



POWER-TO-GAS

Bedarfsanalyse für die Stadt Nürnberg

Projektskizze

Untersuchung des Energiespeicherbedarfs mittels Power-to-Gas Verfahren für die Stadt Nürnberg und das Nürnberger Land

Kontrollleur: Uli Rosel

Samuel Leiblein

samleiblein@hotmail.de

+49 151 40797647

Inhaltsverzeichnis

1 Projektziele	2
2 Zusammenfassung des Projekts	2
3 Projektbeschreibung	2
3.1 Problembeschreibung	3
3.2 Politische und gesellschaftliche Relevanz	3
3.3 Stand der Forschung und eigene Vorarbeiten	4
3.4 Zielsetzung und grundsätzliche Herangehensweise	5
4 Forschungsfragen	6
5 Arbeitsprogramm	6
6 Zeitplan	7
7 Verwertungsplan	7
Anhang	8
Lebenslauf	8
Literatur	10

1 Projektziele Power-to-Gas

Das Ziel der Projektarbeit ist es, eine Konzeptstudie darüber zu erstellen, welcher Bedarf an Energiespeicherung durch Power-to-Gas (PtG) Anlagen notwendig ist damit sich Nürnberg autark mit regenerativer Energie versorgen kann. Die Speichertechnologie PtG soll das Problem der saisonalen Energiespeicherung lösen. Hierbei soll auf die Dimensionierung der PtG Methode eingegangen werden, insbesondere auf die Produktionsmengen/-leistung und Speicherkapazitäten solcher PtG Anlagen. Des Weiteren soll eine kurze ökonomische Betrachtung erfolgen.

2 Zusammenfassung des Projekts

Das Projekt verläuft im Rahmen des Seminars Projekt Energietechnik des sechsten Semesters Maschinenbau an der TH Nürnberg. Ziel des Projekts ist es, eine Konzeptstudie zu erstellen, bei der das Nürnberger Stromversorgungsnetz hundertprozentig regenerativ versorgt wird. Bei vollkommener regenerativer Energieversorgung entsteht das Problem von Energiedefiziten aufgrund volatiler Wettererscheinungen. Um diesem Problem entgegen zu wirken wird die Speichertechnologie PtG als mögliche Lösung untersucht. Damit soll geklärt werden, welcher Bedarf für eine saisonale Energiespeicherung bestehen würde. Hierbei werden die Wetter und Energiedaten aus dem Jahr 2016 ausgewertet und im Zuge dessen lässt sich auf Versorgungsdefizite schließen, die in versorgungsschwachen Perioden vorherrschen. Aus diesem Versorgungsdefizit lässt sich der Speicherbedarf ermitteln, welcher durch diverse Speichertechnologien abgedeckt werden muss. Da sich in Zukunft voraussichtlich nur chemische Speichertechnologien zur langfristigen Speicherung in großen Maßen eignen, müssen große Mengen an synthetisch hergestelltem Erdgas bzw. Wasserstoff produziert werden¹. Welches jährliche saisonale Energiedefizit herrscht und welche Energiemenge die PtG Methode abdecken muss ist Teil der Untersuchung dieser Projektarbeit. Abschließend soll die Wirtschaftlichkeit der Speichertechnologie mit Hilfe einer Kostenprognose begutachtet werden.

3 Projektbeschreibung

Im Folgenden wird das Projekt ausführlich beschrieben. Zunächst wird das technische Problem genauer erläutert. Danach wird auf die politische und gesellschaftliche Relevanz eingegangen. Der darauffolgende Absatz beschreibt den momentanen Stand der Forschung und geht auf vorangegangene Projektarbeiten ein. Zum Schluss wird die grundsätzliche Herangehensweise beschrieben.

¹ Vgl. Stadler, 2014, S.605.

3.1 Problembeschreibung

Deutschland steht mitten in der Energiewende. Mit dem Inkrafttreten des Erneuerbaren-Energien Gesetzes (EEG) wurde eine Richtung eingeschlagen um die Bundesrepublik Deutschland zunehmend mit erneuerbaren Energien zu fördern und zu versorgen. Die EEG Umlage bezuschusst den Bau und Betrieb von erneuerbaren Energieanlagen mit einer staatlichen Förderung². Mit der Entscheidung im Jahre 2011 bis zum Jahr 2022 aus der Atomenergie auszusteigen, folgte eine radikale Politikwende, bei der entschieden wurde, dass nachhaltige Energieversorgung in großem Maße gefördert werden soll³. Jedoch steht der Energiewende ein großes Problem gegenüber, die saisonale Speicherung von Energie. Energiegewinnung aus Wind und Sonne fluktuieren, insbesondere in den Wintermonaten in denen der Energieverbrauch hoch ist. In diesen Perioden fehlt es an einer zuverlässigen Energieversorgung durch erneuerbare Energien, insbesondere durch Solarenergie. Für die Umsetzung der Energiewende wird somit dringend ein saisonaler Speicher benötigt, der auch in großen Mengen Energie aus energetischen Hochzeiten speichert und bei Bedarf flexibel abgeben kann. Mit wachsendem Anteil der erneuerbaren Energien lässt sich daraus schließen, dass das Stromnetz immer mehr den Schwankungen des Wetters unterliegt. Durch kluges Lastmanagement und Kraftwerke, die flexibel in der Energieproduktion sind kann dies in den nächsten 10-20 Jahren ausgeglichen werden⁴. Das Ziel der Bundesrepublik Deutschland ist es, dass bis zum Jahr 2050 100% der benötigten elektrischen Energie aus erneuerbaren Energien gewonnen wird⁵. Bereits vor Erreichen dieses Zieles, wird ein saisonaler Energiespeicher benötigt um wetterbedingte Lastschwankungen auszugleichen. Eine Form der Energiespeicherung stellt die PtG Technologie dar, die sich als Lösung des Problems anbietet und Gegenstand dieser Arbeit ist.

3.2 Politische und gesellschaftliche Relevanz

Die Energiewende ist von hoher Bedeutung um der Erderwärmung entgegen zu wirken. Die Prozesskette der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs von fossilen Energieträgern ist für den Großteil der Emissionen in Deutschland verantwortlich⁶. Folgen der globalen Erwärmung sind neben dem Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur auch Schwund von Lebensraum von Mensch und Tier durch Anstieg der Meeresspiegel, höheres Aufkommen von Naturkatastrophen und damit verbundene humanitäre Krisen. Die Erderwärmung hat weitreichende und verheerende Folgen für die Gesellschaft, die insbesondere für nachfolgende Generationen ein immensens Problem darstellt. Es ist von großer Bedeutung die Energiewende voranzutreiben und die damit verbundene CO₂-Senkung, um der stetigen Erderwärmung entgegen zu wirken. Eine geeignete saisonale Energiespeicherung im großen Umfang würde der

² Vgl. o. V.,2017,S.1.

³ Vgl. Haunss, Sebastian/Dietz, Matthias/Nullmeier, Frank 2013, S.288ff.

⁴ Vgl. Daniel Fürstenwerth, Lars Waldmann, 2014, S.1.

⁵ Vgl. Harry Lehmann, 2010, S.5.

⁶ Vgl. ebd.

Energiewende einen Vorsprung im Kampf gegen die Klimaerwärmung geben. Von der Versorgungsanalyse für den Raum Nürnberg kann man anschließend mögliche Erkenntnisse für andere Ballungsräume gewinnen.

3.3 Stand der Forschung und eigene Vorarbeiten

PtG umfasst die Teilprozesse „Einspeisung von Überschussstrom in die Elektrolyse von Wasser“ und die „optionale Methanisierung von Wasserstoff mit Hilfe des Sabatier-Prozesses“⁷. Bei der Elektrolyse ist zu unterscheiden zwischen der alkalischen Wasserelektrolyse, Membranelektrolyse und der Hochtemperaturolektrolyse. Die Hochtemperaturolektrolyse ist die neuartigste der Elektrolysearten und befindet sich noch im Versuchsstadium⁸. Diese Elektrolyseart ist somit noch nicht vollständig ausgereift. Nach jetzigem Stand haben PtG Anlagen einen Wirkungsgrad von rund 60% von der Stromeispeisung bis hin zur Methaneinspeisung.

In der Abbildung 1 soll veranschaulicht werden, welche Nutzungsmöglichkeiten die PtG Technologie liefert. Durch den überschüssigen eingespeisten Strom aus erneuerbaren Energien kann Gas für die Wärme- und Stromversorgung gewonnen werden. Darüber hinaus kann das gewonnene Gas ebenfalls für Mobilitätsanwendungen genutzt werden, entweder durch Erdgasmotoren oder Brennstoffzellenfahrzeuge, die in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden.

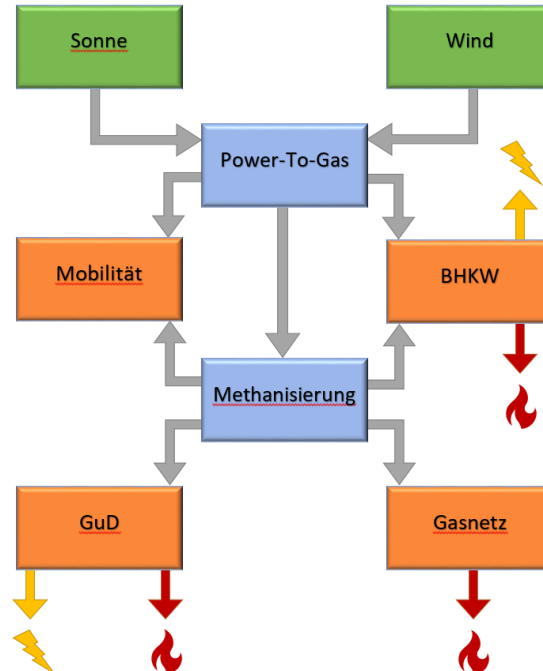


Abbildung 1 Schema Nutzungsmöglichkeiten von PtG

⁷ Beckmann, 2013, S.842.

⁸ Wachter Raimund, 2016.

Nach aktuellem Stand ist die Wasserstoffelektrolysetechnologie nicht für hohe Leistungen ausgelegt. Typischerweise sind sie auf einige hundert Kilowatt beschränkt⁹. Modular lassen sich mehrere MW (Megawatt) erreichen, die größte Anlage in Deutschland hat eine Leistung von 6MW¹⁰. Ein kommerzieller Großspeicher für Windelektrolysesysteme ist derzeit nicht vorhanden. Momentan sind ertragsreiche Elektrolyseverfahren sehr teuer und erreichen Investitionskosten von mehreren tausend Euro pro kW Anschlussleistung. Verbesserungsbedarf besteht bei der Korrosionsbeständigkeit der Elektrolyseure, der Wirtschaftlichkeit des Prozesses und in der geringen Produktionsmenge an Wasserstoff¹¹.

Das Unternehmen N-ergie, das für die Energieversorgung Nürnbergs zuständig ist, hat bisher keine konkreten Studien für die Energiespeicherung mittels PtG zur Verfügung. Die Bestrebungen der N-ergie, PtG zu fördern liegen darin, die spezifischen Kosten des Erdgasnetzes besser auszunutzen¹².

Im Rahmen des Projekts „Energietechnik“ an der Technischen Hochschule Nürnberg wurde im Wintersemester 16/17 eine Projektarbeit angefertigt, welche die Selbstversorgung der Stadtwerke Wunsiedel auf Basis einer Power-to-Gas Anlage untersucht. Eigene Vorarbeiten zu diesem Thema wurden bisher noch nicht angefertigt.

3.4 Zielsetzung und grundsätzliche Herangehensweise

Im Folgenden soll die Vorgehensweise während der Projektarbeit beschrieben werden. Zu Beginn der Projektarbeit wird eine Analyse der Wetterdaten durchgeführt. Unter der Annahme der Stromgewinnung aus dem Energiemix von Sonne und Wind wird aus den Wetterdaten die vorhandene Versorgungsleistung aus regenerativen Energien ermittelt. Im darauffolgenden Schritt werden die Stromverbrauchsdaten von Nürnberg und Umgebung mit der Versorgungsleistung aus regenerativen Energien verglichen. Daraus werden die saisonalen Versorgungslücken abgeleitet und der Energiespeicherbedarf ermittelt. Hierbei wird ein Energiespeichermodell erstellt, welches nach ökonomischen Kriterien optimiert wird. Daraus ergibt sich der anteilige Speicherbedarf der PtG Technologie. Die wirtschaftliche Betrachtung einzelner Speichertechnologien erfolgt im Vorfeld um die ökonomischen Kriterien festzulegen. Dabei wird nur die Stromversorgung untersucht. Anhand des Speicherbedarfs können die Leistungsdimensionen und Anlagengröße für die PtG-Speicherung abgeleitet werden. Wichtig ist hierbei, die Verteilung der Energieanlagen für die Wiedereinspeisung der Energie zu berücksichtigen. Hierbei fallen verschiedene Wirkungsgrade an, die eine immense Auswirkung auf den Erdgas- und Wasserstoffbedarf haben.

⁹ Günter Schiller, 2012, S.10.

¹⁰ Rieke Stephan, 2013, S.1.

¹¹ Günter Schiller, 2012, S.18.

¹² Michael Schramm, 2017.

4 Forschungsfragen

Im Rahmen der Projektarbeit werden fünf Forschungsfragen gestellt und weitestgehend beantwortet. Die Forschungsfragen lauten im Detail:

1. Wie groß ist der Stromdefizit für die ganzjährige Energieversorgung?
2. Welche Menge an Erdgas und Wasserstoff bedarf es, um Nürnbergs elektrische Energieversorgung ausschließlich aus regenerativen Energien zu decken?
3. Was sind die Kosten pro kWh nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft und was sind die Prognosen für die Zukunft?
4. Welche Produktionsleistung von PtG Anlagen bedarf es?
5. Welche Wassermengen werden zur Erreichung der Produktionsleistung benötigt, sind solche Wassermengen realisierbar für den Standort Nürnberg?

5 Arbeitsprogramm

Die Projektarbeit ist in fünf verschiedene Arbeitspakete untergliedert. Diese Arbeitspakete werden nun genauer vorgestellt. Das erste Arbeitspaket umfasst die Auswertung der Wetterdaten von Sonneneinstrahlung und Windgeschwindigkeiten der Region Nürnberg und Umgebung. Aus diesen Wetterdaten wird der zeitliche Verlauf der Stromproduktion ermittelt. Die Auswertung von MERRA 2 (Modern Era Retrospectiveanalysis for Research and Application) Daten erfolgt mit einem Excel Auswertungstool, das von Herrn Prof. Dr.-Ing. Popp bereitgestellt wird. Das nächste Arbeitspaket beinhaltet das Beschaffen und Ausarbeiten der Energieverbrauchsdaten Nürnbergs. Für dieses Arbeitspaket werden die Daten aus dem Jahr 2016 herangezogen. Im darauffolgenden Arbeitspaket wird das Versorgungsdefizit ermittelt. Dafür wird die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien mit dem Realverbrauch der Stadt Nürnberg verglichen und somit saisonale Versorgungsdefizite bestimmt. Im nachfolgenden Arbeitspaket erfolgt die Modellierung der verschiedenen Energiespeicherarten. Dabei werden ökonomische Kriterien festgelegt um ein Optimum der Speicherverteilung für die Energiedefizite des Raum Nürnbergs zu bestimmen. Die Stromproduktionsüberschüsse verteilen sich auf gegebene Speichertechnologien, welche mit verschiedenen Kostenfunktionen und technischen Freiheitsgraden verbunden sind. Das letzte Arbeitspaket umfasst die Ermittlung des Energiebedarfs, dieser wird aus dem bestehenden Versorgungsdefizit bestimmt. Des Weiteren wird eine Annahme darüber getroffen, welche Wirkungsgrade bei der Wiedereinspeisung aus PtG entstehen. Ausgehend von der Energiespeicherverteilung, die aus der Modellierung erfolgt, kann der Anteil der PtG Technologie und der Methan-, Wasserstoffbedarf bestimmt werden. Der für diesen Prozess benötigte Wasserbedarf wird auf Realisierbarkeit hin überprüft.

Um auf Zuarbeit und Erkenntnisse anderer Projektarbeiten von Kommilitonen zu verzichten, werden Annahmen getroffen oder aus vorherigen Projektarbeiten Erkenntnisse übernommen, die ähnliche

Versorgungsgebiete analysieren und betrachten. Dies betrifft insbesondere die Verteilung von Wind und Solarenergie und die Wiedereinspeisung von Erdgas in das Stromversorgungsnetz. Als herausfordernder Teil der Projektarbeit wird die Wiedereinspeisung der gespeicherten Energie angesehen. Da die Wiedereinspeisungsmöglichkeiten aus dem PtG Prozess sehr vielfältig sind und jede Einspeisungsmöglichkeit mit einem anderen Wirkungsgrad der Prozesskette verbunden ist, wird es schwierig den genauen Grundbedarf an Erdgas und Wasserstoff zu ermitteln. Um das Wiedereinspeisungsverhalten zu modellieren werden Prognosen der Energieversorgung herangezogen. Dies dient dazu, dass das Wiedereinspeisungsverhalten möglichst genau abgebildet werden kann.

6 Zeitplan

Für den vorliegenden Zeitplan wurden verschiedene Meilensteine festgelegt. Diese Meilensteine dienen dazu, Anhaltspunkte im Verlauf der Projektarbeit zu liefern. Dies ist wichtig, um die Projektarbeit fristgerecht abzuschließen. Nachfolgend sind die Meilensteine aufgelistet. Diese Meilensteine orientieren sich am vorgegebenen Zeitplan des zuständigen Professors.

DATUM	MEILENSTEIN
02.11.2017	Abgabe Projektskizze
30.11.2017	Abgabe der Kurzberichte
18.12.2017	Öffentliche Energiekonferenz
21.12.2017	Abgabe der Abschlussberichte

Die Wetterdaten werden von Professor Popp zur Verfügung gestellt. Die Winddaten MERRA2 werden von dem Portal der NASA bezogen. Das Projekt „Energietechnik“ wird mit der Zuarbeit und Informationsbereitstellung der Firma N-ergie AG unterstützt.

7 Verwertungsplan

Erwartete Resultate sollen eine Abschätzung geben in welchem Ausmaß eine Speicherung erfolgen müsste, im Falle einer komplett regenerativen Energieversorgung der Stadt Nürnberg und Umgebung. Des Weiteren soll bestimmt werden, ob das Ziel der Energiespeicherung im Raum Nürnberg tatsächlich realistisch umsetzbar ist.

Die Projektarbeit wird als eine wissenschaftliche Arbeit auf der Internetseite der Technischen Hochschule Nürnberg veröffentlicht werden. Zudem wird eine öffentliche Energiekonferenz in Kooperation mit der N-ergie AG in Nürnberg stattfinden, im Rahmen derer die wichtigsten Resultate präsentiert werden sollen. Die Energiekonferenz ist ein wichtiger Bestandteil des Projekts, da das Projekt „Energietechnik“ hiermit öffentliches Aufsehen erlangt und gegebenenfalls zur Diskussion anregt. Darüber hinaus wird ein Zeitungsartikel verfasst, welcher auf der Internetseite der TH Nürnberg publiziert werden soll.

Anhang

Lebenslauf

Persönliche Informationen

Name: Samuel Nikolas Leiblein

Anschrift: Erlanger Str.6
91085 Weisendorf

Tel: +49 151 40797647

Email: samleiblein@hotmail.de

Erfahrungen

- | | |
|-------------------------|--|
| 23.06-31.09.2017 | Praktikum Kraftwerksbaustelle, Beni Suef, Ägypten
Montage und Inbetriebnahme von Dampfturbinen |
| 18.05-10.06.2017 | Praktikum Kraftwerksanlage, Samsun, Türkei
Heißpfad Inspektion SGT5-8000H Gasturbine |
| 14.03-15.05.2017 | Praktikum Kraftwerksbaustelle, Pengerang, Malaysia
Montage, Inbetriebnahme und Projektmanagement im Rohleitungsbau |
| 01.08-23.08.2016 | Praktikum Kraftwerksanlage, Toul, Frankreich
Trainee for Operations & Maintenance, Grund- und Aufbaukurs Kraftwerkstechnik |

Ausbildung/Schulische Laufbahn

- | | |
|--------------------|--|
| 2014- heute | TH Nürnberg, Nürnberg, Bachelor of Engineering
Studium Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung Energietechnik |
| 2014-2017 | Siemens AG, Nürnberg, Industriemechaniker
Ausbildung zum IHK Industriemechaniker bei der Firma Siemens |



2012-2014

FOS Erlangen, Fachoberschule

Fachhochschulreife in der Fachrichtung Technik

2006-2012

Staatliche Realschule Herzogenaurach, Mittlere Reife

Mittlere Reife im Technischen Zweig

Kenntnisse

Fremdsprachen:

Englisch Muttersprache

PC-Kenntnisse:

Microsoft Office

CAD (Creo Parametrics, NX)

C++ Grundkenntnisse

Soziales Engagement

TS Herzogenaurach: Aushilfe als Trainer

LG Erlangen:

Aktive Ausübung Leichtathletik Abteilung

Literatur

- [1] Beckmann, Michael (Hg.), *Kraftwerkstechnik. Sichere und nachhaltige Energieversorgung - Band 5 ; [Beiträge des 45. Kraftwerkstechnischen Kolloquiums, 15. und 16. Oktober 2013 in Dresden]*, Neuruppin 2013.
- [2] Daniel Fürstenwerth, Lars Waldmann, Stromspeicher der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeicher in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 21.10.2017, https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Studien/Speicher_in_der_Energiewende/Agora_Speicherstudie_Web.pdf.
- [3] Günter Schiller, *Überblick über die Verfahren der Wasserelektrolyse und Forschungsergebnisse sowie Forschungsbedarf bei der alkalischen Elektrolyse*, Neu-Ulm 2012.
- [4] Harry Lehmann, 2050 100%. Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen, in: Umwelt Bundesamt.
- [5] Haunss, Sebastian/Dietz, Matthias/Nullmeier, Frank, *Der Austieg aus der Atomenergie. Diskursnetzwerkanalyse als Beitrag zur Erklärung einer radikalen Politikwende*, Weinheim 2013.
- [6] Michael Schramm, *Unternehmens Vortrag N-ergie*, Nürnberg 19.10.17.
- [7] o. V., Fragen und Antworten zum Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eeg-2017-fragen-und-antworten.pdf?__blob=publicationFile&v=14.
- [8] Rieke Stephan, Erste industrielle Power-to-Gas-Anlage mit 6 Megawatt, in: Etogas GmbH, 20.10.2017, https://www.di-verlag.de/media/content/gwf-GE/gwf_Gas_9_13/gwf-GE_09_2013_fb_Rieke.pdf?xaf26a=7607be2af411325a0ddff83247813f87.
- [9] Stadler, Ingo, *Energiespeicher. Bedarf, technologien, integration*, Berlin 2014.
- [10] Wachter Raimund, *Selbstversorgung durch regenerative Energien auf Basis einer Power-to-Gas Anlage im Bereich des Versorgungsnetzes der Stadtwerke Wunsiedel*. Projektarbeit, Nürnberg 2016.