



Dokumentation

Zukünftiger Wasserstoffbedarf in einzelnen Sektoren

Zukünftiger Wasserstoffbedarf in einzelnen Sektoren

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 014/23
Abschluss der Arbeit: 22.02.2023
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft und Verkehr, Ernährung
und Landwirtschaft

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Aktuelle Veröffentlichungen	5
2.1.	Clausen (2022)	5
2.2.	Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (2022)	5
2.3.	Wietschel (2022)	6

1. Einleitung

Die Dokumentation befasst sich mit dem zukünftigen Wasserstoffbedarf der verschiedenen Sektoren in Deutschland und baut auf einer Anfang März 2022 veröffentlichten **Ausarbeitung des Fachbereichs**¹ auf. Diese hatte sich bereits auf Basis mehrerer Studien mit dem Thema befasst. Im Ergebnis wurden erhebliche Bedarfsunterschiede in der sektoralen Verteilung festgestellt. Im Fazit der Analyse heißt es:

„Da die Wasserstoffwirtschaft vor dem Markthochlauf steht, sind Einschätzungen zum zukünftigen Bedarf von Wasserstoff mit besonderen Unwägbarkeiten verbunden. Gleichwohl prognostizieren soweit ersichtlich Studien unter Zugrundelegung einer anhaltenden Entwicklung zur Dekarbonisierung und Elektrifizierung mehrheitlich, dass der **Wasserstoffbedarf** Deutschlands einschließlich der durch Wasserstoff produzierten Folgeprodukte im Vergleich zum jetzigen Verbrauch **bis 2030 moderat** und ab 2030 **bis 2050 stark zunehmen** wird.

Im Hinblick auf die Höhe des für **2050** prognostizierten Wasserstoffbedarfs einschließlich der Folgeprodukte werden – ausgehend von einem weitgehend als gesichert erachteten steigenden Bedarf – in den hier berücksichtigten Studien verschiedene Größenordnungen vertreten.

Diese bewegen sich innerhalb einer vergleichsweise großen Bandbreite zwischen **400 bis etwas über 800 TWh im Jahr**² oder aber auf niedrigerem Niveau, etwa in Höhe von **169 bis 449 TWh jährlich**.³ Allerdings wurde hier jedenfalls teilweise nur Wasserstoff ohne Folgeprodukte berücksichtigt, so dass die Ergebnisse **bedingt vergleichbar** sind.

Eine **fehlende Vergleichbarkeit** der Studienergebnisse ergibt sich auch dadurch, dass Studien von **unterschiedlichen Grundannahmen** ausgehen. Als Voraussetzung eines steigenden Bedarfs an Wasserstoff und Syntheseprodukten schlechthin werden zwar soweit ersichtlich durchgängig Treibhausgasminderungszielen von mehr als 80 % angenommen. Hiervon ausgehend treffen die Studien allerdings mitunter unterschiedliche sozioökonomische und technologiespezifische Grundannahmen bzw. modellieren unterschiedliche Szenarien. Dies umfasst auch die Frage, welche Nachfragesektoren bei der Bedarfsanalyse einbezogen werden. Die eingeschränkte Vergleichbarkeit trägt in Verbindung mit der eingangs erwähnten dynamischen Entwicklung im Bereich der Wasserstoffwirtschaft dazu bei, dass der zukünftige Bedarf schwer prognostizierbar ist.“

-
- 1 Deutscher Bundestag/Wissenschaftliche Dienste, 02.03.2022, Wasserstoffbedarf, Ausarbeitung, WD 5 - 3000 - 024/22, <https://www.bundestag.de/resource/blob/894040/0adb222a2cbc86a20d989627a15f4bd8/WD-5-024-22-pdf-data.pdf>.
 - 2 Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG, Metastudie Wasserstoff – Auswertung von Energiesystemstudien, 2021, Studie im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats, https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2021/Metastudie_Wasserstoff_Abschlussbericht.pdf, S. 37.
 - 3 Deutsche Windguard, 2021, Erzeugung von Wasserstoff durch Windenergie auf See, https://www.offshore-stiftung.de/sites/offshorelink.de/files/documents/210922_Wasserstoffpotentialanalyse_Gesamtbericht.pdf, S. 2.

2. Aktuelle Veröffentlichungen

Aktuelle Veröffentlichungen unterstreichen die zuvor genannten Erkenntnisse wie folgt:

2.1. Clausen (2022)

Auch Clausen verweist auf die unterschiedlichen Ergebnisse verschiedener Studien zum Wasserstoffbedarf in Deutschland bis 2050:

„Zahlreiche Studien haben versucht, den Wasserstoffbedarf in Deutschland für die nahe Zukunft bis 2050 zu ermitteln. Die Ergebnisse sind allerdings ausgesprochen unterschiedlich und umfassen nach Lechtenböhmer (2019, S. 12) mindestens ein Spektrum von ca. 170 TWh/a bis zu 660 TWh/a, Peterssen et al. (2022) veranschlagen die Menge sogar auf 1.000 TWh/a an Wasserstoff. Der Deutsche Verein für das Gas- und Wasserfach geht von einem Wasserstoffbedarf von 44 bis 84 TWh in 2030 und von 292 bis 754 TWh in 2045 aus (Gatzen & Reger, 2022). Das Öko-Institut (2021, S. 23) erklärt zumindest einige der Determinanten einer höheren oder niedrigeren Wasserstoffnachfrage in den Szenarien.“⁴

2.2. Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (2022)

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) bemerkt in einer Metastudie zu Deutschland, in deren Datenanhang sie die Werte für die sektoralen Bedarfe an Wasserstoff und seinen Derivaten in den Jahren 2030 und 2045 veröffentlicht:

„Besonders in den Fokus rücken wir hierbei das Stützjahr 2030, in welchem größere Unterschiede im Bedarf der einzelnen Sektoren auftreten als in späteren Jahren. Auch für die Frage, in welchen Sektoren der größte Bedarf zu erwarten ist, liegen für 2030 große Unterschiede zwischen den betrachteten Studien und Szenarien vor. Sowohl für 2030 als auch für das Zieljahr 2045 wird der größte Bedarf an Wasserstoff und Derivaten im Sektor Industrie verortet, wobei für 2030 Werte von 12 bis 66 TWh zu finden sind.

Bezüglich der anderen Sektoren lassen sich hinsichtlich deren Bedarf und Bedeutung in 2030 große Unterschiede feststellen, die keine Korrelation mit der für 2045 angestrebten Elektrifizierungsrate der Szenarien aufweisen. Dies trifft ebenfalls für den Gesamtbedarf zu, welcher in 2030 zwischen 14 und 123 TWh gesehen wird. Allgemein lassen sich somit für 2030 ausgeprägtere Unsicherheiten und Heterogenitäten bei der Beurteilung des Wasserstoffbedarfs als für 2045 identifizieren.“⁵

4 Clausen, J., Juni 2022, Das Wasserstoffdilemma: Verfügbarkeit, Bedarfe und Mythen. Berlin: Borderstep Institut, Studie gefördert vom BMBF, S. 30 f.
https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2022/06/AP2-Wasserstoff-Potenziale-Bedarfe_27-6-2022.pdf.

5 Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 11.10.2022, Metastudie Wasserstoffbedarf in Deutschland: Datenanhang, <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/metastudie-wasserstoffbedarf-in-deutschland-datenanhang/>.

2.3. Wietschel (2022)

Prof. Martin Wietschel gibt als Projektleiter einer bis 2024 laufenden Analyse im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Ideenwettbewerbs „Wasserstoffrepublik Deutschland“ in einem Arbeitspapier einen Überblick über Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Wasserstoffbedarfs aus globaler Perspektive. Darin heißt es:⁶

„Die Ergebnisse zeigen die Bandbreite der möglichen Entwicklung insgesamt und in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr auf. Neben dem globalen Bedarf werden Ergebnisse für die Regionen EU und China gezeigt. Die Bandbreiten der Wasserstoffnachfrage wurden auf der Grundlage von mehr als 40 aktuell veröffentlichten Energiesystem- und Wasserstoffszenarien ermittelt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Szenarien mit ambitionierten Reduktionszielen für Treibhausgasemissionen (THG). Nachfolgend werden diese Szenarien als „Fokusszenarien“ bezeichnet. Zusätzlich wurden die Wasserstoffnachfrageprojektionen mit der Bandbreite der Nachfrage aus über 300 Minderungsszenarien des 6. Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verglichen. Diese werden als „IPCC-Szenarien“ bezeichnet.“ (...)

„Gesamtnachfrage

Aus den ausgewerteten Szenarien geht hervor, dass die Projektionen des Wasserstoffbedarfs erheblich variieren. Als ein **wesentlicher Einflussfaktor** wurde dabei die **Ambition zur Minderung von Treibhausgasemissionen** identifiziert. Es zeigt sich, dass die Wasserstoffnachfrage in allen Regionen mit Zunahme des Emissionsreduktionsziels steigt, besonders deutlich bei Minderungszielen von über 80 % in 2050 gegenüber 1990. Der Vergleich mit weniger ehrgeizigen Minderungsszenarien demonstriert, dass die Wasserstoffnachfrage sehr begrenzt bleiben würde. Im Vergleich zu den heutigen Zahlen prognostiziert ein großer Teil der Szenarien (innere Bandbreite entsprechend dem Interquartilsabstand) einen deutlichen Anstieg der Wasserstoffnachfrage. Die Bandbreite des gesamten **Wasserstoffbedarfs im Jahr 2050 liegt für die Welt zwischen 4-11 % des Endenergiebedarfs** (14-55 EJ bzw. 4-15 PWh). Einige Szenarien sehen bedeutend höhere Ausreißerwerte von bis zu 23 % Anteil (79 EJ bzw. 22PWh). Es gibt jedoch regionale Unterschiede. In der EU ist die innere Bandbreite größer und liegt zwischen 4-14 % (1-4 EJ bzw. 0.3-1 PWh). In China hingegen zeigt die innere Bandbreite nur einen Wasserstoffanteil von bis zu 4 % der Endenergienachfrage (2-4 EJ bzw. 0.6-4 PWh). Die Nachfrageprojektionen sind beeinflusst von dem in den Studien gesetzten Sektorrahmen (insbesondere Einbezug von Raffinerien, Rückverstromung, stofflichem Einsatz in der Industrie oder internationalem Transport) und die Studien unterscheiden sich darin, wie sie direkte und indirekte Wasserstoffnachfrage berichten. Letzteres erschwert einen Vergleich der Allokation in direkte Wasserstoffnutzung und abgeleitete synthetische Produkte (z. B. Ammoniak oder Methanol). Insbesondere in den globalen und europäischen Szenarien sind der Median und das arithmetische Mittel der Wasserstoffnachfragen im Jahr 2050 in den Fokusstudien höher als in den IPCC-Szenarien. Viele der oberen Bandbreiten

6 Prof. Martin Wietschel Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI u.a., September 2022, Future hydrogen demand: A cross-sectoral, global meta-analysis, HYPAT Working Paper 04/2022 im Rahmen des The HYPAT – H2 POTENTIAL ATLAS –Projekt gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, S. 6 ff., https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2022/HYPAT_Working_Paper_04_2022_Future_hydrogen_demand.pdf.

der Wasserstoffbedarfsprojektionen der Fokus-Studien würden als Ausreißer im IPCC-Bereich eingestuft werden. Für China zeigen die Fokus- und IPCC-Szenarien eine vergleichbare Bandbreite des gesamten Wasserstoffbedarfs im Jahr 2050.

Verkehr

In allen Regionen hat der Verkehrssektor den größten Wasserstoffbedarf, anteilig am Gesamtenergiebedarf und absolut. In der EU ist der mittlere Wasserstoffanteil (Median) an der Verkehrsenergie im Jahr 2050 wesentlich höher als in den anderen Regionen (28 % gegenüber 14-16 % in China bzw. der Welt). Der Verkehrssektor weist für die Wasserstoffnachfrage unter allen Sektoren die größte innere Bandbreite auf. In Europa liegt diese zwischen 13-36 %, in China zwischen 10-19 % und weltweit zwischen 10 %-19 %. Es zeigt sich, dass erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich des Einsatzes von Wasserstoff in diesem Sektor bestehen. Insbesondere bei Pkw gehen die Prognosen weit auseinander, aber auch der mögliche Einsatz von Wasserstoff in Lkw wird kontrovers gesehen. Darüber hinaus sind die Nachfrageprognosen für den Verkehrssektor zwischen den Studien nur schwer vergleichbar, da die Einbeziehung des internationalen Luft- und Schiffsverkehrs in den einzelnen Studien unterschiedlich gehandhabt wird. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sich die Unterschiede in den Nachfrageprognosen im Verkehrssektor nur zum Teil dadurch erklären lassen, dass es auch Studien gibt, welche die Nachfrage im internationalen Verkehr ausklammern und dennoch höhere Wasserstoffanteile aufweisen als Studien, die diesen Sektor ausdrücklich berücksichtigen.

Industrie

Im Industriesektor wird Wasserstoff oft als ‚no regret‘-Strategie bezeichnet, da es Anwendungen gibt, für die es keine alternative Dekarbonisierungsoption gibt, z. B. in der Eisen- und Stahlindustrie oder in der Grundstoffchemie. Die Nachfrageprognosen für die Industrie sind jedoch wesentlich niedriger als für den Verkehr. Bei der Interpretation dieser Werte ist zu berücksichtigen, dass viele Studien den Einsatz von Wasserstoff und Syntheseprodukten als Rohstoff beispielsweise in der Grundstoffchemie nicht in ihre Projektionen einbezogen haben. ‚No regret‘ zielt jedoch in der Regel auf die Verwendung von Rohstoffen und Reaktanten für Wasserstoff ab. Der **Einsatz von Wasserstoff für die industrielle Wärmeerzeugung gilt als unsicherer**, da es potenzielle Alternativen gibt, was sich auch in den Projektionen der Studien widerspiegelt. Auch in diesem Sektor sind regionale Unterschiede zu erkennen: Während der mittlere Wasserstoffanteil (Median) zwischen globalen, Europäischen und Chinesischen Prognosen vergleichbar ist (2-4 %), unterscheidet sich die Wasserstoffnachfrage zwischen den Regionen. In Europa prognostizieren die Studien eine innere Bandbreite zwischen 3-16 %, mit Maximalanteilen von bis zu 38 % in 2050. Die globalen Studien gehen von einem Wasserstoffanteil in der Industrie von 2-9 % aus, mit Maximalwerten von 22 %. China prognostiziert 1-4 % für 2050 mit Maximalwerten von 7 %.

Gebäude

Im Gebäudesektor spielt Wasserstoff in allen Regionen eine deutlich geringere Rolle als in den anderen Sektoren. Der Median wird auf weniger als 2% der Gebäudeenergie in 2050 geschätzt und misst somit **Wasserstoff in diesem Anwendungsbereich keine große Bedeutung** zu. Es handelt sich um den Sektor mit der geringsten inneren Bandbreite (1-2% weltweit), was darauf hindeutet, dass die Projektionen für die Nutzung von Wasserstoff in der Gebäudewärme in den meisten Studien ähnlich gesehen wird und daher **relativ robust** sind. Die

Maximalwerte hingegen unterscheiden sich zwischen den Studien und die höchsten Wasserstoffanteile lassen sich auch hier in den Europäischen Szenarien finden.

Ausblick

Wasserstoff wird also eine wichtige Rolle in der Umsetzung der Klimapolitik spielen, aber **er wird nicht der dominierende Endenergieträger** sein. Die Szenarien zeigen, dass zunehmende Emissionsminderungsambitionen eng mit der Verringerung des gesamten Endenergieverbrauchs verknüpft sind. Dies lässt sich durch Energieeffizienzmaßnahmen und die starke Zunahme der direkten Elektrifizierung, zum Beispiel durch Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge oder Wärmenetze erklären. Energieeffizienz und direkte Elektrifizierung werden als die wichtigsten Hebel zur Emissionsminderung angesehen. **Wasserstoff spielt daher in den Anwendungsbereichen eine relevante Rolle, in denen andere Technologien technisch oder wirtschaftlich nicht umsetzbar sind.** Während Wasserstoff also eine theoretische Option in allen Sektoren bleibt, werden Politikmaßnahmen zielgerichtet dafür sorgen müssen, dass Wasserstoff über die Sektoren hinweg effizient eingesetzt wird.“
