

Wirtschaftliche Bewertung steuerbarer Erneuerbare-Energien-Anlagen

Master Thesis

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M. Sc.)“ im Studiengang Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Fakultät für Maschinenbau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Bagbars

Vorname: Songül



Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Betreuerinnen: M. Sc. Sarah Eckhoff, M. Sc. Jana Gerlach

Harrislee, den 28.11.2022

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
2 Theoretische Grundlagen.....	4
2.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	4
2.1.1 EEG-Vergütung.....	4
2.1.2 EEG-Vergütung am Beispiel von Biogasanlagen.....	5
2.2 Handelsplätze für die Stromvermarktung	7
2.2.1 Regelleistungsmarkt	7
2.2.2 Regelarbeitsmarkt.....	11
2.2.3 Spotmarkt	13
2.2.4 Terminmarkt.....	15
2.3 Kosten	16
3 MATLAB Applikation.....	17
3.1 Programmiersprache und Entwicklungsumgebung	17
3.2 Datenaufbereitung.....	17
3.3 Entwicklung der Applikation.....	18
4 Analyse und Ergebnisse.....	28
4.1 Simulation und Ergebnisse.....	28
4.1.1 Simulationsbeispiel	28
4.1.2 Winter-Sommer-Vergleich.....	31
4.2 Diskussion	36
5 Fazit.....	41
Literaturverzeichnis	42
Anhang	45
Ehrenwörtliche Erklärung.....	76

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Die Eindämmung der Erderwärmung durch eine erforderliche Senkung von Treibhausgasemissionen sind erklärte Ziele der Vertragsstaaten bei der Klimarahmenkonvention und wurden zuletzt auf der UN-Klimakonferenz 2015 in Paris bestätigt.¹ Die Bundesrepublik Deutschland hat im Rahmen der sogenannten Energiewende daher verschiedene Ziele gesetzt, um ebenfalls einen Beitrag zu den internationalen Bestrebungen zu leisten. Darunter wird das Ziel verfolgt, bis 2050 weitgehend treibhausgasneutral zu wirtschaften, wobei die Emissionen als Zwischenschritt bis 2030 auf unter 55% gegenüber 1990 abgesenkt werden sollen. Im Zuge dessen soll die Energieversorgung fast vollständig auf regenerative Energieträger umgestellt werden. Dabei spielt der Stromsektor eine Schlüsselrolle, da hier Erneuerbare Energien (EE) bereits heute großskalig eingesetzt werden: 2019 lag der Anteil regenerativer Stromerzeugungstechnologien an der Bruttostromerzeugung bereits bei 42%.²

Mit der zunehmenden Einbindung witterungsabhängig einspeisender EE, wie beispielsweise Photovoltaik und Wind, benötigen europäische Strommärkte neue Stromerzeugungstechnologien, die auch auf die wachsenden Anforderungen des Stromsystems flexibel reagieren können. Da diese Art von Energieerzeugung wetterabhängig ist, wird eine Reaktion auf Prognosefehler sowie ein sehr variables Angebot erwartet, sodass allgemein eine hohe Flexibilität im Energiesystem benötigt wird.³ Um die Integration fluktuierender Erzeugung zu erleichtern und zusätzliche Flexibilität bereitzustellen, gelten Energiespeicher gemeinhin als eine Schlüsseltechnologie. Biogasanlagen nehmen eine Sonderstellung innerhalb der erneuerbaren Energien ein, da die Verstromung durch die in der Biomasse gespeicherte Energie steuerbar ist. Gleichzeitig werden aber flexible Stromverbraucher benötigt, um die schwankende Erzeugung aus erneuerbaren Energien auszugleichen.⁴

¹ Vgl. Europäische Kommission, 2016

² Vgl. BMWi und BMU, 2010, S. 5

³ Vgl. Huneke und Heidinger, 2018, S. 1

⁴ vgl. Dell und Rand, 2001

Der rasante Gaspreisanstieg im zweiten Halbjahr 2021 hat die Großhandels-Strompreise im Jahresverlauf um mehr als das Vierfache erhöht. Aufgrund jährlicher Vertragsbindung wird dieser Preisanstieg im Endkundenbereich erst bei Neukundenverträgen sichtbar werden.⁵

Aus diesen Gründen beschäftigen sich die am Energiemarkt beteiligten und mitwirkenden Unternehmen stetig mit Prognosen des Verbrauchs- und Energieaufkommens, zumal gute und präzise Prognosen eine wichtige Grundlage für eine optimale Vermarktung von Kraftwerken und auftretenden Flexibilitäten in sämtlichen Energiemärkten bilden.⁶

So drängt sich die Frage nach nicht nur technischen, sondern auch wirtschaftlichen Alternativen auf. Eine steuerbare Erneuerbare-Energien-Anlage wie beispielsweise eine Biogasanlage oder ein Wasserkraftwerk für die Steuerbarkeit und damit Versorgungssicherheit ist eine technisch vorstellbare Lösung. Zwar bietet diese Alternative zur Kernkraft eine hohe Energieautarkie und geringere Umweltbelastung, allerdings kommt hierbei die Frage auf, ob und inwiefern diese Anlagen wirtschaftlich vorteilhaft sein können.

1.2 Zielsetzung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll die Wirtschaftlichkeit von steuerbaren Erneuerbare-Energien-Anlagen untersucht und analysiert werden. Der Fokus liegt dabei auf den Stromhandel auf dem Regelleistungsmarkt, Regularbeitsmarkt und den Spotmärkten. Hierfür soll mithilfe von MATLAB App Designer eine Applikation entwickelt werden, die einem potentiellen Stromanbieter als Entscheidungsstütze bei der Auktionsteilnahme dienen soll. Es sollen Strategien entwickelt werden, wobei optimale Uhrzeiten sowie Markt- und Preisempfehlungen gegeben werden, die sich Strom gewinnmaximierend auswirken sollen. Zudem gilt es unter Anwendung der entwickelten App der Frage nachzugehen, inwieweit sich ein Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland auf die Preisentwicklungen auf dem Strommarkt auswirkt.

Zur Erreichung dieser Zielsetzung wird folgender Lösungsweg eingeschlagen: Im Kapitel 2 werden zuerst theoretische Grundlagen geschaffen. Hierbei wird zuerst das Erneuerbare-Energien-Gesetz und die EEG-Vergütung anhand von Biogasanlagen als Beispiel vorgestellt. In den darauffolgenden Unterkapiteln wird ein Überblick zu den

⁵ Vgl. Richstein et. al, 2022, https://www.diw.de/de/diw_01.c.834286.de/publikationen/diw_aktuell/2022_0077/marktpremie_beschert_betreibern_erneuerbarer_energien_zusat__ne____differenzvertraege_wuerden_verbraucherinnen_entlasten.html

⁶ Vgl. Schravogl, 2021, S.1

Handelsmärkte für die Stromvermarktung gegeben, wobei der Fokus auf den Regelleistungs-, Regelarbeits-, Day-Ahead- und Intraday-Markt gelegt wird. Danach werden die Bereitstellungs- und Erbringungskosten von Regelreserven erklärt.

Anschließend folgt der Hauptteil mit den Kapiteln 4 und 5. In Kapitel 4 wird zunächst die entwickelte MATLAB Applikation sowie ihre Funktionsweise vorgestellt, wobei auch Teile des Programmcodes erklärt werden. In Kapitel 5 wird diese App dann anhand von selbstgewählten Beispielen getestet und eine Strompreisanalyse durchgeführt. Darüber hinaus werden mögliche Unterschiede zwischen Winter- und Sommertagen hinsichtlich den Spotmarktpreisen untersucht. Nach einer anschließenden Diskussion wird die Arbeit mit einem Fazit in Kapitel 6 abgeschlossen.

5 Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, mithilfe einer geeigneten MATLAB Applikation die Wirtschaftlichkeit von steuerbaren Erneuerbare-Energien-Anlagen zu bewerten. Hierbei stand ebenfalls die Planung der optimalen Vermarktung auf den Strommärkten im Fokus.

Die Ergebnisse der Simulationen belegen im Allgemeinen eine hohe Wirtschaftlichkeit für EE-Anlagen, zumal diese Grenzkosten nahe bei Null haben. Im Vergleich der verschiedenen Strommärkte fällt eine hohe Preisdifferenz zwischen dem RAM und dem DA-Markt auf, wobei der RAM am profitabelsten erscheint. Hinzu kommt, dass die Strompreise im Sommer aufgrund geringerer Nachfrage höher sind als im Winter. In Hinblick auf hohe Preisschwankungen auf dem RAM gilt allerdings Vorsicht geboten. Der Stromanbieter kann die Applikation dennoch als erfolgreiche Entscheidungsstütze nutzen, um sein Stromportfolio zu optimieren. Als eine Alternative zum DA-Markt und dem RAM eignet sich der Intraday-Markt, wo Anbieter von EE-Anlagen ihren Strom kurzfristig vermarkten können.

Ebenfalls ist anzumerken, dass das Strompreisniveau am DA-Markt durch die vorrangige Einspeisung erneuerbarer Energien in den vergangenen Jahren stetig gesunken ist. Infolge des Merit-Order-Effekts besteht das Risiko, dass durch einen weiteren Anstieg der EE-Anlagen und einer gleichzeitigen Abnahme der konventionellen Kraftwerke dieser Preis in Zukunft noch weiter sinken wird.