

# GEOTECHNISCHER WÄRME- UND STROMSPEICHER WORK IN PROGRESS - STAND DER TECHNIK UND FORSCHUNGSBEDARF

Dominic HAEUSLEIN<sup>1\*</sup>, Matthias POPP<sup>2</sup>, Ronald SCHMIDT-VOLLUS<sup>3</sup>

## Motivation, Thema, Umfeld

Im Rahmen der politischen und gesellschaftlichen Forderung zur Systemtransformation im Energiesektor, um die europäische Energieerzeugung zu dekarbonisieren, werden konventionelle Kraftwerke fortschreitend durch Techniken ersetzt, welche erneuerbare Energiequellen nutzen [1]. Durch den Zuwachs an installierter, von Wetterfluktuationen abhängiger Leistung wird die Notwendigkeit von Stromspeicherkapazitäten im Versorgungsnetz für eine stabile und sichere Stromversorgung noch relevanter als bisher. Hydromechanische geotechnische Lageenergiespeicher, Konzepte zur potentiellen Energiespeicherung, vereinen die Vorteile etablierter Pumpspeichertechnologie - sehr lange Lebensdauer, hoher Wirkungsgrad, niedrige Betriebskosten, geringe Selbstentladung [2] - mit einer deutlich erhöhten flächenspezifischen Energiedichte sowie topografischer Unabhängigkeit und eröffnen gleichzeitig eine Schnittstelle zum Wärmesektor. Speziell der *Stülpmembranspeicher* (SMS) kombiniert technische und wirtschaftliche Vorteile der hydromechanischen Lageenergiespeicher und ist konzipiert elektrische und thermische Energie in einem Bauwerk zu speichern. Dieses geotechnische Energiespeichersystem ermöglicht, bei entsprechender Auslegung, die zeitlich unabhängige Bewirtschaftung großer Energiespeicherkapazitäten und somit eine Wärmeversorgung sowie eine vor Dunkelflauten sichere Stromversorgung, aus ausschließlich erneuerbaren Energiequellen für mittelgroße Städte oder kommunale Quartieren.

## Stand der Technik

Den Grundgedanken, Energie in Form eines hydraulisch angehobenen Massekolbens zu speichern, wurde mit den *Powertower* Versuchsständen im Labormaßstab realisiert [3]. Die Technologiekonzepte von *Gravity Energy*, *Gravity Power*, *Stülpmembranspeicher*; und *Powertower* lassen sich als *Well Method* oder *Deep Shaft Method* kategorisieren [4] und unterscheiden sich weitestgehend im Dichtsystem. Ein Überblick vergleichbarer Onshore Technologiekonzepte zur großtechnischen Energiespeicherung, mit Fokus auf die wesentlichen Unterschiede hydromechanischer Lageenergiespeicher, wird in Abbildung 1, in Größenrelation mit bekannten Systemen, illustriert dargestellt.

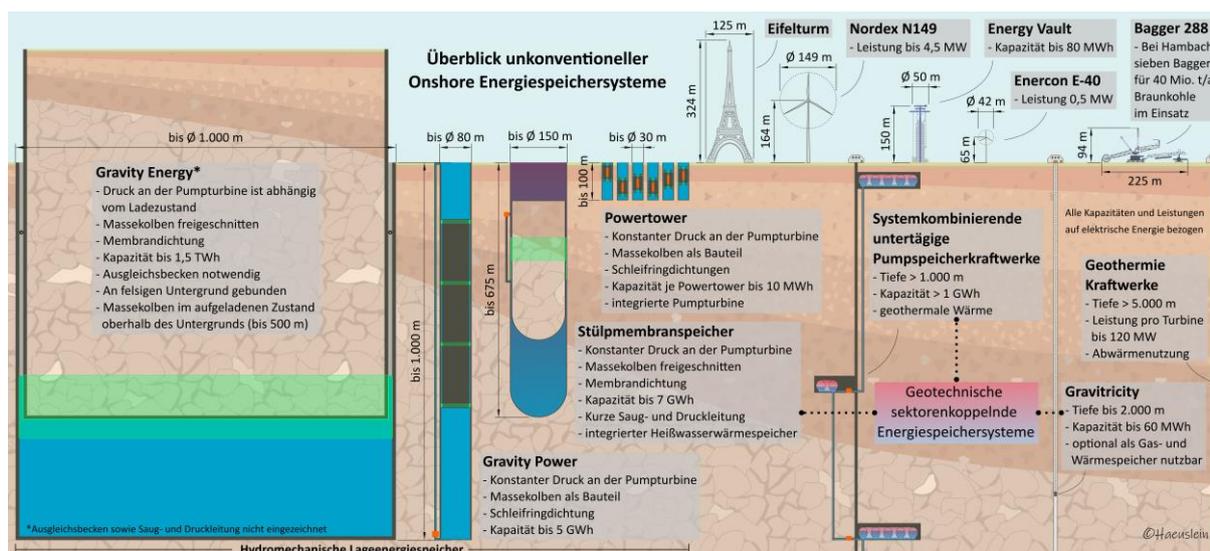


Abbildung 1: Größenrelation, Onshore Konzepte zur großtechnischen Energiespeichersysteme im Überblick

<sup>1</sup> Nuremberg Campus of Technology, 90429 Nürnberg, +49 (0)911 5880 3171. [Link](#)

<sup>2</sup> Technische Hochschule Nürnberg, 90489 Nürnberg, +49 (0)911 5880 5131. [Link](#)

<sup>3</sup> Nuremberg Campus of Technology, 90429 Nürnberg, +49 (0)911 5880 3160. [Link](#)

Neben den Konzepten, welche als reine Stromspeicher konzipiert sind, existieren die geotechnischen sektorenkoppelnden Energiespeichersysteme. Speziell diese Technologiestudien ermöglichen durch Speicherung von mindestens zwei Energieformen große Kapazitäten auf kleinsten Flächenverbrauch und sind wertvolle Querschnittstechnologien für innovative Umwandlungsketten innerhalb einer Power-to-X Versorgungsstruktur. Trotz vielfältiger Vorteile scheiterte bisher die Realisierung solcher Speichersysteme auf Grund von bürokratischen oder gesellschaftlichen Hürden sowie am finanziellen Risiko solcher Anlagen. Mit dem Forschungsvorhaben *GeoMem* beabsichtigt die Technische Hochschule Nürnberg in Kooperation mit Industriepartnern die anwendungsorientierte Grundlagenforschung des SMS-Konzeptes abzuschließen, um unmittelbar nach Projektende ein weiteres, idealerweise EU-gefördertes Projekt zu initialisieren, in dem ein geotechnischer Demonstrator errichtet werden soll.

## **Forschungsbedarf anwendungsorientierte Grundlagenforschung - Projekt: GeoMem**

Um die Vorbereitungen für ein aussagekräftiges Demonstrator-Projekt eines geotechnischen Wärme- und Stromspeichers abzuschließen, sind folgende Meilensteine zu erarbeiten:

- 1) Genereller Machbarkeitsnachweis und validieren des Systemverhaltens der Technologiekombination eines Membran-Lageenergiespeichers mit einem Heißwasserwärmespeicher durch eine Multiphysiksimulation und einen anwendungsorientierten Versuchsstand in Laborumgebung.
- 2) Industrielle Entwicklung einer hochskalierbaren, kostengünstigen und langlebigen Membrandichtung für reell herrschende Druck-, Temperatur- und Einbauanforderungen eines SMS der Pilotgröße, inklusive Montage- und Befestigungskonzept.
- 3) Ausarbeitung eines geotechnischen Bauverfahrens, inklusive einer innovativen Tiefbaumaschine und Materialkombination für eine standardisierte, kostengünstige und sichere Baustrategie, welche für einen hohen Automatisierungsgrad geeignet ist.
- 4) Ermitteln der zu erfüllenden Rechtsgrundlagen inklusive Analyse der behördlichen Rahmenbedingungen für ein Bauvorhaben eines SMS der Demonstrator- und Pilotgröße.

## **Aussicht**

Im Best-Case-Szenario wird das aktuelle Forschungsvorhaben *GeoMem* mit nationalen Mitteln gefördert, mit welchem die Komponenten-, Verfahrens-, und Maschinenentwicklung sowie die Grundlagenforschung bis Q1-2024 abgeschlossen wird. Bei erfolgreicher Studie wird ein nachfolgendes Projekt im europäischen Raum angestrebt, mit welchem die Technologiereife *TRL 6* innerhalb der aktuellen Dekade erreicht werden soll. Der angestrebte Demonstrator wird noch nicht konkurrenzfähig gegenüber aktueller Stromspeichertechnologien sein, dennoch wird dieser ausreichend Wärmekapazität für die zeitliche Entkopplung eines Kraft-Wärme-Systems bereitstellen und wäre somit ein Wärmespeicher mit zusätzlicher Stromspeicherfunktion. Nach aktuellen Kalkulationen wird ein SMS der *TRL 7* bei geplanter Maschinenentwicklung große Kapazitäten für das elektrische Netz wettbewerbsfähig anbieten und gleichzeitig ausreichend Wärme für eine saisonale Versorgung einer Kommune oder eines Quartiers speichern können. Entsprechend ist *TRL 7* das Ziel des gesamten Forschungsvorhabens, um bis zum Jahr 2050 einen großflächigen Ausbau von ökonomisch und ökologisch vertretbaren Energiespeicherkapazitäten zu realisieren.

## **Referenzen**

- [1] European Commission, "The European Green Deal," Brussels. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640>  
a. (Aufgerufen: 16.11.2021)
- [2] M. Sterner und I. Stadler, *Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017.
- [3] J. Sangstar, "Massive energy storage systems enable secure electricity supply from renewables," *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, vol. 4, no. 4, pp. 659–667, 2016.
- [4] V. Neisch and M. Aufleger, "Hydraulischer Großenergiespeicher Powertower," Innsbruck. <https://energieforschung.at/wp-content/uploads/sites/11/2020/12/4.as-ne-2020-publizierbarer-endbericht-Powertower-au2.pdf> (Aufgerufen: 16.11.2021)