

*Welche Rolle können die
Nachbarländer für H₂-Importe nach
Deutschland bis 2030 spielen?*

Kurzbericht

SCI4climate.NRW steht für die wissenschaftliche Begleitung der Industrietransformation. Das Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIKE) hat Ende 2022 das Wuppertal Institut, das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, das Institut der deutschen Wirtschaft, die VDZ Technology gGmbH und die VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH (BFI) beauftragt, Transformationspfade für den klimaneutralen Umbau der Industrie in Deutschland zu erforschen. Nordrhein-Westfalen dient dabei als Modellregion. Die Forschung baut auf den Ergebnissen des Vorgängerprojekts SCI4climate.NRW 2018-2022 auf. Die Institute stehen in engem Austausch miteinander und mit Industrie und Politik in der Initiative IN4climate.NRW.



Bibliographische Angaben

Herausgeber: SCI4climate.NRW
Veröffentlicht: Juni 2024
Autor:innen: Frank Merten, Steffen Lange, Leon Springorum
Bitte zitieren als: Merten, F., Lange, S., Springorum, L., 2024:
Welche Rolle können die Nachbarländer für H₂-Importe nach Deutschland bis 2030 spielen? Kurzbericht, SCI4climate.NRW.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage.....	4
2	Elektrolysekapazitäten in Nachbarländern	4
3	Produktionsmengen und Bedarfe in den Nachbarländern	6
4	Infrastrukturen	7
5	Fazit und Ausblick.....	7
	Quellen.....	9

Abstract

Unsere Nachbarländer¹ sind aufgrund ihrer räumlichen Nähe, eigener Produktionspotenziale, der bestehenden Gasleitungen zu Deutschland und nicht zuletzt durch ihre großen Häfen (Antwerpen und Rotterdam) grundsätzlich prädestiniert für H₂-Lieferungen. Welche Rolle sie bereits kurzfristig (bis 2030) spielen können, hängt von ihren eigenen Strategien und Entwicklungen für Erzeugung und Infrastrukturen sowie ihren Bedarfen ab.

1 Ausgangslage

In Deutschland sollen bis zum Jahr 2030 10 GW_{el} Elektrolysekapazitäten für eine grüne H₂-Produktion errichtet und systemdienlich betrieben werden (Bundesregierung 2023 S. 5). Bei einem solchen Betrieb mit Strom aus erneuerbaren Energieanlagen werden die Volllaststunden für die Produktion durch die mögliche Auslastung dieser Anlagen begrenzt sein. Bei einem Wirkungsgrad der Elektrolyse von 70 %² und 3.000 Volllaststunden der EE-Anlagen³ könnten in Deutschland etwa 21 TWh grüner Wasserstoff produziert werden. Im Vergleich dazu wird vom Nationalen Wasserstoffrat unlängst ein plausibler inländischer H₂-Bedarf von 94 bis 125 TWh_{HU} prognostiziert (Nationaler Wasserstoffrat 2024). Daraus resultiert bei obigen Annahmen eine Versorgungslücke von 73 bis zu etwa 100 TWh_{HU}, für die H₂-Importe zur vollständigen Deckung benötigt werden. Diese Mengen könnten aufgrund ihrer räumlichen Nähe grundsätzlich kostengünstig via Pipeline aus den deutschen Nachbarländern bereitgestellt werden. Für eine erste Einschätzung diesbezüglich werden im folgenden nationale Ausbaustrategien für elektrolytisch hergestellten Wasserstoff und Planungen für grenzüberschreitende H₂-Pipelines herangezogen. Auf die zusätzlich mögliche Bereitstellung von blauem Wasserstoff wird hier nicht explizit eingegangen, dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

2 Elektrolysekapazitäten in Nachbarländern

Die Abbildung 1 zeigt, dass keines der Nachbarländer ambitioniertere Ausbaustrategien bezogen auf die strombasierte H₂-Produktion als Deutschland verfolgt. Die nationalen Ziele liegen zwischen 1 GW (Österreich) und 8 GW (Niederlande) Elektrolysekapazitäten und im Schnitt bei 2,7 GW. In manchen Ländern wie Tschechien, der Schweiz⁴ und Norwegen⁵ sind bisher keine nationalen Ausbauziele für Elektrolyse-Wasserstoff bekannt.

¹ Dazu gehört hier auch Norwegen, das zwar keine Landesgrenze zu Deutschland hat, jedoch durch direkte Erdgasleitungen, die auf Wasserstoff umgerüstet werden können, infrastrukturell bereits mit Deutschland verbunden sind. In diesem Fall gibt es zudem Planungen für den Bau einer H₂-Leitung nach Deutschland.

² Bezogen auf den Heizwert und alkalische Elektrolyseanlagen.

³ Zum Vergleich: Die durchschnittlichen Volllaststunden von Wind- und PV-Strom liegen bei 3.331 (offshore Windstrom), 1.770 (Windstrom onshore) und 927 h/a (PV-Strom) (Fraunhofer ISE 2024). Die getroffene Annahme ist daher als optimistisch anzusehen.

⁴ Die H₂-Strategie für die Schweiz soll im zweiten Halbjahr 2024 erstellt werden (Bundesrat Schweiz 2024).

⁵ In der (noch) aktuellen H₂-Strategie von Norwegen aus dem Jahr 2020 finden sich keine konkreten Ausbauziele für die Produktion von Wasserstoff (GTAI 2022). Es ist jedoch bekannt, dass Norwegen zunächst auf die Produktion und den Export von blauem Wasserstoff setzt. Diese Mengen könnten zusätzlich zum Elektrolyse-

In Summe streben die deutschen Nachbarländer laut eigenen Strategien 19,5 bis 23,5 GW_{el} an Elektrolysekapazitäten bis zum Jahr 2030 an. Davon entfallen ca. 86 % allein auf die drei Länder Niederlande (6-8 GW_{el}), Frankreich (6,5 GW_{el}) und Dänemark (4-6 GW_{el}). Die Entwicklungen in diesen drei Ländern werden daher maßgeblich darüber bestimmen, welche H₂-Importe bis 2030 (und anschließend) aus der Nähe nach Deutschland möglich sind.

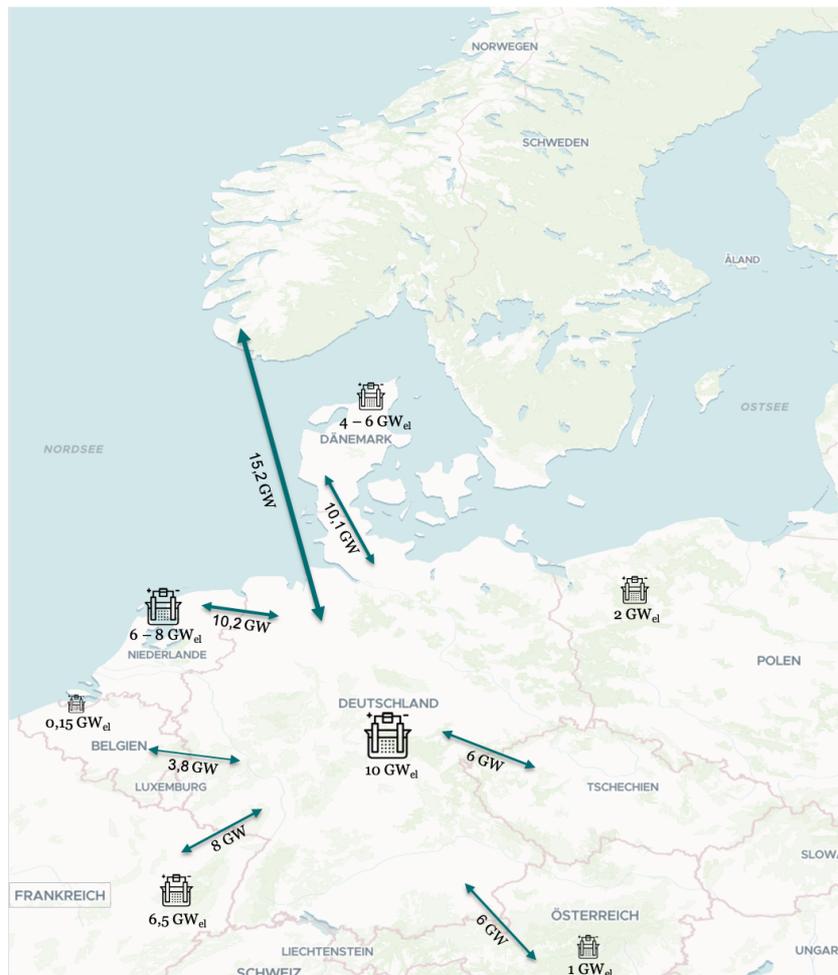


Abbildung 1: Übersicht über die angestrebten Elektrolysekapazitäten in den Nachbarländern von Deutschland bis 2030

(Quellen: Ministry of Climate and Environment (2020), Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic (2021), Norwegian Ministry of Petroleum and Energy & Norwegian Ministry of Climate and Environment (2020), Federal Government Belgium (2022), Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2022), Ministère chargé de l'industrie (2023), the Dutch National Hydrogen Programme (2022), Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities (2021), European Clean Hydrogen Alliance (2023))

Wasserstoff zur Deckung der Versorgungslücke beitragen, wenn die entsprechenden Ausbauten zeitgerecht erfolgen.

3 Produktionsmengen und Bedarfe in den Nachbarländern

Die Elektrolysekapazitäten würden bei obigen Annahmen für eine H₂-Produktion von maximal rd. 49 TWh ausreichen, davon ca. 41 TWh oder 84 % aus den drei ambitioniertesten Ländern (NL, FR, DK). Falls diese Menge vollständig nach Deutschland exportiert werden würde, könnte dadurch (je nach tatsächlichem Bedarf in 2030) knapp die Hälfte bis maximal ca. 2/3 der Versorgungslücke gedeckt werden⁶. Wenn man für den Elektrolyse-Betrieb dagegen 4.000 Volllaststunden (d.h. Strombezug aus offshore-Windenergieanlagen wie in der Niederländischen Strategie) unterstellt, dann steigt die Produktionssumme aus den drei „Hauptländern“ auf 57 TWh. In dem Fall könnten diese drei Länder zwischen 57 und 78 % zur Deckung des verbleibenden Bedarfs in Deutschland in 2030 beitragen.

Voraussetzung dafür wäre jedoch in beiden Fällen der unrealistische Verzicht auf eine eigene Bedarfsdeckung. Dies erscheint sowohl angesichts der heutigen Bedarfe an grauem Wasserstoff als auch der erwarteten Industrieverbräuche im Jahr 2030 (siehe Tabelle 1) unwahrscheinlich.

Im Vergleich zur H₂-Produktion mit 3.000 h/a von etwa 41 TWh Wasserstoff liegt der heutige Bedarf in NL, FR und DK zusammen mit gut 100 TWh deutlich darüber und auch der allein für die Industrie erwartete Bedarf an sauberem Wasserstoff liegt mit 63 TWh über der Produktionsmenge. Letzteres gilt auch für den optimistischen Fall einer Produktion mit 4.000 Volllaststunden. Dabei bleiben die zusätzlichen H₂-Bedarfe durch den Verkehrssektor noch unberücksichtigt. Daher ist aufgrund der nationalen Strategien und Bedarfsprognosen nicht mit umfangreichen Importmengen aus den Nachbarländern zu rechnen.

Selbst moderate Exportmengen von 9 TWh (bis 25 TWh im Fall hoher Volllaststunden) erscheinen nur möglich

- bei reduzierter Eigenbedarfsdeckung wie z.B. 50 % des erwarteten Industriebedarfs und
- bei Verzicht einer Substitution von grauem Wasserstoff durch sauberen bzw. grünen Wasserstoff.

⁶ Für eine vollumfängliche Versorgung der deutschen Deckungslücke wären sogar Elektrolysekapazitäten in Höhe von rd. 48 GW_{el} (also etwa fünf Mal so viel wie in Deutschland) nötig.

Tabelle 1: Vergleich zwischen Produktion und Eigenbedarf in den drei Nachbarländern NL, FR und DK

	H ₂ -Produktion 2030 (TWh)		H ₂ -Eigenbedarf 2022	H ₂ -Industrie-Verbrauch 2030 ⁷	Resultierende Export-Menge	
	Rechnung @3.000 h/a	laut Quelle bzw. @4.000 h/a	TWh	TWh	100% H ₂ -Industrieverbrauch	50% H ₂ -Industrieverbrauch
Niederlande	15	22 ⁸	51	15	0	7
Frankreich⁹	14	18 ¹⁰	18	31	-17	-2
Dänemark	13	17 ¹⁰	33	18	-5	4
Summe	41	57	102	63	-22	9

Quellen: eigene Berechnungen und Ministère chargé de l'industrie (2023), the Dutch National Hydrogen Programme (2022), Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities (2021)

4 Infrastrukturen

Im Gegensatz zu den geplanten Produktionskapazitäten und -mengen schneiden die geplanten Pipelineverbindungen für einen H₂-Transport aus den Nachbarländern nach Deutschland deutlich besser ab. Insgesamt sind laut den betrachteten Länderstrategien sowie (ECH2A 2023) etwa 34 bis 57 GW_{H₂} an Transportkapazitäten bis zum Jahr 2030 in Planung. Sie liegen damit über den von den Nachbarländern aktuell angestrebten Produktionskapazitäten von bis zu rd. 24 GW_{el} (s.o.) und stellen somit diesbezüglich keinen Engpass für mögliche Importe nach Deutschland dar. Sie können darüber hinaus auch für den Transit von H₂-Importen in die Nachbarländer genutzt werden und ermöglichen damit den Zugang zu künftigen Importen aus Übersee. Eine zeitgerechte Fertigstellung und Inbetriebnahme bleibt die zentrale Voraussetzung für H₂-Importe. Die entsprechenden Entwicklungen sollten daher im Blick behalten und ggf. näher untersucht werden.

5 Fazit und Ausblick

Bis zum Jahr 2030 wird in Deutschland nach jetzigen Ausbauplänen und Bedarfsprognosen für grünen Wasserstoff eine Versorgungslücke in Höhe von bis zu etwa 100 TWh entstehen. Die Nachbarländer sind aufgrund ihrer Nähe und vorhandenen, umrüstbaren Erdgas-Pipelineverbindungen grundsätzlich prädestiniert für Importe oder als Transitländer für Importe aus Drittländern nach Deutschland. Ihre

⁷ Gesamter angekündigter „sauberer“ H₂ Verbrauch der Industrie in 2030 (Hydrogen Europe 2023)

⁸ Dieser Wert ergibt bezogen auf die Ausbauziele von 6-8 GW Volllaststunden von rd. 4.000 bis 5.240 h/a

⁹ Frankreich könnte durch eine Kopplung der H₂-Produktion an Atomstrom auch deutlich höhere H₂-Mengen produzieren, je nach Auslastung plus 10 bis 18 TWh (bei 78 bis 90 % Auslastung). Allerdings dürften so hohe Auslastungen angesichts des signifikanten Lastzuwachses durch die geplanten Elektrolyseanlagen und der bestehenden Probleme nicht ohne signifikante Verstärkungen nicht werden (Menn 2024).

¹⁰ Diese beiden Werte ergeben sich bezogen auf die Ausbauziele und Volllaststunden von 4.000 h/a wie im Fall Niederlande

jeweiligen Ausbaustrategien für Elektrolyse-Wasserstoff sind – soweit aktuell bekannt - nicht ambitionierter als die von Deutschland und reichen auch in Summe nicht aus, um den verbleibenden deutschen H₂-Bedarf im Jahr 2030 zu decken¹¹. Angesichts der heute schon großen zu substituierenden grauen H₂-Bedarfe sowie der bis 2030 zusätzlich erwarteten grünen H₂-Bedarfe in diesen Nachbarländern ist nicht damit zu rechnen, dass große Teile der angestrebten Wasserstoffproduktion für den Export nach Deutschland zur Verfügung stehen werden. Der geplante Ausbau an Verbindungsleitungen zwischen den Nachbarländern und Deutschland erscheint dagegen für die H₂-Importmengen bis 2030 ausreichend dimensioniert.

Nicht zuletzt aus diesem Grund werden unsere Nachbarländer zusammen mit anderen weiter entfernten Ländern wie z.B. Spanien, Marokko und Australien, die sich durch größere Potenziale und kostengünstigere Produktionsbedingungen auszeichnen, eine sehr wichtige Rolle für die Deckung der Versorgungslücke im Jahr 2030 und darüber hinaus spielen. Importe aus verschiedenen Ländern sind dabei im Sinne einer diversifizierten Versorgung anzustreben. Insbesondere die großen Häfen Antwerpen und Rotterdam Anlaufstellen für künftige H₂-Importe und Transporte aus Übersee. Die ausreichende Deckung der Versorgungslücke hierzulande bleibt indes eine große Herausforderung, weil:

- Für andere Länder in Europa die Aufwände und Abstimmungen für die Schaffung der Transportleitungen höher sind als für die Nachbarländer,
- Für H₂-Importe aus Übersee entweder zunächst geeignete Schiffe und Infrastrukturen für den Import von flüssigem Wasserstoff oder
- entsprechende Rekonversionsanlagen erst noch zu entwickeln und zu bauen sind, falls H₂ in Form von H₂-Trägern wie z.B. Ammoniak oder LOHC importiert werden soll. Im Fall von Ammoniak konkurriert der H₂-Import zudem mit der direkten Substitution von grauem Ammoniak.

¹¹ Die Rolle von Norwegen und seinen möglichen blauen H₂-Importen ist hierbei noch nicht berücksichtigt und sollte ggf. näher untersucht werden.

Quellen

- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2022). *Wasserstoffstrategie für Österreich*.
<https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/wasserstoff/strategie.html>
- Bundesrat Schweiz. (2024). *Bundesrat legt Bericht zur künftigen Rolle von Wasserstoff in der Schweiz vor*.
<https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-98601.html>
- Bundesregierung. (2023). *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie*.
https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities. (2021). *The Government's strategy for Power-to-X*.
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/strategy_ptx.pdf
- European Clean Hydrogen Alliance ECH2A. (2023). *Learnbook on Hydrogen Supply Corridors*.
https://www.entsog.eu/sites/default/files/2023-04/web_entsog_230311_CHA_Learnbook_230418.pdf
- Federal Government Belgium. (2022). *Vision and strategy Hydrogen—Update October 2022*.
<https://economie.fgov.be/sites/default/files/Files/Energy/View-strategy-hydrogen.pdf>
- Fraunhofer ISE. (2024). *Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2023*. https://www.energy-charts.info/downloads/Stromerzeugung_2023.pdf
- GTAI. (2022). *Die norwegische Formel für Wasserstoff | Branchen | Norwegen | Wasserstoff*.
<https://www.gtai.de/de/trade/norwegen/branchen/die-norwegische-formel-fuer-wasserstoff-931336>
- Hydrogen Europe. (2023). *Clean Hydrogen Monitor 2023*. https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2023/11/Clean_Hydrogen_Monitor_2023_DIGITAL.pdf
- Ministère chargé de l'industrie. (2023). *Accélérer le déploiement de l'hydrogène, clé de voûte de la décarbonation de l'industrie—Dossier de presse février 2023*. https://www.euro-energie.com/docs/030223_113600_ZKY9d8tf_document.pdf
- Ministry of Climate and Environment. (2020). *Polish Hydrogen Strategy Until 2030 with an Outlook Until 2040*.
<https://www.gov.pl/attachment/06213bb3-64d3-4ca8-afbe-2e50dadfa2dc>
- Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic. (2021). *The Czech Republic's Hydrogen Strategy*.
https://www.mpo.gov.cz/assets/cz/prumysl/strategicke-projekty/2021/9/Hydrogen-Strategy_CZ_2021-09-09.pdf
- Nationaler Wasserstoffrat. (2024). *Update 2024: Treibhausgaseinsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland*.
- Norwegian Ministry of Petroleum and Energy, Norwegian Ministry of Climate and Environment. (2020). *The Norwegian Government's hydrogen strategy—Towards a low emission society*.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/40026db2148e41eda8e3792d259efb6b/y-0127e.pdf>
- the Dutch National Hydrogen Programme. (2022). *Hydrogen Roadmap for the Netherlands*.
<https://nationaalwaterstofprogramma.nl/documenten/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=2379389>