



Wasserstoffspeicher-Roadmap 2030 für Deutschland¹

1 EINLEITUNG

Für die Umrüstung bestehender Gasspeicheranlagen bzw. die Neuerrichtung von Kavernen zur Speicherung von Wasserstoff ist es einerseits notwendig, den Speicherbedarf für Wasserstoff bis 2030 abzuschätzen, und andererseits erforderlich, den Bedarf für den Erdgasmarkt vor dem Hintergrund der gestiegenen Anforderungen an Gasspeicher zur Sicherung der Gasversorgung in Deutschland zu evaluieren. Ziel eines Umsetzungsfahrplanes muss es sein, die prognostizierten Anforderungen so in Einklang zu bringen, dass die politischen Unterstützungsmaßnahmen rechtzeitig Anreize in erforderliche Investitionen zum Markthochlauf von Wasserstoffspeichern setzen.

Dies ist deshalb erforderlich, weil der Wasserstoffspeicherbedarf bis 2030 noch relativ gering sein wird, aber die erforderlichen Investitionsentscheidungen hinsichtlich der Bau- und Umrüstungsmaßnahmen ca. 5 Jahre vor Inbetriebnahme getroffen werden müssen, um die Bereitstellung von Wasserstoffspeicherkapazitäten bis 2030 bzw. für die Folgejahre zu realisieren bzw. auch an Wasserstoff(teil)netze anzuschließen.

Ein möglicher zielgerichteter Umsetzungsfahrplan zur Abdeckung des Wasserstoffspeicherbedarfs in 2030 ist in Abbildung 1 dargestellt. Die einzelnen Elemente dieses Umsetzungsfahrplans werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

Abbildung 1: Umsetzungsfahrplan Wasserstoffspeicher 2030



¹ In Ergänzung des Informations- und Grundlagenpapiers vom 29. Oktober 2021 „Die Rolle der Untergrund-Gasspeicher zur Entwicklung eines Wasserstoffmarktes in Deutschland“.

2 WASSERSTOFFSPEICHERBEDARF 2030

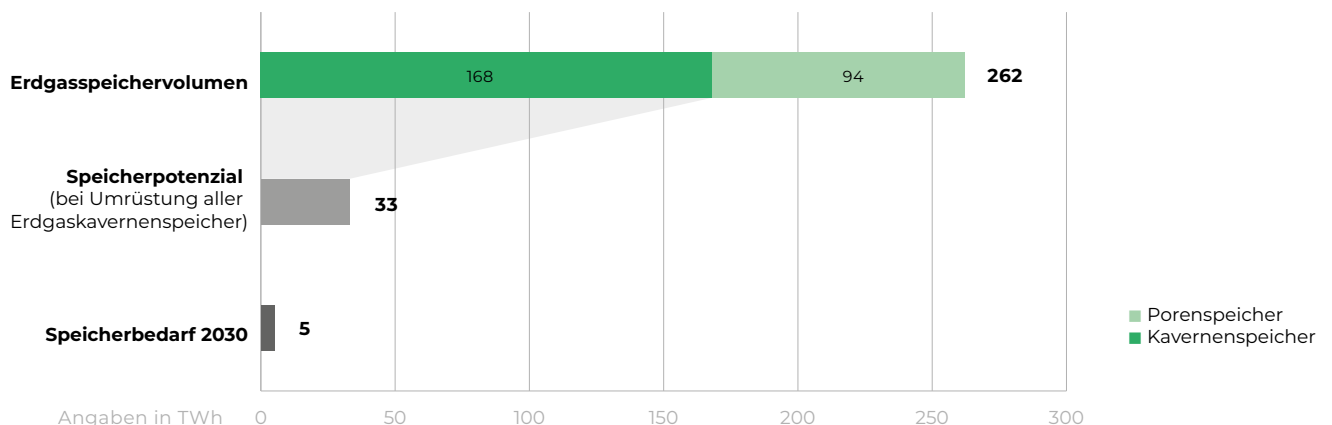
Basierend auf der Potenzialabschätzung des Informations- und Grundlagenpapiers des Nationalen Wasserstoffrates vom 29. Oktober 2021 „Die Rolle der Untergrund-Gasspeicher zur Entwicklung eines Wasserstoffmarktes in Deutschland“² (im Folgenden Speicher-Grundlagenpapier) wurde für verschiedene Wasserstoff-Nachfrageszenarien ein Speicherbedarf in einer Bandbreite von 5 bis 15 TWh für das Jahr 2030 ermittelt, der auf Untersuchungen der Lastprofile industrieller Wasserstoffabnehmer in Raffinerien und Chemieparks basierte³.

Dieser Ansatz wird auch durch neuere Studien bestätigt, die für ein Modellnetz und in Abhängigkeit der Struktur der Wasserstoffproduktion einen Speicherbedarf⁴ von 6 % des jährlichen Wasserstoffbedarfs ansetzen. Aus der prognostizierten Entwicklung der erforderlichen Speicherkapazitäten im Wasserstoffsystem gemäß den BMWi-Langfristszenarien⁵ „TN-Strom“ und „TN-H2-G“ ist zu entnehmen, dass eine Wasserstoff-Speichernachfrage von 1,8 TWh für 2030 (bzw. langfristig 47 bis 73 TWh für 2050) angenommen wird.

Die Szenarioplanung der FNBs⁶ beinhaltet für 2030 einen Wasserstoffbedarf von 71 TWh. Im Bedarf enthalten sind die energetische sowie die stoffliche Wasserstoffnutzung. Im neuen „Wasserstoff Aktionsplan Deutschland 2021–2025“ des Nationalen Wasserstoffrates⁷ wird für 2030 für den Industriesektor (ohne Raffinerien) ein Wasserstoffbedarf von 57 TWh (davon 35 % grüner Wasserstoff) und von rund 25 TWh im Bereich der Mobilität angegeben, wobei der überwiegende Teil in brennstoffzellen-elektrischen Antriebsformen direkt genutzt wird.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Studien und Modellrechnungen wird daher unter konservativen Annahmen bis 2030 von einem Wasserstoffspeicherbedarf von mindestens 5 TWh ausgegangen.

Abbildung 2: Wasserstoffspeicherpotenzial und Speicherbedarf 2030



² https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/2021-10-29_NWR-Grundlagenpapier_Wasserstoffspeicher.pdf.

³ Der Wasserstoffspeicherbedarf wurde mit rund 10 % des Verbrauchs angenommen. Insbesondere innerhalb von Inselprojekten kann während des Markthochlaufs auch ein höherer Wasserstoffspeicherbedarf entstehen.

⁴ https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/Hy3_Large-scale_Hydrogen_Production_from_Offshore_Wind_to_Decarbonise_the_Dutch_and_German_Industry.pdf. Dabei wurde der Speicherbedarf für den Industrie- und Verkehrssektor ermittelt; unter Einbezug des Stromerzeugungssektors könnte ein höherer Speicherbedarf (in Prozent vom Jahresverbrauch) entstehen.

⁵ <https://enertile-explorer.isi.fraunhofer.de:8443/open-view/10039/42cfafd89c7aae605ddc28c9511098b7>.

⁶ https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2021/09/210909_DE_FNB_GAS_2022_SR.pdf.

⁷ https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2021-07-02_NWR-Wasserstoff-Aktionsplan.pdf.

Der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur wird regional unterschiedlich erfolgen. Insbesondere in Regionen wie Nordrhein-Westfalen, Mitteldeutschland oder Niedersachsen mit energieintensiver, nur begrenzt elektrifizierbarer Produktion wie etwa der Stahl- oder der Chemieindustrie entstehen bereits jetzt regionale Wasserstoffcluster. Werden diese regional begrenzten Inselnetze mit zunehmender Marktentwicklung miteinander verbunden, wächst in einem sich entwickelnden Wasserstoffnetz auch der Bedarf an großvolumigen Speichern.

Speicherbedarf entsteht dadurch, dass einerseits die Stromerzeugung aus Wind und Sonne und insoweit auch das Angebot an grünem Wasserstoff witterungsabhängig und andererseits auf der industriellen Abnahmeseite eine durchgehende und sichere Verfügbarkeit von Wasserstoff notwendig ist.

Im Vergleich zu Röhrenspeichern oder Druckbehältern hat die Umrüstung von untertägigen Kavernen zur Speicherung von Wasserstoff den Vorteil, dass auf diese Weise große Speichervolumina mit entsprechendem Kostenvorteil bereitgestellt werden können („economies of scale“). Darüber hinaus sind die bestehenden Kavernenspeicher bereits jetzt im Gasnetz und nahe den Verbraucherzentren gut integriert bzw. können so im Rahmen einer koordinierten Wasserstoffnetzplanung für die Speicherung von Wasserstoff umgerüstet werden. Mit Blick auf den Zeitraum von 2030 bis 2050 sind zudem erhebliche Steigerungen in der Wasserstoff-Speichernachfrage zu erwarten, für die derzeit keine alternativen kostengünstigeren bzw. ähnlich großvolumigen Speichertechnologien im Vergleich zu Kavernenspeichern zur Verfügung stehen.

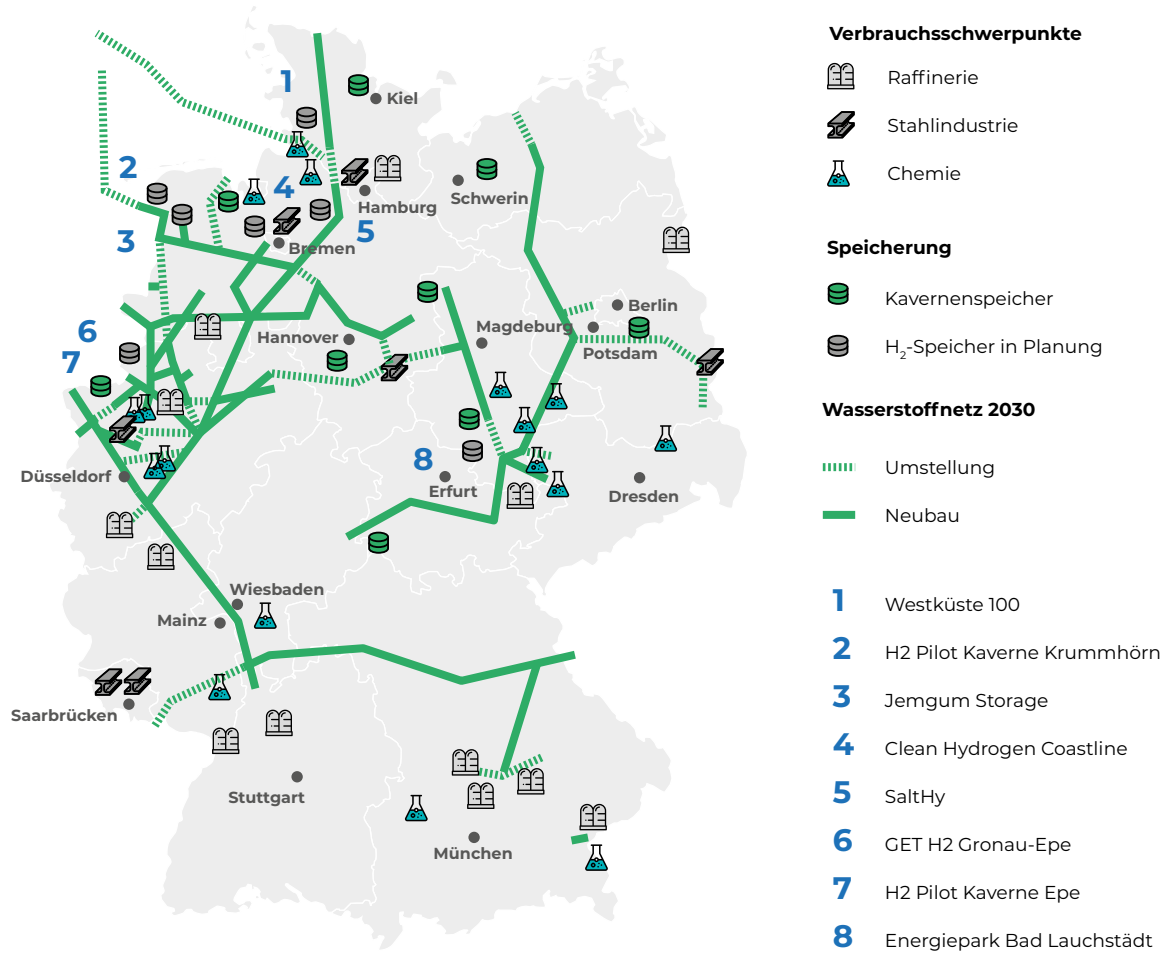
3 ANGEKÜNDIGTE WASSERSTOFFSPEICHER-PILOTPROJEKTE BIS 2030

Folgende reine Wasserstoff-Speicherpilotprojekte wurden seitens der Energiewirtschaft angekündigt, wobei es sich ausschließlich um Wasserstoffkavernenprojekte handelt:

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Kavernen- und Porenspeichern zur Wasserstoffspeicherung

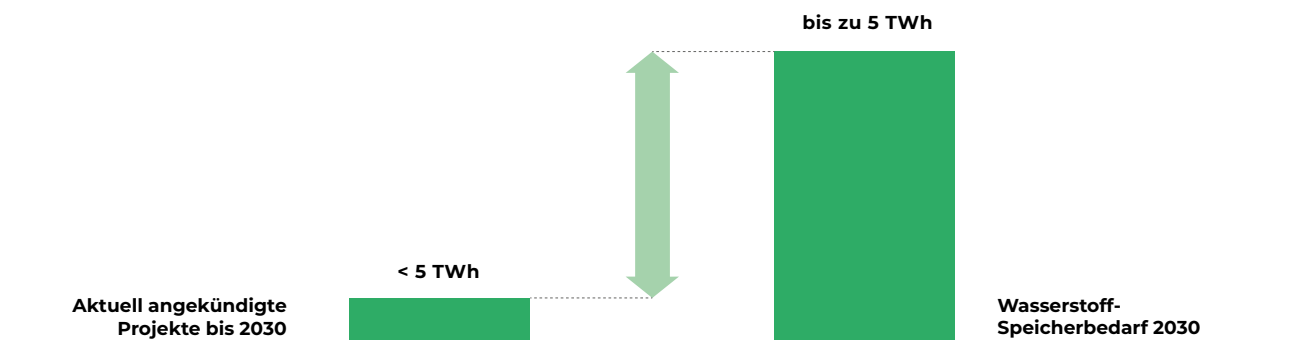
Name	Inbetriebnahme	Wasserstoffspeichervolumen in TWh	Involvierte Unternehmen
Westküste 100	2025	0,003	Hynamics Deutschland, Holcim Deutschland, OGE, Ørsted Deutschland, Raffinerie Heide, Stadtwerke Heide, Thüga und thyssenkrupp Industrial Solutions
HyCAVmobil	2022		EWE, DLR Institute of Networked Energy Systems
Clean Hydrogen Coastline	2025		EWE Gasspeicher
Get H2 Gronau-Epe	2027	0,067	RWE Gas Storage West
Energiepark Bad Lauchstädt	2028	0,177	Uniper, VNG AG, VNG Gasspeicher, ONTRAS, Terrawatt, DBI
H2 Pilot Kaverne Epe	2028	0,0007	Uniper Energy Storage GmbH
H2 Pilot Cavern Krummhörn	2024	0,0007	Uniper Energy Storage GmbH
SaltHy	2030	0,001	Storengy Deutschland GmbH
Jemgum Storage	2030		astora GmbH
Summe		0,2494	

Abbildung 3: Modellierung eines überregionalen Wasserstoffnetzes der „FNB Gas“ unter Einbeziehung der Kavernenspeicher sowie der angekündigten Wasserstoffspeicherprojekte⁸



Vergleicht man das Wasserstoffspeicherpotenzial der bereits veröffentlichten Pilotprojekte mit der prognostizierten Wasserstoff-Speichernachfrage von 5 TWh bis 2030, zeigt sich eine erhebliche Investitionslücke. Daher wäre es dringend erforderlich, seitens der Politik unterstützende Maßnahmen bis Ende 2023 zu setzen.

Abbildung 4: Lücke zwischen angekündigten Pilotprojekten und Wasserstoffspeicherbedarf 2030



⁸ <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz/h2-netz-2050/>

4 EXKURS: EINSCHÄTZUNG ZUM ERDGASSPEICHERBEDARF UND -ANGEBOT BIS 2030

Das aktuell verfügbare Speichervolumen in allen Untergrund-Gasspeichern in Deutschland beträgt ca. 262 TWh. Davon entfallen 168 TWh auf Kavernenspeicher (ein Anteil, welcher sich bis 2030 durch Konvergenz auf 153 TWh reduziert) und 94 TWh auf Porenspeicher. Der Erdgasbedarf für das Jahr 2021 beträgt 1.016 TWh. Daraus ergibt sich ein derzeit verfügbares Speicherangebot von rund 25 % der Gesamtnachfrage am deutschen Erdgasmarkt.

Die zum 1. Juni 2022 neu in Kraft getretenen gesetzlichen Speicherfüllstandsvorgaben bis 2025, die neu eingeführte Genehmigungspflicht bei Stilllegung von Gasspeicheranlagen sowie die massiven Anstrengungen der Politik, die Abhängigkeit von russischen Importen in Europa zu reduzieren, lassen vermuten, dass die bestehenden Erdgasspeicherkapazitäten jedenfalls bis 2025 zum Großteil zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit auf dem Erdgasmarkt benötigt werden.

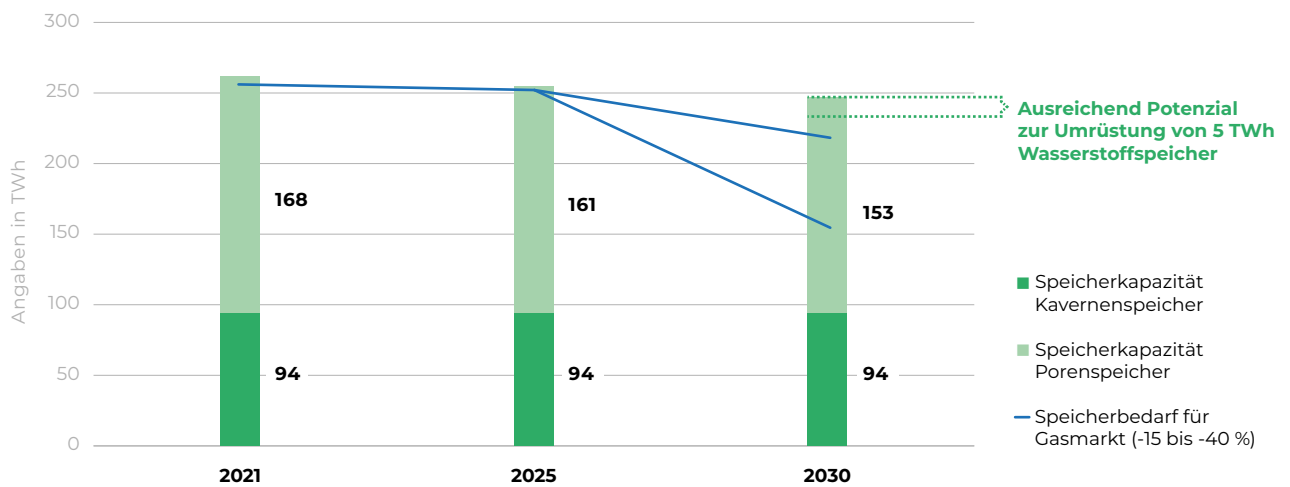
Mit sinkenden Gasbedarfsprognosen⁹ sowie den jüngst beschlossenen Zielvorgaben der Europäischen Kommission¹⁰, den Gasverbrauch für das Jahr 2023 um 15 % zu senken, ist eine mit dem Gasverbrauch synchrone Reduktion des Speicherbedarfs für den Erdgasmarkt ab 2025 zu erwarten. Jüngste Modellannahmen des EWI¹¹ gehen in einem Szenario sogar von einer 40 %igen Reduktion des Gasverbrauch bis 2030 aus. Unter diesen Annahmen würde sich ein ausreichendes Potenzial ergeben, bestehende Kavernenspeicher auf Wasserstoff in diesem Zeitraum umzurüsten. So würde sich im Fall einer 15%igen Reduktion des Gasverbrauchs bis 2030 bei Umrüstung von Erdgasspeichern auf Wasserstoff in Höhe des aufgezeigten Wasserstoffspeicherbedarfs von 5 TWh – dies entspricht ca. 25 TWh Erdgasspeicherkapazität – eine Reduzierung der heute verfügbaren Erdgasspeicherkapazitäten um ca. 10 % ergeben. Es wären somit auch unter Berücksichtigung der Konvergenz in Kavernenspeichern immer noch ausreichend Speicherkapazitäten für den verringerten Erdgasmarkt verfügbar, um das heutige Versorgungssicherheitsniveau zu halten. Das Potenzial der regional zur Umrüstung auf Wasserstoff zur Verfügung stehenden Kavernen ist allerdings stark abhängig von der Ausprägung und dem Fortbestand der politischen Vorgaben zur Erdgasversorgungssicherheit in Deutschland und der EU. Sofern sich das politisch vorgegebene Niveau zur Erdgasversorgungssicherheit erhöht, könnte ein Zielkonflikt entstehen, bestehende Kavernenspeicher einerseits zur Sicherung der Erdgasversorgung zu erhalten und andererseits auf die Speicherung von Wasserstoff umzurüsten. Dies erfordert ggf. auch den Neubau von Kavernen zur Speicherung von Wasserstoff.

⁹ https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2021/09/210909_DE_FNB_GAS_2022_SR.pdf; <https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/dokumente/>.

¹⁰ EU REGULATION on coordinated demand-reduction measures for gas vom 10.08.2022.

¹¹ EWI-Gutachten: „Szenarien für die Preisentwicklung von Energieträgern“, im Auftrag des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS), Juli 2022.

Abbildung 5: Erdgasspeicherbedarf und Potenzial Wasserstoffspeicher bis 2030 in TWh¹²



Für den Zeitraum nach 2030 ist zu erwarten, dass sich auch der Speicherbedarf aufgrund des rückläufigen Erdgasbedarfs weiter reduzieren wird und nicht mehr für den Erdgasmarkt benötigte Kavernen zur Speicherung von Wasserstoff durch Umrüstung zur Verfügung stehen werden.

5 ZEITLICHER VORLAUF UND KOSTENABSCHÄTZUNG ZUR UMRÜSTUNG BESTEHENDER GASSPEICHERANLAGEN ZUR SPEICHERUNG VON WASSERSTOFF

Für die Umrüstung von Erdgasspeichern zur Speicherung von Wasserstoff sind zum einen die notwendigen Genehmigungsverfahren und zum anderen die anfallenden Arbeiten zur Ertüchtigung der oberirdischen Anlagen sowie der unterirdischen Kavernen zu beachten. Die Dauer der unterirdischen Arbeiten variiert hierbei je nach Größe der Kavernen. Wie bereits im Speicher-Grundlagenpapier zur Wasserstoffspeicherung ausgeführt, beträgt der Zeitraum zur Umrüstung einer bestehenden Kaverne rund 5 Jahre. Dies gilt grundsätzlich auch für Kavernen, die aktuell zur Speicherung anderer Medien wie z. B. Öl verwendet werden und umgerüstet werden können.

Sofern für den Bau eines neuen Wasserstoffspeichers keine bereits fertig gesolten Kavernen verfügbar sind, verlängert sich wegen der dann notwendigen Solung der Kavernen der Zeitraum zur Errichtung des Neuspeichers um ca. 5 Jahre.

Diese Fristen zeigen auf, welche Vorlaufzeiten zu berücksichtigen sind, bis eine Wasserstoff-Speicherinfrastruktur zur Verfügung stehen kann. Um daher den Speicherbedarf von rund 5 TWh Wasserstoffspeichervolumen bis 2030 zu erfüllen, müssen in jedem Fall vor 2025 die Investitionsentscheidungen getroffen werden.

Aus Erfahrungen bei ersten Pilotprojekten zeigt sich, dass die Umrüstungskosten zur vollständigen Speicherung von Wasserstoff in bestehenden Untergrundspeichern mindestens 30 % der Neuinvestitionskosten für eine Kavernenspeicheranlage betragen. Hochgerechnet auf alle bestehenden Kavernenspeicher in Deutschland würde das einen Investitionsbedarf für Umrüstungen zur Speicherung

¹² Beim Vergleich der Energiemengen für Wasserstoff und Erdgas ist zu berücksichtigen, dass Wasserstoff a) eine geringere volumenbezogene Energiedichte sowie b) ein unterschiedliches Kompressionsverhalten im Vergleich zu Erdgas aufweist. Das heißt, dass bei gleichem Speichervolumen Wasserstoff nur 20 % des Energieinhalts von Erdgas hat.

von Wasserstoff von mindestens 6,5 Mrd. € bis 2030 erfordern. Eine neue Studie des DBI¹³ berechnet anhand eines theoretischen Modellspeichers zwar einen niedrigeren Investitionsbedarf¹⁴. Im Hinblick auf den Betrieb von Wasserstoffspeichern machen die Stromkosten der Verdichteranlagen bei der Einspeicherung von Wasserstoffmengen einen großen Teil der anfallenden Betriebskosten aus (für die einmalige Einspeicherung/Verdichtung von 5 TWh Wasserstoff ist ein Strombedarf in einer Größenordnung von ca. 100.000 MWh zu erwarten). Im Ergebnis verdeutlichen diese Zahlen, dass erhebliche Förder volumina notwendig sind, um entsprechende Investitionsanreize in die Umrüstung bzw. den Neubau und Betrieb von Wasserstoffkavernenspeichern zu setzen

6 VERSORGUNGSSICHERHEIT IM WASSERSTOFFMARKT

Es ist zu erwarten, dass der überwiegende Teil des Wasserstoffes in der Markthochlaufphase bzw. über den Zeitraum 2030 hinaus durch Importe abgedeckt wird. Deshalb ist es aus Gründen der Versorgungssicherheit, aber auch aus strategischen Überlegungen in Hinblick auf die Marktentwicklung erforderlich, großvolumige Speicherlösungen nahe den bundesweiten Verbraucherzentren von Wasserstoff einzurichten, die auch in eine überregionale Wasserstoff-Netzinfrastruktur eingebunden werden können. Um die Versorgungssicherheit im Wasserstoffmarkt zu gewährleisten, ist marktbasierter Absicherungsinstrumenten wie z. B. der Ausschreibung von strategischen Speicheroptionen (wie sie auch jüngst für den Erdgasmarkt neben Füllstandsvorgaben eingeführt wurden) der Vorzug zu geben vor regulatorischen Eingriffen wie der Einrichtung einer strategischen Reserve für Wasserstoff. Denn der Aufbau einer strategischen Reserve könnte dafür sorgen, dass aufgrund der zu erwartenden Marktverwerfungen, die mit einer staatlich angelegten strategischen Reserve einhergehen, die dringend notwendigen Investitionen in kommerziell betriebene Wasserstoffspeicher ausbleiben werden.

7 VORSCHLÄGE ZUR BESCHLEUNIGUNG DES HOCHLAUFS DER WASSERSTOFFPRODUKTION UND DER NETZ- UND SPEICHER-INFRASTRUKTUR

Basierend auf den im Speicher-Grundlagenpapier des Nationalen Wasserstoffrates beschriebenen regulatorischen Empfehlungen sollte der Fokus auf folgende Sofortmaßnahmen gelegt werden:

Maßnahmen vor 2024 (Anreize für Investitionsentscheidungen)

- ◆ Intensivierung der finanziellen Unterstützung in Form von CAPEX- und OPEX-bezogenen Förderprogrammen für die Umrüstung bestehender Kavernen bzw. den Neubau von Wasserstoffspeicheranlagen
- ◆ Verkürzung der Zeiten der Genehmigungsverfahren (analog dem LNG-Beschleunigungsgesetz), z. B. durch Aufnahme von Regelungen zu Wasserstoff in die „UVP-V Bergbau“; zudem wäre eine Erweiterung der für die Erdgasspeicherung bereits zugelassenen Rahmenbetriebspläne in verkürzten, beschleunigten Verfahren – nicht als neue Verfahren – für die Wasserstoffspeicherung sachgerecht

¹³ DBI, Juni 2022: Transformationspfade für Gasspeicher. https://erdgasspeicher.de/wp-content/uploads/2022/06/20220617_DBI-Studie_Wasserstoff-speichern-soviel-ist-sicher.pdf.

¹⁴ Die in der DBI-Studie ausgewiesenen Investitionszahlen berücksichtigen einige Positionen nicht – wie z. B. Kosten für Bauarbeiten, Flächenbearbeitung, Lärmschutz, Wegerechte, Kavernenrechte, Grundstücke und Personal etc. –, die einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtkosten haben.

- ◆ Befristete verlässliche Ausnahmeregelung für Pilotanlagen, dass das Kissengas, das langfristig im Speicher verbleiben wird, nicht ausschließlich aus grünem Wasserstoff bereitgestellt werden muss, falls bis 2030 nicht ausreichend grüner Wasserstoff verfügbar ist
- ◆ Einführung eines regulatorischen Rahmens für Wasserstoffspeicherprojekte, um ein Regulierungs- und Zugangsregime für Speicher zu schaffen, das Investitionen anreizt

Maßnahmen vor 2030 – Prüfung regulatorischer Anreize und Berücksichtigung des Systemwerts von Wasserstoffspeichern

- ◆ Befreiung von der Erhebung etwaiger Entry-/Exit-Entgelte und Umlagen der angebundenen Wasserstoffnetze bei der Nutzung von Wasserstoffspeichern, um dem Systemwert der Speicher zur Optimierung der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette gerecht zu werden
- ◆ Befreiung von Stromnetzentgelten für den verbrauchten grünen Strom zur Einspeicherung, da Stromkosten der Verdichteranlagen bei der Einspeicherung von Wasserstoffmengen einen großen Teil der anfallenden Betriebskosten ausmachen

Bei Interesse oder Rückfragen wenden Sie sich bitte an:

Leitstelle Wasserstoff

E-Mail: info@leitstelle-nws.de, Internet: www.wasserstoffrat.de



DER NATIONALE WASSERSTOFFRAT

Mit der Verabschiedung der Nationalen Wasserstoffstrategie hat die Bundesregierung am 10. Juni 2020 den Nationalen Wasserstoffrat berufen. Der Rat besteht aus 26 hochrangigen Expertinnen und Experten der Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft, die nicht Teil der öffentlichen Verwaltung sind. Die Mitglieder des Wasserstoffrats verfügen über Expertise in den Bereichen Erzeugung, Forschung und Innovation, Dekarbonisierung von Industrie, Verkehr und Gebäude/Wärme, Infrastruktur, internationale Partnerschaften sowie Klima und Nachhaltigkeit. Der Nationale Wasserstoffrat wird geleitet durch Katherina Reiche, Parlamentarische Staatssekretärin a. D.

Aufgabe des Nationalen Wasserstoffrats ist es, den Staatssekretärsausschuss für Wasserstoff durch Vorschläge und Handlungsempfehlungen bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der Wasserstoffstrategie zu beraten und zu unterstützen.

◆ **Kontakt:** info@leitstelle-nws.de, www.wasserstoffrat.de