

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Formel- und Einheitenverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Relevanz	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Vorgehensweise	2
2 Stand der Technik	4
2.1 Energiewende in Deutschland	4
2.1.1 Heutiger Strommix vs. Strommix 2020	6
2.2 Speichertechnologien	8
2.2.1 Tagesspeicher	9
2.2.2 Langzeitspeicher	10
2.3 Gaskraftwerke	14
2.4 Kohlekraftwerke	16
3 Speicher	19
3.1 Bewertungskriterien	19
3.2 Bewertung	20
3.3 Ausbaupotential in Deutschland	34
4 Gas- und Dampfkraftwerke	38
4.1 Bedarf an Gaskraftwerken	38
4.2 Räumliche Verteilung von Gaskraftwerken	41
4.2.1 Zentraler Ansatz	42
4.2.2 Dezentraler Ansatz	43
4.3 Regelbarkeit	44
4.4 Wirtschaftlichkeit	48
4.4.1 Nutzen aus „FACY“ für Anlagenbetreiber	48
4.4.2 Wirtschaftliche Anreize für den Bau	50
4.5 Speisung der Gasturbine mit Wasserstoff	54
4.6 Veränderungen des Kraftwerksparks	56
4.6.1 Zu- und Rückbauten konventioneller Kraftwerke	56
4.6.2 Bedarf an Gaskraftwerken und Speichern in Kombination	59

5 Technologie- und Wirtschaftlichkeitsvergleich	63
5.1 Diskussion.....	63
5.2 Limitation.....	68
6 Fazit und Ausblick	70
7 Literaturverzeichnis.....	72
8 Ehrenwörtliche Erklärung	80

1 Einleitung

Ziel dieses Kapitels ist es, die Arbeitsweise dieser Bachelorarbeit transparent darzustellen und dadurch die erarbeiteten Schlussfolgerungen und Vorschläge nachvollziehbar darzulegen. In Zuge dessen ist es wichtig, vor der Beschreibung des eigentlichen Vorgehens die zugrundeliegende Problematik dieser Arbeit zu schildern und deren Ziele zu definieren (Abschnitt 1.2). Im letzten Schritt wird die zur Bearbeitung angewandte Vorgehensweise genauer betrachtet (Abschnitt 1.3).

1.1 Relevanz

„Eine sichere Energieversorgung gehört zu den Grundvoraussetzungen einer modernen Volkswirtschaft“¹

Für den Wirtschaftsstandort Deutschland ist die kostengünstige und vor allem zuverlässige Energieversorgung einer der bedeutendsten Wirtschaftlichkeitsfaktoren. Gleichzeitig steigt der Stellenwert der Schonung der Umwelt immer weiter an und die Nachfrage nach erneuerbaren Energien nimmt kontinuierlich zu. Bedingt durch das europäische Klimaschutzpaket hat Deutschland sich eigene Ziele gesteckt, die bis 2020 bzw. sukzessive bis 2050, erreicht werden sollen. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Reduktion von CO₂-Emissionen und, im Zuge dessen, auf dem Ausbau erneuerbarer Energieträger wie z.B. Offshore-Windkraft- und Photovoltaikanlagen. Hierzu muss das Versorgungsnetz umgebaut werden, um den Wegfall von Kernkraftwerken und die größtenteils dezentrale und volatile Einspeisung, die erneuerbare Energien mit sich bringen, kompensieren zu können.

Durch die unstetige Einspeisung erneuerbarer Energien haben sich auch die Anforderungen an den deutschen Kraftwerkspark verändert. Denn die Stromversorgung muss wesentlich flexibler gestaltet werden, um die fluktuierenden Leistungen auffangen zu können. Der wesentliche Grund dafür ist, dass Strom sich im Gegensatz zu anderen Energieträgern schwer, und auch nur sehr kostenintensiv, speichern lässt. Daraus ergibt sich, dass sowohl die Speicherkapazitäten in Deutschland ausgebaut und gleichzeitig wirtschaftlich gestaltet werden müssen, als auch eine Veränderung des Kraftwerksparks.

In der Zukunft ist es besonders wichtig, in Zeiten von Stromflauten Kraftwerke schnell hochfahren zu können, um die Versorgungssicherheit weiter zu gewährleisten. Hierzu eignen sich besonders moderne Gaskraftwerke, da diese sich durch ihre Flexibilität auszeichnen. Des Weiteren können diese Wasserstoff und/oder Methan als

¹ AUSFELDER, Florian; BEILMANN, Cristian; BERTAU, Martin; et al.: *Energiespeicherung als Element einer sicheren Energieversorgung*. Bd.87. 1- 2 Aufl. Chemie Ingenieur Technik. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, 2015, S. 19

Brennstoff verwenden. Diese werden in Folge von Überschussleistungen aus erneuerbaren Energieträgern zu Spitzenzeiten, mittels Elektrolyse, aus Wasser erzeugt. Bei der Verwendung von Gaskraftwerken für die Energiewende bedarf es allerdings noch weiterer Forschungsbedarf in Hinblick auf eine effizientere Regelbarkeit. Ebenfalls sollte über eine Kopplung mit Speichern nachgedacht werden.

1.2 Zielsetzung

In dieser Bachelorarbeit wird die Rolle von modernen Gaskraftwerken in der deutschen Energiewende

Dabei steht im Vordergrund die zentrale Frage: Unterstützen moderne Gaskraftwerke die Transformation des deutschen Energiesystems?

Um diese Frage beantworten zu können, müssen im Verlauf der Arbeit zunächst folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Anforderungen werden zukünftig an Gaskraftwerke gestellt?
- Welche Anreize müssen für Investitionen in neue und moderne Gaskraftwerke geschaffen werden?
- Wie sollte zukünftig die Versorgungssicherheit in Deutschland gewährleistet werden?

In Hinblick auf diese Fragen wird die Speisung von Gaskraftwerken mit erneuerbaren Brennstoffen, wie Wasserstoff und Methan, untersucht.

1.3 Vorgehensweise

Um moderne Gaskraftwerke, ebenso wie diverse Speichertechnologien, als Unterstützer der Energiewende identifizieren zu können, werden zunächst sechs Schritte durchlaufen.

Diese sind in der nachfolgenden Abbildung 1.1 schematisch dargestellt.

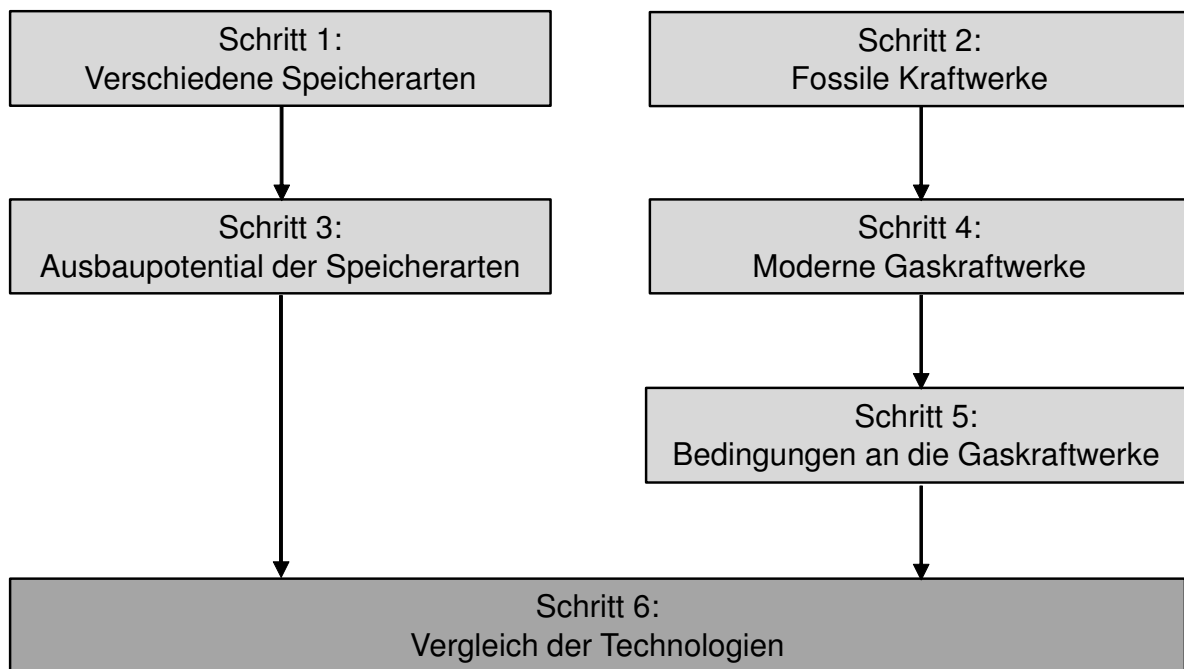


Abbildung 1.1: Aufbau der Bachelorarbeit

Zur Identifikation des Ausbaupotentials von Speichern sowie die Bedingungen, welche an Gaskraftwerke zukünftig gestellt werden, muss zunächst der aktuelle Stand der Technik dargelegt werden. Dies geschieht basierend auf eine umfangreiche Literaturrecherche in den Schritten 1 - 2. Dazu werden zunächst grundlegende Begriffe dieser Arbeit definiert und festgelegt. In Schritt 3 wird das Ausbaupotential von Speichern analysiert und bestimmt. In Zuge dessen werden die Speicher anhand zuvor erarbeiteter Kriterien, bewertet.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird verstärkt auf moderne Gaskraftwerke eingegangen (Schritt 4). Diese werden in Hinblick auf ihre Eignung zur Unterstützung der Transformation des deutschen Energiesystems untersucht. Dabei wird vor allem auf die zu erfüllenden Bedingungen, wie z.B. eine gute Regelbarkeit und deren Wirtschaftlichkeit eingegangen. Dies geschieht in Schritt 5.

Abschließend werden in Schritt 6 Speicher und moderne Gaskraftwerke als Alternative für die Energiewende miteinander verglichen und festgelegt, inwieweit beide in der Energiewende eingesetzt werden müssen.

6 Fazit und Ausblick

Die Aufarbeitung der verfügbaren Daten und Informationen im Rahmen dieser Bachelorarbeit hat gezeigt, dass moderne Gaskraftwerke in der Energiewende zur Unterstützung der Versorgungssicherheit bei positiver Residuallast einen Eckpfeiler darstellen.

Dabei werden, bedingt durch die ambitionierten Klimaschutzziele, hohe Anforderungen an den zukünftigen Kraftwerkspark gestellt.

Bedingt durch die stark volatile Einspeisung erneuerbarer Energieträger ist eine der wichtigsten Anforderungen eine schnelle Regelbarkeit der Kraftwerke. Hierbei liegt das besondere Augenmerk auf schnellen Anfahrzeiten. Um zu jeder Zeit die Versorgungssicherheit sicherstellen zu können, muss binnen weniger Minuten Ausgleichs-Energie zur Verfügung stehen. In Anbetracht dieser Anforderung eignen sich dafür aus der Gruppe der konventionellen Kraftwerke besonders moderne Gaskraftwerke. Ebenfalls erlauben diese schnelle Lastwechsel, um sich schnell an die Bedingungen des Marktes anpassen zu können. Moderne Gaskraftwerke zeichnen sich ebenfalls durch eine Variation der Brennstoffzusammensetzung aus, wodurch die Turbinen sowohl mit einem hohen Anteil an Wasserstoff als auch mit synthetischem Erdgas (Methan) betreiben werden können, ohne dabei die Vorgaben von CO₂-Emissionen zu überschreiten. Dadurch wird ermöglicht, dass falls zukünftig 100 % des Stroms aus erneuerbaren Energien bestehen soll, moderne Gaskraftwerke weiterhin einsetzbar sind.

Diese Möglichkeit schafft eine Vereinigung mit Speichern, wobei Synergieeffekte genutzt werden können. Bedingt durch die Methode „Power-to-Gas“, bei der mittels Elektrolyse Wasserstoff und letztendlich auch Methan hergestellt und anschließend in Kavernen- und Porenspeichern gespeichert wird, ist es möglich, in Zeiten von negativer Residuallast die Überschussenergie von erneuerbaren Energieträgern so umzuwandeln, dass diese im weiteren Verlauf in modernen Gaskraftwerken gespeichert werden kann.

Zur Umsetzung dieser Möglichkeiten muss ein Netzausbau in Deutschland erfolgen, der den Strom von lokal, meist im Norden, erzeugtem Strom in die Regionen des Bedarfs liefert. Ebenso müssen verschiedene Speichertechnologien angeschlossen werden und die Kooperation eines europäisch-nordafrikanischen Verbundkonzepts berücksichtigt werden.

Ebenso müssen auf dem Markt Investitionsanreize geschaffen werden, die es ermöglichen, moderne Gaskraftwerke neben den erneuerbaren Energieträgern wirtschaftlich betreiben zu können, dann der Bedarf an diesen liegt mittelfristig (bis 2030) bei 7 GW zusätzlicher Leistung. Kommt ein europäisch-nordafrikanisches Verbundprojekt nicht zu Stande, weitet sich dieser Bedarf auf bis zu 11 GW aus.