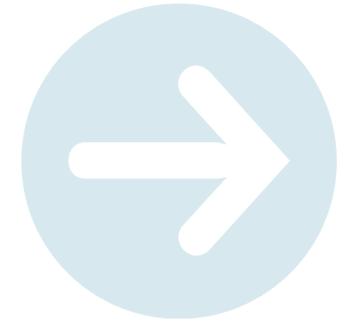


Wasserstoff: Bedarf und Beschaffungswege



**Wo Wasserstoff ist,
ist auch ein Weg.**

Darum geht's



- Der Bedarf an Wasserstoff steigt stark an.
- Das weltweite Erzeugungspotential ist groß, muss aber schneller nutzbar werden.
- Importe sind sinnvoll und via Pipeline aus dem europäischen Ausland sowie angrenzenden Regionen am günstigsten.
- Auch der Schiffstransport aus weit entfernten Regionen ist bei günstiger Erzeugung sinnvoll.
- Die Transportoptionen für Wasserstoff und seine Derivate müssen noch weiterentwickelt werden.
- Erzeugungs- und Importkapazitäten müssen viel schneller als bisher ausgebaut werden.

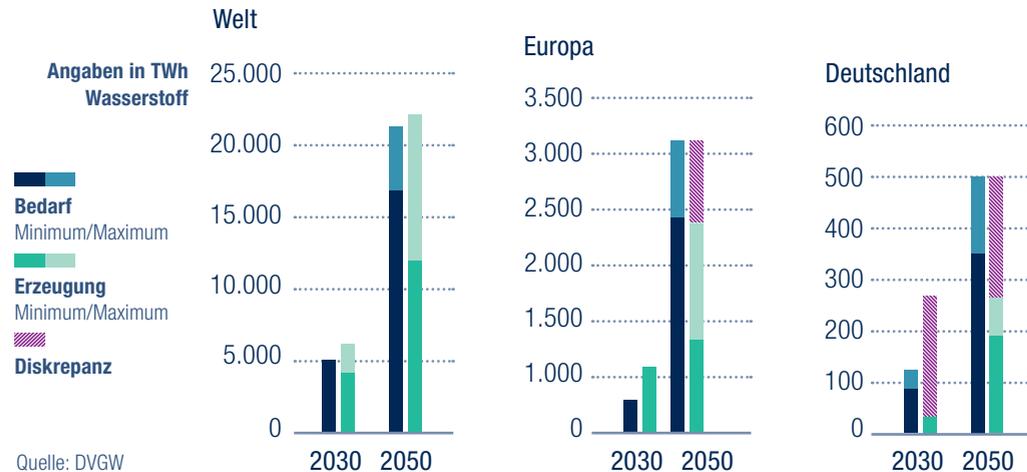


Bedarf an Wasserstoff steigt stark

Weltweit besteht ein breiter Konsens darüber, dass klimafreundlich erzeugter Wasserstoff zukünftig elementar zur Sicherung einer klimafreundlichen Energieversorgung beiträgt. Um die international vereinbarten Klimaziele zu erreichen und fossile Rohstoffe zu ersetzen, fokussieren sich viele Länder bereits auf diesen Energieträger.

Der globale Bedarf an Wasserstoff wird in den kommenden Jahrzehnten zunehmen und der Hochlauf an Erzeugungskapazitäten muss entsprechend Fahrt aufnehmen. Insbesondere Deutschland als Energieimportland wird darauf angewiesen sein, sowohl aus dem europäischen Ausland als auch weltweit Wasserstoff zu beziehen. Denn der nationale Bedarf wird mit großer Wahrscheinlichkeit nicht durch heimische Erzeugungskapazitäten vollständig gedeckt werden können – trotz Energieeinsparung und Energieeffizienz.

Weltweit liegen die Erzeugungspotenziale über dem prognostizierten Bedarf



Angebot und Nachfrage – reicht das?

Eine Literaturrecherche der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut (KIT) hat gezeigt, dass mehrere Studien und Prognosen von einem weltweiten Bedarf an klimafreundlich erzeugtem Wasserstoff von 5.000 Terawattstunden (TWh) bis zum Jahr 2030 ausgehen. Bis zum Jahr 2050 wird diese Zahl sogar auf 17.000 bis 22.000 TWh Wasserstoff ansteigen. Auch wenn diese Mengen aus heutiger Sicht ambitioniert erscheinen, übersteigen die techno-ökonomischen Erzeugungspotenziale den prognostizierten Bedarf mit bis zu 22.700 TWh bis zum Jahr 2050, je nach Szenario.

In **Europa** werden langfristig Importe aus anderen Regionen notwendig sein. Denn während der Bedarf in 2030 noch durch europäische Produktion gedeckt werden könnte, entsteht zur Mitte des Jahrhunderts eine Differenz zwischen Angebot und Nachfrage.

Deutschland wird weiterhin auf Energie- bzw. Wasserstoffimporte angewiesen sein. Das Bundeswirtschaftsministerium geht in der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie sogar davon aus, dass 2030 etwa 50 bis 70 Prozent des deutschen Bedarfs durch Importe von Wasserstoff oder seinen Derivaten gedeckt werden müssen. Der Import kann entweder über Pipelines oder durch Schiffstransport erfolgen.



Je nach Distanz lohnt sich Schiff oder Pipeline

Für den Import von großen Mengen an Wasserstoff gibt es verschiedene Optionen. Er kann entweder als Gas via Pipeline oder – über größere Distanzen – verflüssigt bzw. gebunden in Derivaten mit dem Schiff nach Deutschland transportiert werden.

Bei Distanzen bis zu etwa 5.000 Kilometern ist der Transport via Pipeline die günstigste und effizienteste Variante. Hierfür kann Wasserstoff in gasförmigem Zustand genutzt werden. Importe von gasförmigem Wasserstoff per Pipeline kommen insbesondere für weniger weit entfernte Länder in Frage, zum Beispiel aus dem europäischen Ausland oder der MENA-Region (Naher Osten und Nordafrika). Diese werden künftig am günstigsten sein. Hierfür können auch bestehende Erdgas-Pipelines auf Wasserstoff umgerüstet werden.

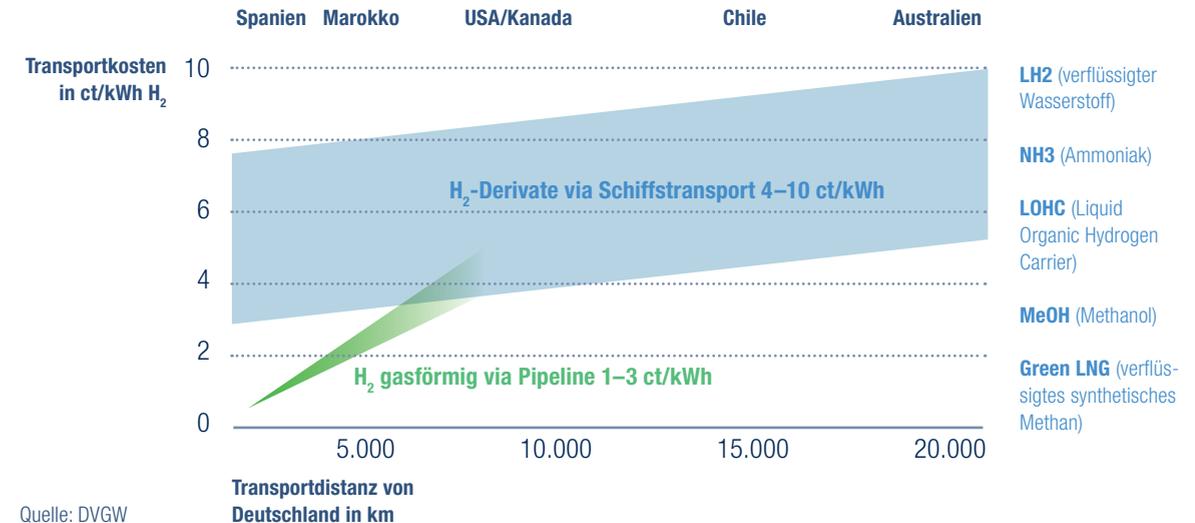
Überschreitet die Entfernung zwischen Herstellungsort und Importland diese Entfernung, kommt nur noch der Schiffstransport in Frage. Damit sich dieser lohnt, sind große Mengen notwendig. Dafür muss der Wasserstoff entweder bei niedrigen Temperaturen verflüssigt oder über verschiedene Verfahren in ein Derivat umgewandelt werden. Diese Importoption eignet sich besonders für weiter entfernte Regionen, die ein hohes Erzeugungspotenzial an klimafreundlichem Wasserstoff zu niedrigen Kosten aufweisen, vor allem für Strecken über 6.000 Kilometern. Die Entfernung hat dann nur einen geringen Einfluss auf die Transportkosten.



Ein Rechenbeispiel:

Die Transportkosten von verflüssigtem Wasserstoff erhöhen sich bei einer Verdopplung der Distanz von 10.000 auf 20.000 Kilometern lediglich von rund fünf auf sechs Cent pro Kilowattstunde. Sind die Gesteungskosten vergleichsweise deutlich niedriger, kann sich der Transport zwischen weit entfernten Regionen also trotzdem lohnen.

Pipelines sind für Distanzen bis zu 6.000 Kilometern günstiger als der Schiffstransport



Wasserstoff und seine Derivate – was ist was?

Flüssigwasserstoff (LH₂):

Gasförmiger Wasserstoff wird bis auf -253 °C heruntergekühlt und verflüssigt. Somit hat er eine größere Dichte und ein kleineres Volumen bei gleicher Menge. Das bietet Vorteile für die Lagerung und den Transport. In der Zielregion angelangt, wird der Wasserstoff verdampft und wieder in seinen gasförmigen Zustand gebracht.

Ammoniak (NH₃):

Gasförmiger Wasserstoff wird zuerst verdichtet und dann über das Haber-Bosch-Verfahren unter Zufuhr von Stickstoff in Form von Ammoniak (NH₃) gebunden. Dieser kann unter Umgebungsdruck schon bei -33 °C verflüssigt werden. Die Substanz ist zwar korrosiv und toxisch, wird aber bereits seit Jahrzehnten im Agrarbereich und in der chemischen Industrie eingesetzt. Der Umgang hiermit ist also schon erprobt und technisch ausgereift.

LOHC:

Bestimmte flüssige organische Verbindungen können durch chemische Reaktion Wasserstoff aufnehmen und wieder abgeben, weshalb sie auf Englisch als liquid organic hydrogen carriers (LOHC) bezeichnet werden. Diese können bei Raumtemperaturen und normalen Druckverhältnissen gelagert beziehungsweise transportiert werden. Um den Wasserstoff wiederzugewinnen, werden LOHC dehydriert und der Wasserstoff freigesetzt.

Synthetisches Methan (Green LNG):

Hierbei handelt es sich wie bei Erdgas um Methan oder CH₄ – mit dem Unterschied, dass dieses nicht aus tiefliegenden Gesteinsschichten gefördert, sondern aus klimafreundlich erzeugtem Wasserstoff und CO₂ chemisch erzeugt wird. Dieser Prozess wird auch Methanisierung genannt. Das Gas kann entweder über bestehende Leitungen oder in verflüssigter Form (Green LNG) per Schiff transportiert werden.

Methanol (MeOH):

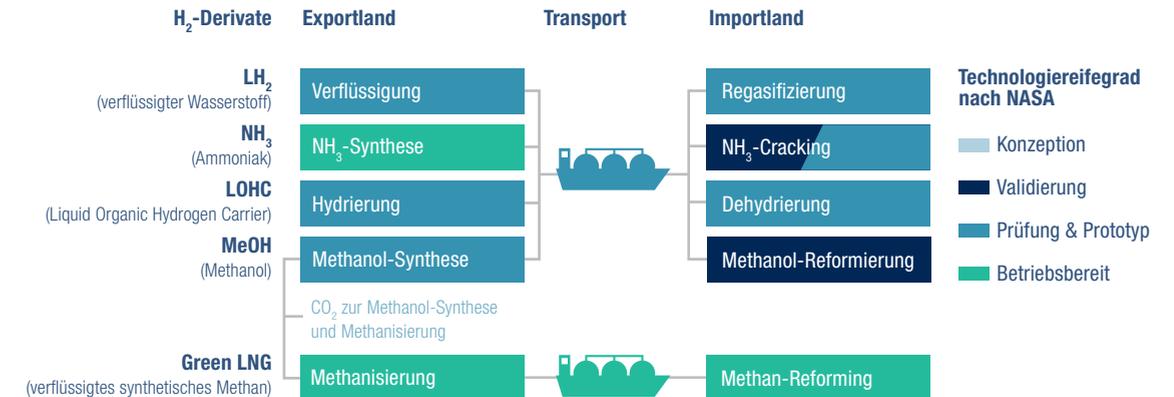
Für die Herstellung von grünem Methanol wird Wasserstoff mit CO₂ versetzt. Wie auch bei der Methanisierung wird Methanol aus H₂ und CO₂ hergestellt. Das erzeugte Molekül enthält allerdings ein zusätzliches Sauerstoffatom CH₃OH. Methanol ist flüssig wie Benzin oder Diesel und kann entsprechend an einer normalen Tankstelle getankt werden. Im Auto wird das Methanol gefahrlos wieder zu Wasserstoff und dieser wiederum in der Brennstoffzelle in Elektrizität umgewandelt.

Viele Wege führen zum Wasserstoff

Forschende der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte Institut des KIT (DVGW-EBI) haben im Projekt „H₂-Import“ verschiedene Prozessketten und Transportoptionen untersucht und hinsichtlich verschiedener technischer Kriterien verglichen. Die meisten Transportoptionen beinhalten demnach Prozessschritte, die momentan kommerziell noch nicht verfügbar sind:

etwa das Cracking von Ammoniak (NH₃) für die Rückgewinnung von Wasserstoff, Schiffe entsprechender Größe für den Transport von flüssigem Wasserstoff (LH₂) oder großtechnische Anlagen für die Dehydrierung von flüssigen organischen Wasserstoffträgern (LOHC). Weiterverfolgen sollte man jedoch alle Formen, um möglichst schnell ans Ziel zu kommen.

Entwicklungsbedarf bei der Erzeugung und Rückumwandlung von Wasserstoffderivaten für den Schifftransport



Quelle: DVGW

Beispielhafte Transportwege und Kosten von Wasserstoff

Verfügbarkeiten für Wasserstoff-Transporte

- ➔ Am schnellsten verfügbar ist die Prozesskette „Green LNG“ (siehe Abb. S. 9). Allerdings ist hierbei das CO₂-Management nicht im notwendigen Maßstab umgesetzt.
- ➔ Relativ gut erprobt und technologisch weit entwickelt ist auch die Logistikkette für Ammoniak. Für den Import großer Mengen als Wasserstoff-Träger müssen jedoch einzelne Abschnitte der Wertschöpfungskette noch leistungsfähiger werden. So fehlen noch Cracking-Prozesse im großtechnischen Maßstab, um nach dem Transport den Wasserstoff wiederzugewinnen.
- ➔ Der Transport von flüssigem Wasserstoff verspricht langfristig den höchsten Ausnutzungsgrad und ist damit am effizientesten. Dies könnte sich – Entwicklungssprünge vorausgesetzt – als beste Option durchsetzen.



Mehr Wasserstoff schneller verfügbar machen

Das weltweite Erzeugungspotenzial von klimafreundlichem Wasserstoff übersteigt bei weitem den prognostizierten Bedarf. Diverse Studien und Modellierungen dazu berücksichtigen Faktoren wie Angebot und Nachfrage, Handelsbeziehungen und Technologien. Sie gehen für das Jahr 2030 von möglichen Produktionsmengen von 1.200 bis 5.300 TWh aus, die sich bis 2050 auf 12.300 bis 22.700 TWh vervielfachen.

Die bestehenden und auch die anvisierten Erzeugungskapazitäten der angekündigten Projekte zur klimaneutralen Wasserstoffherzeugung haben in den vergangenen Jahren zwar stetig und deutlich zugenommen. Die Gesamtmengen entsprechen allerdings nur etwa 20 bis 30 Prozent des prognostizierten Bedarfs.

Um die Verfügbarkeit von Wasserstoff so schnell wie nötig zu erhöhen, sind weitere Initiativen und Projekte erforderlich. Dazu bedarf es eines verlässlichen Ordnungsrahmens, der Investitionssicherheit bietet. Die Technologieentwicklung zur Synthese von Derivaten und Rückgewinnung von Wasserstoff sollte gefördert werden. Internationale Kooperationen und Lieferabkommen sind ausbaufähig. Nicht zuletzt ist es sinnvoll, blauen Wasserstoff zur Überbrückung zu nutzen, bis genug grüner Wasserstoff verfügbar ist.

Lesen Sie hierzu auch unsere Broschüre „Wasserstoff verkleinert den CO₂-Fußabdruck – auf vielen Wegen“

„Für die Kosten der Bereitstellung von Wasserstoff in Deutschland sind nicht nur die Transportkosten entscheidend, sondern auch die Produktionskosten im Ausland. Deshalb können auch Wasserstoffimporte aus Südamerika oder Australien wirtschaftlich konkurrenzfähig zu Importen aus dem EU Ausland und der MENA-Region sein.“

CHRISTIANE STAUDT

Projektingenieurin, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT



Quelle: DVGW-EBI

„Zeit für einen Stoffwech2el“

Publikationen des DVGW

Wasserstoff ist der Energieträger der Zukunft und ein wichtiger Baustein für den Klimaschutz und die Energiewende in Deutschland. Der DVGW engagiert sich bereits seit über zehn Jahren in diesem Bereich. Seine Forschungsinstitute beschäftigen sich in zahlreichen Projekten mit der Frage, wie und wo Wasserstoff erzeugt, transportiert, verteilt und genutzt werden

kann. Der DVGW hat bereits einen Großteil seines Technischen Regelwerkes an den Wechsel zu Wasserstoff angepasst. In unserer Reihe „Zeit für einen Stoffwech2el“ präsentieren wir in kompakter Form den aktuellen Stand der Forschung und das gesammelte technische Know-how aus der Regelwerksarbeit.

Bereits erschienen:



Klimafreundliche Gase. Mehr als genug Potential.



Das Gasnetz – Rückgrat der Wasserstoffwelt



Wasserstoff verkleinert den CO₂-Fußabdruck – auf vielen Wegen



Größtenteils bereits H₂-ready: Netze, Speicher, Komponenten



Wasserstoff vor Ort. Für Wärme und mehr.

Mehr Informationen unter:
www.h2-dvgw.de

Quellen



DVGW-Kurzstudie zu Transportoptionen von Wasserstoff durchgeführt von der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT
www.dvgw.de/h2-import



© DVGW Bonn

DVGW Deutscher Verein des
Gas- und Wasserfaches e. V.
Technisch-wissenschaftlicher Verein
Josef-Wirmer-Straße 1-3, 53123 Bonn

Telefon: +49 228 9188-5
E-Mail: info@dvwg.de
Internet: www.dvgw.de

Gestaltung: waf.berlin

Stand: 1. Auflage Februar 2024