

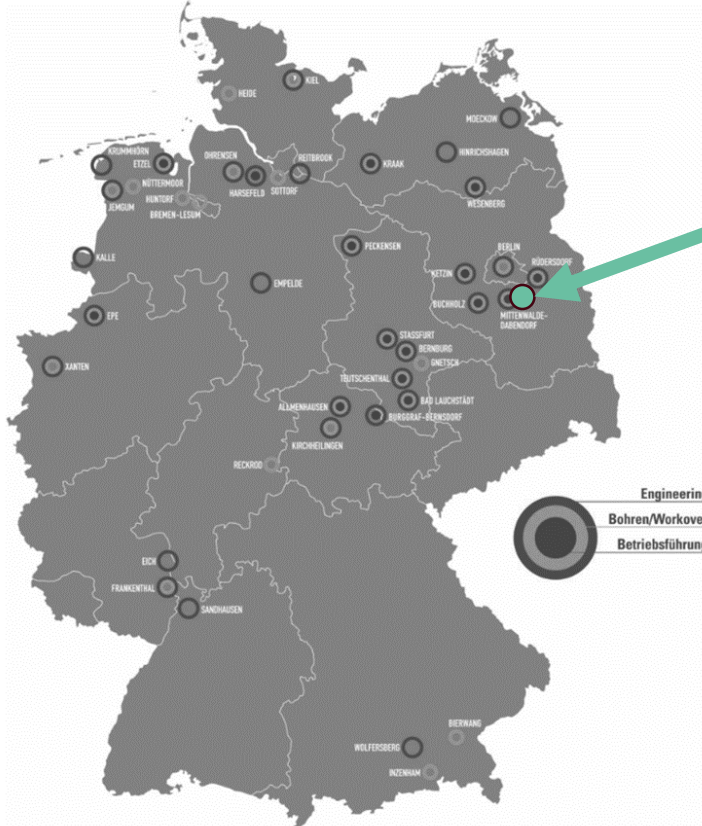
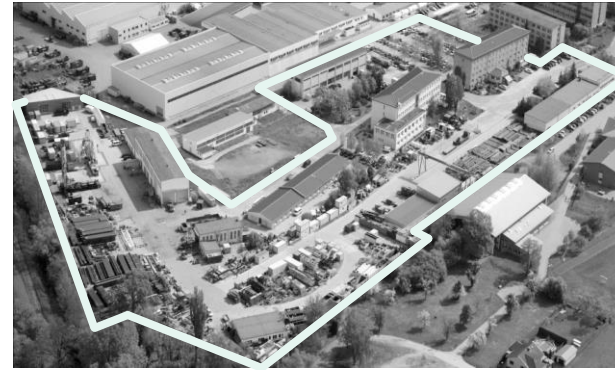
10.04.2024

Möglichkeiten der Speicherung von Wasserstoff im Untergrund

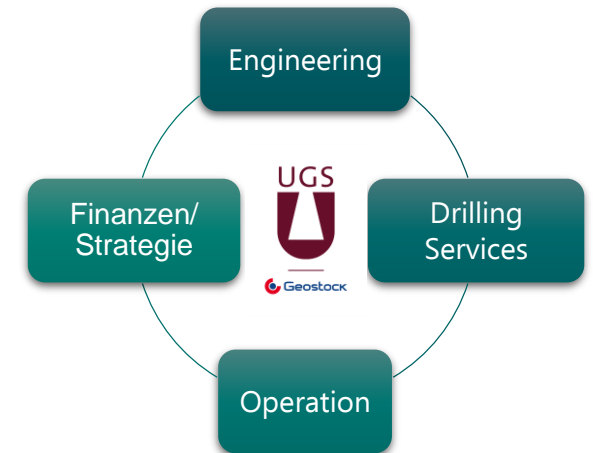
Symposium Geopotenziale im Untergrund - Erdwärme
und Energiespeicher

Martina Pischner und Dr. Hagen Feldrappe
Untergrundspeicher- und Geotechnologie-Systeme GmbH

UGS GmbH

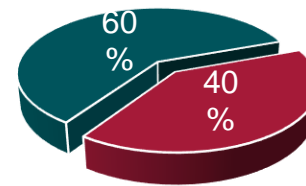


- Unternehmen in Mittenwalde bei Berlin
- aus einem Erdöl-Erdgas-Erkundungsbetrieb hervorgegangen (1962)
- mehr als 50 Jahre Erfahrung in Erkundung/Erweiterung, Bau, Betrieb und Stilllegung von Untergrundspeichern, Geothermie und Solegewinnung



- Untergrundspeicherung
- Engineering, Consulting
 - Errichtung
 - Betrieb und Wartung

Shareholder



- Speichergesellschaft
- Betrieb
 - Gasversorgung
 - Handel

Zukunft Wasserstoffspeicherung

Nationale Wasserstoffstrategie wird fortgeschrieben

Grüner Wasserstoff ist wichtig, um Deutschland bis 2045 klimaneutral zu machen. Denn umgewandelt in Wasserstoff kann erneuerbarer Strom gut gespeichert und transportiert werden.

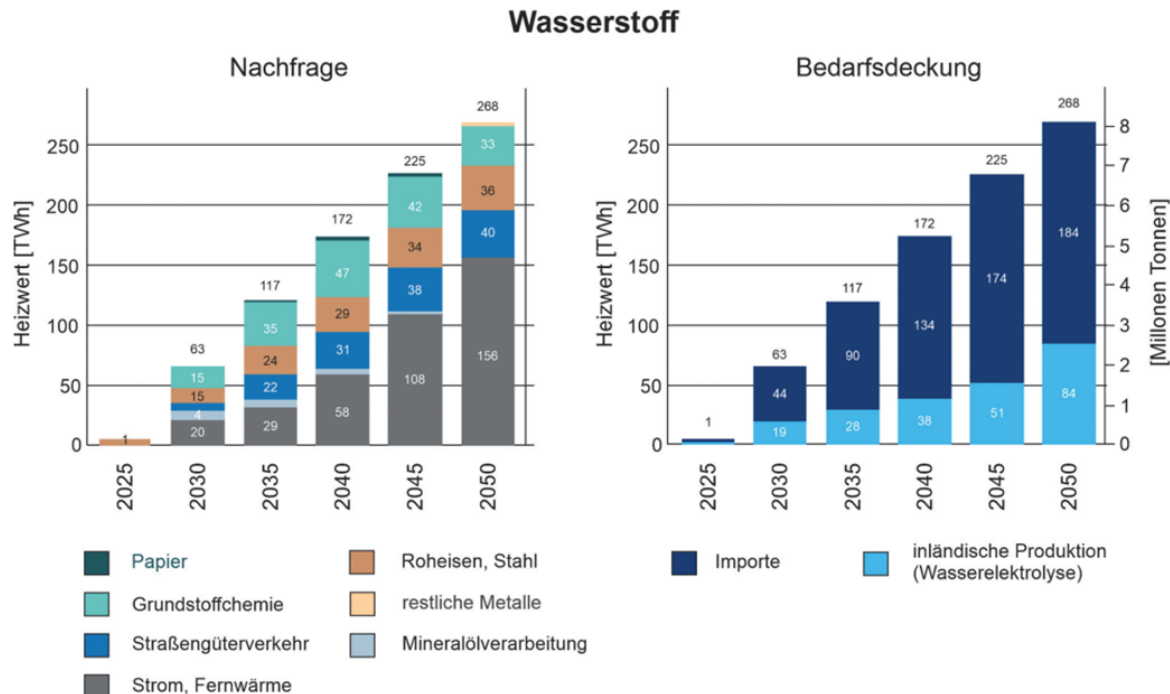
Was ist geplant?

- Wasserstoffkapazität bis 2030 auf 10 Gigawatt ausbauen
- Leitungsnetz mit 1.800 Kilometern bis 2027/2028 aufbauen



Quelle: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/wasserstoff-technologie>

Entwicklung Wasserstoff Verbrauch



H2-Anwendungssektoren und Nachfrage

- sicher ist: zukünftiger Bedarf an H2 wird steigen
- H2-Verwertungsmodelle bzw. Entwicklung der H2-Nachfrage bei heutigen Betrachtungen z. T. noch unklar
- Hauptsächlich in der Industrie
 - Als chemischer Grundstoff
 - Zur Wärmebedarfsdeckung
- Primärenergiebedarf (Rückverstromung und Heizen)
- Verkehr (alles außer PKW)

→ große Spannweite bei Prognosen der Szenarien bis 2050 („Metastudie Wasserstoff“)

Quelle: Warnecke & Röhling, Z. Dt. Ges. Geowiss. (J. Appl. Reg. Geol.), „Untertägige Speicherung von Wasserstoff – Status quo“, 09/2021

Zukunft Wasserstoffmarkt in Europa



Important Projects of Common European Interest – 3. Vorhaben genehmigt (IPCEI Hy2Infra)

- 6,9 Mrd € öffentliche Mittel,
- zusätzlich 5,4 Mrd € Investitionen aus der Wirtschaft erwartet
- 32 Unternehmen, 33 Vorhaben



- Förderung des Aufbaus einer Wasserstoffinfrastruktur
- Förderung von H₂-Marktwettbewerb, Versorgungssicherheit, Nachfrage und grenzüberschreit. Zusammenarbeit zwischen europäischen Ländern und ihren Nachbarn
- 28 Länder der EU
- 27.000 km in 2030
- 53.000 km in 2040

REPowerEU

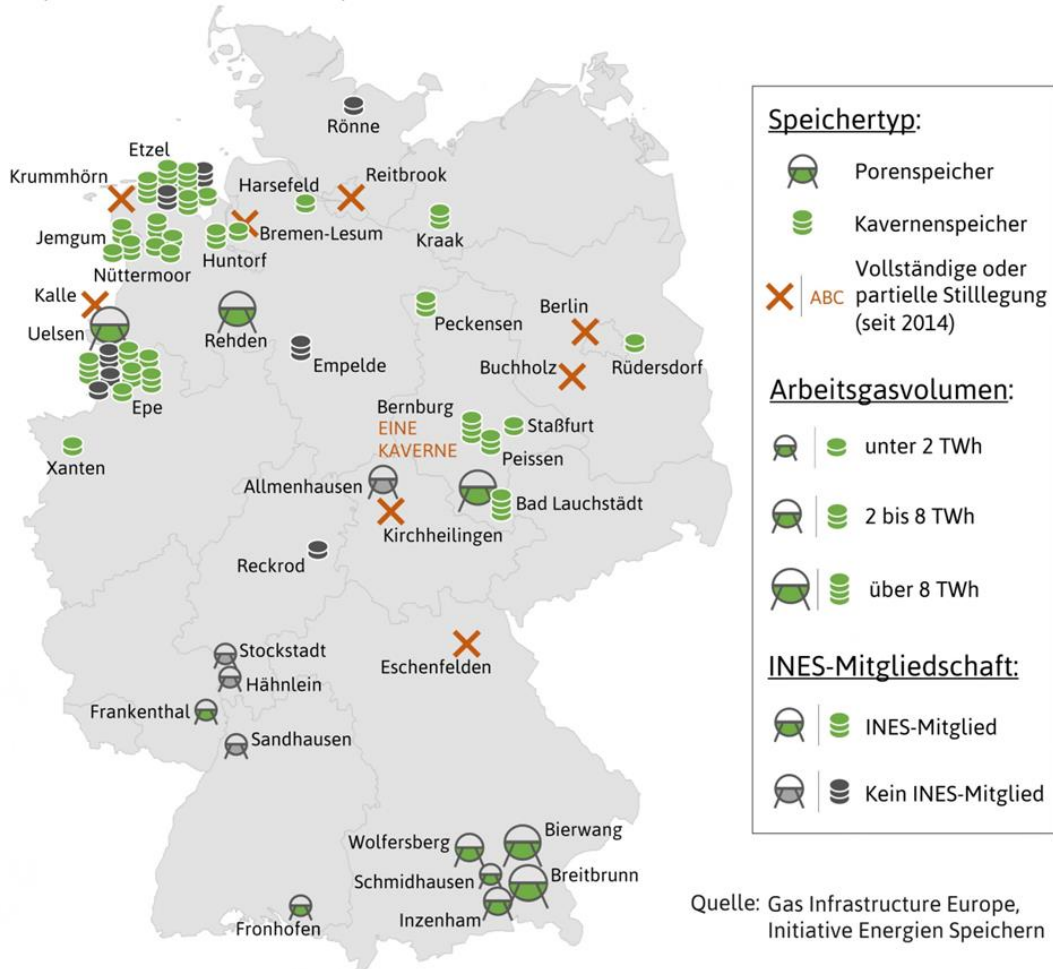
- Strategie EU für erschwingliche, sichere und nachhaltige Energie
- Reduktion der Abhängigkeit von Öl und Gas
- Diversifizierung, Teilhabe, Einsparung
- Investition in erneuerbare Energien in Form von Zuschüssen und Darlehen.

PCI/PMI – Projects of Common and Mutual Interest

- Beschleunigung und Bündelung von Genehmigungsverfahren (max. 3,5 Jahre)
- Finanzielle Förderung von grenzübergreifenden Infrastrukturprojekten

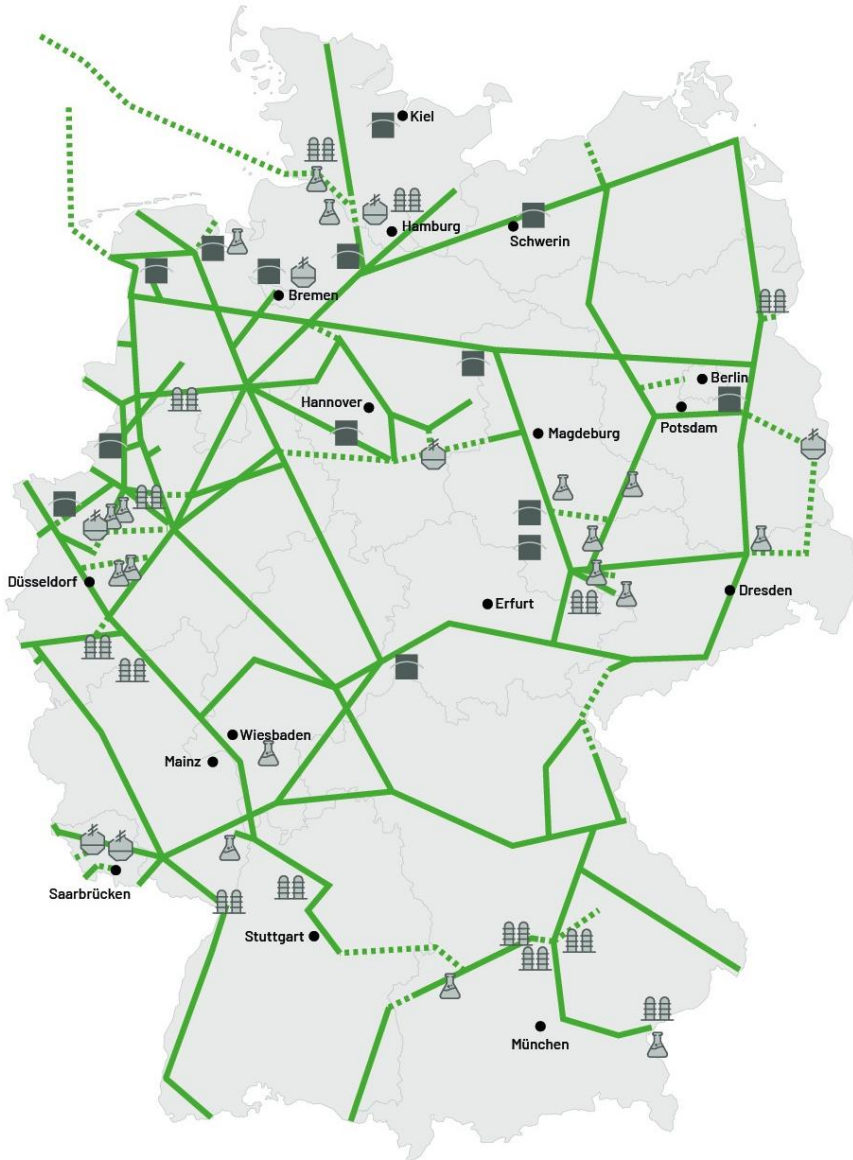
Rolle der Unterspeicher

Gasspeicherstandorte in Deutschland (Stand: Januar 2023)



- grundsätzlich stehen Porenspeicher und Kavernenspeicher zur Verfügung
- aufgrund der geologischen Voraussetzungen und potenziell höheren Ein-/Auspeiseraten gelten Kavernenspeicher als leistungsfähiger und besser geeignet für die H₂-Speicherung
- Porenspeicher → erweiterter Untersuchungsbedarf
- günstige Voraussetzungen in Europa/Deutschland für die Etablierung der H₂-Wirtschaft
 - eine Vielzahl von Bestandskavernen vorhanden bzw. Möglichkeit zur Speichererweiterungen sind gegeben

Wasserstoff-Netz 2050



- Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) entwickeln Wasserstoffnetz für ein klimaneutrales Deutschland (kurz: H2-Netz 2050)

Plan bis 2050

- H2-Netz 2050 ca. 13.300 km lang
- davon ca. 11.000 km aus umgestellten Gasleitungen
- Investitionskosten etwa 18 Mrd. Euro

Verbrauchsschwerpunkte

-  Raffinerien
-  Chemie
-  Stahlindustrie

Speicherung

-  Kavernenspeicher

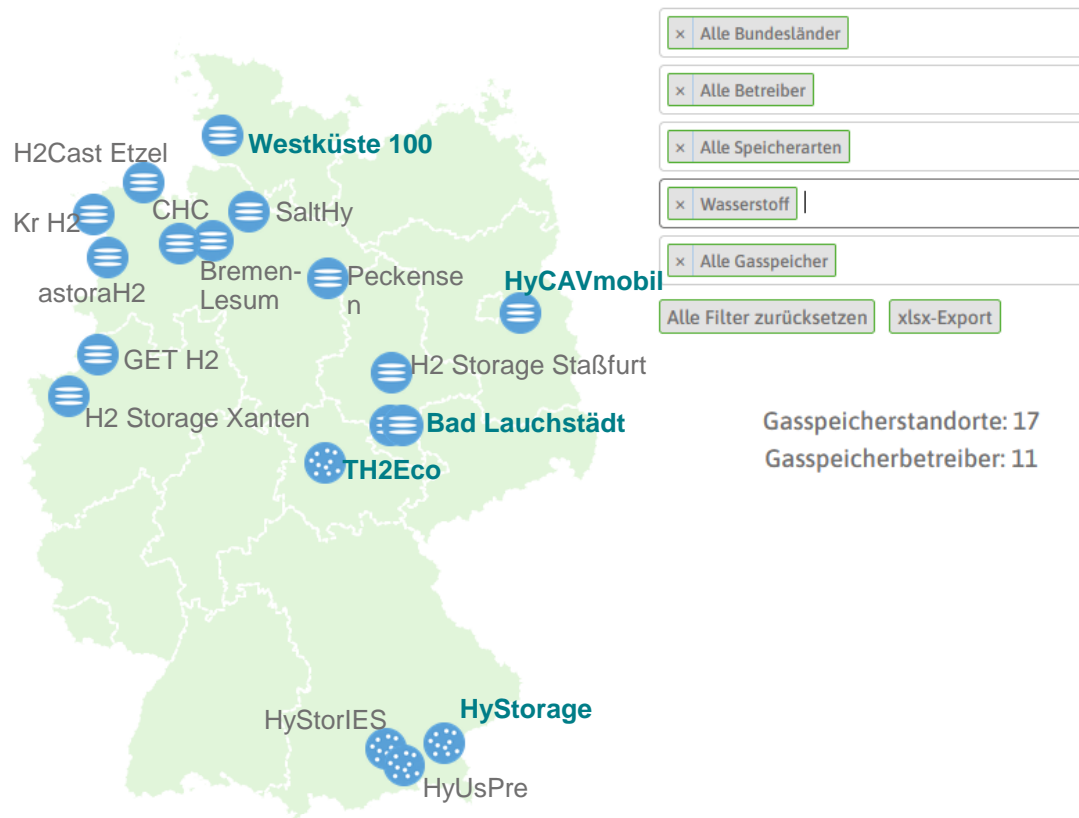
Wasserstoffnetz 2050

-  Umstellung
-  Neubau

Quelle: https://fnb-gas.de/pressematerialien/wasserstoffnetz_karte_h2-netz-2050/

Wasserstoff-Untergroundspeicher

INES-Speicherkarte



- nach erweiterter Grundlagenforschung zu H2-UGS viele Realvorhaben gestartet und weitere geplant
- Status:
 - H2-Speicherung noch im „Modellcharakter“
 - oftmals noch keine finale Investitionsentscheidung zur Speicherumstellung getroffen
 - Bewertung bestehender UGS hinsichtlich der Eignung zur H2-Speicherung erforderlich (je Lokation o. Kaverne)
 - Wirtschaftlichkeitsabschätzungen oft nur mit Einschränkungen möglich

Quelle: <https://energien-speichern.de/erdgasspeicher/gasspeicher-fuellstaende/>

Speichertypen

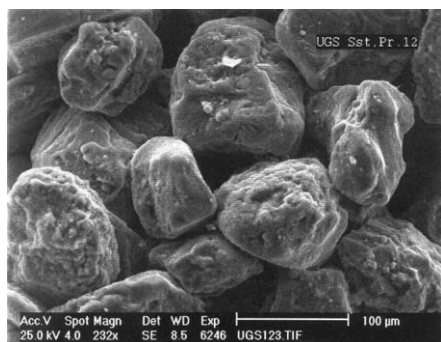
Porenspeicher

- Gas verdrängt Schichtwasser aus den Porenräumen
- Voraussetzungen :
 - Eine nach oben gewölbte, allseitig geschlossene

Struktur

- Poröser und permeabler Speicherhorizont
- Undurchlässiges Deckgebirge

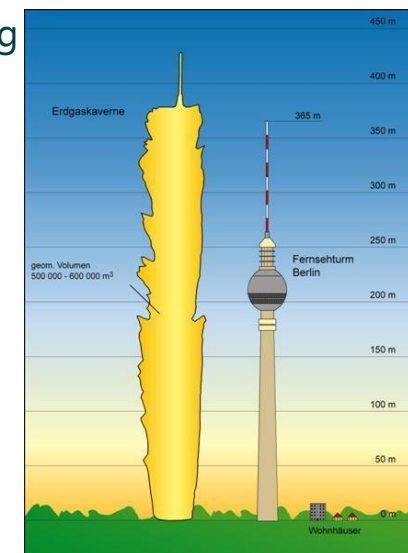
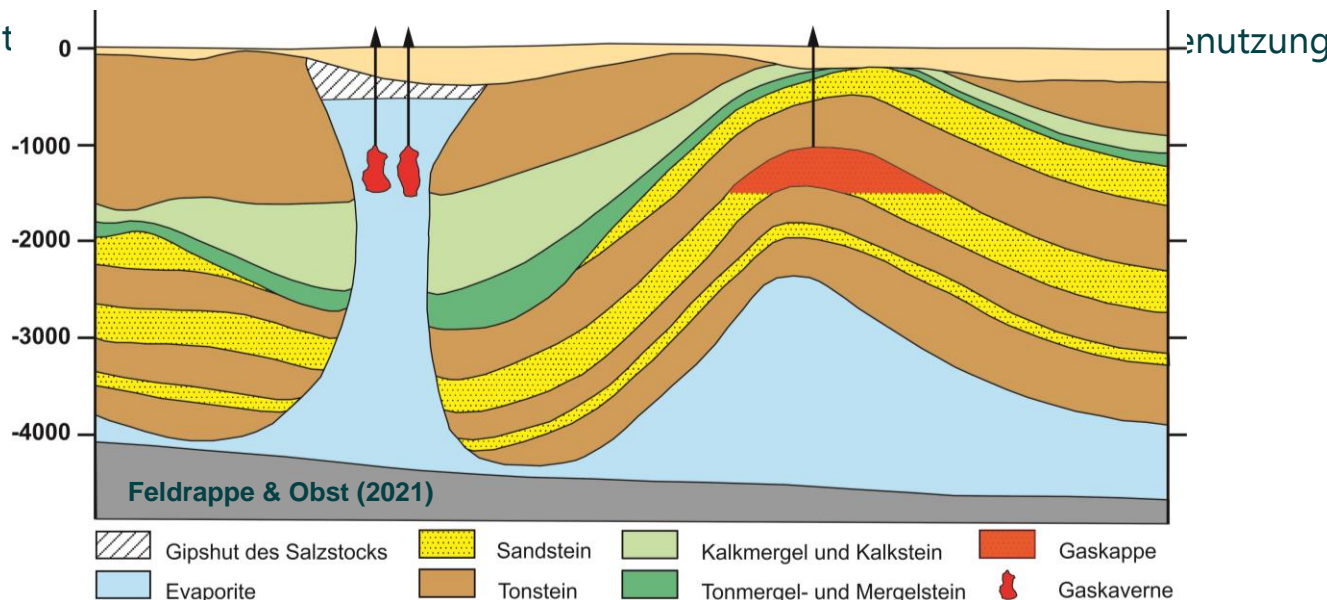
→ z.B. in ehemaligen Gaslagerst



Porengröße μm^3

Kavernenspeicher

- große künstliche Hohlräume im Salzgestein (0,5 – 0,8 Mio m^3 geometrisch je Kaverne)
- Voraussetzungen
 - Ausreichende Salzschilddicke mit möglichst hohem Reinheitsgrad
 - Ausreichend Frischwasserreserven für den Solprozess



Größe ~ 500.000 m^3

Kissengas/Arbeitsgas

Porenspeicher

- Minimaler Poren Druck hält Schichtwasser zurück
- Lagerstättenspezifisch
- Gesamtspeichervolumen Erdgas 2021: 17.520 Mio m³ (V_n)
davon 49 % Arbeitsgas

Kavernenspeicher

- Mindestdruck in der Kaverne sichert langfristig die Standfestigkeit
begrenzt die Konvergenz
- Standortspezifisch
- Gesamtspeichervolumen Erdgas 2021: 20.158 Mio m³ (V_n)
davon 73 % Arbeitsgas

Das Gesamtvolumen eines Speichers ist die Summe aus seinem Arbeitsgas- und Kissengasvolumen.

Erfahrungen mit Wasserstoffspeicherung

Deutschland

- Stadtgas: 1960er - 1990er in vielen UGS (Porenspeicher und Kavernen), zumindest in der DDR
- Zusammensetzung: ca. 50% Wasserstoff, Methan, Stickstoff
- Daher Erfahrungen bzgl. Wechselwirkungen mit Material, teilweise auch Reaktionen mit Gestein

Weltweit

- mehrere H₂- Kavernen in den USA in Clemens Dome und Moss Bluff (Texas, USA) mit großen Volumina von je mehr als 550.000 m³
- 3 UHS Kavernen in Teesside (UK) mit eher kleinen Volumina von je 70.000 m³, druckkonstant
- wenig Veröffentlichungen

Technische Umsetzung

Porenspeicher - Vor- und Nachteile

- Sehr große Volumen möglich
- geringe Ein- und Auspeiseraten, dadurch wenig flexibel,
- hohes Reaktionspotential an Grenzflächen
 - Aufnahme von Haftwasser, Kohlenwasserstoffresten
 - Sorge vor H_2S Bildung und H_2 Abbau durch Mikroorganismen
 - Fällungsreaktionen
- erhöhter Bedarf an Aufbereitung

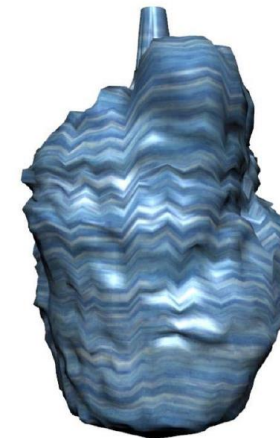
→ RAG Austria kann (H₂ Anteile bis 20%)



Porengröße μm^3

Kavernenspeicher - Vor- und Nachteile

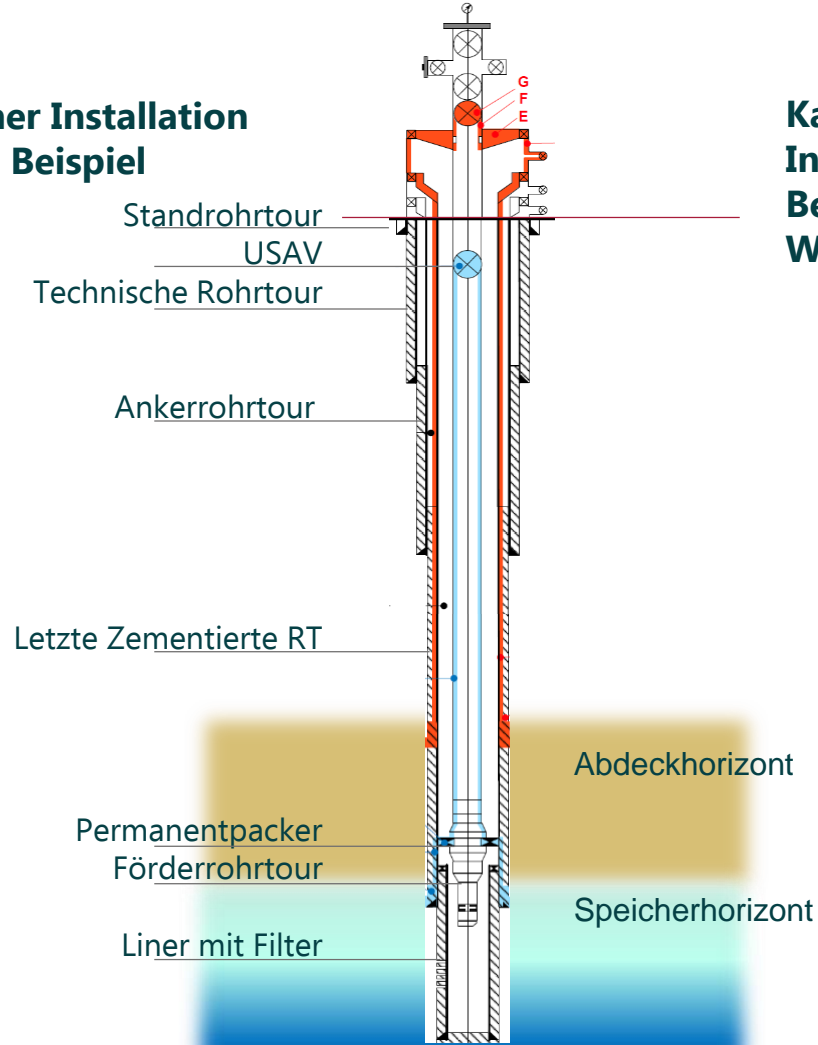
- Volumina von 0,5 – 0,8 Mio m³ geometrisch je Kaverne
- hohe Ein- und Auspeiseraten, dadurch flexibel
- Weniger Siedlungsraum für Mikroorganismen
- Geringe Kontaktfläche, weniger Verunreinigung
- Errichtung (Hohlraumgewinnung) aufwendig
- dabei fallen größere Mengen von Sole an, die genutzt werden kann bzw. entsorgt w



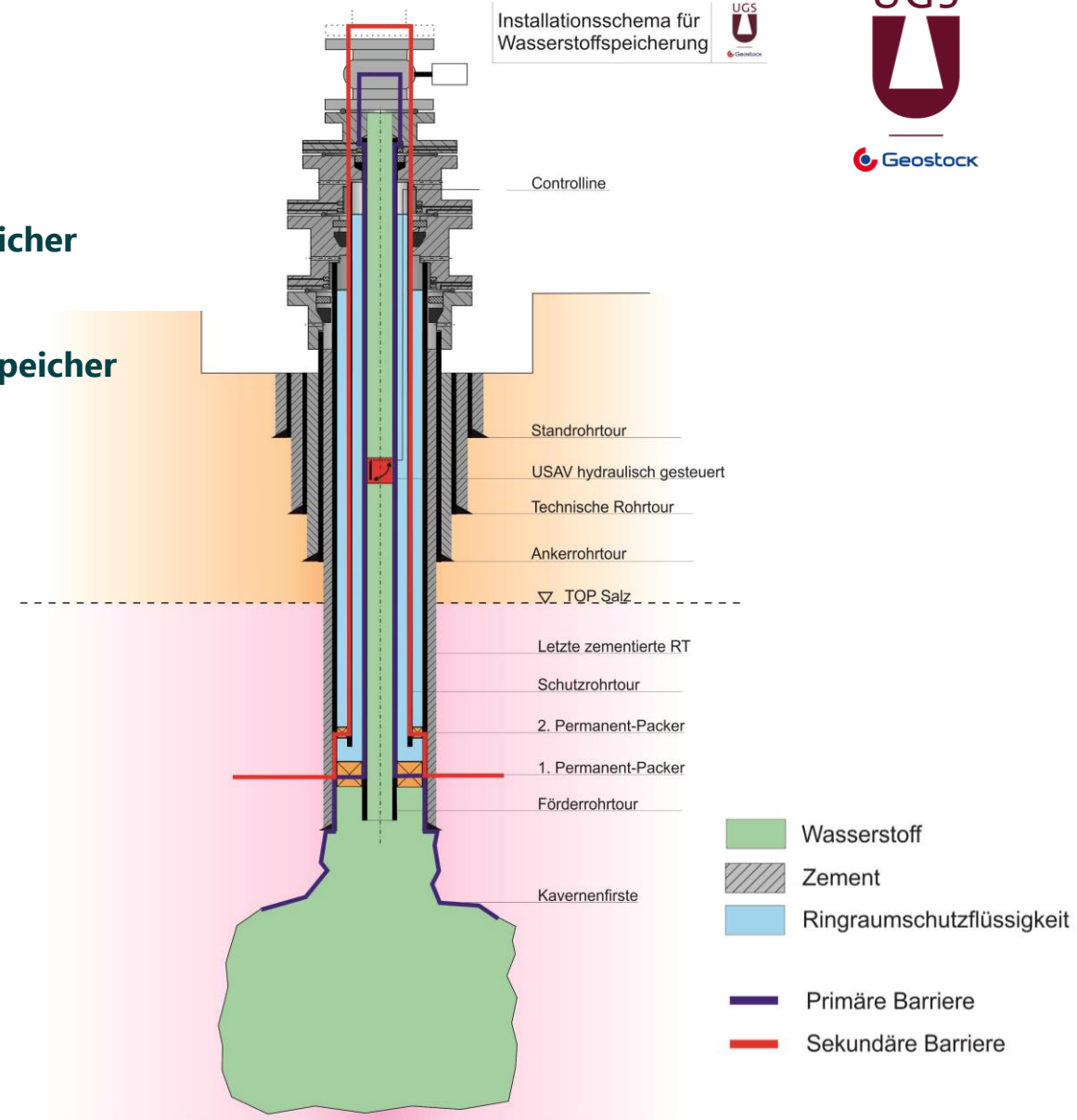
Beispielbild Kaverne in Solung

Technische Umsetzung

Porenspeicher Installation allgemeines Beispiel

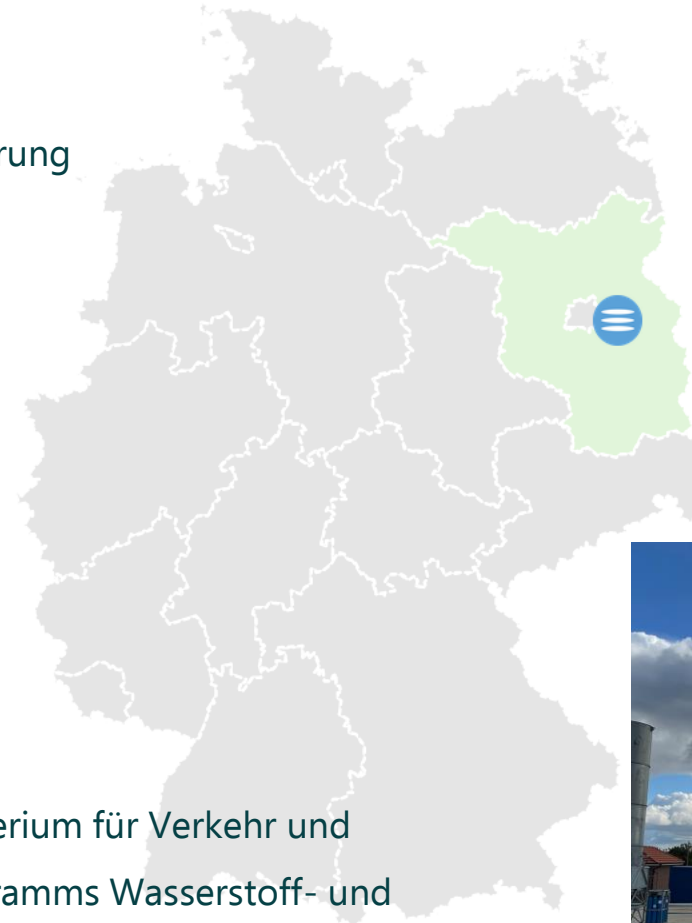


Kavernenspeicher Installation Beispiel für Wasserstoffspeicher



Beispiele: Rüdersdorf HyCAVmobil

- Kleine Pilotkaverne (500 m³) neu gesolt aus bestehender Bohrung
- 3- Barrierensystem Doppelrohrschuh (UGS Patent)
- Befüllung der Minikaverne aus Trailern
- Ausspeisung und Aufbereitung des H₂ in neuer OTA
- Umfangreiches Forschungsprogramm
 - In-Situ live Temperaturprofil über Glasfaserkabel
 - Untersuchung Gasqualität vorher-Nachher durch (DLR)
 - Gebirgsmechanische Begleitung (IfG)
 - Materialuntersuchungen nach Testende (nn)
 - Gesamtauswertung (UGS)
- Kosten: 10 Mio € , davon 40% EWE selbst, 60% Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur als Teil des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie [EWE Pressemitteilung]



<https://www.ewe.com/de/media-center/pressemitteilungen/2023/10/wasserstoff-speicher-rdersdorf-ewe-lagert-erstmal-wasserstoff-ein-ewe-ag>

Beispiele: Kirchheilingen

- Transformation des Speichers Kirchheilingen
- Kluftspeicher in Kalkgestein mit über 20 Bohrungen
- Erst Lagerstätte, dann Speicher für Stadtgas und bis etwa 2020 Erdgas
- wurde ausgefördert soweit wie möglich
- Alle Altbohrungen, bis auf eine wurden fachgerecht verschlossen
- Umrüstung einer Bohrung (2008 saniert) und OTA zur H₂-Speicherung
- Untersuchungen: Geologie Kernmaterial, Mikrobiologie, Material (Bestand!)
- Aktuell Simulationen der Ausbreitung des Wasserstoffes im Reservoir
- Teste sind geplant

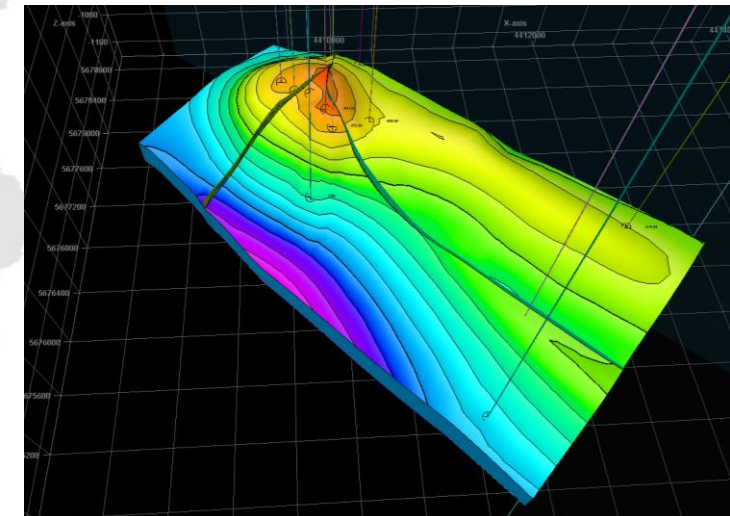
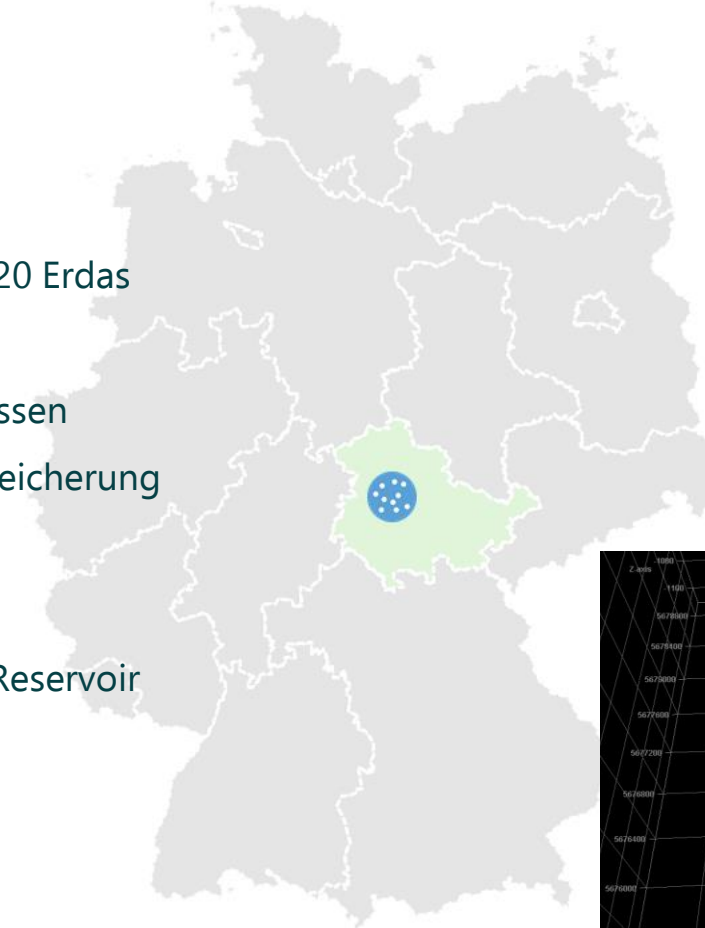
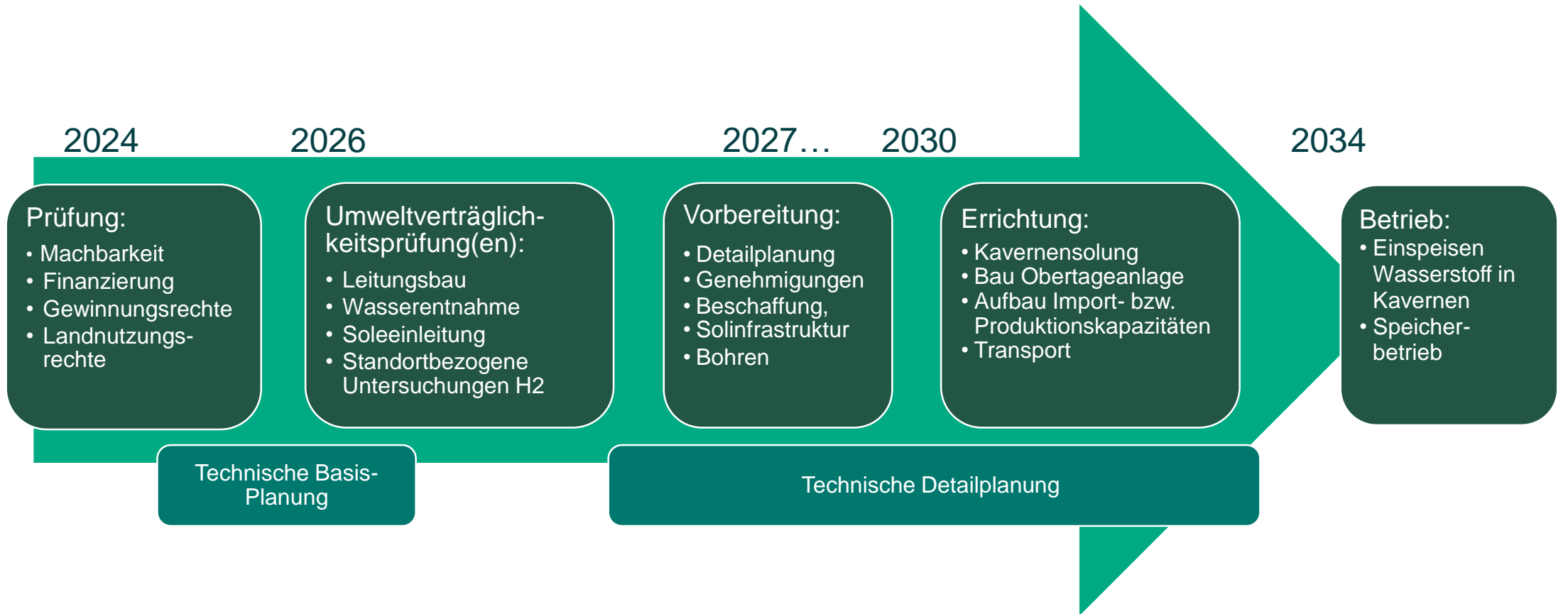


Bild: VNG, Simulation Speicherstruktur Kirchheilingen

Zeitschiene



Aspekte für die Wirtschaftlichkeit

Preise für H2 & Alternativen

- noch kein etablierter H2-Markt vorhanden
 - bisher keine größeren Handelsaktivitäten (national, international)
 - vorrangige H2-Nutzung durch Industriegasanbieter und lokale Industriebetriebe
 - Preise oft nicht öffentlich zugänglich oder in bilateralen Verträgen geregelt
- sinkende Kosten für EE & Technologien zur H2-Produktion erhöhen Wettbewerbsfähigkeit von grünem H2 und steigern Rentabilität von H2-UGS
- Effizienz der H2-Speicherung u.a. abhängig von der Speicherfahrweise bzw. der jeweils angestrebten H2-Anwendung
- zukünftige H2-Preisentwicklungen und internationale Handelsströme werden derzeit in verschiedenen Studien und F&E-Projekten (z. B. HYPAT) untersucht

Fazit

- Die Bundesregierung und die EU unterstützten die gesamte Wertschöpfungskette der H₂-Technologie: Erzeugung, Transport, Infrastruktur, Speicherung, Anwendung.

→ Projektideen via **Förderberatung – Lotsenstelle Wasserstoff**

<https://www.bmwk.de/Navigation/DE/Wasserstoff/foerderberatung.html>

- Speicherbetreiber und Energieversorger investieren in Forschung und Entwicklung – mit und ohne Fördermittel.
- Darüber wer die künftigen Nutzer grünen Wasserstoffes sein werden, gibt es ein breites Spektrum an Meinungen und Prognosen.
- Hauptzielmarkt ist laut einer Metastudie derzeit die chemische Industrie. Weitere Nutzungsoptionen sind zentrale Wärme- und Strombereitstellung, sowie nachgeordnet: wärmeintensive Produktionsprozesse und der Schwerlastverkehr + Power to Gas?
- Investitionen in Speicher sind im großen Maßstab nur zu erwarten, wenn die die Perspektiven klarer erkennbar sind.
 - Handelsaktivitäten und Preisentwicklungen für H₂ müssen klar sein.
 - Grundsätzlich stehen Fördermöglichkeiten und sonstige Investitionsgelder zur Verfügung
 - aber die H₂-UGS muss sich für die Speicherbetreiber „lohnen“, damit in die Transformation investiert wird.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Martina Pischner
Speichertechnologien/ Geologie
**Untergrundspeicher- und
Geotechnologie-Systeme GmbH**
Berliner Chaussee 2
15749 Mittenwalde

T +49 33764 82 394
M pischner@ugsnet.de
W www.ugsnet.de

