

Wasserstoff im Untergrund speichern

Potenziale, Herausforderungen und Ausblick

H2 Lunch & Learn

Maximilian Heneka, 22.10.2025

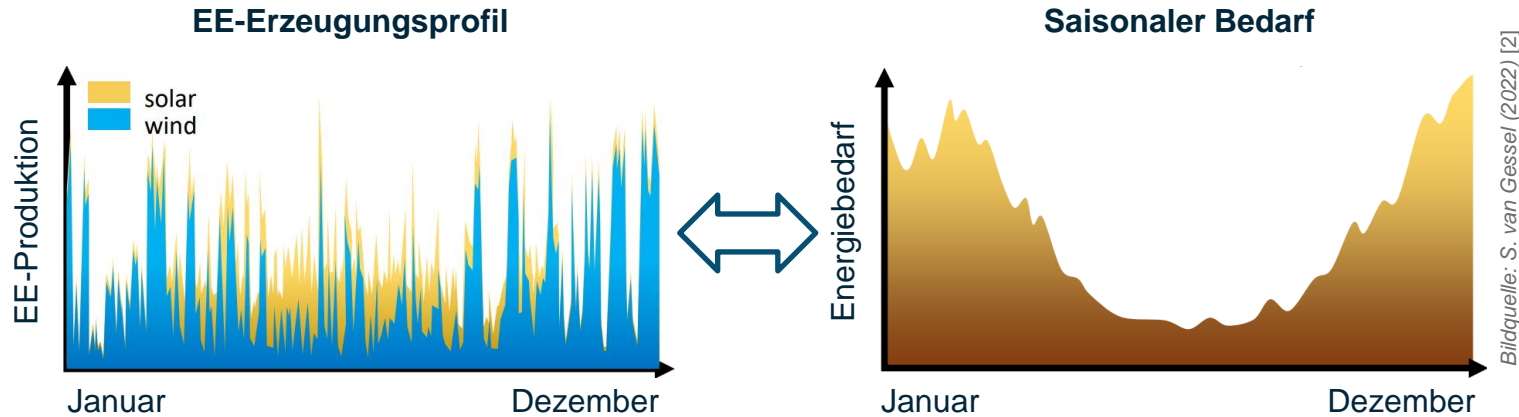


***Wasserstoffspeicher werden
perspektivisch energetisch
die bedeutsamste
Speichertechnologie sein
[...]***

BMWK (2024). Systementwicklungsstrategie [1]



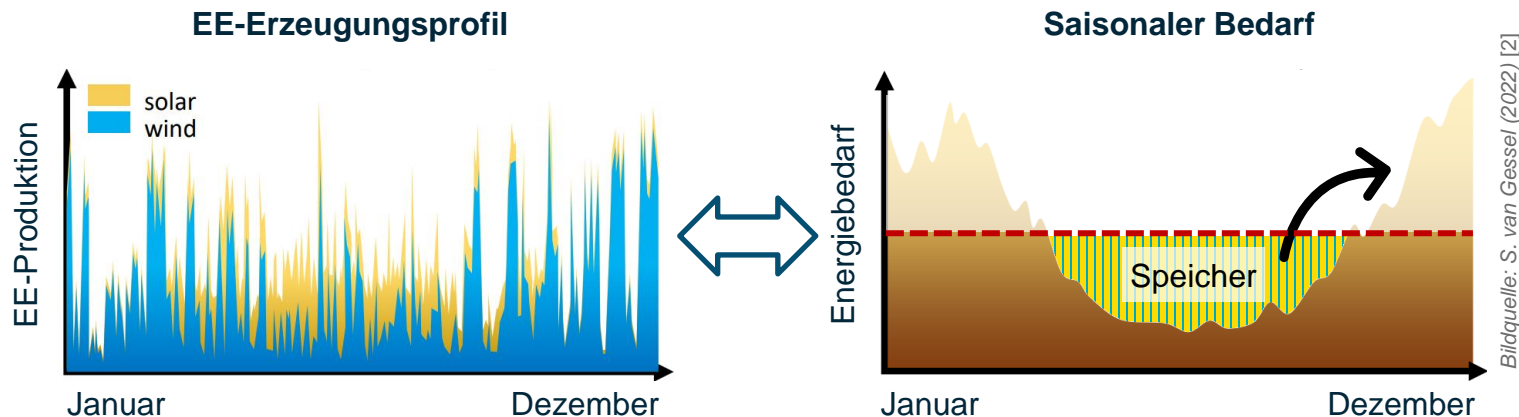
Bildquelle: BMWK 2024 [1]



Wind- und Solarenergie unterliegen saisonalen und wetterbedingten Schwankungen

- Fluktuierendes Erzeugungsprofil der Erneuerbaren Energien (EE)
- EE-Überschüsse insbesondere in den Sommermonaten
- Eingeschränkte EE-Produktion und höherer Energiebedarf in den Wintermonaten

➔ Überschüsse müssen in Zeiten mit geringer EE-Einspeisung verschoben werden

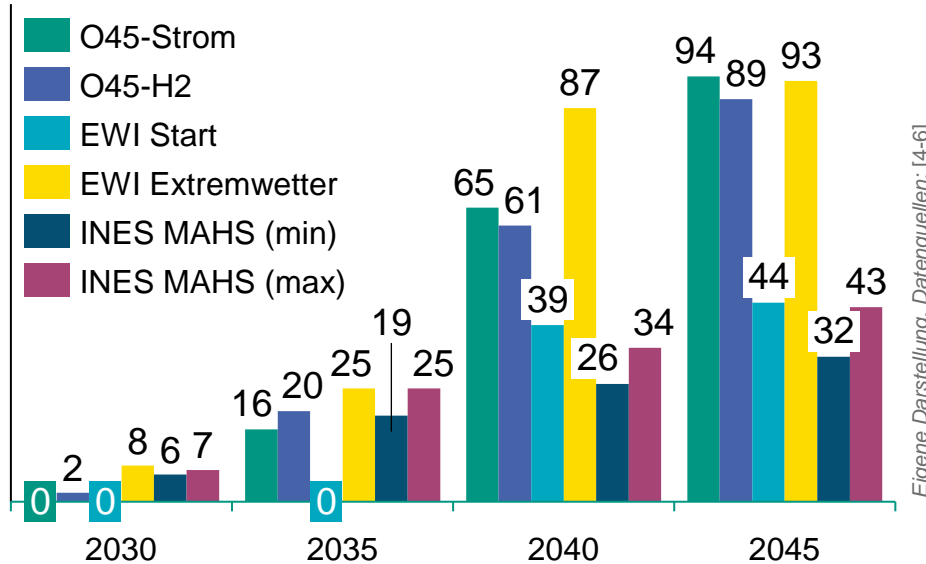


Wasserstoff-Untertagegasspeicher (UGS) ermöglichen die zeitliche Verschiebung großer Energiemengen (bis zu TWh-Skala) über lange Zeiträume (Wochen bis Monate)

- Deckung Flexibilitätsbedarf bei Strommangellagen (H_2 -Rückverstromung)
- Zuverlässige Versorgung der Industrie auch bei schwankendem H_2 -Angebot
- Sicherstellung der H_2 -Versorgung in Krisenzeiten

Zukünftige
Anwendungsfelder
der H_2 -UGS
(Systemperspektive)

Wasserstoffspeicherbedarf in Deutschland in TWh



Einflussgrößen:

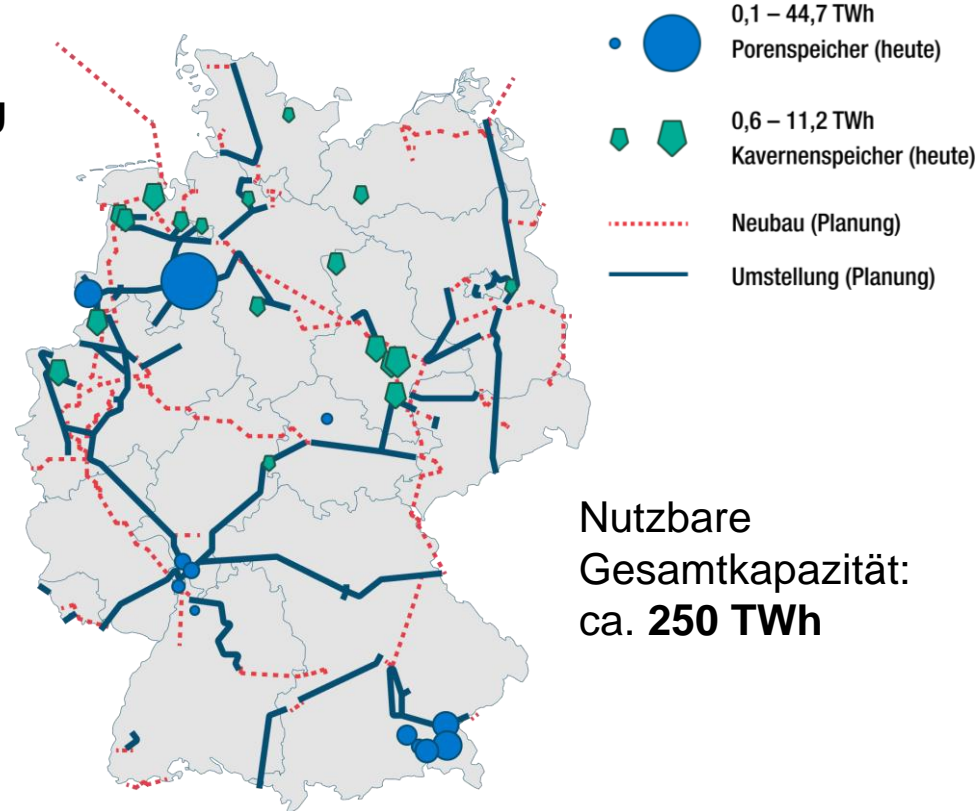
- Sektorale Verteilung der H₂-Bedarfe
- Höhe und Volatilität der H₂-Produktion
- Speicherbetrieb (Zykluszahl)
- Höhe und Flexibilität von Importen
- Flexibilitätsbedarf der Nachbarländer
- Wetterjahr
- ...

Deutschland verfügt über die höchsten Untertagegasspeicherkapazitäten in der EU

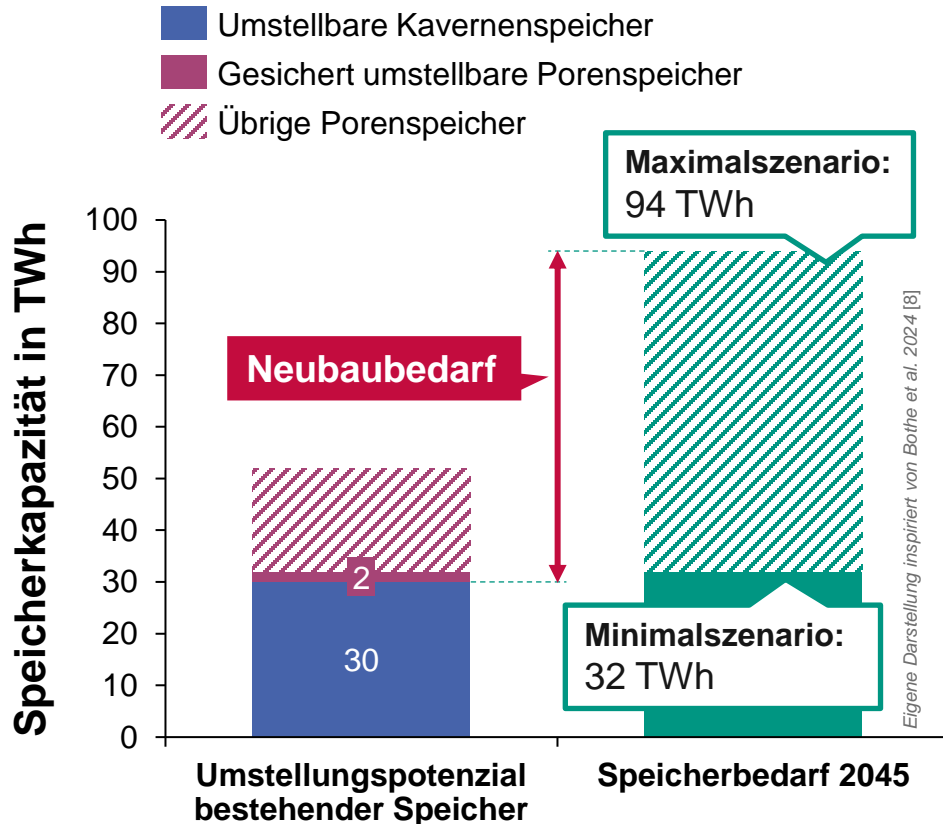
- 44 Untertagegasspeicher mit 250 TWh
 - 29 Kavernenspeicher (155 TWh)
 - 15 Porenspeicher (95 TWh)
- Speicherstandorte befinden sich häufig in unmittelbarer Nähe zum H₂-Kernnetz



Für den Aufbau der erforderlichen H₂-Speicherkapazitäten bietet es sich an, bestehende Erdgas-UGS umzustellen

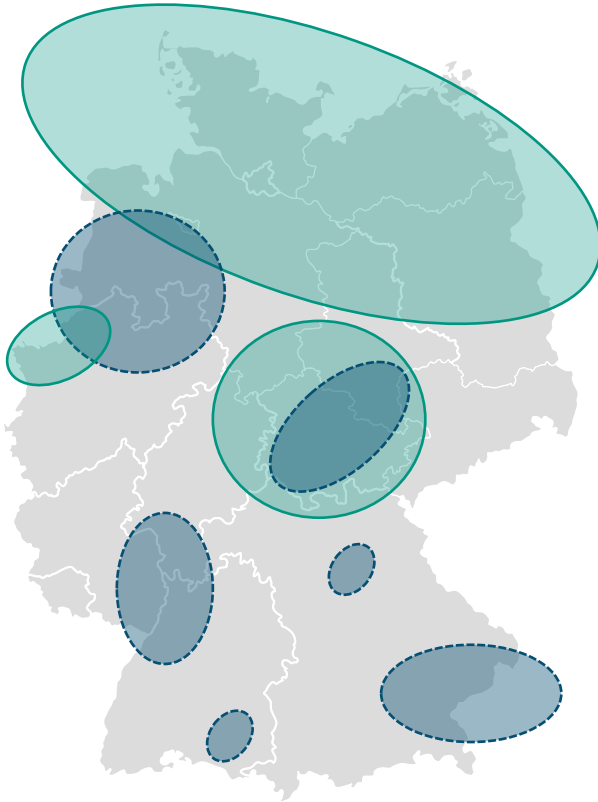


Bildquelle: DVGW, Datenquelle: LBEG 2025 [7]



- Aufgrund der geringeren volumetrischen Energiedichte von H_2 reduziert sich die Speicherkapazität um etwa 20 % gegenüber des Erdgasbetriebs
- Außerdem: Transformationspfad für bestehende Erdgasspeicher hängt von Entwicklung des Erdgasverbrauchs und dem Erdgasspeicherbedarf ab

Umstellung allein reicht (sehr wahrscheinlich) nicht!



Eigene Darstellung

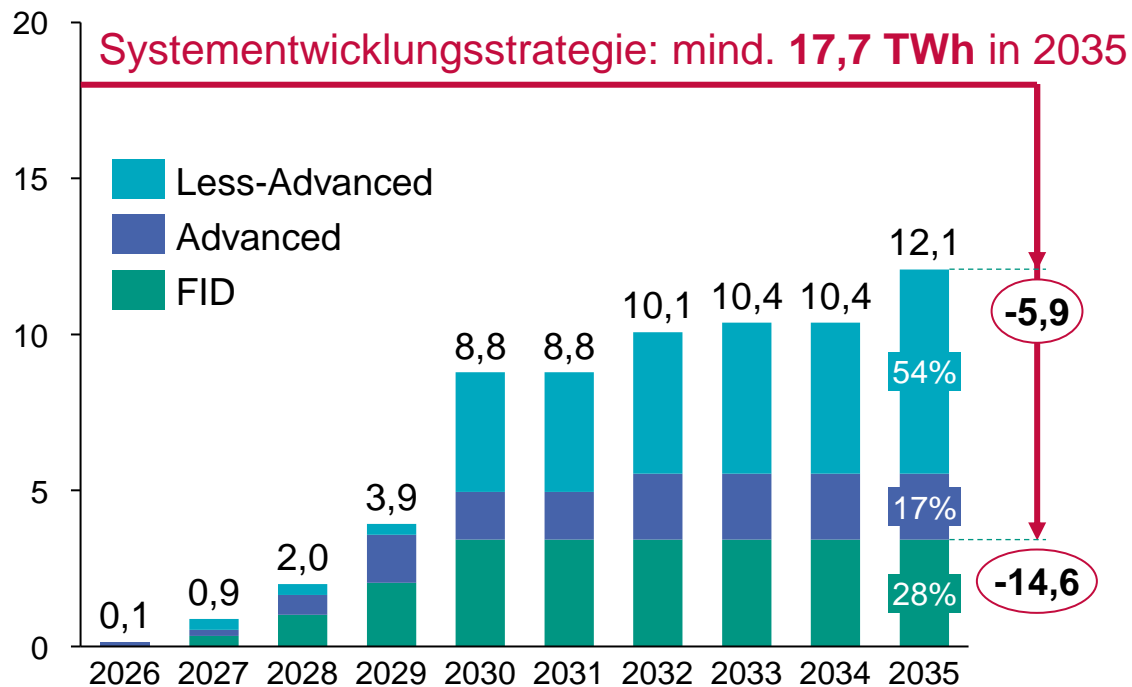
○ Kavernenspeicher

- Große Potenziale im Norddeutschen Becken im Zechsteinsalz (bis 12.000 TWh)
- Räumliche Nähe zu Küstenregionen und damit zu Offshore-Windparks und potenziellen Elektrolysestandorten

● Porenspeicher

- Sehr große Potenziale bis 27.000 TWh
- Geologische Gegebenheiten für Porenspeicher auch in Süddeutschland zu finden
- Tatsächliche Eignung für H₂ erfordert Einzelfallprüfung (u.a. Mikroorganismen)

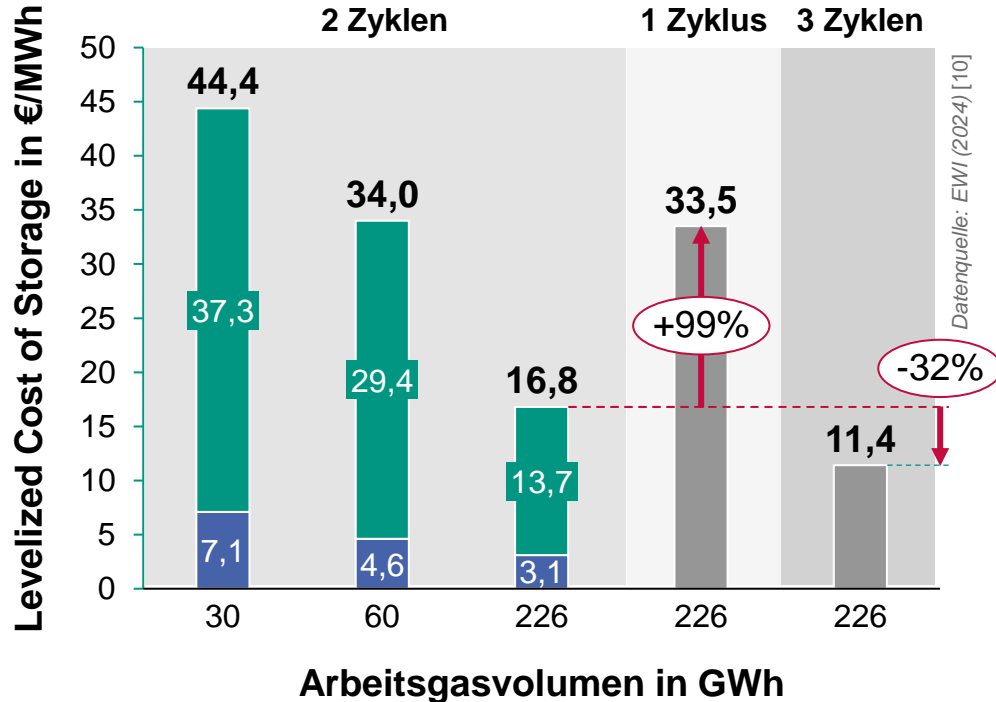
Geplante Wasserstoffspeicherprojekte (n=18) in Deutschland Speicherkapazität (kumuliert) in TWh



- Ab 2030 zügig steigender Speicherbedarf, aber Stagnation bei den Final Investment Decisions (FIDs)!
- Potenzielle Speicherlücke 2035: 5,9 bis 14,6 TWh

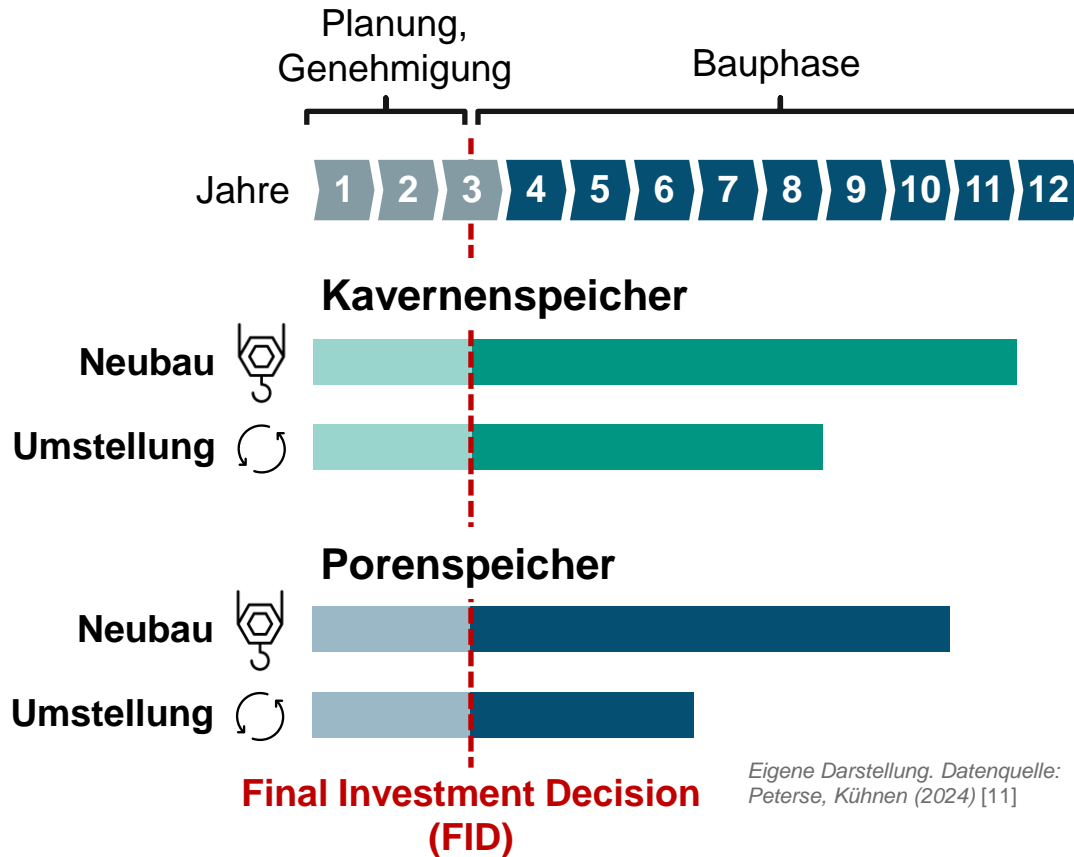
Was sind die Hemmnisse?

Levelized Cost of Storage für H₂-Kavernenspeicher (Neubau)



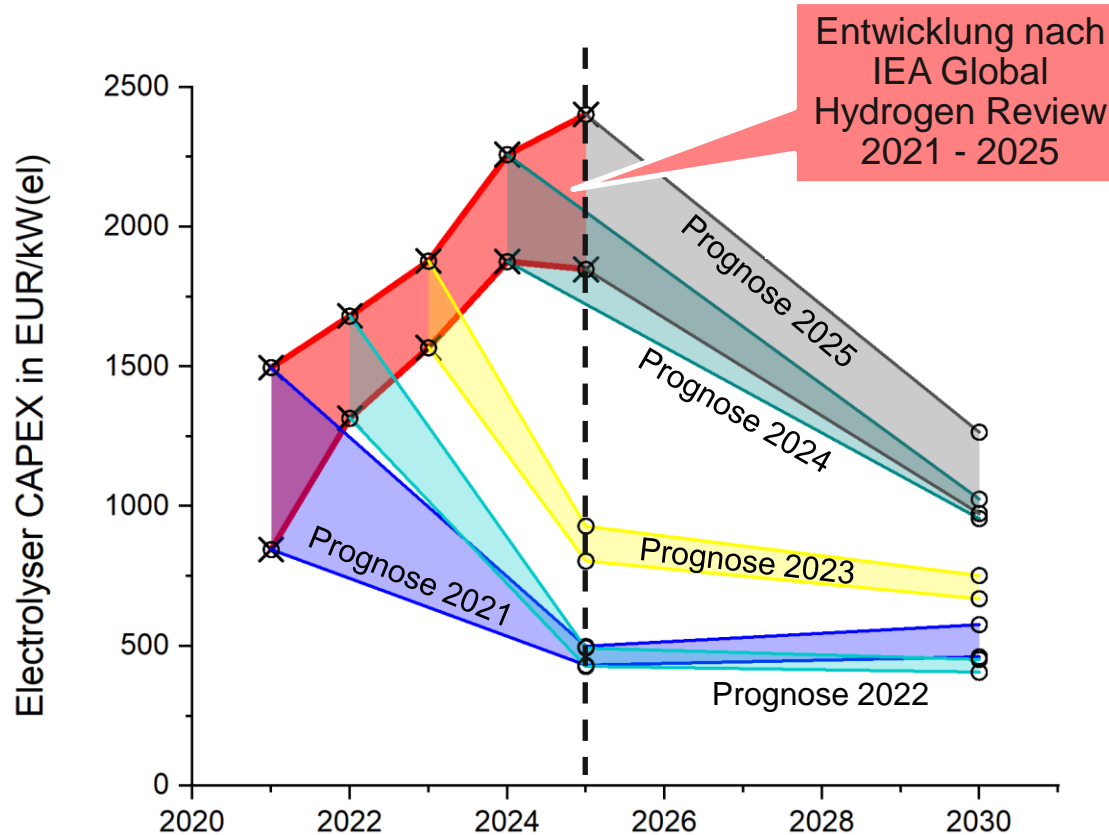
- Investitionsausgaben CAPEX
- Betriebsausgaben OPEX
- SUMME

- Hohe Investitionsbedarfe erfordern konkrete Buchungszusagen, um die Rentabilität bewerten zu können
- Die Kosten für die Speicherung werden auch durch die zukünftige Speichernutzung (Mengen, Zyklen) bestimmt



Eigene Darstellung. Datenquelle: Peterse, Kühnen (2024) [11]

- Aufgrund der langen Vorlaufzeiten sind frühzeitige Investitionen erforderlich, um den H₂-Speicherbedarf zu decken
- Die Umstellung spart gegenüber dem Neubau 3 bis 4 Jahre ein



- Die globale Kostenentwicklung für die physischen Komponenten der Elektrolyse wurden in der Vergangenheit regelmäßig zu optimistisch angenommen
- Die Nachfrage nach H₂-Produkten ist aktuell sehr fragil

Quelle: Eigene Darstellung inspiriert von FfE (2025) [12].
Datenquellen: IEA Global Hydrogen Reviews 2021 - 2024 [13]

- Die Bedeutung der H₂-UGS nimmt aufgrund der zunehmend fluktuierenden Strombereitstellung durch Erneuerbare Energien zu
- Deutschland verfügt über ausreichend geologische Potenziale, um den Bedarf an H₂-Speichern zu decken
- Der Neubau von H₂-UGS dauert mehr als 10 Jahre und hat lange Vorlaufzeiten
- Die Umstellung bestehender Erdgasspeicher ist ein schneller Weg, um die benötigten Speicherkapazitäten und –Leistungen bereitzustellen
- Aktuelle Unsicherheiten (Kosten, Nachfrage, Geschäftsmodell) gefährden die Ausbauziele und damit die Energiewende

 **Die Randbedingungen müssen zeitnahe definiert werden!
(Umsetzung Kraftwerksstrategie, H₂-Speicherstrategie)**



Vielen Dank. Fragen?

Maximilian Heneka
Leiter Fachgebiet Systemanalyse
Arbeitsgruppe Systeme und Netze
T +49 721 608-41225 · heneka@dvgw-ebi.de

Hier erfahren Sie
mehr über uns



Anhang

Investitionsbedarf für den Neubau und die Umrüstung von Untertagegasspeichern auf H₂ (in Euro pro Megawattstunde)

Literaturquelle	Kavernenspeicher		Porenspeicher	
	Neubau	Umstellung	Neubau	Umstellung
DBI et al. 2022 [12]	229	39	–	93
INES 2023 [25] ⁶	550	–	–	–
EWI 2024 [13] ⁷	280	226	293	259
dena 2024 [9]	468	79	–	190
Guidehouse 2023 [26]	900	600	–	450

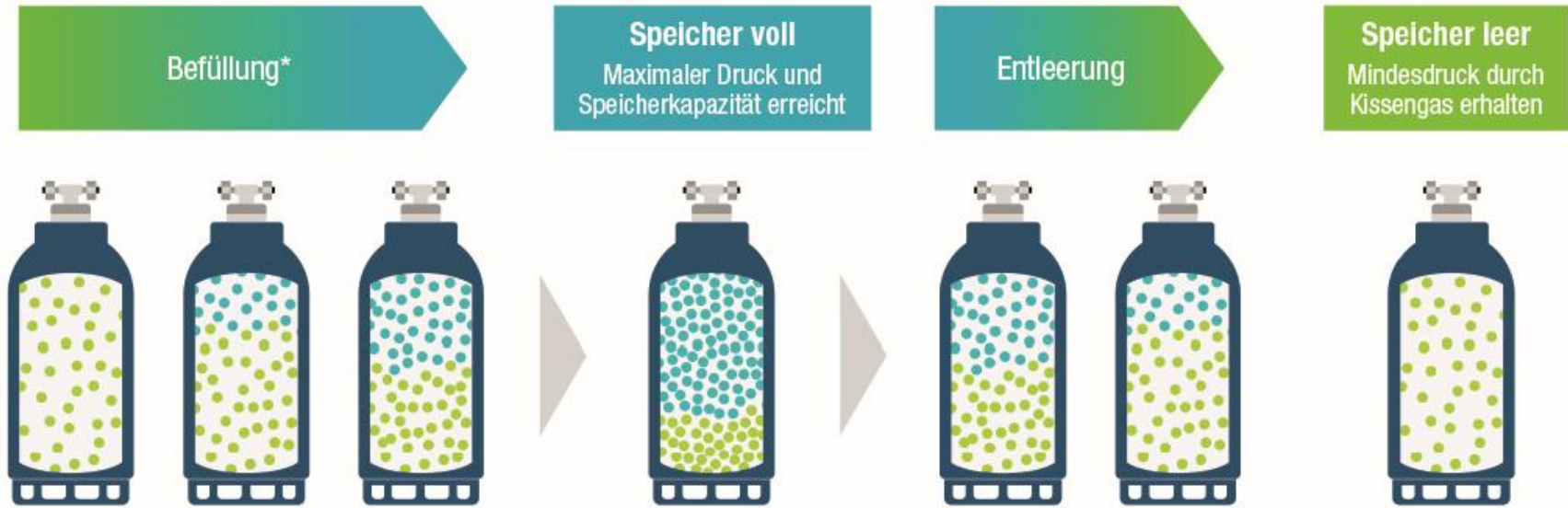


Abbildung 2: Schematische Darstellung von Kissen- und Arbeitsgas (aktuell beide bestehend aus Erdgas und perspektivisch aus Wasserstoff) beim Befüllen und Entleeren eines Speichers am Beispiel einer Gasflasche. Eigene Darstellung

* In der Praxis verbleibt das Kissengas nicht am Boden, sondern mischt sich komplett durch Konvektion mit dem Arbeitsgas.

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, "Systementwicklungsstrategie 2024", Berlin, Nov. 2024.
- [2] S. van Gessel, "Bulk Storage of Hydrogen: EU Perspective", 10. Feb. 2022.
- [3] U.S. Department of Energy, Hg., *U.S. DOE Energy Storage Handbook*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.sandia.gov/ess/publications/doe-oe-resources/eshb>
- [4] A.-K. Klaas, D. Schlund, J. H. Kopp und M. Vey, "Die Bedeutung von Wasserstoffspeichern: Eine Analyse der Bedarfe, Potenziale und Kosten", März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2024/03/EWI_Die-Bedeutung-von-Wasserstoffspeichern.pdf. Zugriff am: 29. April 2025.
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, *Langfristszenarien 3: Wissenschaftliche Analysen zur Dekarbonisierung Deutschlands - Szenarioexplorer*. [Online]. Verfügbar unter: <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/> (Zugriff am: 25. April 2025).
- [6] Initiative Energien Speichern e.V., Hg., "Wasserstoffspeicherbedarfe in Deutschland: Vorstellung der Ergebnisse der MAHS – Market Assessment for Hydrogen Storage", 22. Jan. 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://energien-speichern.de/wp-content/uploads/2025/01/INES-Praesentation_MAHs-Ergebnisse.pdf. Zugriff am: 13. Mai 2025.
- [7] LBEG, "Untertage-Erdgasspeicherung in Deutschland", *EEK*, Jg. 141, Nr. 2, S. 43–49, 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/215811/Untertage-Gasspeicherung_in_Deutschland_Stand_1.1.2024_.pdf
- [8] D. Bothe, M. Janssen, J. Biller und A. Lane, "FINANZIERUNGSMECHANISMUS FÜR DEN AUFBAU VON WASSERSTOFFSPEICHERN", Aug. 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/Frontier_Economics_-_Finanzierungsmechanismus_f%C3%BCr_Wasserstoffspeicher_-_FINAL.pdf. Zugriff am: 13. Mai 2025.
- [9] ENTSG, *Ten-Year Network Development Plan 2024: TYNDP 2024 Annex A - Projects*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.entsog.eu/tyndp#entsog-ten-year-network-development-plan-2024> (Zugriff am: 15. Mai 2024).
- [10] P. Schnaars *et al.*, "Wasserstoffspeicher in Deutschland und Europa: Modellbasierte Analyse bis 2050", Okt. 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2024/10/EWI-Gutachten-Wasserstoffspeicher-in-Deutschland-und-Europa-Modellbasierte-Analyse-bis-2050.pdf>. Zugriff am: 13. Mai 2025.
- [11] J. Peterse, L. Kühnen und H. Lönnberg, "The role of underground hydrogen storage in Europe: H2eart for Europe", Paris, Jan. 2024.
- [12] FfE, "Von der Theorie zur Praxis: Warum grüner Wasserstoff teurer ist als gedacht: Diskussionspapier", 16. Juni 2025.
- [13] International Energy Agency, "Global Hydrogen Review 2025", Sep. 2025.