

Leibniz Universität Hannover

Institut für Wirtschaftsinformatik

Bewertungssystem für
flexibilisierte Biogasanlagen

Bachelorarbeit

Marius Müller

Bewertungssystem für flexibilisierte Biogasanlagen
Evaluation System for flexible Biogas Plants

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades “Bachelor of Science (B. Sc.)“
im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen
der Fakultät Elektrotechnik und Informatik, Fakultät Maschinenbau und
der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz
Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Müller



Vorname: Marius



Betreuer: M. Sc. Tim Brauner
Klaus Anduschus

Prüfer: Prof. Dr. rer. Nat. Michael H. Breitner

Hannover, den 16.08.2019

Inhaltsverzeichnis

Abstract	II
Abbildungsverzeichnis	III
Formelverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
Einheitenverzeichnis	VI
Symbolverzeichnis	VII
1. Einleitung	1
2. Gesetzliche Grundlagen	2
2.1. Stromeinspeisungsgesetz	2
2.2. Erneuerbare-Energien-Gesetz	2
3. Flexible Biogasanlagen	5
3.1. Begriffserläuterung der gesetzlichen Grundlagen	5
3.2. Marktprämienmodell	7
3.3. Flexibilisierung	8
4. Bewertungssystem	13
4.1. Datengrundlage	13
4.2. Begriffserläuterung des Systems	17
4.3. Unterschied zwischen theoretischer und realer Flexibilisierung	21
4.4. Modellbeschreibung	23
5. Auswertung	27
5.1. Gesamtauswertung	27
5.2. Gruppenauswertung	30
5.3. Kritik und Limitation	33
6. Fazit und Ausblick	36
Literaturverzeichnis	39
Anhangsverzeichnis	41
Ehrenwörtliche Erklärung	85

1. Einleitung

Der Anteil an witterungsabhängigen erneuerbaren Energien (EE) aus Photovoltaik und Windkraft hat in den letzten Jahren zugenommen und wird in Zukunft im Zuge der Energiewende auch noch weiter zunehmen. Im Jahr 2018 wurden 38 %¹ der Bruttostromerzeugung aus EE hergestellt und der Anteil soll bis 2050 bis auf 80 % steigen.² In der Folge entstehen sogenannte Stromspitzen, bei denen zu hohe Strommengen in das Energienetz eingespeist werden. Dabei tritt ein Angebotsüberhang ein, bei dem in extremen Fällen der Strom zu negativen Preisen vermarktet werden muss. Eine dauerhafte Stromproduktion durch Biogasanlagen (BGA) wirkt dieser Problematik nicht entgegen, sondern verstärkt diese durch weitere Stromproduktion in den genannten Extremfällen sogar.

BGA weisen jedoch ähnliche Funktionsweisen wie andere Gaskraftwerke auf. Dadurch, dass Gas und Wärme gespeichert werden können, ist die Stromerzeugung nicht lediglich in Dauerproduktion möglich. Es kann flexibel auf die Marktnachfrage reagiert werden und zudem ist eine Gewinnerzielung zu hochpreisigen Zeiten möglich.³ Mit dem Gesetz für Erneuerbare Energien (EEG) wurde ab 2009 versucht, den Anlagenbetreibern durch die Möglichkeit der Direktvermarktung ein Anreiz zur flexiblen Stromproduktion zu setzen.⁴

Diese Arbeit legt den Fokus auf flexibel betriebene BGA, die ihren Strom über einen Direktvermarkter vertreiben. Es werden zunächst die rechtlichen Grundlagen der EE und im Besonderen der BGA bei einer flexiblen Stromproduktion herausgestellt. Im Anschluss wird der Vorteil einer flexiblen und bedarfsgerechten Produktion erarbeitet. Hieraus werden dann Kriterien, die eine Aussage über die Flexibilisierung treffen, abgeleitet. Diese Kriterien werden formal so dargestellt, dass sie sich auf einen vom Direktvermarkter Energy2market GmbH (e2m) zur Verfügung gestellten Datensatz anwenden lassen. Dieser Datensatz umfasst Monatsfahrpläne und monatliche Erlösdaten. Diese werden dann in einem Excel-VBA-Tool hinterlegt, um eine automatisierte Auswertung zu ermöglichen. Zur Auswertung werden die Daten von 32 Anlagen ausgewertet und die zusammengefassten Ergebnisse in Diagrammen veranschaulicht. Außerdem werden die Anlagen in Gruppen nach ihrem Grad an tatsächlicher Flexibilisierung unterteilt, um sie untereinander vergleichbar zu machen. Zudem sollen Aussagen über den Zusammenhang zwischen dem Mehrerlös und dem Grad der Flexibilisierung getroffen werden. Ziel ist es somit herauszustellen, welcher Mehrerlös pro erzeugter kWh durch optimierte Flexibilisierung tatsächlich möglich ist. Außerdem wird

¹ Umweltbundesamt 2019.

² Deutscher Bundestag 2017, EEG, §1 Abs. 2 Nr. 3.

³ Kurt Rohrig 2011, S. 3-5, S. 11.

⁴ Deutscher Bundestag 2009, EEG §17 Abs. 1.

herausgestellt, welche Parameter zu einer weiteren Optimierung der Erlösstruktur führen.

2. Gesetzliche Grundlagen

2.1. Stromeinspeisungsgesetz

Die Energiewende wurde bereits im Dezember 1990 mit dem Gesetzesbeschluss über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien (StromEinspG) in das öffentliche Netz beschlossen und nicht erst mit der offiziellen Benennung der Energiewende. Aus Gründen der Ressourcenschonung und des Klimaschutzes sollte der Anteil der EE an der Energieversorgung ausgeweitet werden. Das Gesetz garantierte Stromproduzenten von EE die Einspeisung ihres Stromes sowie einen geregelten Preis, der sich anteilig an dem Durchschnittserlös der Elektrizitätsversorgungsunternehmen an den Letztverbrauchern ausrichtete.⁵ Die geförderte Vergütung wurde mit der energie- und umweltpolitischen Bedeutung dieser Anlagen begründet und sollte den Betreibern Planungssicherung sowie wirtschaftliche Sicherheit geben. Damals wurde der Beitrag, der aus EE geleistet werden konnte, von der Regierungsfraction als begrenzt eingestuft. Er lag zum Zeitpunkt des Gesetzesentwurfs bei einem Anteil von 0,25 % der Gesamtstromerzeugung.⁶

2.2. Erneuerbare-Energien-Gesetz

Diese Situation änderte sich im Februar 2000 mit dem Beschluss des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien, auch Erneuerbare-Energien-Gesetz genannt. Das Gesetz spezifizierte Klimaziele und sollte den Beitrag von EE an der Stromversorgung erhöhen. Konkret wurde das Ziel gesetzt, den Anteil der EE am gesamten Energieverbrauch innerhalb von zehn Jahren zu verdoppeln. Zum derzeitigen Zeitpunkt lag der Anteil der EE an der Bruttostromerzeugung bei 6,6 %.⁷ Das EEG regelte ebenfalls die Abnahme und Vergütung EE neu, führte die Stromerzeugung aus Biomasse erstmals gesondert auf und ersetzte somit das StromEinspG. Die Vergütungen für Biomasseanlagen wurden unabhängig von den Durchschnittserlösen für 20 Jahre nach Inbetriebnahme festgeschrieben. Dabei verringerte sich die Vergütung für Neuanlagen jährlich um 1 %.⁸

Die zweite Novellierung 2004 beinhaltete umfangreiche Änderungen in der Förderung von Biomasseanlagen. Die Zielsetzung wurde nicht wesentlich verändert, sondern lediglich konkretisiert. Obwohl bereits Ende 2004 10,5 %⁹ der Stromerzeugung aus EE

⁵ Deutscher Bundestag 1991b, StromEinspG.

⁶ Deutscher Bundestag 1991a.

⁷ Statistisches Bundesamt 2019.

⁸ Deutscher Bundestag 2000, EEG.

⁹ Fraunhofer ISE 2019a.

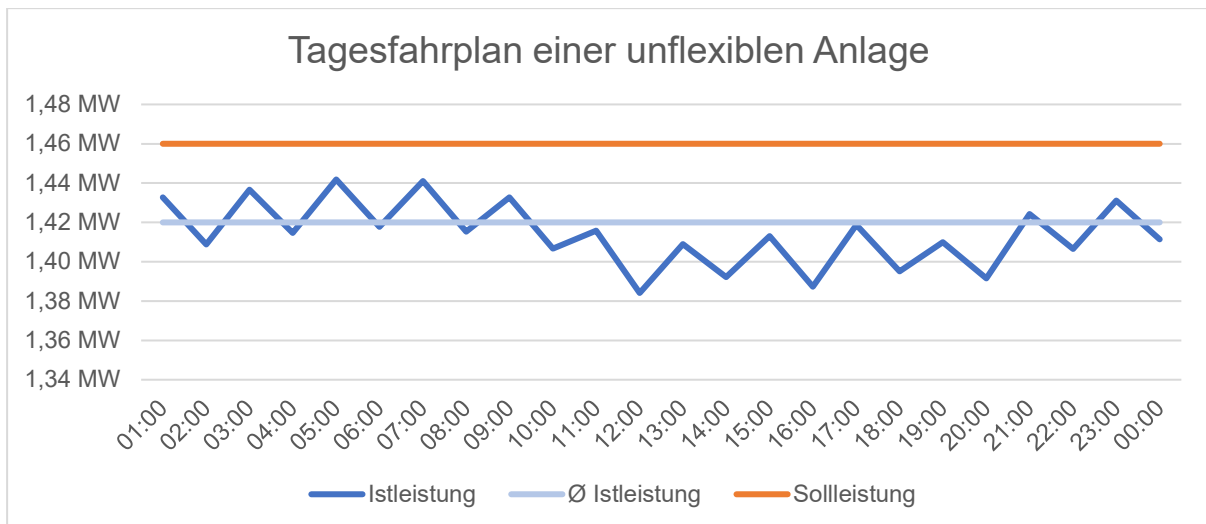


Abbildung 18 Tagesfahrplan einer unflexiblen Anlage⁶⁴

6. Fazit und Ausblick

Die Energiewende ist eines der wichtigsten Themen unserer gegenwärtigen Gesellschaft. Der zunehmende Anteil witterungsabhängiger schwankender Stromproduktion aus alternativen EE, wie Windkraft- und Solarenergie, führen zusammen mit dem Lastverhalten der Bürger und der Industrie zu Preisschwankungen. Diese stehen repräsentativ für die Herausforderung in der Stromversorgung aus EE. Flexible BGA können einen Beitrag dazu leisten, der Herausforderung entgegenzuwirken und die Integration dieser volatilen Stromversorgung in das vorhandene Stromsystem zu erleichtern. Durch das Ausnutzen dieser Preisschwankungen sind BGAs, neben der Integration und dem Entgegenwirken der Herausforderung, in der Lage diese Schwankungen in höhere Erlöse zu überführen. Um den potenziellen Beitrag und die monetären Möglichkeiten dieser flexiblen BGAs auszudrücken, ist es notwendig, geeignete Bewertungssysteme zu entwerfen, die neben dem potenziellen flexiblen Beitrag auch den tatsächlichen flexiblen Beitrag bestimmen können.

Um einen Überblick über die Finanzierungsmöglichkeiten einer flexiblen BGA zu bekommen, ist es zunächst notwendig, die gesetzliche Grundlage und die darin enthaltenen Prämien für eine bedarfsgerechte Stromproduktion aus Biogas vorzustellen. Diese dienen als Basis der Finanzierung für Anlagenbetreiber und legen die Absichten der Politik offen. Das Herausstellen der Marktmechanismen an der Strombörse und der besonderen und wiederkehrenden Schwankungen der Preise dient, zusammen mit der rechtlichen Grundlage, der Definition geeigneter Kriterien einer flexiblen bedarfsgerechten Stromproduktion aus Biogas. Damit Ergebnisse aus einem theoretischen System aussagekräftig sind, ist es für die Praxis notwendig, diese nicht lediglich auf eine geringe Anzahl von Anlagen anzuwenden, sondern möglichst eine repräsentative

⁶⁴ Eigene Darstellung.

Menge zu verwenden. Um eine größere Menge von Anlagen in einem annehmbaren Zeitrahmen bewerten zu können, ist es ebenfalls elementar, die Kriterien in einem Tool zu hinterlegen, um die Auswertung automatisiert durchführen zu können. Dieses entwickelte Tool vereinfacht den Auswertungsvorgang - Wodurch die Dauer der Bewertung minimiert werden kann - und stellt folglich für die Praxis einen Mehrwert dar. Somit können auch nach Erstellung der Arbeit schnell Auswertungen erstellt werden. Um Ergebnisse einer Bewertung schnell einordnen zu können, ist es ebenfalls von Vorteil, zunächst den Bereich vorzustellen, in denen sich die Ergebnisse bewegen. Insofern lässt sich bei der Auswertung von neuen Anlagen schnell erkennen, wie diese abgeschnitten haben. Die Aufteilung der Anlagen in Gruppen mit unterschiedlichen Fahrweisen lässt ebenso Rückschlüsse darauf zu, inwieweit diese Fahrweise zu einem Mehrerlös geführt haben.

Es lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die Anlagen mit den höchsten Werten bei den entwickelten Kriterien auch die tatsächlich höchsten Mehrerlöse pro flexibel erzeugter kWh erzielen. Hierdurch lässt sich schlussfolgern, dass die höheren Marktpreise ausgenutzt worden sind. Außerdem lässt sich festhalten, dass Anlagen die teilflexibel betrieben werden und einen geblockten Anteil in der Stromproduktion besitzen, für den Anteil flexibler Arbeit ebenfalls einen hohen Mehrerlös pro flexibel erzeugter kWh erzielen. Ergänzend ist zu erwähnen, dass es sich bei den Ergebnissen nicht um theoretisch erzielbare Werte handelt, sondern um tatsächlich erzielte Mehrerlöse von optimierten BGA.

Im Folgenden wird ein Ausblick vorgestellt, der den Nutzen der Arbeit, des Tools und des in der Arbeit erläuterten und im Tool hinterlegten Systems darlegt. Die erstellte Arbeit kann Anlagenbetreiber, die sich noch nicht für eine flexible, bedarfsgerechte Produktion entschieden haben, motivieren, ihre Stromproduktion durch Direktvermarktung auf die Erzielung besserer Marktpreise auszurichten. Ferner kann Anlagenbetreibern, die bereits teilflexibel Strom produzieren, der Ursprung ihres höheren spezifischen Mehrerlöses gegenüber unflexibler Produktion aufgezeigt werden. Dieser Ursprung der höheren spezifischen Mehrerlöse liegt in dem kleinen Anteil an flexibler Arbeit. Es könnte Anlagenbetreiber teilflexibler Anlagen zu einer Intensivierung ihrer bedarfsgerechten Produktion anregen. Auch für Anlagenbetreiber, die bereits vollflexibel Strom produzieren und deren Ergebnisse sich im mittleren Bereich der Gesamtauswertung befinden, sind Verbesserungsmöglichkeiten abzulesen. Sie können Schlussfolgerungen aus der Aktivität der erlösstärkeren Anlagenbetreiber ziehen und ihre eigenen Strategien optimieren.

Dem Direktvermarkter e2m dient die Arbeit hingegen dazu, eventuelles Erlöspotenzial von Anlagen aufzudecken und die Fahrplanoptimierung aller flexiblen BGAs voranzutreiben. Zugleich kann e2m Anlagenbetreiber durch die Ergebnispräsentation von Anlagen mit hohen Erlösen zu einer Optimierung der eigenen Anlage bewegen. Dem Gesetzgeber werden Möglichkeiten zur alternativen Förderung von realer

Flexibilisierung aufgezeigt. Die Prämien durch den Gesetzgeber beziehen sich dabei nicht auf die genutzte Flexibilität, sondern ausschließlich auf die mögliche. Das vorgestellte System hingegen bietet Möglichkeiten zur Unterscheidung zwischen theoretischer und realer Flexibilität.

Erweiterungspotentiale des Systems sind dabei das Einbinden von stundenaktuellen Börsenpreisen und die Optimierung der Bestimmung von maximaler Einspeisung und geblockter Leistung. Daneben stellt die Arbeit lediglich tatsächlich erzielte Werte dar. Eine weitere Motivation wäre das Darstellen der theoretischen erzielbaren Werte. Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass das vorgestellte System einen Beitrag zur Integration EE in das vorhandene Stromsystem leisten kann. Es zeigt bereits die vorhandene und mögliche Flexibilität von Anlagenbetreibern und das vorhandene Potential zum Ausgleich extremer Preisschwankung auf.