

Beitrag der Stülpmembranspeichertechnologie für den Stromspeicherbedarf bei einer 100% regenerativen Versorgung der Metropolregion Nürnberg

Kurztitel: Beitr-Stülpmem-EMN

Themenfeld:

Versorgung der Europäischen Metropolregion Nürnberg mit Strom aus Speichertechnologien, welche aus 100 prozentig regenerativer Erzeugung aufgeladen werden und bei Überbrückung eines längeren Erzeugungsdefizit.

Name: Kevin Gerstberger

Matrikel-Nr.: 2868249

Hochschule: Technische Hochschule Nürnberg
Fakultät: Maschinenbau und Versorgungstechnik

Anschrift: Schobdach 9
91717 Wassertrüdingen
Deutschland

E-Mail: gerstbergerke64510@th-nuernberg.de

Mobil: +49 171 3237580

Gegengelesen von: Julian Ochsenkiel

Nürnberg, 16.04.2018

Kevin Gerstberger



Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltliche Kurzbeschreibung des Projekts.....	1
2. Projektbeschreibung	1
3. Forschungsfragen.....	3
4. Arbeitsprogramm	4
5. Zeitplan.....	4
6. Verwertungskonzept	5
7. Quellenangaben	6
8. Anhang	7

1. Inhaltliche Kurzbeschreibung des Projekts

Die Projektarbeit soll den Beitrag von Stülpmembranspeichern bei der Speicherung von Energie im Stromsektor erforschen. Es wird dabei auf den nötigen Speicherbedarf der Metropolregion Nürnberg eingegangen und analysiert, welche Kapazität für den Verbrauch notwendig ist. Zudem soll die Problematik der größt möglichen Defizitphasen von elektrischer Energie betrachtet werden und mit in die Bedarfsanalyse einbezogen werden. Desweiteren werden mögliche Standorte vorgeschlagen, wobei hier die dezentrale und unauffällige Bauweise des Speichers eine Rolle spielen sollen. Abschließend wird die Auslegung einer beispielhaften Anlage erstellt.

2. Projektbeschreibung

Im Zuge des internationalen Pariser Klimaabkommens, welches das Ziel hat, die weltweite Erderwärmung auf unter zwei Grad zu begrenzen, hat sich auch die Bundesrepublik Deutschland dazu verpflichtet verbindlich CO₂ einzusparen (vgl. BMWI, Abkommen von Paris) . Aufgrund dessen beschloss die Metropolregion Nürnberg im Januar 2012 einen Klimapakt. Dieser sieht die Einsparung von 80 Prozent der CO₂-Emissionen bis 2050 vor (vgl. Heymann, 2015, Aktualisierung der Endenergiebilanz der Europäischen Metropolregion Nürnberg 2013, S.8), zudem soll eine 100 prozentig regenerative Stromerzeugung erfolgen. Aus diesem Grund, sollen von den energietechnischen Maschinenbaustudenten der Technischen Hochschule Nürnberg Forschungen in unterschiedlichen Bereichen des Energiemanagements und der CO₂-Einsparung betrieben werden, um Informationen für eine optimale Umsetzung dieser Ziele zu generieren.

Eine große Problematik bei der vollständigen Versorgung aus regenerativen Energien ist das inkonstante Angebot dieser. Zwar sind Biomasse- und Laufwasseranteile annähernd konstant über das ganze Jahr hinweg, jedoch fluktuiert das Angebot von Energie aus Photovoltaik und Windkraftanlagen stark. Zudem bestehen saisonale Produktionsunterschiede bei welchen ein Ausgleichsbedarf besteht. Durch einen intelligenten Mix aus Wind- und Solarenergie, die sich jahreszeitlich betrachtet konträr Verhalten, kann der Speicherbedarf zwar weitestgehend minimiert werden, jedoch kommt es trotzdem zu Zeiträumen, an denen ein Defizit zwischen Erzeugung und Verbrauch auftritt. Diese Zeitspannen müssen aus Überschüssen von ertragreicheren Perioden überbrückt werden. Geotechnische Speichersysteme zur Speicherung von Potentialenergie sind hierbei eine bewährte Strategie. Die Stülpmembranspeichertechnologie könnte eine weitere Lösung der Problematik im Bereich geotechnischer Energiespeicherung sein und soll deshalb in dieser Arbeit untersucht werden.

Daten und Fakten

Die Metropolregion weist eine Fläche von rund 21.800 Quadratkilometer und eine Einwohnerzahl von circa 3,5 Millionen auf und das Bruttoinlandsprodukt beträgt rund 129 Mrd. € (vgl. Europäische Metropolregion Nürnberg, 2017, Daten und Fakten). „Stromverbrauch in der EMN beträgt im Jahr

2013 ca. 21,35 Millionen Megawattstunden (...) ,wobei in diesem Wert auch der private und industriell-gewerbliche Stromverbrauch enthalten ist“ (Heymann, 2015, S.36). Das ergibt einen täglichen Verbrauch von rund 58.500MWh, tendenziell wird der Verbrauch bis 2050 jedoch leicht zurück gehen.

Die Speicherung von potentialer Energie mithilfe von Pumpspeichern kommt seit „Anfang des 20. Jahrhunderts zum Einsatz (...) [und] besitzen heute mit Abstand das größte Speicher und Leistungsvermögen“(Sterner & Stadler, 2017, Energiespeicher, S.520). Die potentielle Energie ist dabei das Produkt aus dem Volumen (V) des gespeicherten Mediums, der Dichte (ρ) des Speichermediums, der Erdbeschleunigung (g) und der Höhendifferenz (Δh). Hierzu kommt noch der Gesamtwirkungsgrad (η_{ges}). Die erzeugbare Leistung (P) ist dabei die zeitliche Ableitung der Energie (E) (vgl. Sterner, 2017, S.521-522)

$$E = V \cdot \rho \cdot \Delta h \cdot \eta_{ges} \cdot g \quad \left(\text{mit } g = 9,81 \frac{m}{s^2} \right)$$

Um eine Leistung von circa 1kWh zu generieren muss also eine Masse von einer Tonne um rund 410 Meter angehoben werden, wenn von einem Gesamtwirkungsgrad von 81% ausgegangen wird. Dieser Wirkungsgrad wird von modernen Pumpspeicherwerken erreicht und kann gegebenenfalls noch höher liegen. In ihm sind die Effizienz von Pump- und Turbinenbetrieb miteinander verrechnet.

$$E = 1000kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 410m \cdot 0,9 = 3,619MJ = 1,005kWh$$

Bei der Stülpmembranspeichertechnologie wird die Speicherung der Energie durch das Anheben eines Kolbens aus Untergrundmaterial realisiert. Der Kolben wird dabei durch ein flüssiges Medium wie Wasser hydraulisch angehoben und erhält dadurch einen Anstieg an potentieller Energie. Durch die höhere Dichte von Gesteinen ($\rho_{mittel} = 2,6 \text{ kg/L}$) und Beton ($\rho = 2,4 - 2,8 \text{ kg/L}$) ergibt sich eine größere Energiekapazität bei gleichem Volumen als bei klassischen Pumpspeicherwerken, bei denen potentielle Energie nur in Form von Wasser gespeichert wird.

Die Abbildung 1 zeigt den Aufbau des Stülpmembranspeichers. Der Speicher besitzt zwei Kammern, eine Druckseite (4) unterhalb des Erdkolbens (2) und eine obere Druckzone (10) mit statischem Druck. Die Kammern werden durch den Erdkolben und die Stülpmembran (1) voneinander getrennt. Die ganze Anlage befindet sich dabei platzsparend unter der Erdoberfläche und kann dezentral realisiert werden. Die Energieumsetzung wird durch eine Pumpenturbine (16) realisiert. Zudem bietet der Speicher, durch Installieren von PV-Anlagen (44) auf seiner Oberseite, die Möglichkeit selbst zur Stromerzeugung beizutragen. Die Stülpmembranspeichertechnologie ist ein modernes Verfahren und wurde erst vor einigen Jahren von Herrn Prof. Dr. Ing. Matthias Popp patentiert. Es wurden seither etliche Projekt- und Bachelorarbeiten zur technischen Realisierung und zu Gefahrenpotentialen, mit Rat und Assistenz von Herrn Popp erstellt und auf seiner Homepage der Technischen Hochschule Nürnberg veröffentlicht.

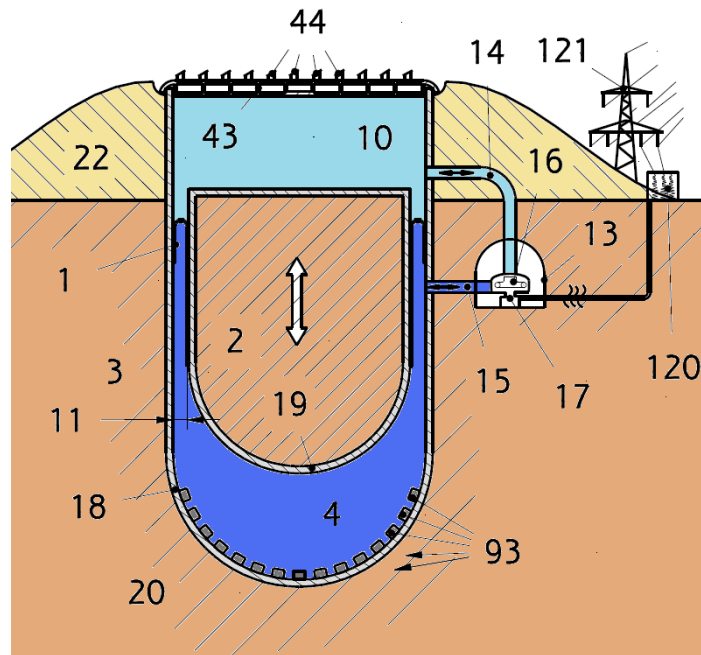


Abbildung 1: Aufbau des Stülpmembranspeichers
 Quelle: Popp, 2013, Stülpmembranspeicher Aufbau.

Geotechnische Anlagen werden auf eine hohe Lebensdauer von 80 bis 100 Jahre ausgelegt, was jedoch mit wiederkehrenden Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten verbunden ist. (vgl. Sterner, 2017, S.524)

Zielsetzung

Das Ziel der Arbeit ist die Erforschung, welchen Beitrag die Stülpmembranspeichertechnologie bei der Energiespeicherung im Stromsektor leisten kann und welches Speichervolumen bei einer 100 prozentigen regenerativen Versorgung nötig ist. Dabei soll die Speicherkapazität auch einen längeren Zeitraum überbrücken und die Metropolregion Nürnberg mit ausreichend Strom versorgen können. Desweiteren werden mögliche, sinnvolle Standorte ermittelt. Zusätzlich soll eine Anlage beispielhaft ausgelegt werden.

3. Forschungsfragen

- Welche Erzeugungsdefizitzeiträume sind aus historischer Sicht maximal zu erwarten?
- Welche Speicherkapazität würde die regenerative Selbstversorgung der Metropolregion Nürnberg erfordern?
- Was sind sinnvolle Standorte in der Metropolregion?
- Welche Leistungsaufnahme- und Abgabevermögen wäre vorzusehen?
- Wie müsste eine Anlage ausgelegt werden?

4. Arbeitsprogramm

Die Arbeit ist in mehreren Teilabschnitte gegliedert die im Folgenden näher erläutert werden. Der erste Teilbereich beschäftigt sich mit der Beschaffung und Auswertung des elektrischen Energiebedarfs der Metropolregion Nürnberg. Hierzu werden die Daten des letzten Jahres 2017 verwendet.

Im zweiten Schritt soll die voraussichtliche Stromerzeugung eines Rastergebiets der Metropolregion über den Zeitraum eines Jahres ermittelt werden. Es wird dabei vereinfacht von einem nahezu konstanten Wert der Stromproduktion aus Wasser und Biomasse ausgegangen und die Wetterdaten von Wind und Sonneneinstrahlung in einen bestimmten Verhältnis ausgewertet. Teile dieser Daten werden von Herrn Prof. Popp bereitgestellt oder sinnvolle Annahmen getroffen. Zudem sollen die Daten im Verlauf noch mit denen der Kommilitonen verglichen werden, welche sich explizit mit dem Energiemix und dessen Ertrag für 2050 beschäftigen.

Im darauffolgenden Abschnitt soll die längste, zu erwartende Erzeugungsdefizitperiode im Stromsektor ermittelt werden und die nötige Energie um diese zu überbrücken. Dazu werden die vorher ermittelten Werte der Erzeugung und des realen Verbrauchs verglichen und ausgewertet.

Im vierten Arbeitsgang wird der realistische Anteil der Stülpmembranspeichertechnologie im Speichermix ermittelt. Dabei werden die Technologie auch ökonomisch bewertet und der Wirkungsgrad, die Unterhalts- und Neubaukosten betrachtet.

Zuletzt sollen mögliche Standorte auf Basis verschiedener Kriterien, wie Dezentralität und Infrastruktur, ermittelt und empfohlen und eine Anlage beispielhaft ausgelegt werden.

Das wissenschaftliche Risiko liegt im Wesentlichen in der Erhebung der Daten zur Stromproduktion in 2050 und die damit verbunden getroffenen Annahmen zum Energiemix und Ertrag. Dieses liegt zum Teil auch bei den Kommilitonen, die sich mit dem Thema beschäftigen. Ein kleineres Risiko liegt in der Beschaffung der Daten zum Strombedarfs in der Metropolregion.

5. Zeitplan

Für das energietechnische Projekt sind im ganzen ein Zeitvolumen von 160 Arbeitsstunden angesetzt, wobei rund 50 Stunden für Lehrveranstaltungen und Gruppenarbeiten angedacht sind und die verbleibenden 110 Stunden für die Bearbeitung des Projekts. Zur besseren Einteilung wurden verbindliche Meilensteine festgelegt die in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt werden.

Nr.	Datum	Beschreibung des Meilensteins
1	24.04.2018	Vortrag und Abgabe der Projektskizze
2	05.06.2018	Vortrag und Abgabe des Kurzberichts
3	26.06.2018	Öffentliche Abschlusspräsentation und Abgabe des Abschlussberichts

Tabelle 1 : Meilensteine energietechnisches Projekt

Der genauere zeitliche Ablauf wird in Tabelle 2 näher dargestellt.

KW		Beschreibung der Tätigkeit
von	bis	
14	23	Recherchearbeiten
16	17	Ausarbeitung der Projektskizze
18	19	Analyse der benötigten Speicherkapazität
20	21	Auslegen einer beispielhaften Anlage
22	23	Ausarbeiten des Kurzberichts
23	25	Verarbeiten der gewonnenen Informationen und erstellen des Abschlussberichts
25	26	Ausarbeiten und Präsentieren Forschungen der Abschlusspräsentation

Tabelle 2 : Zeitlicher Ablauf nach Kalenderwochen

6. Verwertungskonzept

Die erwarteten Ergebnisse der Arbeit sollen eine Vorstellung über die notwendige Stromspeicherkapazität vermitteln. Sie soll zudem aufzeigen in welchem Ausmaß Stülpmembranspeicher zu diesem Speichervolumen beitragen können und welche Vorteile sie gegebenenfalls noch besitzen.

Die Ergebnisse der Arbeit werden am 26.06.2018 in einem öffentlichen Abschlussvortrag präsentiert und auf der Internetseite der Technischen Hochschule Nürnberg publiziert. Zudem sollen die Ergebnisse aller Arbeiten der Projektgruppe, zusammengefasst durch Herrn Prof. Matthias Popp, dem Ausschuss der Metropolregion Nürnberg zur Verfügung gestellt werden.

7. Quellenangaben

Literaturquellen:

- Sterner & Stadler, 2017, Energiespeicher (2.Aufl.), Köln, Springer Verlag .

Internetquellen:

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Abkommen von Paris, Aufgerufen am 14.04.2018 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html>
- Europäische Metropolregion Nürnberg, 2017, Daten und Fakten, Aufgerufen am 11.04.2018 von https://www.metropolregionnuernberg.de/fileadmin/metropolregion_nuernberg_2011/07_service/02_downloads/Karten/180124_EMN_FactSheet_dt.pdf
- Heymann, 2015, Aktualisierung der Endenergiebilanz der Europäischen Metropolregion Nürnberg 2013, Abgerufen am 11.04.2018 von http://www.energieagentur-nordbayern.de/fileadmin/content/pdf/Endenergiebilanz_EMN_2010-11-08.pdf

Bildquellen:

- Popp, 2013 , Stülpmembranspeicher Aufbau, Aufgerufen am 14.04.2018 von http://www.poppware.de/Stuelpmembranspeicher/Stuelpmembranspeicher_Aufbau_fbg.png

8. Anhang

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Vor- und Nachname:	Kevin Rudolf Otto Gerstberger
Geburtstag:	25.08.1992
Geburtsort:	Nürnberg
Adresse:	91717 Wassertrüdingen, Schobdach
Telefon:	01713237580
Staatsangehörigkeit:	deutsch

Schulbildung

09.2013 - 07.2015	Staatliche Berufsoberschule in Ansbach Abschluss: Fachhochschulreife
09.2003 - 08.2009	Betty-Staedtler-Mittelschule in Wassertrüdingen Abschluss: Mittlere Reife
09.1999 - 08.2003	Grundschule in Wassertrüdingen

Berufsausbildung

09.2009 - 03.2013	Ausbildung als Werkzeugmechaniker bei Friedrich Döbrich GmbH & Co. KG in Ansbach Abgeschlossene Ausbildung als Werkzeugmechaniker
-------------------	--

Studium

10.2015 - stetsfort	Studium Maschinenbau an der Technische Hochschule Georg Simon Ohm in Nürnberg Abschluss: vorraussichtlich Bachelor of Engineering
---------------------	--

Berufstätigkeit

04.2013 - 08.2013

Werkzeugmechaniker bei Friedrich Döbrich

GmbH & Co. KG in Ansbach

Aufgabenschwerpunkte:

- Formentechnik
 - Qualitätskontrolle
-

Praxissemester

09.2017 - 01.2018

Service/Instandhaltung bei Uniper Kraftwerke

GmbH in Nürnberg

Hobbys und Interessen

- Mitglied bei den Bogenschützen Wassertrüdingen
- Mitglied bei der Freiwilligen Feuerwehr Schobdach
- Mitglied im Kirchenchor Auhausen
- Betreuer in der kirchlichen Jugendarbeit