



Untertagespeicher: Speicherung von Wasserstoff unter der Erde

Wien, im Oktober 2023

Autoren: Andreas Indinger (Österreichische Energieagentur)

Die vorliegende Publikation wurde im Rahmen von HyPA, der Hydrogen Partnership Austria erstellt. HyPA ist eine gemeinsame Initiative des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) und des Bundesministeriums für Arbeit und Wirtschaft (BMAW). Diese Publikation spiegelt die Perspektive der jeweiligen Autorinnen und Autoren wider und muss nicht mit den Meinungen und Positionen dieser beiden Ministerien übereinstimmen.



Gasspeicherung unter der Erde

In diesem Fact-Sheet werden die Möglichkeiten und der Stand der Technik bei der Wasserstoffspeicherung unter der Erdoberfläche dargestellt. Zur allgemeinen Übersicht über die verschiedenen Arten der Wasserstoffspeicherung gibt es ein HyPA Fact-Sheet vom Juni 2023.

Die Speicherung unter der Erde wird im Bergbau auch „Untertagespeicherung“ genannt, wobei dieser Begriff keinen Hinweis auf die Speicherdauer gibt, denn diese kann Stunden bis Jahre betragen. Zu diesem Thema ist 2023 auch ein umfangreicher Technology Monitoring Report des Tasks 42 „Underground Hydrogen Storage“ des IEA-Wasserstoffprogramms erschienen, an dem zwei in diesem Bereich führende Unternehmen aus Österreich mitgearbeitet haben (RAG, OMV). Dieses Fact-Sheet basiert größtenteils auf dem Monitoring Report.

Durch die Speicherung von energiereichen Gasen wie Methan oder Wasserstoff können in Untertagespeichern Energien im Bereich von Gigawattstunden (GWh) bis hin zu Terrawattstunden (TWh) gespeichert werden. Die Speicherung von Wasserstoff wird ab 2030 deutlich an Bedeutung gewinnen, sobald die Wasserstoffproduktion und der Transport ein gewisses Ausmaß erreicht haben werden. Der Monitoring Report zitiert verschiedene Studien, die erwarten, dass die für die Wasserstoffspeicherung notwendigen Volumen um das Jahr 2050 die der derzeitigen Erdgasspeicher übersteigen werden. Die Nutzung von Untertagespeichern für Erdgas ist bereits Stand der Technik. Weltweit sind über 600 dieser Speicher in Betrieb, in Österreich stellen sie einen wichtigen Baustein des Energiesystems dar. Wasserstoff verhält sich allerdings anders als Erdgas: Es ist reaktiver, löst andere geochemische und mikrobielle Prozesse aus und hat als Gas andere physikalische und chemische Eigenschaften. Weltweit hat man zum Thema Wasserstoffspeicherung auch schon Erfahrung gesammelt.

Für die Speicherung von Wasserstoff unter der Erde gibt es grundsätzlich folgenden Möglichkeiten:

- Tunnel und andere künstlich hergestellte und ausgekleidete Hohlräume (Kavernen) im Gestein
- Gezielt hergestellte Hohlräume in Salzlagerstätten
- Leergeförderte bzw. erschöpfte Lagerstätten von fossilen Kohlenwasserstoffen (insb. Erdgas)
- Tiefe Aquifere

Technologische Reifegrade (TRL) in aktuellen Projekten

In Schweden gibt es zurzeit ein Pilotprojekt in Lulea zur Speicherung von Wasserstoff in einer Kaverne bei 250 bar. Diese Technologie kann wegen des geringen Volumens (100 m³) und der frühen Projektphase (derzeit läuft der erste Test, der über 2 Jahre angelegt ist) erst als TRL 5 (Technology Readiness Level, siehe Tabelle 1) eingereicht werden. An den wasserstoffbeständigen Materialien, mit denen die Kavernen ausgekleidet werden müssen, wird hier ebenfalls geforscht. Österreich verfügt über hohe Expertise im Tunnelbau. Die Kosten werden als hoch eingeschätzt.

In den USA und UK gibt es insgesamt vier Wasserstoffspeicher in Salzlagerstätten im industriellen Maßstab, der erste dieser Speicher ging in Teaside (UK) schon im Jahr 1972 in Betrieb. Diese Technologie gilt daher als ausgereift (TRL 9). Es handelt sich dabei um Hohlräume in einer Steinsalzformation im Untergrund, die durch den Abbau von Salzlösungen entstanden sind (durch auslaugen, aussolen). Diese Hohlräume haben eine unregelmäßige, annähernd zylindrische Form mit einem Durchmesser von typischerweise 20 bis 50 Metern und eine Höhe von mehreren hundert Metern. Der Grund der Kavernen liegt in einer Tiefe von bis zu zwei Kilometern. Steinsalz ist ein bewährter Verschluss für Erdgas, Wasserstoff und verschiedene andere Gase wie Stickstoff und



Helium. Womit man in den Salzlagerstätten allerdings noch kaum Erfahrung in größerem Maßstab hat ist das schnelle Ein- und Auspeichern (TRL 6), dies gilt daher als wichtiges Forschungsfeld. Ein aktuelles Projekt bei dem diese Aufgabe auch im Vordergrund steht ist H2CAST in Etzel, Deutschland.

Die Möglichkeiten in leergeförderten Erdgas-Lagerstätten werden bei einer Reihe von wegweisenden Forschungsprojekten in Österreich untersucht. Österreich ist hier mit dem Wasserstoffspeicher „Underground Sun Storage 2030“ in Gampern weltweit führend (TRL 7). Bei diesen Lagerstätten handelt es sich nicht um größere Hohlräume, sondern um poröses Gestein, in das Wasserstoff eingepresst wird. In Deutschland (aber auch in der Tschechischen Republik und Frankreich) wurde früher in großem Maßstab Stadtgas (das 50 bis 60 % Wasserstoff enthält) unterirdisch, vor allen in Aquiferen, gespeichert. Obwohl man auf diese Erfahrungen nun aufbauen kann, ist die Speicherung von reinem Wasserstoff aber erst in der Konzeptphase (TRL 3). Bei Aquiferen handelt es sich um poröse, wasserführende Gesteinsschichten mit unterschiedlicher Speicherkapazität für Wasserstoff. Ein sicherer und gasdichter Verschluss muss dabei durch geologische Untersuchungen, Erkundungsbohrungen und Injektionstests nachgewiesen werden.

Tabelle 1: Einordnung der Reifegrade der Technologien (TRL) (Quelle: T42 Monitoring Report, eigene Einschätzungen)

TRL	Bezeichnung	Kavernen	Hohlräume in Salzlagerstätten	leergeförderte Erdgas-Lagerstätten	Aquifere
1	Nachweis der Grundprinzipien				
2	Ausgearbeitetes (Technologie)-Konzept				
3	Experimentelle Bestätigung des (Technologie-) Konzepts auf Komponentenebene				reiner Wasserstoff
4	Funktionsnachweis der Technologie im Labor(maßstab) auf Systemebene				
5	Funktionsnachweis der Technologie in simulierter, dem späteren Einsatz entsprechender Umgebung	Lulea (SE)			
6	Demonstration der Technologie in simulierter, dem späteren Einsatz entsprechender Umgebung		schnelles Ein- und Auspeichern, Etzel (DE)		
7	Demonstration des Prototypen(systems) in Einsatzumgebung			Gampern (AT)	
8	System technisch fertig entwickelt, abgenommen bzw. zertifiziert				
9	System hat sich in Einsatzumgebung bewährt		langfristige Speicherung		Stadtgas



Anforderungen an die Technik, Kosten

Neben den Speichern sind hier auch noch die technischen Anlagen „über Tage“ (an der Erdoberfläche) von Relevanz, die auf die Eigenschaften von Wasserstoff hin optimiert werden müssen:

- Wasserstoff muss mit hohen Drücken von 200 bis 300 bar eingespeichert werden, was deutlich über dem Druck in Pipelines und vor allen der Vor-Ort-Erzeugungsanlagen liegt. Es ist daher eine zusätzliche Komprimierung mit Kompressoren und in manchen Fällen auch eine Kühlung erforderlich (Wasserstoff erwärmt sich - anders als viele andere Gase - bei der Expansion). Vor der Einspeicherung müssen auch noch Spuren von Öl (aus dem Kompressor) abgeschieden werden.
- Nach dem Ausspeichern muss das Gas entfeuchtet, gereinigt, gemessen und auf entsprechende Drücke und Temperaturen gebracht werden, bevor es eingespeist oder direkt verwendet werden kann.

Für die ökonomischen Betrachtungen spielt auch das sogenannte Kissengas eine wichtige Rolle. Als Kissengas wird das Gas(volumen) bezeichnet, das in einem Speicher erforderlich ist, um den minimal notwendigen Speicherdruck für eine optimale Ein- und Ausspeicherung zu ermöglichen. Das Kissengas kann daher nicht wieder ausgespeichert werden, bleibt aber ein Kostenfaktor.

Zu den Kostenschätzungen für die Errichtung und Betrieb eines Untertagesspeicher liegen noch wenige publizierte und verifizierte Daten vor (Beispiel in Tabelle 2).

Tabelle 2: Kosten (Quelle: Task 42 Monitoring Report)

Kostenart	Einheit	Kaverne	ehem. Lagerstätte
CAPEX Untertage	<i>Euro per kWh</i>	0,44 – 0,69	0,11 – 0,45
CAPEX Anlagenteil über Tage	<i>Euro per kW</i>	205	645
OPEX variabel	<i>Euro per MWh</i>	2,25	3,83
OPEX fix	<i>% pro Jahr</i>	3,7 (über Tage) 0,4 (Untertag)	3,7 (über Tage) 1,5 (Untertag)

Weiterführende Links

HyPA Fact-Sheet zur Speicherung von Wasserstoff (Juni 2023):

<https://www.hypa.at/news/zur-speicherung-von-wasserstoff>

Technology Monitoring Report des Tasks 42 „Underground Hydrogen Storage“ des IEA-Wasserstoffprogramms:

<https://www.ieahydrogen.org/tasks-reports/>

Pilotprojekt in Lulea, Schweden:

<https://www.hybritdevelopment.se/en/hybrit-milestone-reached-pilot-facility-for-hydrogen-storage-up-and-running/>

Forschungsprojekt H2CAST in Etzel, Deutschland:

<https://h2cast.com/de/>

Underground Sun Storage 2030 in Gampern, Österreich:

<https://www.rag-austria.at/forschung-innovation/underground-sun-storage-2030.html>