

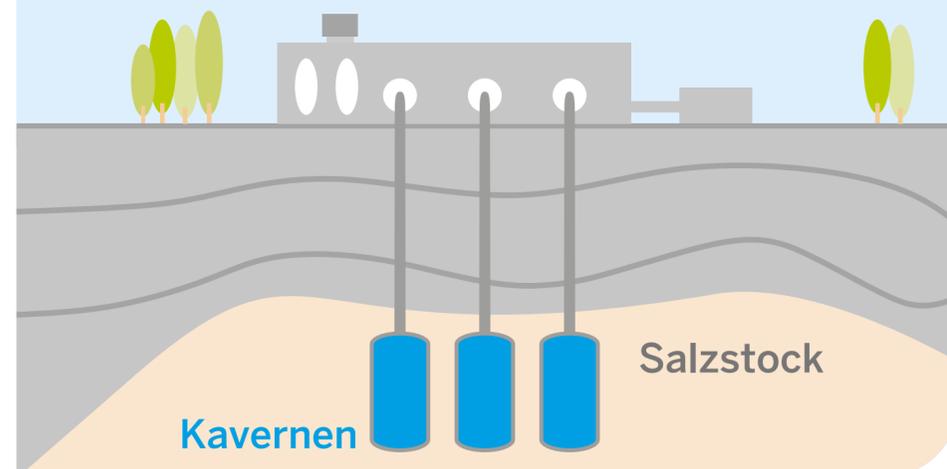
Factsheet: Wasserstoffkavernenspeicher

Europa und insbesondere Deutschland vereinen ideale Voraussetzungen für die Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft. Neben dem Aufbau eines umfangreichen Wasserstofftransportnetzes werden dazu auch ausreichende Möglichkeiten zur Wasserstoffspeicherung benötigt. Die nach derzeitigem Stand einzige großskalige Speicheroption für Wasserstoff sind Salzkavernen, die entweder – wenn sie aktuell als Erdgasspeicher genutzt werden – umgerüstet oder neu geschaffen werden können. Der notwendige Zeitbedarf kann je nach Vorgehen zwischen vier und 15 Jahren betragen.

Welche Fakten und Aspekte sind für eine Bewertung der perspektivischen Wasserstoffspeichersituation relevant und welche Diskussionen müssen hinsichtlich Strategie und Zeithorizont geführt werden?

Salzkavernen

- Salzkavernen sind zumeist künstlich geschaffene, unterirdische Hohlräume, die durch Bohrung und Aussolung von Salzstöcken in Tiefen von 500 bis 2.500 m entstehen.¹
- Die Salzstrukturen reagieren kaum mit dem eingespeicherten Gas und schaffen eine natürliche Dichtigkeit des Speichervolumens.
- Eine einzelne Salzkaverne kann einen Durchmesser von bis zu 100 m und Höhen zwischen 50 und 500 m haben und bietet so einen Speicherraum für 40 bis bis 100 Mio. m³ Gas im Normzustand.¹
- Häufig werden mehrere einzelne Salzkavernen zu einem Gasspeicher zusammengefasst.
- Für den Erhalt der Stabilität der Salzkaverne verbleibt ein Anteil des eingefüllten Gasvolumens als Kissengas dauerhaft in der Kaverne. Der Arbeitsgasanteil stellt den Speicherspielraum der Kaverne dar.



Status Quo Erdgasspeicher

- 30 % des jährlichen Erdgasbedarfs werden in Kavernen und Porenspeichern vorgehalten.
- Erdgas wird überwiegend saisonal genutzt.

Deutschland²

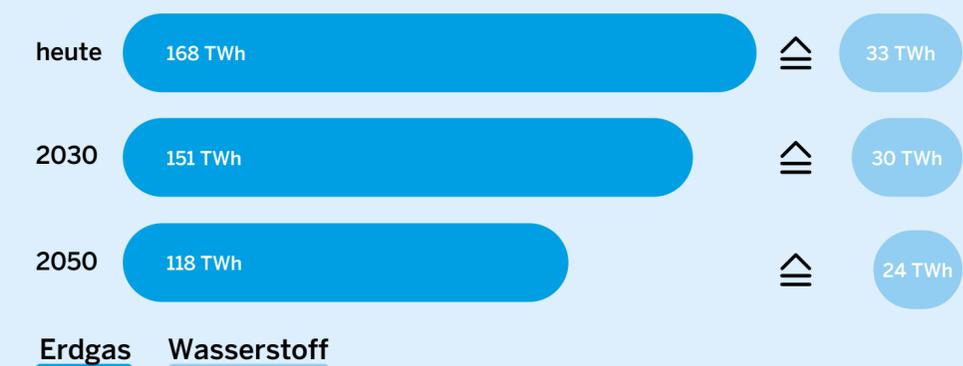


Speicherumrüstung

- Porenspeicher sind zum aktuellen Zeitpunkt für Wasserstoff ungeeignet, da weiterer Forschungsbedarf zur Löslichkeit von Wasserstoffgasgemischen im Wasser und zu geochemischen Wechselwirkungen besteht.
- Die Umrüstung von Erdgaskavernenspeichern auf Wasserstoff ist vollumfänglich möglich. Vergleich des dazu benötigten Zeitaufwands mit der Neuerrichtung eines Kavernenspeichers:
4 bis 5,5 Jahre: Neubau mit fertig gesolter Kaverne
5 Jahre: Umrüstung von Erdgas auf Wasserstoff
10 bis 15 Jahre: Neubau und Solung der Kaverne
- Eine geringere Energiedichte und ein anderes Kompressionsverhalten von Wasserstoff führen dazu, dass bei gleichem Speichervolumen nur 20 % des Energiegehalts von Erdgas gespeichert werden.²
- Das maximale Potenzial bei Umrüstung aller Kavernen in Deutschland beträgt demnach 33 TWh.²

Konvergenz

- Bei Salzkavernen tritt durch Kriechbewegungen des Salzes eine Hohlraumverringering von etwa 1 % pro Jahr auf.² Bei sehr frequenten Be- und Entladungen mit Wasserstoff kann dieser Wert möglicherweise auch höher ausfallen.
- Verringerung des maximalen Speichervolumens:

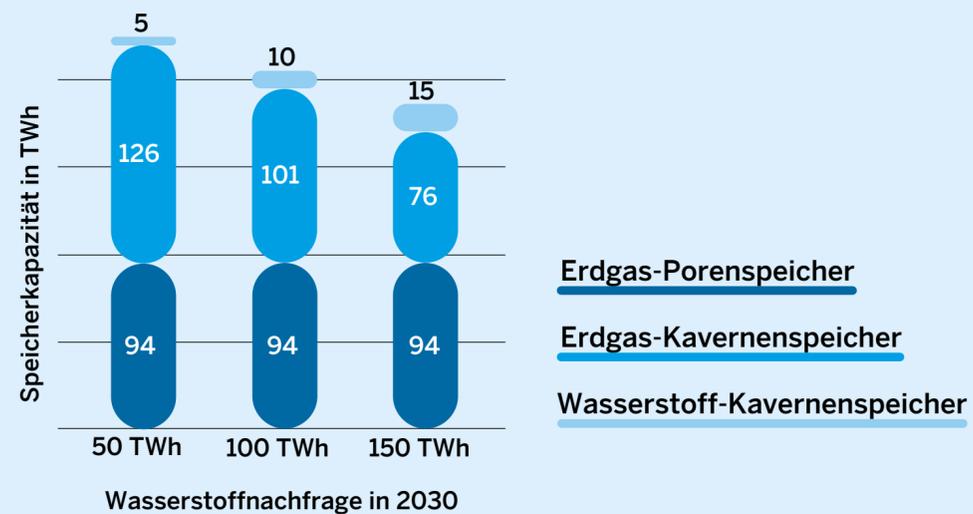


Annahmen zur notwendigen Speicherkapazität

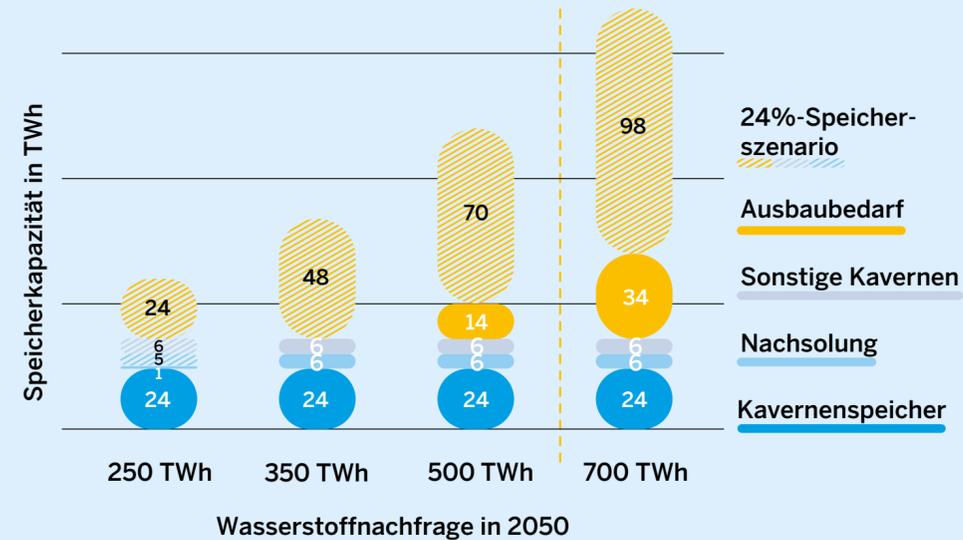
- Die benötigte Speicherkapazität ist stark abhängig von der Entwicklung der Wasserstoffnachfrage in Deutschland. Bis 2045 unterliegen die Prognosen der Szenarien einer großen Spannweite.
- Der Anteil des jährlichen Wasserstoffbedarfs, der eingespeichert werden soll (z.B. 10 %² oder 24 %⁴), ist unsicherheitsbehaftet sowie verschiedenen Einflussfaktoren unterworfen und variiert. Er bestimmt aber maßgeblich die notwendige Wasserstoffspeicherkapazität mit.

Bedarfsentwicklung Wasserstoffspeicher

- Die Analyse beruht auf einem Informations- und Grundlagenpapier des Nationalen Wasserstoffrats² und wird durch weitere Überlegungen ergänzt.
- Simulationen prognostizieren einen Speicherbedarf von 10 % des jährlichen Wasserstoffbedarfs², da im Vergleich zu Erdgas eine geringere Saisonalität und eine volatilere Ein- und Ausspeicherung vorliegt.
- Es werden drei Szenarien mit unterschiedlicher Wasserstoffnachfrage untersucht.²
2030: 50 TWh, 100 TWh oder 150 TWh
2050: 250 TWh, 350 TWh oder 500 TWh
- Bis 2030 lässt sich der Wasserstoffspeicherbedarf durch sukzessive Umrüstung von Erdgaskavernen in allen drei Szenarien vollumfänglich abdecken.



- Bis 2050 müssen alle Kavernenspeicher für die Nutzung mit Wasserstoff umgerüstet werden (24 TWh).
- Hinzu kommt ggfs. die Umwidmung von sonstigen Kavernen sowie Nachsolungen (jeweils maximal 6 TWh).
- Nur bei einer Wasserstoffnachfrage von 500 TWh/a besteht 2050 ein zusätzlicher Ausbaubedarf von 14 TWh.



- Nimmt man als Anteil der einzuspeichernden Wasserstoffmenge 24 %⁴ an, besteht in allen Szenarien zusätzlicher Ausbaubedarf.
- Wird ein Wasserstoffbedarf von 700 TWh (z.B. Langfristszenarien des Bundeswirtschaftsministeriums⁵) prognostiziert, ergibt sich im Jahr 2050 ein Ausbaubedarf von 34 TWh (10 % Szenario), zzgl. 98 TWh im 24 % Speicherszenario.

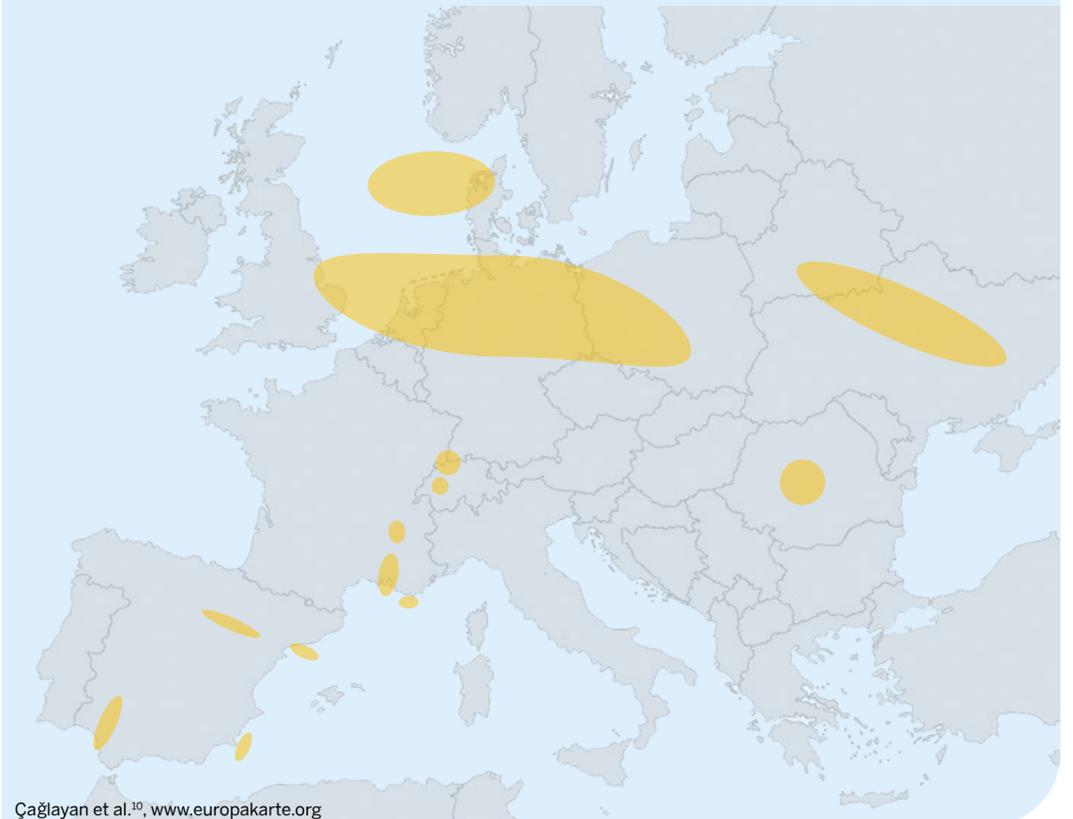
Erste Projekte und Vorhaben in Deutschland

- Uniper: Demonstrationsanlage am Erdgaskavernenspeicher Krummhörn mit Solung einer 250.000 m³ Wasserstoffkaverne (Inbetriebnahme 2024).⁶
- RWE: Kavernenspeicher in Gronau Epe, der im Rahmen von GET H2 eingebunden wird (Inbetriebnahme 2026).⁷
- VNG: Errichtung einer 7.000.000 m³ Forschungskaverne im Rahmen des Projekts HYPOS am Standort Bad Lauchstädt mit Plänen zur Kapazitätserweiterung und Einbindung in die Wertschöpfungskette ab 2026.⁸
- EWE: Bau einer 500 m³ Testkaverne in Rüdersdorf bei Berlin zur Erprobung des Betriebs mit Wasserstoff. Inbetriebnahme und Auswertung erster Ergebnisse erfolgen noch in 2022.⁹

Deutschlands Rolle in Europa

- Deutschland verfügt über das größte nationale Kavernenspeichervolumen Europas.
- Das Energiespeicherpotenzial für Wasserstoff in Salzkavernen an Land und See wird für Deutschland mit 36 PWh abgeschätzt, während Europa auf etwa 85 PWh kommt. Mehr als 40 % der potenziellen Lagerstätten befinden sich demnach in Deutschland.¹⁰
- Europaweit fehlen bis 2050 voraussichtlich 200 TWh Wasserstoffspeicherkapazität.¹¹

Geologische Salzstrukturen für potenzielle Kavernenspeicher in Europa



Leitfrage zur Wasserstoffspeicherkapazität in Gaskavernen bis 2045

Reicht eine Umrüstung der bestehenden Erdgaskavernenspeicherkapazitäten aus, um auch im Jahr 2045 die benötigte Menge Wasserstoff vorhalten zu können oder müssen neue Kavernen, die aktuell gesolt werden, für die Schaffung neuer Wasserstoffkavernenspeicher reserviert werden?

Mit Blick auf Erdgasspeicher

○ Umrüstung

Kann der benötigte Speicherbedarf an Wasserstoff allein durch die Umrüstung von bestehenden Erdgaskavernenspeichern abgedeckt werden?

○ Erdgasspeicherung

Werden Erdgasspeicherkapazitäten im gleichen Maße frei wie für den Ausbau an Wasserstoffspeicherkapazitäten benötigt oder erfordert ein möglicher Importstopp von russischem Erdgas kurz- und mittelfristig das andauernde Vorhalten größerer Erdgasmengen in den vorhandenen Speichern?

○ Paralleler Wasserstoffausbau

Muss eine Wasserstoffspeicherinfrastruktur phasenweise bereits parallel zur bestehenden Erdgasspeicherung aufgebaut werden?

Mit Blick auf Europa

○ Europäischer Bedarf

Ist die Betrachtung einer europäischen Bedarfsanalyse an Wasserstoffspeichern notwendig?

○ Konkurrenzsituation

Welche Konkurrenzsituationen um innerdeutsche Speicherstätten könnten ggfs. mit ausländischen Interessenten entstehen?

Kontakt

Dr.-Ing. Christian Scholz
Projektmanager Industrie & Produktion

Dr.-Ing. Stefan Herrig
Projektmanager Industrie & Produktion

E-Mail: wasserstoff@energy4climate.nrw

NRW.Energy4Climate
Zweigniederlassung Gelsenkirchen
Munscheidstr. 14
45886 Gelsenkirchen

Mit Blick auf den Zeithorizont

○ Bauzeit

Wann ist der Zeitpunkt zum Handeln erreicht, wenn für Wasserstoffkavernenspeicher eine Umrüst- oder Errichtungszeit von vier bis 15 Jahren veranschlagt wird?

○ Synergieeffekte

Kann bereits vor diesem Zeitpunkt agiert werden, um Synergieeffekte wie die Einplanung von sich ohnehin zum Zweck der Solegewinnung in der Solung befindlichen Kavernen auszunutzen?

○ Servicedienstleistungen

Wie kurzfristig werden Know-how, Material und Servicedienstleister (Equipment, Personal) für den verstärkten Speicherausbau verfügbar sein?

○ Wasserverbrauch

Welchen standortabhängigen Einfluss nimmt der für die Solung von neuen Kavernen notwendige Wasserverbrauch auf den Zeitplan?

○ Genehmigungsprozess

Wie entwickelt sich die Dauer von Genehmigungsprozessen für die Umrüstung und den Betrieb von Kavernenspeichern mit Wasserstoff (aktuell inkl. privatrechtlicher Vereinbarungen ca. zweieinhalb Jahre ²⁾?)

Quellen

- ¹ Bundesverband Geothermie 2020: Lexikon der Geothermie - Kaverne.
- ² NWR 2022: Die Rolle der Untergrund-Gasspeicher zur Entwicklung eines Wasserstoffmarktes in Deutschland. Berlin: Nationaler Wasserstoffrat.
- ³ LBEG 2020: Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland 2020. Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie.
- ⁴ Gas Infrastructure Europe; Guidehouse 2021: Picturing the value of underground gas storage to the European hydrogen system. Utrecht.
- ⁵ Consentec; Fraunhofer ISI; ifeu; TU Berlin 2021: Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 – Kurzbericht: 3 Hauptszenarien. Karlsruhe: Consentec GmbH; Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung; Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; Technische Universität Berlin.
- ⁶ Uniper 2022: Uniper erprobt Speicherung von Wasserstoff im Erdgasspeicher Krummhörn.
- ⁷ RWE 2022: Planungen für Wasserstoffspeicher in Gronau laufen an. RWE Gas Storage West GmbH.
- ⁸ VNG 2022: Großer Meilenstein im Wasserstoffprojekt „Energiepark Bad Lauchstädt“. Verbund Netz Gas AG.
- ⁹ EWE AG 2020: EWE übernimmt bei Wasserstoffspeicherung Vorreiterrolle.
- ¹⁰ Çağlayan, Dilara Gülçin et al. 2020: Technical potential of salt caverns for hydrogen storage in Europe. In: International Journal of Hydrogen Energy 45 (11), S. 6789-6805.
- ¹¹ Agora Energiewende; Agora Industry 2021: 12 Insights on Hydrogen – Impulse. Berlin.