attila. Erste Ungarische Biogas GmbH.: „*Biogas in Ungarn: Perspektiven eines wachsenden Marktes*“. www.biogaskft.hu. [Online], 2007. [Zitat vom: 26. Jänner 2011.]
<http://www.niederoesterreich.at/magazin/00/artikel/47205/doc/d/Fachvortrag%20Biogas%20HU%20-%20Hr.%20Kovacs%20EUBG%2004.10.pdf>
- [20] Kovacs, Attila. Erste Ungarische Biogas GmbH.: „*Auflistung der landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Ungarn*“, Persönliche Mitteilung, 2011
- [21] Boonen, Severin. Biogasvereinigung Luxemburg: „*Biogasanlagen in Luxemburg*“, Persönliche Mitteilung, 2011
- [22] Haider, Pierre. Polish Biogas Association. www.pba.org.pl. [Online], 2010. [Zitat vom: 27. Jänner 2011.]
http://www.ihkzuschwerin.de/ihksn/Medien/Dokumente/PR/2010_EnergiePolen_13_PierreHaider.pdf
- [23] Mroczkowski, Przemyslaw; Oniszk-Poplawska, Anna. Instytut Energetyki Odnawialnej: „*Stan i kierunki rozwoju sektora biogazowni rolniczych w Polsce*“. www.ieo.pl. [Online], [Zitat vom: 27. Jänner 2011.]
http://www.ieo.pl/dokumenty/newsletter/oze4/Mroczkowski_i_Oniszk_%20Rynek_biogazu_w_Polsce.pdf
- [24] Dimitrova, Denista. Big East, Biogas for Eastern Europe: „*Biogas Potential in Bulgaria. Summary Report*“. www.big-east.eu. [Online], 2009. [Zitat vom: 28. Jänner 2011.] http://www.big-east.eu/downloads/fr-reports/D-2.2-Biogas_Potential_Bulgaria-en.pdf
- [25] Matjaz, Grmek. Big East, Biogas for Eastern Europe: „*Assessment of existing biogas installations in Bulgaria, Croatia, Greece, Latvia, Romania and Slovenia*“. www.big-east.eu. [Online], 2008. [Zitat vom: 28. Jänner 2011.] http://www.big-east.eu/downloads/fr-reports/D-2.2-Biogas_Potential_Bulgaria-en.pdf
- [26] Rutz, Dominik. Big East, Biogas for Eastern Europe: „*Final Report of the BiG>East Project*“. www.big-east.eu. [Online], 2010. [Zitat vom: 28. Jänner 2011.]
http://www.big-east.eu/downloads/fr-reports/ANNEX%203-1_WP1_BiG-East_Publishable%20Summary%20Report.pdf

- [27] Niklass, Martin. ZAAO: „*Biogas/CBG/CNG development status in Latvia*“. www.zaaolv.lv. [Online], 2010. [Zitat vom: 30. Jänner 2011.]
http://www.monusminek.ee/documents/LAT_biogas_status_Tartu_Motoshow_24.09.2010.pdf
- [28] Dzene, Ilze. Big East, Biogas for Eastern Europe: „*Assessment of existing biogas installations in Bulgaria, Croatia, Greece, Latvia, Romania and Slovenia*“. www.big-east.eu. [Online], 2008. [Zitat vom: 30. Jänner 2011.] http://www.big-east.eu/big-east_reports/T2.1-final%2020081023.pdf
- [29] Jur, Svätý. Institut für Biodiversität – Netzwerk e.V.: „*Fachgespräch Managementmaßnahmen zur Offenhaltung wertvoller Bergwiesen im Nationalpark Pieniny*“. <http://biodiv.de>. [Online], 2009. [Zitat vom: 14. Februar 2011.]
http://biodiv.de/fileadmin/docs/0911_Bratislava/Tagungsbericht.pdf
- [30] Andreou, Georg. Biogas in Zypern: „*Biogasanlagen in Zypern*“, Persönliche Mitteilung, 2011
- [31] Portugiesischer Erneuerbarer Energieverband. <http://www.energiarenovaveis.com>. [Online], 2011. [Zitat vom: 30. Jänner 2011.]
http://www.energiarenovaveis.com/Area.asp?ID_area=2
- [32] Exportinitiative Erneuerbare Energien: „*AHK-Geschäftsreise Baltikum vom 24.-27. Mai 2010 Geschäftschancen für deutsche Unternehmen in Estland im Bereich Bioenergie*“. <http://www.exportinitiative.bmweli.de>. [Online], 2010. [Zitat vom: 15. Februar 2011.]
<http://www.exportinitiative.bmweli.de/EEE/Redaktion/Events/2010/Geschaeftsreisen/Downloads/2010-05-24-AHK-Geschaeftsreise-Baltikum-Factsheet-Bioenergie-Estland.property=pdf,bereich=eee,sprache=de,rwb=true.pdf>
- [33] Tamm, Triinu. Baltic Biogas: „*Biogaasijaamade majanduslik tasuvus Eestis*“. www.balticbiogas.ee. [Online], 2008. [Zitat vom: 15. Februar 2011.]
http://www.balticbiogas.ee/public/dokumendid/BalticBiogas_TEUK08.pdf
- [34] Biogas Wallonien: „*Biogas production in the Walloon Region (BELGIUM)*“. www.valbiom.be. [Online], 2006. [Zitat vom: 21. Februar 2011.]
http://www.valbiom.be/files/gallery/2007_gw_321239717537.pdf

- [35] Meeus, Ir. B. Biogas-E: „*Voortgangsrapport 2010 Anaerobe vergisting in Vlaanderen*“. www.biogas-e.be. [Online], 2010. [Zitat vom: 21. Februar 2011.]
<http://www.biogas-e.be/sites/default/file/voortgangsrapport2010.pdf>
- [36] Gestore dei Servizi Energetici, GSE: „*Biomasse Rapporto Statistico*“. www.gse.it. [Online], 2010. [Zitat vom: 25. Februar 2011.]
<http://www.gse.it/ATTIVITA/STATISTICHE/Documents/Biomasse%20e%20Rifiuti%202009.pdf>
- [37] Piccinini, S. C.R.P.A. centro ricerche produzioni animali s.p.a.: „*National Report on current status of Biogas production- Italy*“. <http://www.crpa.it>. [Online], 2011. [Zitat vom: 25. Februar 2011.]
<http://www.gashighway.net/default.asp?sivuID=25922&component=/modules/bbsView.asp&recID=16778>
- [38] Italian Ministry for Economic Development: „*Italian National Renewable Energy Action Plan*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2009. [Zitat vom: 25. Februar 2011.]
http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_italy_en.pdf
- [39] Kuittinen, Ville; J. Huttunen, Markku; Leinonen, Simo. Finnish Biogas Association: „*Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 13*“. www.biokaasuyhdistys.net. [Online], 2009. [Zitat vom: 25. Februar 2011.]
<http://www.biokaasuyhdistys.net/images/stories/pdf/biokaasulaitosrekisteri13.pdf>
- [40] Ofiteru, Augustin. Big East, Biogas for Eastern Europe: „*Summary Report of the WP2*“. www.big-east.eu. [Online], 2008. [Zitat vom: 26. Februar 2011.]
http://www.big-east.eu/downloads/fr-reports/ANNEX%203-7_WP2_D2.2_Summary%20Report%20Romania-EN.pdf
- [41] Rumänisches Ministerium für Energie: „*National Renewable Energy Action Plan*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2010. [Zitat vom: 26. Februar 2011.]
http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_romania_en.pdf
- [42] Štiormer, Virginijus. Litauische Biogas Association: „*Biodujų rinka Lietuvoje ir jos plėtra*“. www.lbda.lt. [Online], 2009. [Zitat vom: 28. Februar 2011.]
http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Stiormer.pdf

- [43] Harwood, Oliver. IEA Bioenergy Task 37: „*UK Country Report*“. www.iea-biogas.net. [Online], 2010. [Zitat vom: 07. März 2011.] http://www.iea-biogas.net/Dokumente/countryreports/10/UK_Country_Report_11-2010.pdf
- [44] Großbritanisches Ministerium für Energie: „*National Renewable Energy Action Plan for the United Kingdom*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2009. [Zitat vom: 07. März 2011.] http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_uk_en.pdf
- [45] Murphy, Jerry D. IEA Bioenergy Task 37: „*Country Report Ireland*“. www.iea-biogas.net [Online], 2010. [Zitat vom: 11. März 2011.] http://www.iea-biogas.net/download/publications/country-reports/2010/Ireland_Country_Report_11-2010.pdf
- [46] Irisches Ministerium für Energie: „*National Renewable Energy Action Plan*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2009. [Zitat vom: 07. März 2011.] http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_romania_en.pdf
- [47] IEA Bioenergy Task 37: „*Country Report Denmark*“. www.iea-biogas.net. [Online], 2010. [Zitat vom: 08. März 2011.] http://www.ieabiogas.net/download/publications/countryreports/2010/Denmark_Country_Report_11-2010.pdf
- [48] Schwedisches Ministerium für Energie: „*The Swedish National Action Plan for the promotion of the use of renewable energy in accordance with Directive 2009/28/EC and the Commission Decision of 30.06.2009*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2009. [Zitat vom: 08. März 2011.] http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_sweden_en.pdf
- [49] Lindblom, Helen. Biogasportalen: „*Produktion och användning av biogas år 2009*“. www.biogasportalen.se. [Online], 2009. [Zitat vom: 08. März 2011.] http://www.biogasportalen.se/BiogasISverigeOchVarlden/~media/Files/www_biogasportalen_se/BiogasISverigeOchVarlden/Biogas%20i%20siffror/ES2010%2005W.ashx

- [50] Bosch, Den. IEA Bioenergy Task 37: „*Country update NL*“. www.iea-biogas.net [Online], 2010. [Zitat vom: 14. Februar 2011.]
http://www.iea-biogas.net/download/publications/country-reports/2010/Netherlands_Country_Report_11-2010.pdf
- [51] Niederländisches Ministerium für Energie: „*National renewable energy action plan*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2009. [Zitat vom: 10. März 2011.]
http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/action_plan_en.htm
- [52] Bastide, Guillaume; Theobald, Olivier. IEA Bioenergy Task 37: „*French Report*“. www.iea-biogas.net [Online], 2010. [Zitat vom: 12. März 2011.]
http://www.iea-biogas.net/download/publications/country-reports/2010/France_Country_Report_11-2010.pdf
- [53] Französisches Ministerium für Energie: „*National action plan for the promotion of renewable energies 2009-2020*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2009. [Zitat vom: 20. März 2011.]
http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_france_en.pdf
- [54] Repullo, Francisco. AEBIG: „*Landwirtschaftliche Biogasanlagen in Spanien*“. Persönliche Mitteilung, 2011
- [55] Spanisches Ministerium für Industrie Tourismus und Handel: „*SPAIN'S NATIONAL RENEWABLE ENERGY ACTION PLAN 2011-2020*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2009. [Zitat vom: 16. März 2011.]
http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_spain_en.pdf
- [56] Schulte. Germany Trade & Invest: „*Malta muss in erneuerbare Energie investieren*“. <http://www.gtai.de>. [Online], 2010. [Zitat vom: 02. Jänner 2011.]
<http://www.gtai.de/DE/Content/SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument.html?fid=MK201007088004>
- [57] Wellinger, Arthur. Nova Energie: „*Biogaserzeugung und –nutzung: Sind wir auf dem richtigen Weg?*“. [Zitat vom: 20. März 2011.]. Bericht im Rahmen der Central European Biomass Conference am 28. Jänner 2011 in Graz.

- [58] Aulink, Daniel. Energiegas Sverige: „*Informationen über Biogasanlagen in Schweden*“. Persönliche Mitteilung, 2011
- [59] Holm-Nielsen, Jens Bo. Head of Center for Bioenergy and Green Engineering, Aalborg University: „*Information about Biogasplants in Denmark*“. Persönliche Mitteilung, 2011
- [60] Dänisches Ministerium für Energie: „*National Action Plan for renewable energy in Denmark*“. <http://ec.europa.eu>. [Online], 2010. [Zitat vom: 23. März 2011.]. http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_denmark_en.pdf
- [61] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., (ASUE): „*BHKW-Kenndaten 2011*“. <http://asue.de>. [Online], 2011. [Zitat vom: 18. September 2011.]. <http://asue.de/cms/upload/broschueren/2011/bhkw-kenndaten/asue-bhkw-kenndaten-0311.pdf>
- [62] European Biomass Association (AEBIOM): „*A Biogas Road Map for Europe*“. <http://www.aebiom.org>. [Online], 2011. [Zitat vom: 30. September 2011.]. http://www.aebiom.org/IMG/pdf/Brochure_BiogasRoadmap_WEB.pdf
- [63] Fachverband für Biogas: „*Stellungnahme des Fachverbandes Biogas e.V. zur öffentlichen Anhörung des Bundestagsausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zum Thema „Landwirtschaft und Klimaschutz“ am 22. Februar 2010, insbesondere auch in Bezug auf die Fragen 9, 15, 17, 24, 25, 27, 28 und 30 des Fragenkatalogs*“. www.biogas.org. [Online], 2010. [Zitat vom: 13. Oktober 2011.]. [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Positionspapier_zur_Anhoerung_des_Bundestagsausschusses/\\$file/10-02-22_Stn-Anhoerung_Landwirtschaft_Klimaschutz_end.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Positionspapier_zur_Anhoerung_des_Bundestagsausschusses/$file/10-02-22_Stn-Anhoerung_Landwirtschaft_Klimaschutz_end.pdf)

8.4 Abkürzungen

CO ₂	Chemisches Zeichen für Kohlenstoffdioxid
KWK	Kraft Wärme Kopplung
EEG	Erneuerbares Energie Gesetz
GV	Großvieheinheit
Mg	Milligramm
m ³	Kubikmeter, Maßeinheit für Volumen
Wh	Wattstunde, SI-Einheit der Arbeit
kWh	Kilo Wattstunde entspricht $1 \cdot 10^3$ Wh
MWh	Mega Wattstunde entspricht $1 \cdot 10^6$ Wh
GWh	Giga Wattstunde entspricht $1 \cdot 10^9$ Wh
W	Watt, SI-Einheit der Leistung
W _{el}	Elektrische Leistung
kW _{el}	Kilo Watt elektrisch entspricht $1 \cdot 10^3$ Watt
MW _{el}	Mega Watt elektrisch entspricht $1 \cdot 10^6$ Watt
GW _{el}	Giga Watt elektrisch entspricht $1 \cdot 10^9$ Watt
Ha	Hektar, Maßeinheit der Fläche
CH ₄	Summenformel für Methan
H ₂ O	Summenformel für Wasser
N ₂	Summenformel für Stickstoff
O ₂	Summenformel für Sauerstoff
H ₂	Summenformel für Wasserstoff
NH ₃	Summenformel für Ammoniak
H ₂ S	Summenformel für Schwefelwasserstoff
H _u	Heizwert, beschreibt die nutzbare Energie eines Brennstoffes
H _o	Brennwert, berücksichtigt den Energiegehalt des Wasserdampfes
oTS	organische Trockensubstanz
TS	Trockensubstanz
P	Summenformel für Phosphor

K	Summenformel für Kalium
Mg	Summenformel für Magnesium
K ₂ O	Summenformel für Kaliumoxid
P ₂ O ₅	Summenformel für Phosphat
NH ₄	Summenformel für Ammonium
Cd	Summenformel für Cadmium
Cr	Summenformel für Chrom
Cu	Summenformel für Kupfer
Hg	Summenformel für Quecksilber
Ni	Summenformel für Nickel
Pb	Summenformel für Blei
Zn	Summenformel für Stickstoff
FM	Festmeter, entspricht einem Raummaß
HRT	Hydraulische Aufenthaltszeit
BHKW	Blockheizkraftwerk
ktoe	Kilo Tonnenäquivalent
NaWaRos	Nachwachsende Rohstoffe
n.a	Nicht angegeben
AKW	Atomkraftwerk
k.A.	Keine Angabe
s.	Siehe
landw.	Landwirtschaftliche

9 Anhang

9.1 Auszug Datenbank, Bsp. Österreich-Tirol

Stand Biogasanlagen in Österreich			
Gesamtübersicht Österreich	Anlagen	elektr. Leistung in MWel.	Erzeugter Strom in GWh
Gesamtanlagen	406	123,57	838
Klär und Deponiegasanlagen	65	29,12	
Landwirtschaftliche und Kompostieranlagen	341	94,45	
Bundesländer			
Tirol			
Ort der Anlage	Baujahr der Anlage	Verwendung	Elektrische Leistung in MWelek.
Zöblen	2001	Landwirtschaftliche Anlage	0,025
Roppen	2002	Landwirtschaftliche Anlage	0,33
Schwendau	2002	Landwirtschaftliche Anlage	0,03
Waidring	2002	Landwirtschaftliche Anlage	0,03
Pertisau	2003	Landwirtschaftliche Anlage	0,143
Neustift	2003	Landwirtschaftliche Anlage	0,03
Inzing	2004	Landwirtschaftliche Anlage	0,055
Nikolsdorf	2004	Landwirtschaftliche Anlage	0,3
Nikolsdorf	2010	Landwirtschaftliche Anlage	0,242
St.Johann i.T	2010	Landwirtschaftliche Anlage	0,5
Pfaffenhofen	2004	Landwirtschaftliche Anlage	0,33
Kössen	2005	Landwirtschaftliche Anlage	0,198
Buch bei Jenbach	2005	Landwirtschaftliche Anlage	0,06
Schlitters	2005	Landwirtschaftliche Anlage	0,35
Imst	2006	Landwirtschaftliche Anlage	0,25
Roppen	2002	Deponiegas Anlage	0,07
Zirl	2008	Bio- und Klärgas Anlage	0,18

9.2 Diverse Grafiken

Production brute d'électricité à partir de biogaz de l'Union européenne en 2008 et en 2009* (en GWh)
Gross biogas electricity output in the European Union in 2008 and 2009* (in GWh)

En ktep/ In ktoe	2008			2009*		
	Centrales électriques seules/ Electricity-only plants	Centrales fonctionnant en cogénération/ CHP plants	Électricité totale/ Total electricity	Centrales électriques seules/ Electricity-only plants	Centrales fonctionnant en cogénération/ CHP plants	Électricité totale/ Total electricity
Germany	8 837,0	1 142,0	9 979,0	11 325,0	1 237,0	12 562,0
United Kingdom	4 844,9	460,0	5 304,9	5 064,7	526,8	5 591,5
Italy	1 290,8	308,7	1 599,5	1 374,1	365,5	1 739,6
Netherlands	83,0	651,0	734,0	82,0	833,0	915,0
France**	605,6	94,7	700,3	671,4	175,0	846,4
Austria	557,0	45,0	602,0	602,0	36,0	638,0
Spain	540,0	44,0	584,0	479,0	48,0	527,0
Belgium	174,2	159,1	333,3	175,2	286,7	461,8
Czech Republic	63,2	203,7	266,9	241,6	199,6	441,3
Denmark	1,5	297,2	298,7	1,3	323,5	324,7
Poland	0,0	251,6	251,6	0,0	319,2	319,2
Greece	171,0	20,3	191,3	183,5	34,0	217,5
Ireland	110,0	17,0	127,0	100,0	17,0	117,0
Hungary	0,0	68,2	68,2	0,0	95,2	95,2
Portugal	63,0	8,0	71,0	73,0	10,0	83,0
Slovenia	9,7	46,2	55,9	9,7	59,2	68,8
Luxembourg	0,0	43,8	43,8	0,0	53,4	53,4
Latvia	2,3	37,3	39,6	3,0	42,0	45,0
Sweden	0,0	30,0	30,0	0,0	34,0	34,0
Finland	0,0	29,0	29,0	0,0	31,0	31,0
Slovakia	1,0	14,0	15,0	1,0	20,0	21,0
Lithuania	0,0	9,0	9,0	0,0	15,0	15,0
Cyprus	0,0	12,0	12,0	0,0	12,0	12,0
Estonia	9,3	0,0	9,3	10,0	0,0	10,0
Romania	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0
European Union	17 364,5	3 991,8	21 356,3	20 397,4	4 773,0	25 170,4

*Estimation. ** DOM non inclus. French overseas departments excluded.
 Les décimales sont séparées par une virgule. Decimals are written with a comma. Source: EuroObserv'ER 2010.

Abbildung 68: Erzeugter Strom in GWh von 25 EU Ländern [12], (Stand 2009)

A case example: Calculation of biogas potential from energy crops and manure for 2020 (FAOSTAT 2009, AEBIOM calculations)

Country	Arable land	Biogas potential	Total manure from crops*	Biogas potential from manure**	Total biogas potential
		5% land; yield 15t/ha	Cattle and pigs	35% manure used	5% land & 35% manure
UNIT	1000 ha	Mtoe	Mt	Mtoe	Mtoe
Austria	1382	0,30	34,0	0,13	0,43
Belgium	840	0,18	48,6	0,19	0,37
Bulgaria	3086	0,66	10,7	0,04	0,71
Cyprus	115	0,02	1,7	0,01	0,03
Czech Republic	3032	0,65	24,6	0,10	0,75
Denmark	2306	0,50	47,2	0,18	0,68
Estonia	598	0,13	4,1	0,02	0,14
Finland	2253	0,49	15,7	0,06	0,55
France	18433	3,97	299,1	1,16	5,13
Germany	11877	2,56	225,8	0,88	3,43
Greece	2548	0,55	10,5	0,04	0,59
Hungary	4592	0,99	17,2	0,07	1,06
Ireland	1060	0,23	97,2	0,38	0,61
Italy	7171	1,55	102,9	0,40	1,94
Latvia	1188	0,26	6,1	0,02	0,28
Lithuania	1835	0,40	13,9	0,05	0,45
Luxembourg	61	0,01	2,9	0,01	0,02
Malta	8	0,00	0,4	0,00	0,00
Netherlands	1059	0,23	73,7	0,29	0,51
Poland	12502	2,69	113,4	0,44	3,13
Portugal	1083	0,23	24,0	0,09	0,33
Romania	8553	1,84	53,8	0,21	2,05
Slovakia	1377	0,30	9,2	0,04	0,33
Slovenia	177	0,04	7,4	0,03	0,07
Spain	12700	2,74	138,6	0,54	3,27
Sweden	2643	0,57	25,0	0,10	0,67
United Kingdom	6085	1,31	149,3	0,58	1,89
EU 27	108564	23,39	1556,9	6,04	29,43

*see calculation example in the annex
Approximately 5 Mio ha land in Europe

** Assumed methane content in biogas 65%;
assumed yield of 20 m³ biogas per ton of manure

Abbildung 70: Biogas Potential in Europa bis 2020 in Mtoe [62]