

BUOYANT ENERGY STORAGE „LIGHT“ – THERMODYNAMISCHE ANALYSE EINES SCHWIMMENDEN, HYDRAULISCHEN ENERGIESPEICHERS

Bernd STEIDL¹, Robert KLAR¹, Markus AUFLEGER¹

Inhalt

Energiespeicherung und -regelung gewinnt mit wachsendem Anteil erneuerbarer Energien und durch deren fluktuierende Erzeugercharakteristik stark an Bedeutung (Schill et al., 2015; Oertel D., 2008). Derzeit erfolgt ca. 99 % (Rastler D., 2010) der Speicherung elektrischer Energie im Stromnetz mit den seit vielen Jahrzehnten bewährten Pumpspeicherkraftwerken (PSW). Buoyant Energy – ein schwimmender hydraulischer Energiespeicher – stellt einen neuartigen Technologieansatz der Universität Innsbruck dar. Dieser Ansatz wurde im Rahmen der FFG-Sondierung Nr. 853662 „Prepare BE“ (2016 bis 2017) eingehend auf die technische und wirtschaftliche Zukunftsfähigkeit geprüft und auf europäischer (EP2681445A1) und US-amerikanischer (US20140033700A1) Ebene patentiert. Die Kernidee ist eine Art „schwimmendes Pumpspeicherkraftwerk“ (siehe Abbildung 1) bei dem Wasser zwischen einem großen schwimmenden Reservoir und dem umgebenden Meer oder Binnengewässer hin und her bewegt wird. Je nach Energieerfordernis kann auf diese Weise Strom, in Form von potentieller Energie, „zwischenlagert“ werden. Aufgrund der kurzen Fließwege bzw. -verluste zwischen Reservoir und Meer wird der hohe Gesamtwirkungsgrad von PSW (70 bis 80 % gemäß Sterner und Stadler, 2014) übertroffen. Besonders erfolgversprechend ist die Kombination der Stromspeicherung mit der Nutzung der dazu notwendigen großen und robusten Strukturen (in der Regel aus Beton) als schwimmende Fundamente für Bauwerke unterschiedlichster Art. Ein Teil des gespeicherten Stroms steckt so in der potentiellen Lageenergie der Bauwerksmasse, welche auf und ab bewegt wird.

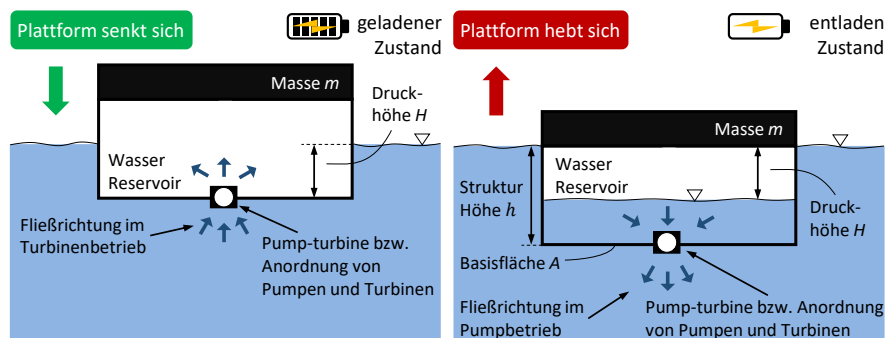


Abbildung 1: Energie-Freisetzung (Bild links) & Energie-Speicherung (Bild rechts)

Das alternative sogenannte „light concept“ der Buoyant Energy Technologiefamilie setzt hingegen auf eine möglichst leichte Ausführung der Struktur. Hier sorgen Schwimmkörper unterhalb des Reservoirs für einen inneren Wasserspiegel, der sich stets oberhalb des äußeren Wasserspiegels befindet (Abbildung 2). Ein Speicherzyklus gestaltet sich somit genau umgekehrt zu jenem des Basiskonzepts aus Abbildung 1: Zur Energieproduktion treibt hier das ausfließende Wasser eine Turbinen-Generatorkombination an und das schwimmende PSW hebt sich. Umgekehrt senkt sich die Plattform während des Speichervorgangs ab (Pumpbetrieb).

Die Speicherkapazität einer idealisierten Struktur (z.B. prismatische Plattform mit infinitesimal dünnen Wänden) wird maximal, wenn die Höhe des Reservoirs der halben Strukturhöhe h entspricht (Klar et al., 2017). Eine solche Plattform mit beispielhafter Außenabmessung $V = 50 \cdot 50 \cdot 50$ m und einem angesetzten Wirkungsgrad $\eta = 80$ % kann somit $W_{opt} = \eta \cdot \rho_{Wasser} \cdot V \cdot g \cdot h / 4 = 3,4$ MWh speichern.

¹ Universität Innsbruck, Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich für Wasserbau, Technikerstrasse 13, Tel.: +43 512 507-62222, Fax: +43 512 507-62199, bernd.steidl@uibk.ac.at, www.uibk.ac.at/wasserbau

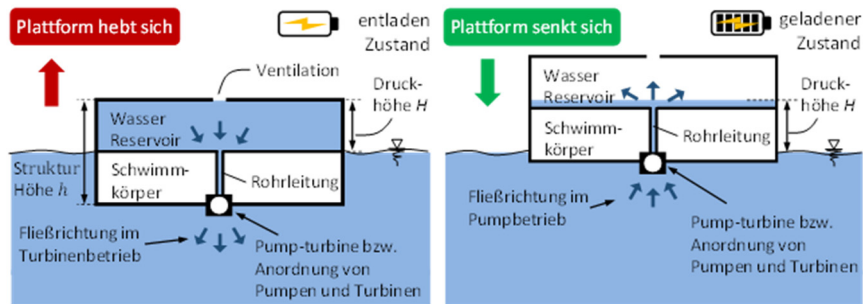
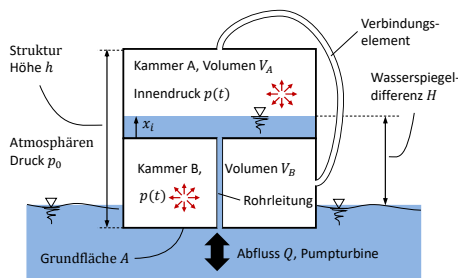


Abbildung 2: Buoyant Energy „light concept“: Energie-Freisetzung (Bild links) und Energie-Speicherung (Bild rechts)



Eine effektive Möglichkeit zur Steigerung der Speicherkapazität lässt sich durch die Nutzung des Luftkörpers im Wasserreservoir als „vorgespannte“ Druckluftfeder erzielen. Klar et al. (2017) diskutieren anhand eines schematisierten Aufbaus (Abbildung 3) und der Annahme isothermalen Verhaltens bei Kompressions- und Dekompressionsvorgängen sowohl die Vorteile als auch die Herausforderungen. Im Gegensatz zu den *Buoyant Energy* Basiskonzepten ist z.B. die Druckhöhe für den Pump- und Turbinenbetrieb nicht mehr konstant.

Abbildung 3: Buoyant Energy „light“ in Kombination mit Druckluft

Ziel des vorliegenden Papers ist die vereinfachte thermodynamische Analyse dieses erweiterten Konzepts unter adiabaten sowie isothermalen Randbedingungen als Extremwertbetrachtung. Dabei wird die zeitliche Änderung der Temperatur im Wasserreservoir sowie der dadurch entstehende maximale Wirkungsgradverlust bestimmt. Zudem wird untersucht, ob die Struktur des Energiespeichers aus flexiblen Textilien unter Innendruck ausgeführt werden kann. Vergleichbare Strukturen sind als Unterwasserdruckluftspeicher bekannt (z.B. Javier M., 2016) und bieten vor allem als langgestreckte Körper mit einfachen Querschnitten konstruktive Vorteile.

Aus den Überlegungen und Analyseergebnissen werden zusammenfassend die Anforderungen an die Materialeigenschaften abgeleitet. In Frage kommende Konstruktionsmaterialien sind Multi-Layer-Textilien mit hoher Festigkeit und günstiger Wärmeleitfähigkeit. Diese könnten industriell hergestellt und in kompakter gefalteter Form kostengünstig an mögliche Einsatzorte transportiert werden. Zudem ist eine Beschichtung mit Dünnschichtsolarzellen denkbar, womit aus den reinen Energiespeichern Kombinationskraftwerke entstehen würden.

Literatur

- [1] Javier M., Jokin M. R. (2016): Tubular design for underwater compressed air energy storage. *Journal of Energy Storage*, 2016, 8. Jg., S. 27-34.
- [2] Klar R., Steidl B., Aufleger M. (2017): A new floating Energy Storage System based on Fabric. OSES 2017 Offshore Energy and Storage Symposium. Cap Code, Massachusetts, USA.
- [3] Oertel D. (2008): Energiespeicher – Stand und Perspektiven. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag (TAB). Sachstandsbericht zum Monitoring „Nachhaltige Energieversorgung“, <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab123.pdf>, S. 4,5.
- [4] Rastler D. (2010): Electricity Energy Storage Technology Options. Electric Power Research Institute (EPRI), Report, Palo Alto, California, S.ix.
- [5] Schill, W. P., Diekmann, J., & Zerrahn, A. (2015): Stromspeicher: eine wichtige Option für die Energiewende. *DIW-Wochenbericht*, 82(10), S. 195-205.
- [6] Sterner M., Stadler I. (2014): Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014, ISBN 978-3-642-37379-4, DOI 10.1007/978-3-642-37380-0, S. 42,480.