

Unterflur-Pumpspeicherwerke

Konzepte für regionale Speicher regenerativer Energien

Prof. Dr. rer. nat. U. Schreiber, Fachgebiet Geologie
Prof. Dr.-Ing. E. Perau, Fachgebiet Geotechnik
Prof. Dr.-Ing. A. Niemann, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Universität Duisburg-Essen, Campus Essen

Prof. Dr.-Ing. H.-J. Wagner, Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft Ruhr-Universität Bochum

Förderung: Mercator Research Center Ruhr (Initiative der Stiftung Mercator und der Universitätsallianz Metropole Ruhr)

Die zunehmende Gewinnung von Strom aus Solarzellen und Windrädern macht eine zwischenzeitliche Speicherung von Energie erforderlich, die bei erhöhtem Energiebedarf wieder abgegeben werden kann.

In der Nordsee werden die Anrainerstaaten zu diesem Zweck in den nächsten Jahren einen großen Stromverbund errichten, durch den es möglich sein wird, mit temporär überschüssigem, alternativ erzeugtem Strom Pumpen zu betreiben, die hochgelegene Pumpspeicherseen in Norwegen füllen. Der Strom aus diesen Pumpspeicherwerken soll dann die auftretenden Spitzenlasten bedienen. Der Wirkungsgrad für das Gesamtsystem beträgt immerhin mehr als 70%. Derartige Speicher nutzen die potenzielle Energie des Wassers infolge der Gravitation aus.

Der Bau derartiger Pumpspeicherwerke ist dort sinnvoll, wo ausreichende Höhenunterschiede bei kurzen horizontalen Entfernungen auftreten. Verwirklicht werden daher entsprechende Energiespeicher dort, wo gebirgige Landschaften ein steiles Relief vorgeben. Probleme bereiten hier jedoch oftmals der große Flächenverbrauch der hoch liegenden Becken und die Entfernung zu den möglichen Stromabnehmern.

Konzept für Unterflur-Pumpspeicherwerke (UPW)

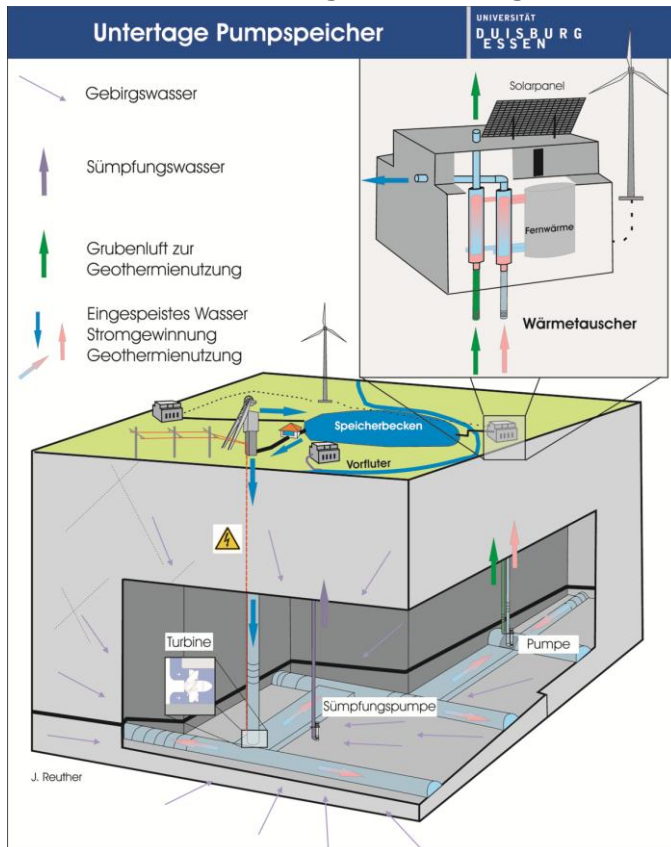
Die Alternative sind Pumpspeicherwerke, die sowohl nahe am Verbraucher als auch dem Ort der Erzeugung von Energie aus Wind- und Fotovoltaik-Anlagen liegen. In derartigen Regionen – wie zum Beispiel im Rheinland oder im Ruhrgebiet – fehlen aufgrund der nicht vorhandenen Reliefs Übertage die erforderlichen Höhenunterschiede. Hier werden ausreichende Volumina Untertage benötigt, die aufgrund natürlicher Begebenheiten oder durch Bergbau vorliegen. Bei derartigen Anlagen handelt es sich um

„Unterflur-Pumpspeicherwerke“ (UPW) bzw. „gravitative Untertage-Energiespeicher“.

Hier sind grundsätzlich unterschiedliche Varianten denkbar:

Variante UPW 1

In Frage kommen die Strecken und Schächte der Steinkohlegruben, die mit einem entsprechenden Rohrsystem ausgekleidet werden müssten. Unter Berücksichtigung des Streckengefälles könnte ein geschlossenes, vom Grubenwasser unabhängiges Speichersystem in den vorhandenen Hohlräumen aufgebaut werden, das mit verschiedenen Wasserhebeschächten (gleichzeitig Entlüftungsschächte während des Füllvorgangs) versehen ist. Im Zentralschacht wird in Zeiten hohen Strombedarfs aus oberflächigen Speicherbecken Wasser über eine Turbine in die unterirdischen Rohrsysteme geleitet und so Strom produziert. Bei hohen Wind- oder Sonnenleistungen, die zu einem schwer verkäuflichen Überangebot an Strom führen, wird der überflüssige Strom zur Hebung des Wassers verwendet. Je nach Ausführung des Systems lässt sich über Wärmetauscher im gleichen Zuge die Erdwärme nutzen.



Erläuterungen zur Variante UPW 1

Aus Speicherbecken über Tage wird Wasser über ein Rohrsystem auf Turbinen geleitet, die nahe der Endtiefe (über 1.000 m unter Gelände) installiert sind. Das druckentspannte Wasser fließt in entsprechend großzügig dimensionierte Rohre bzw. alternativ in geschlossenen, ausgebauten Stollen unter Tage. Dieses abgeschlossene System nimmt das ein- und ausströmende Wasser auf und ist der eigentliche Speicher. Große Leitungsquerschnitte verhindern größere Reibungsverluste und gewährleistet eine problemlose Befüllung mit Wasser. Mit regenerativ erzeugtem Strom wird das Wasser wieder gehoben. Dieses bereits vielfach eingesetzte Prinzip der Pumpspeicherwerke hat hier als Novum die Ausnutzung der verfügbar gemachten Hohlräume in der Tiefe. Es müssen neben dem Einbau der Turbinen und der Rohrleitungen oberflächlich Staubecken gebaut werden und die existierenden Hohlräume unter Tage für Fließprozesse ausgelegt werden. Hinzu kommt ein Be- und Entlüftungssystem, das die Luftabgabe und Luftaufnahme während der Fließprozesse des Wassers regelt. Wartungsarbeiten sind nach temporärer Entleerung der unterirdischen Systeme durchführbar.

In 1.000 m Tiefe herrschen im Ruhrgebiet Temperaturen von $>40^{\circ}\text{C}$. Das Wasser und die Luft werden dadurch je nach Verweildauer in der Tiefe erwärmt. Über Wärmetauscher ließe sich ein Großteil der Wärmeenergie des Gruben- bzw. Grundwassers als zusätzlichen Beitrag zur Energieversorgung im Ruhrgebiet erschließen. Das gleiche gilt für die Luftaustrittsöffnungen, die mit einer geringen Kompression leicht auf erhöhte Temperaturen gebracht werden könnten.

Variante UPW 2

Eine Bautechnisch vermutlich einfachere Variante ist die Vorbereitung offener Tagebaulöcher für ein UPW, wie sie vornehmlich bei der Förderung von Braunkohle anfallen. Bereits während der Abbauphase bis auf 400 Meter unter Gelände ließen sich speziell konfigurierte Rohrsysteme verlegen oder Hohlräume bauen, die schrittweise bei der Wiederverfüllung mit Turbinen in Zuleitungsfallrohren ausgestattet werden. Abschließend erfolgen die Überdeckung mit Abraummateriale und die Einrichtung des Oberbeckens.

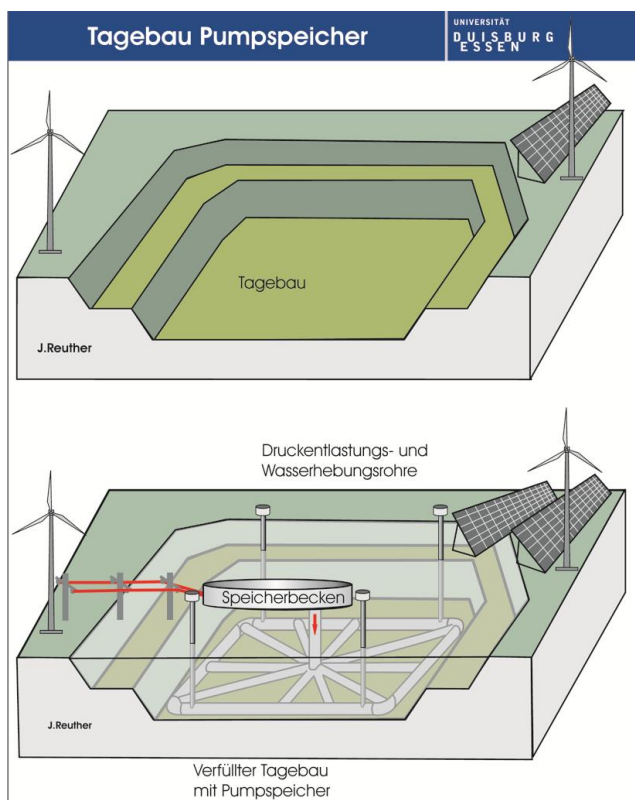


Abbildung 2:
Variante UPW 2
Pumpspeicher in einem
wiederverfüllten Tagebau

Variante UPW 3

Das gleiche Prinzip wie unter der Variante UPW 2 lässt sich in Küstenregionen realisieren, in denen ein steiles Relief zum Meeresbecken ausgebildet ist. Rohrsysteme als Wasserspeicher besitzen ungefüllt einen Auftrieb, der durch eine entsprechende Ballastierung kompensiert werden muss. Reizvoll ist die Entwicklung solcher Systeme in Küstengebieten, in denen eine hohe Stromgewinnung über Photovoltaik möglich ist (z.B. im Bereich des Roten Meeres).

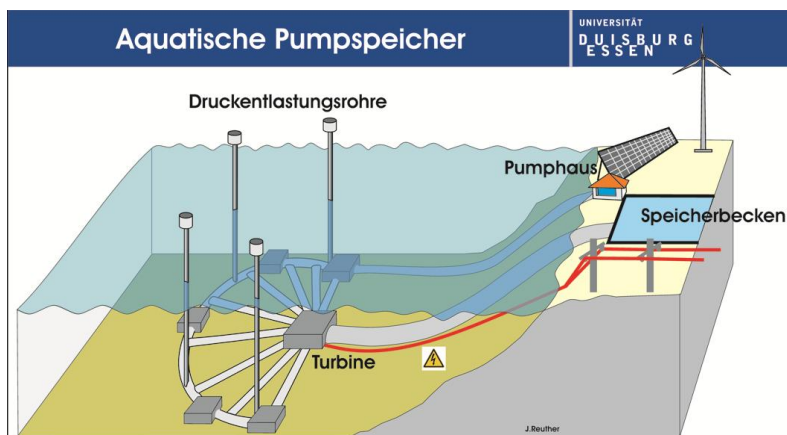


Abbildung 3:
Variante UPW 3
Aquatischer Pumpspeicher
in einer Küstenregion

Voraussetzung für alle Speicher ist eine Wartungsmöglichkeit der Rohrsysteme, was durch eine ausreichende Größe der Rohrdurchmesser gewährleistet sein muss.

Forschungsziele

Ziele einer angelaufenen Studie sind die Erfassung, Bewertung und die Berechnung der technischen Rahmenbedingungen sowie die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Unterflur-Pumpspeicherwerken (UPW). Darüber hinaus sollen die möglichen weltweiten Einsatzgebiete und Marktpotenziale abgeschätzt werden.

Vorteile

- Schaffung eines hochwertigen Energiespeichers
- Effektive Ausnutzung der geothermischen Energie unter dem Ruhrgebiet
- Energiespeicherung und Geothermienutzung direkt in Verbrauchernähe
- Schaffung von Arbeitsplätzen vor Ort
- Export von Erfahrungen in andere Bergbauregionen
- Weiterer Ausbau von regenerativen Stromerzeugern wird attraktiver

Kontakt zu den Autoren:

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen

Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Schreiber, Fachgebiet Geologie,

Tel. 0201-183-3100, www.uni-due.de/geologie, ulrich.schreiber@uni-due.de

Prof. Dr.-Ing. Eugen Perau, Abteilung Bauwissenschaften, Fachgebiet Geotechnik

Tel. 0201-183-2858, www.uni-due.de/geotechnik, eugen.perau@uni-due.de

Prof. Dr.-Ing. André Niemann, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Tel. 0201-183-2805, www.uni-due.de/wasserbau, andre.niemann@uni-due.de

Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr.-Ing. H.-J. Wagner, Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft

Tel. 0234-32-28044. www.lee.ruhr-uni-bochum.de, lee@lee.rub.de

Homepage für die Forschungsstudie: www.uni-due.de/geotechnik/forschung/upw