

Powertower und Buoyant Energy

Energie hydraulisch und dezentral speichern

Markus Aufleger, Valerie Neisch, Robert Klar

Universität Innsbruck, Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich Wasserbau,
Technikerstr. 13, 6020 Innsbruck, Österreich

Herausforderung der Energiewende

Im Jahr 2012 wurden in Deutschland bereits 22% des Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Energien bereitgestellt. Der weitere Ausbau ist geplant. Eine Energielandschaft mit einem steigenden Anteil an erneuerbaren Energien ist vielfältiger und dezentraler strukturiert als in der Vergangenheit. Die Standorte richten sich nach natürlichen Randbedingungen, wie z.B. Windlastzonen oder Einstrahlungswerten und die volatilen Energielieferanten führen zu einer Entkopplung von Stromerzeugung und -bedarf. Darauf muss reagiert werden. Stromspeicher- und Netzausbau sind die Antworten, um auch weiterhin Versorgungssicherheit in stabilen Netzen garantieren zu können.

Um den wachsenden Speicherbedarf zukünftig zu decken, gilt es, die Entwicklung und Förderung von Speichertechnologien voranzutreiben. Pumpspeicherwerke stellen derzeit die effektivste Methode dar, elektrische Energie kurz- und mittelfristig zu speichern. Die Ausbaumöglichkeiten sind jedoch funktionsbedingt auf Bergregionen beschränkt und bedingen aufgrund des notwendigen Eingriffs in die Landschaft erhebliche Akzeptanzdiskussionen und aufwändige Genehmigungsverfahren. Ein Mix aus effektiven Speichertechnologien für verschiedene Anforderungen muss daher etabliert werden, um die bewährten Pumpspeicherwerke zu ergänzen und so den neuen Herausforderungen zu begegnen.

Hydraulische Energiespeicher

Am Arbeitsbereich für Wasserbau der Universität Innsbruck wird derzeit an der Entwicklung von zwei dezentralen hydraulischen Energiespeichern, dem „Powertower“ und dem offshore Speicher „Buoyant Energy“, gearbeitet. Die Systeme sind topographieunabhängig und damit gut integrierbar in die neuen dezentralen Energiestrukturen. Aufgrund ihrer flexiblen Standortwahl können sie - in der Nähe der volatilen Energieerzeugung errichtet - helfen, den Netzausbau zu reduzieren und Netzübertragungsverluste gering zu halten. Beide Konzepte basieren auf der konventionellen Pumpspeicher-Technologie und besitzen Wirkungsgrade ähnlicher Größenordnung. Ihre Speicherkapazität ist bei Bedarf modular erweiterbar.

Das Funktionsprinzip zeichnet sich durch seine Einfachheit aus. Zur Umwandlung von elektrischer in potentielle Energie wird ein Auflastkörper in einem Wasserreservoir mittels einer Pumpe angehoben. Beim Absenken der Auflast wird eine Turbine angetrieben und die rückgewonnene Energie ins Netz gespeist. Je größer und schwerer die Auflast ist, desto mehr Energie kann im System gespeichert werden. Die Zyklenzahl ist dabei unbegrenzt und Lastwechsel sind schnell umsetzbar. Die Systeme sind robust und versprechen eine lange Lebensdauer bei geringen Betriebskosten. Die Herausforderungen, die es bei ihrer Entwicklung zu bewältigen gilt, sind ihre geringe Energiedichte und hohe Investitionskosten.

Powertower

Der Powertower stellt ein in sich geschlossenes System dar. Er besteht aus einem mit Wasser gefüllten Schacht, in dem ein Auflastkolben mit Hilfe einer Pumpturbine vertikal auf und ab bewegt wird (Abb. 1). Die Pumpturbine kann dabei mit einem zusätzlichen Umlaufrohr außerhalb des Schachtes oder, wie in Abb. 1 dargestellt, im Kolben integriert angeordnet werden. Der Auflastkolben bewirkt eine Druckdifferenz zwischen dem oberen und unteren Reservoir. Diese ist konstant - unabhängig von der Position des Kolbens. Zur Energiespeicherung wird Wasser gegen den anstehenden Druck aus dem oberen Reservoir in das untere gepumpt, wodurch der Kolben nach oben steigt. Zur Energierückgewinnung wird der Förderstrom umgekehrt. Der Kolben sinkt und treibt eine Turbine an.

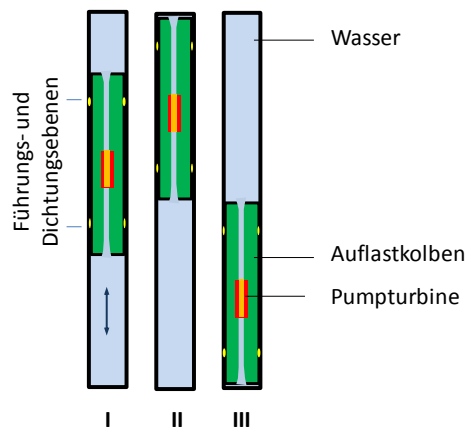


Abb. 1: Funktionsprinzip Powertower (I: Ladezustand; II: geladen; III: entladen)

Powertower können in Schächten unterirdisch oder in Turmkonstruktionen überirdisch errichtet werden. Sie sind sowohl on- als auch offshore realisierbar. Durch die Entwicklung standardisierter Baugrößen und optimierter Baumethoden können die Investitionskosten reduziert werden.

Die Speichergröße von Powertowern ist skalierbar und kann den Anforderungen entsprechend angepasst werden. Soll ein größerer Speicherbedarf von mehreren MWh bedient werden, ist es wirtschaftlich mehrere Powertower in Clustern nebeneinander oder auch im Verbund anzuordnen und gemeinsam zu steuern (Abb. 2).

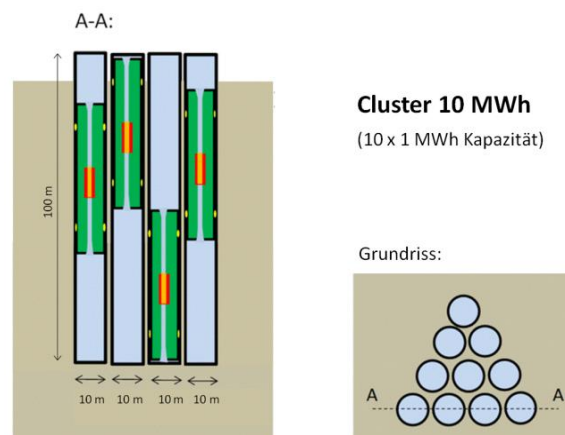


Abb. 2: Powertower Cluster mit insgesamt 10 MWh

Buoyant Energy

Der zweite Energiespeichertyp wird für den offshore Einsatz entwickelt. Buoyant Energy funktioniert ebenfalls mit einem schweren Auflastkörper und zwei Wasserreservoiren. Ein Reservoir ist hier der Ozean oder ein See. In ihm schwimmt eine Auftriebsplattform, die in ihrem Innern das zweite, kleinere Reservoir beinhaltet (Abb. 3). Um Energie zu speichern, wird das Wasser aus der Plattform gepumpt, dabei verliert die Plattform an Gewicht und wird durch die Auftriebskraft nach oben gedrückt. Zur Energierückgewinnung wird dem Druckunterschied der beiden Reservoiren nachgegeben. Das Wasser strömt von außen zurück in die Plattform und treibt dabei eine Turbine an. Die Druckhöhe, bzw. der Wasserspiegelunterschied der beiden Reservoiren bleibt während der Energiespeicherung konstant, so dass die Pumpturbine optimal darauf ausgelegt werden kann.

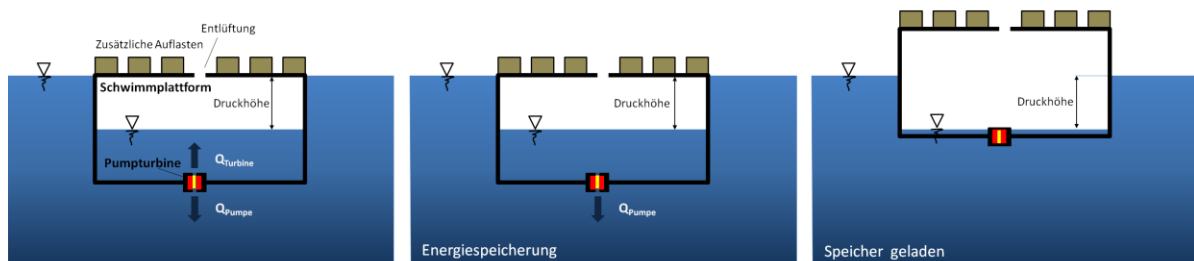


Abb. 3: Funktionsprinzip Buoyant Energy

Das Energiespeicherkonzept Buoyant Energy kann in jede Art von schwimmender Plattform integriert werden, in schwimmende Windkraftanlagen, Serviceplattformen, Aquakulturen oder Plattformen für die Verkehrsinfrastruktur (Abb. 4). Die Anwendungen sind vielfältig. Mit dem Buoyant Energy Prinzip können Mehrzweck-Offshore-Plattformen somit um den Aspekt der Energiespeicherung erweitert werden.

Im Verbund mit regenerativer Energieerzeugung, wie schwimmenden Windkraftanlagen, die für Küstenabschnitte mit Meerestiefen größer 40 m geplant werden, konventionellen Windparks, Wellenkraft- oder Photovoltaik-Anlagen führt Buoyant Energy als Energiespeicher-System zur Entstehung von vernetzten regenerativen Kombikraftwerken, die bedarfsgerecht Strom liefern.

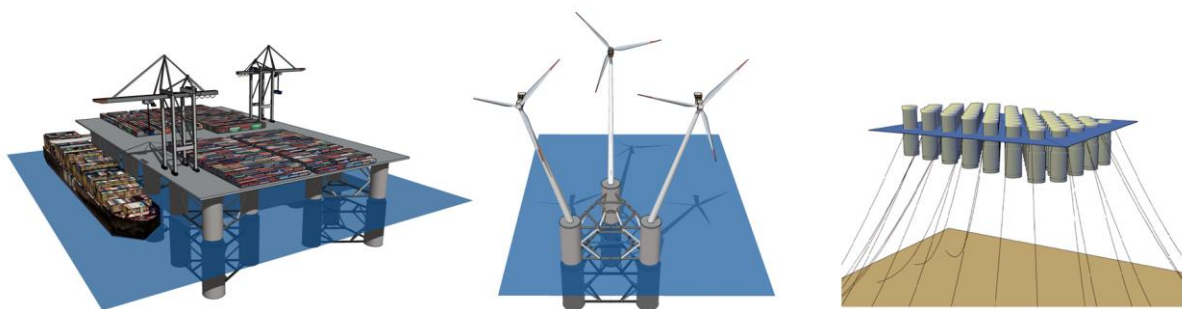


Abb. 4: Anwendungsbeispiele Buoyant Energy (Containerhafen, Windkraftplattform, Cluster)

Ausblick

Die beiden Konzepte Powertower und Buoyant Energy stellen zwei weitere Möglichkeiten dar, die künftig benötigten Speicherkapazitäten des Energiemarktes zu decken. Die Systeme sind einfach aufgebaut und daher zeitnah zu realisieren. Anhand von Modellversuchen bzw. ersten Prototypen werden sie vorab im Wasserbaulabor der Universität Innsbruck in verschiedensten Anordnungen im Rahmen von Forschungsprojekten variiert und getestet.

Der Powertower wurde sowohl mit externer als auch mit im Kolben integrierter Pumpturbine im Labor als Modell realisiert. Die Funktionalität ist nachgewiesen und einzelne Komponenten werden nun genauer untersucht und optimiert. Der nächste Schritt soll ein größerer Prototyp mit einer repräsentativen Speichergröße von ca. 30 kWh sein. Dieser soll in Zusammenarbeit mit Fachfirmen aus dem Maschinenbau, Schachtbau und der Energieversorgung umgesetzt werden.

Für die Energiespeicherung offshore mit Buoyant Energy ist ebenfalls ein Modellversuch geplant, der mit Experten aus der Maritimtechnik durchgeführt werden soll. Hier werden unter anderem die Aspekte Schwimmstabilität, Verhalten bei Wellenschlag und das Speicherbetriebsverhalten untersucht.