



Die Zukunft beginnt jetzt – mit Wasserstoff

Erneuerbare Energien speichern, transportieren und
in ganz Deutschland bereitstellen.

Die Bedeutung von Gas wird wachsen, damit unser Land klimaneutral werden kann.

Auch wenn manche etwas anderes behaupten: Die Bedeutung von Gas wird wachsen, damit unser Land klimaneutral werden kann. Denn auch in einer Welt mit viel Strom aus Wind und Sonne und weniger Energieverbrauch sorgt vor allem Gas dafür, dass unser Leben in Deutschland funktioniert.

Wohnungen und Krankenhäuser heizen, Dünger, Papier, Glas herstellen, Bier, Brötchen und Haferjoghurt – ohne Gas läuft fast nichts in unserem Land.

Und deshalb stellen wir die Gasversorgung jetzt um, auf neue Gase wie Biogas und Wasserstoff, klimaneutral erzeugt aus Sonne, Wind und organischem Material.

Mit diesen neuen Gasen können wir den Koks in der Stahlindustrie ersetzen, den Diesel in Lkws und Schiffen, Kohle und Erdgas in den Heizkraftwerken der Städte. Und wenn Wind und Sonne Pause machen, übernehmen Gaskraftwerke die Stromproduktion: mit Wasserstoff, den wir aus Wind und Sonne herstellen können.

Wasserstoff wird der Energieträger der Zukunft. In Wasserstoff können wir die Sonnen- und Windenergie vom Sommer für den Winter speichern, vom Tag für die Nacht. Mit Wasserstoff können wir unendlich viel nachhaltige Energie aus der ganzen Welt importieren und uns unabhängig machen von einzelnen Ländern und Technologien.

Bis 2045 will Deutschland vollständig klimaneutral sein. Als erste Industrienation der Welt. Dafür bauen wir neue Terminals an der See und das bestehende Gasnetz aus. Und wir schaffen Lösungen für Kohlenstoffdioxid, das sich nicht vermeiden lässt.

Damit das gelingen kann, investieren wir mehr als 80 Milliarden Euro in die neue, klimaneutrale Gasversorgung für Deutschland.

**Energien sicher transformieren –
das ist unser Auftrag.**

DIE GAS- UND WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

Inhalt

Der Energieträger der Zukunft	6
Wasserstoff ist unverzichtbar	8
Wasserstoffwirtschaft hochfahren jetzt	13
Deutschland wird große Mengen an Wasserstoff importieren	17
Die Infrastruktur für Wasserstoff entsteht	22
Mit klaren und schnellen Entscheidungen in die klimaneutrale Zukunft	26
Quellennachweise	28
Bildnachweise	30

Der Energieträger der Zukunft

Die Transformation zur Klimaneutralität 2045 ist komplex: Wasserstoff liefert Lösungen für viele Bereiche und Herausforderungen.

Wie dekarbonisiert man ein Industrieland? Wie den Verkehrssektor und die privaten Haushalte? Alle Verbraucher decken aktuell ihren Energiebedarf zum großen Teil über fossile Energieträger. Die Dekarbonisierung der Energieversorgung ist keine leichte Aufgabe, wie ein Blick auf den deutschen Primärenergieverbrauch des Jahres 2022 zeigt: Erneuerbare Energien hatten daran einen Anteil von gerade einmal rund 17 Prozent. Das Gros deckten mit mehr als 80 Prozent fossile Energieträger und Kernenergie. Gas sicherte auch im Krisenjahr 2022 und trotz ambitionierter Einsparbemühungen mit rund 24 Prozent knapp ein Viertel der gesamten Energieversorgung in Deutschland.¹

Für das Ziel einer vollständigen Dekarbonisierung zum Jahr 2045 werden machbare Lösungen benötigt, die relativ kurzfristig umsetzbar sind und sich auf einen großen Maßstab skalieren lassen. Eine dieser Lösungen heißt Wasserstoff (H₂). Das kleinste Element des chemischen Periodensystems kann Großes leisten auf dem Weg zur Klimaneutralität. Wasserstoff ist elementar und für ein resilientes Energiesystem unverzichtbar. Das neue Gas Wasserstoff ist in allen Verbrauchssektoren einsetzbar und bietet viele Potenziale:

- Produziert aus Wind- und Sonnenstrom macht Wasserstoff regenerative Energien langfristig speicherbar und löst damit ein Kernproblem der Energiewende.
- Eingesetzt in Gaskraftwerken kann Wasserstoff das Stromnetz stützen und den Ausbau der erneuerbaren Energien vorantreiben. Als zweite Säule stärken neue Gase so die Resilienz des gesamten Energiesystems.
- In Reinform oder als Derivat ist Wasserstoff ein wichtiger Grundstoff für die Industrie, schafft Mög-

lichkeiten zum Energieträgerwechsel in Produktionsprozessen und schafft als Energielösung neben erneuerbarem Strom zusätzliche Sicherheit.

- Für den Schwerlastverkehr auf der Straße, Schiffe oder Flugzeuge bieten Wasserstoff und E-Fuels eine klimaneutrale Antriebsalternative.
- Für eine Vielzahl bestehender Immobilien kann Wasserstoff eine technisch und wirtschaftlich interessante Option für klimaneutrales Heizen sein.

Transportieren lässt sich Wasserstoff über die bereits vorhandene Gasinfrastruktur. Aktuell arbeiten die Netzbetreiber als Teil der deutschen Gas- und Wasserstoffwirtschaft daran, das Gasnetz H₂-Ready zu machen. Zusätzlich sind komplett neue Wasserstoffleitungen – vor allem im Fernleitungsnetz – in Planung. Auch die Speicher werden auf die neue Aufgabe der Wasserstoffspeicherung angepasst. Die Investitionen sind hierbei weitaus geringer als beim Ausbau des Stromnetzes. Denn ein großer Teil des Gasnetzes ist bereits wasserstofffähig. Darüber hinaus bietet Wasserstoff die Möglichkeit, erneuerbare Energien aus aller Welt zu importieren und unabhängig vom Erzeugungsort in allen Regionen Deutschlands nutzbar zu machen.

Stabile und resiliente Energieversorgung mit Wasserstoff

So vielversprechend Wasserstoff für die Erreichung der Klimaneutralität ist: Noch steht die dafür notwendige, aus regenerativen Energien hergestellte grüne Variante nicht in ausreichender Menge zur Verfügung. Das erzeugt die bekannte Henne-Ei-Problematik: Skalieren werden die potenziellen Erzeuger ihre Produktion nur dann, wenn ein ausreichend großer Absatz-

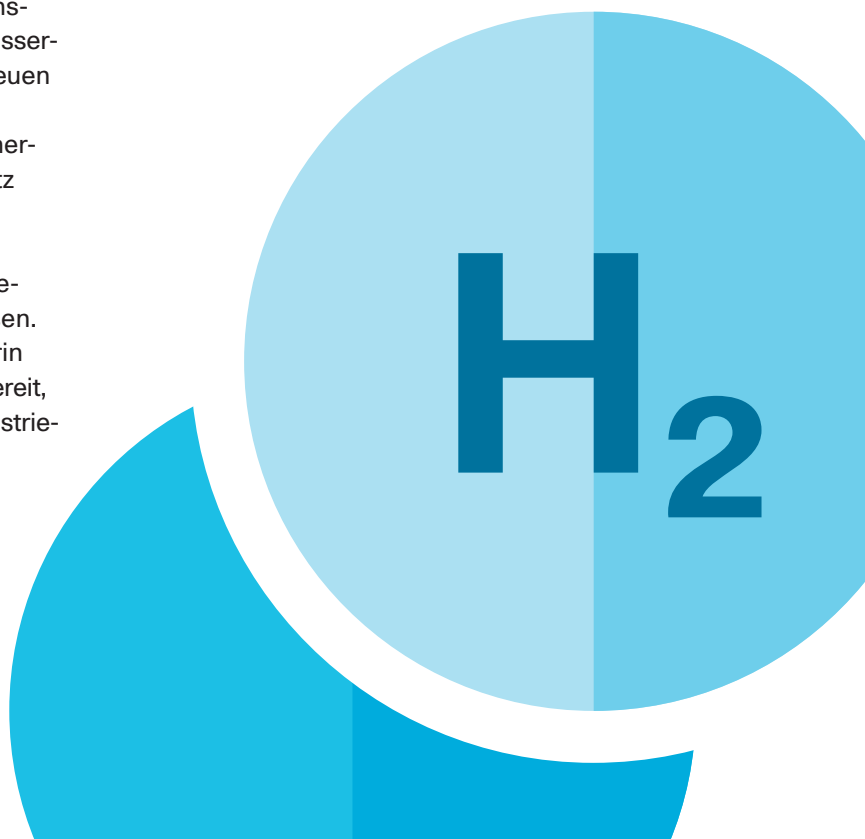
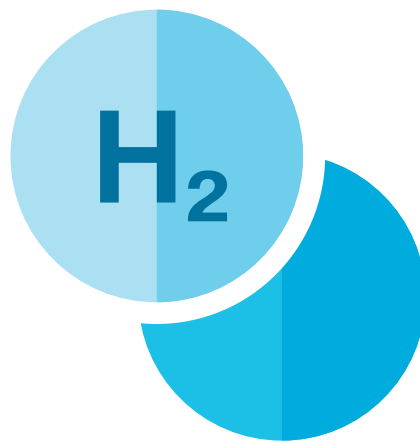
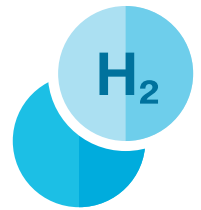
¹ AGEBA (2023).

markt vorhanden ist. Unternehmen des produzierenden Gewerbes werden ihre eigenen Prozesse aber nur auf Wasserstoff umstellen, wenn sie auf eine sichere Versorgung zu guten Preisen vertrauen können.

Damit entsteht politischer Handlungsbedarf: Die Bundesregierung muss die Rahmenbedingungen für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft beschleunigt bereitstellen und so die Voraussetzungen für einen stabilen Markt schaffen, auf dem sich Produzenten, Händler, Infrastrukturbetreiber und Kunden rechtssicher begegnen können. Daneben bestehen zahlreiche weitere Herausforderungen, wie die Ausweitung von Klimaschutzverträgen in der Industrie, die Kennzeichnung klimaneutraler Produkte sowie verbesserte Bedingungen für den Bau von H₂-Ready-Gaskraftwerken und die Infrastrukturtransformation.

Ein schneller Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft wird nur gelingen, wenn zunächst auch Wasserstoff, der aus Erdgas gewonnen wird, zum Einsatz kommen kann. Bei der Transformation darf es keine Denkverbote bei den Quellen von Wasserstoff geben. Je größer der Markt, desto besser für den Hochlauf und die Transformation. Bei richtiger Ausgestaltung werden Wasserstoff und seine Derivate künftig die wichtigsten neuen Energieträger sein, mit denen sich erneuerbare Energie speichern, aus aller Welt importieren, innerhalb Deutschlands transportieren und zum Einsatz bringen lässt, wo sie gebraucht wird.

Die deutsche Gas- und Wasserstoffwirtschaft gestaltet diesen Weg von Erdgas hin zu neuen Gasen. Grüner Wasserstoff und seine Derivate haben darin eine Schlüsselposition. Wir stellen die Lösungen bereit, um Deutschland bis 2045 tatsächlich als erste Industrienation weltweit klimaneutral machen zu können.



Wasserstoff ist unverzichtbar

Industrie, Verkehr, Strom- und Wärmeversorgung: Wasserstoff schließt die Lücken in einem klimaneutralen und resilienten Energiesystem.

Wasserstoff lässt sich flexibel in allen vier Verbrauchssektoren – Industrie, Stromerzeugung, Verkehr und Wärmemarkt – einsetzen. Dabei ist das neue Gas eine wichtige Ergänzung zur zunehmenden sektorenübergreifenden Elektrifizierung. Überall dort, wo eine Umstellung auf Strom nicht komplett möglich oder sinnvoll ist, bietet Wasserstoff eine passende Lösungsoption, um die Klimaneutralität zu erreichen. Gleichzeitig stärkt Wasserstoff die Resilienz des gesamten Energiesystems. Denn durch die Kombination von regenerativem Strom und neuen Gasen wird das System von zwei starken, klimaneutralen Säulen getragen.

Wasserstoff in der Industrie

Die Dekarbonisierung der Industrie ist eine besonders große Herausforderung. Denn fossile Energieträger werden hier nicht nur energetisch, sondern auch stofflich eingesetzt. Hinzu kommt, dass sich aufgrund der hohen Prozesstemperaturen manche Produktionsverfahren nicht komplett elektrifizieren lassen. Um den Industriestandort Deutschland nicht zu gefährden, eine Abwanderung von Unternehmen zu vermeiden und dennoch die Klimaneutralität zu erreichen, ist die Transformation nur mit Wasserstoff möglich.

Ein Beispiel für einen bereits eingeschlagenen Transformationspfad bietet die Stahlindustrie. Bei der Herstellung von Rohstahl wurde über Jahrhunderte hinweg Koks eingesetzt, um den Sauerstoffgehalt des Eisenerzes zu reduzieren. Neue Verfahren ermöglichen

nun, die Reduktion mit Erdgas. Dieser Wechsel kann die Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Emissionen in der Stahlindustrie bereits signifikant senken. Im nächsten Schritt erfolgt der Wechsel von Erdgas zu Wasserstoff. Pro eingesetzter Tonne grünen Wasserstoffs lassen sich 28 Tonnen CO₂ bei der Stahlproduktion einsparen.²



² DWV (2022).

Bis ausreichend grüner Wasserstoff zur Verfügung steht, müssen Stahlproduzenten allerdings zunächst noch Erdgas und dann blauen oder türkisen Wasserstoff einsetzen dürfen. Die Produktionsumstellung und eine gleichzeitig sichere Brennstoffanlieferung ist bei diesem Transformationsweg die größte Herausforderung. Um sie zu meistern, benötigen die Unternehmen entsprechende Sicherheit.

Wasserstoff sichert die Stromversorgung ab

Erneuerbare Energien werden künftig den Hauptanteil des Stroms in Deutschland liefern. Die Bundesregierung sieht einen Anteil der erneuerbaren Energien von 80 Prozent an der Stromproduktion bis zum Jahr 2030 vor. Im Jahr 2022 deckten erneuerbare Energien bereits 48,3 Prozent des Stromverbrauchs in Deutschland.³ Um das Ziel für 2030 zu erreichen, müssen die Kapazitäten allerdings in den kommenden Jahren massiv ausgebaut werden.

Die erneuerbaren Energien müssen dabei weit mehr leisten, als nur die durch den Kohle- und Kernenergieausstieg wegfallenden Strommengen zu substituieren. Mit der Elektrifizierung des Verkehrs und vieler Industrieanwendungen sowie dem vermehrten Einsatz von Wärmepumpen steigt die elektrische Spitzenlast in Deutschland stetig. Selbst unter optimistischen Annahmen gibt es ein Leistungsdefizit von mindestens 15 Gigawatt (GW) für das Jahr 2031.⁴

Nach Einschätzung der Bundesregierung müssen sogar bis zu 23 GW Leistung zugebaut werden, um die sich abzeichnende Lücke in der deutschen Stromproduktion zu schließen.

Neben dem Ausbau von Windkraft und Photovoltaik ist daher die Schaffung gesicherter Erzeugungskapazitäten nötig. Diese Aufgabe können moderne Gaskraftwerke übernehmen. Gemäß EU-Taxonomie müssen sie technisch auch für den Wasserstoffbetrieb geeignet sein.⁵ Bis 2030 müssen daher wasserstofffähige Gaskraftwerke mit bis zu 23 GW Leistung zugebaut und so die sich abzeichnende Lücke in der deutschen Stromproduktion geschlossen werden.

Um die Transformation des Strommarktes sicher zu gestalten, die Versorgungssicherheit zu gewährleisten und den Ausbau regenerativer Energien zu ermöglichen, ist eine Anpassung des Strommarktdesigns notwendig. Investoren müssen Anreize erhalten, damit sie die notwendigen Kapazitäten an flexibel abrufbarer, wetterunabhängiger Leistung schaffen. Die Lösung bietet ein Kapazitätsmarkt, der die Bereithaltung der Kapazitäten zur Sicherung der Netzstabilität honoriert und vergütet.

³ Bundesnetzagentur (2023).

⁴ Zukunft Gas (2022).

⁵ Bundesnetzagentur (2023).

Neues Strommarktdesign notwendig

Entstehen die notwendigen Kapazitäten an gesicherter Leistung nicht, wird der Kohleausstieg verzögert und weder im geplanten Jahr 2038 noch im vorgezogenen Wunschjahr 2030 realisierbar sein. Denn die Kohlekraftwerke würden dann weiterhin als strategische Reserve zur Absicherung des Stromnetzes benötigt. Mit Wasserstoff betriebene Gaskraftwerke sind daher ein zentraler Baustein, um den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland voranzutreiben und den Strommarkt zu dekarbonisieren.

Wasserstoff im Verkehr

Im Bereich der Mobilität steht bei der Substitution fossiler Kraftstoffe vor allem die Elektrifizierung des Pkw-bezogenen Individualverkehrs im Fokus. Dies ist jedoch nicht die vorrangige Herausforderung des Mobilitätssektors: Denn der Pkw-Verkehr ist nur eine Facette der Mobilität, die sich zudem grundsätzlich für eine Elektrifizierung eignet. Viel bedeutender und herausfordernder für die Erreichung der Klimaneutralität in der Mobilität sind der Schwerlastverkehr auf der Straße, der Verkehr auf der Schiene sowie der Schiffs- und Flugverkehr. Hier ist – allein schon aufgrund des Gewichts und des Energiebedarfs der Fahrzeuge – eine batterieelektrische Lösung kaum möglich.

Klimaneutrale Alternative für den Schwerlastverkehr

Für Lkws und Busse bieten sich dabei Antriebe mit Brennstoffzellen oder synthetisch hergestelltem Methan an. Mehrere Hersteller arbeiten zudem derzeit an Verbrennungsmotoren, die Wasserstoff anstelle von Diesel als Kraftstoff einsetzen. Lkw mit Brennstoffzellenantrieb gibt es derweil schon. Diese Technologie ermöglicht genügend große Reichweiten für den Warentransport und ausreichende Ladeflächen in den Fahrzeugen.

Die Energie, die ein Brennstoffzellen-Lkw zum Antrieb nutzt, ist letztlich Strom, sodass diese Art des Antriebs auch als eine Art der Elektrifizierung des Straßenverkehrs gesehen werden kann.

Auf der Schiene besteht generell ein großes Potenzial zur Elektrifizierung. Ein großer Teil heutiger Züge ist mit Strom unterwegs. Viele Strecken werden allerdings nach wie vor mit Dieselloks befahren. Hier sind wie im Schwerlastverkehr neue Antriebskonzepte nötig, um CO₂-Einsparungen zu erreichen. Brennstoffzellen-Züge, die mit gasförmigem Wasserstoff betrieben werden, bedeuten nur geringe Infrastrukturaufwendungen, da lediglich die Triebwagen auf einen Brennstoffzellenantrieb umgerüstet und eine entsprechende Wasserstoffversorgung aufgebaut werden müssten.

In der Schifffahrt sind Ozeanriesen bislang die größten Klimasünder: Sie nutzen zum Antrieb nach wie vor Schiffsdiesel und Schweröl, die hohe CO₂- und gleichzeitig Schadstoff-Emissionen verursachen. Die Umstellung der Schiffsantriebe auf Liquid Natural Gas (LNG) bietet bereits ein hohes Einsparpotenzial bei CO₂, Schwefeldioxid, Stickoxid, Ruß und Feinstaub. Im

nächsten Schritt sollen CO₂-armes Bio-LNG und synthetisches Methan (Synthetic Natural Gas (SNG)) zum Einsatz kommen, welches bereits bestehende LNG-Schiffe ohne aufwendige Umbauten nutzen können. Eine weitere Alternative ist Ammoniak, was helfen kann, den Schiffsverkehr weltweit zu dekarbonisieren und umweltfreundlicher zu machen.



Die viel diskutierten E-Fuels haben hingegen im Flugverkehr ihr größtes Potenzial zur Dekarbonisierung. Hier können sie – ohne große technische Umstellungen – fossiles Kerosin ersetzen. Spätere Flugzeuggenerationen können dann auch spezielle, mit Wasserstoff betriebene Turbinen als Antrieb nutzen. Die Entwicklung solcher Antriebsarten läuft bereits. In jedem Fall werden Gase als Treibstoff oder als Grundprodukt für klimaneutrale flüssige Treibstoffe die entscheidende Rolle in der klimaneutralen Luftfahrt spielen.

Akzeptanz für die Wärmewende

Deutschlands Wärmemarkt befindet sich im Umbruch, ist zum größten Teil allerdings noch durch fossile Energieträger geprägt. Rund die Hälfte aller Haushalte heizt derzeit mit Gas. Auch in diesem Bereich kann Wasserstoff für die Menschen eine Handlungsalternative bieten, um den Wandel technisch machbar, bezahlbar und mit dem nötigen Maß an Versorgungssicherheit zu gestalten.

Die elektrisch betriebene Wärmepumpe ist für Neubauten und viele sanierte Bestandsgebäude eine effiziente Heizoption und wird in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen. Die Zielvorgabe von 500.000 neu installierten Wärmepumpen pro Jahr steht allerdings einer Zahl von rund 20 Millionen (Mio.) Heizkesseln gegenüber, die aktuell mit Öl oder Gas betrieben werden. Um eine möglichst schnelle De-

karbonisierung im Wärmemarkt zu erreichen, braucht es daher neben der Wärmepumpe weitere Lösungsoptionen. Neue Gase und der Einsatz von H₂-Ready-Heizungen sind in diesem Kontext sinnvoll. Denn sie ermöglichen eine dekarbonisierte Wärmeversorgung beispielsweise auch dann, wenn Bestandsgebäude für den Einbau einer Wärmepumpe energetisch ungeeignet sind.

Energieeffizienz durch Kraft-Wärme-Kopplung

Neue Gase können auch in einem größeren Kontext Wärmelösungen bieten. Insbesondere in Städten mit Wärmenetzen können neben Biomasse, Geo- und Solarthermie vor allem Wasserstoff betriebene Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) die sichere Nah- und Fernwärmeversorgung gewährleisten. Auch in Quartieren können diese effizienten Anlagen zum Einsatz kommen. Neben der Wärme, spielt der Strom aus KWK-Anlagen eine immer größere Rolle. Denn die dezentralen Anlagen helfen das Stromnetz zu stabilisieren. Somit stärken Wasserstoff-KWK das Energiesystem insgesamt.

Um die Wärmewende hin zur Klimaneutralität zu erreichen, sollte ein möglichst breiter Technologieeinsatz ermöglicht werden. Denn so können Wasserstofftechnologien ihr volles Potenzial für ein resilientes und klimaneutrales Energiesystem entfalten.

Wasserstoffwirtschaft hochfahren jetzt

Die Industrienation Deutschland muss sich so früh wie möglich als Standort für Cleantech-Lösungen positionieren.

Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland und Europa ist von zwei Faktoren abhängig: Produzenten von CO₂-armem Wasserstoff müssen einen Absatzmarkt vorfinden, in dem sie ihr Produkt verlässlich und in großem Maßstab verkaufen können. Verbraucher benötigen im Gegenzug Planungssicherheit, wenn sie ihre Prozesse und Technologien auf Wasserstoffbetrieb umstellen, große Investments tätigen und damit diesen benötigten Absatzmarkt schaffen sollen. Den Unternehmen der Energiewirtschaft fällt hier eine Schlüsselrolle zu. Denn sie stehen im engen Austausch mit ihren Kunden und entwickeln gemeinsam mit ihnen Konzepte für klimaneutrale Energielösungen. Projekte dieser Größenordnung sind finanziell anspruchsvoll und benötigen oft mehrere Jahre bis zur Umsetzung. Deshalb sind jetzt die politischen Weichenstellungen zwingend notwendig, wenn wir das Ziel der Klimaneutralität 2045 ernst nehmen.

Zuge der Energiewende gilt es, den fossilen Wasserstoff durch solchen zu ersetzen, der mit Strom aus erneuerbaren Quellen hergestellt wird – und das bei stark steigender Nachfrage. Der Bedarf wird sich bis 2045 etwa verzehnfachen.⁷ Der Nationale Wasserstoffrat prognostiziert beispielsweise einen Verbrauch von 92 bis 129 TWh im Jahr 2030. Bis zum Jahr 2040 könnte dieser Bedarf je nach Szenario auf 964 TWh und bis zum Jahr 2050 auf 1.364 TWh angestiegen sein.⁸ In den Prognosen weichen verschiedene Studien leicht voneinander ab. Dass der Bedarf in Zukunft signifikant ansteigt, ist jedoch unumstritten. Die Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff stehen in Deutschland aber noch in zu geringem Maße zur Verfügung.

Wasserstoffbedarf wird sich verzehnfachen

In 2022 lag der Verbrauch von Wasserstoff in Deutschland bei ca. 60 Terawattstunden (TWh), in Europa und Indien bei je 266 TWh, in den USA bei 400 TWh und in China bei 932 TWh.⁶

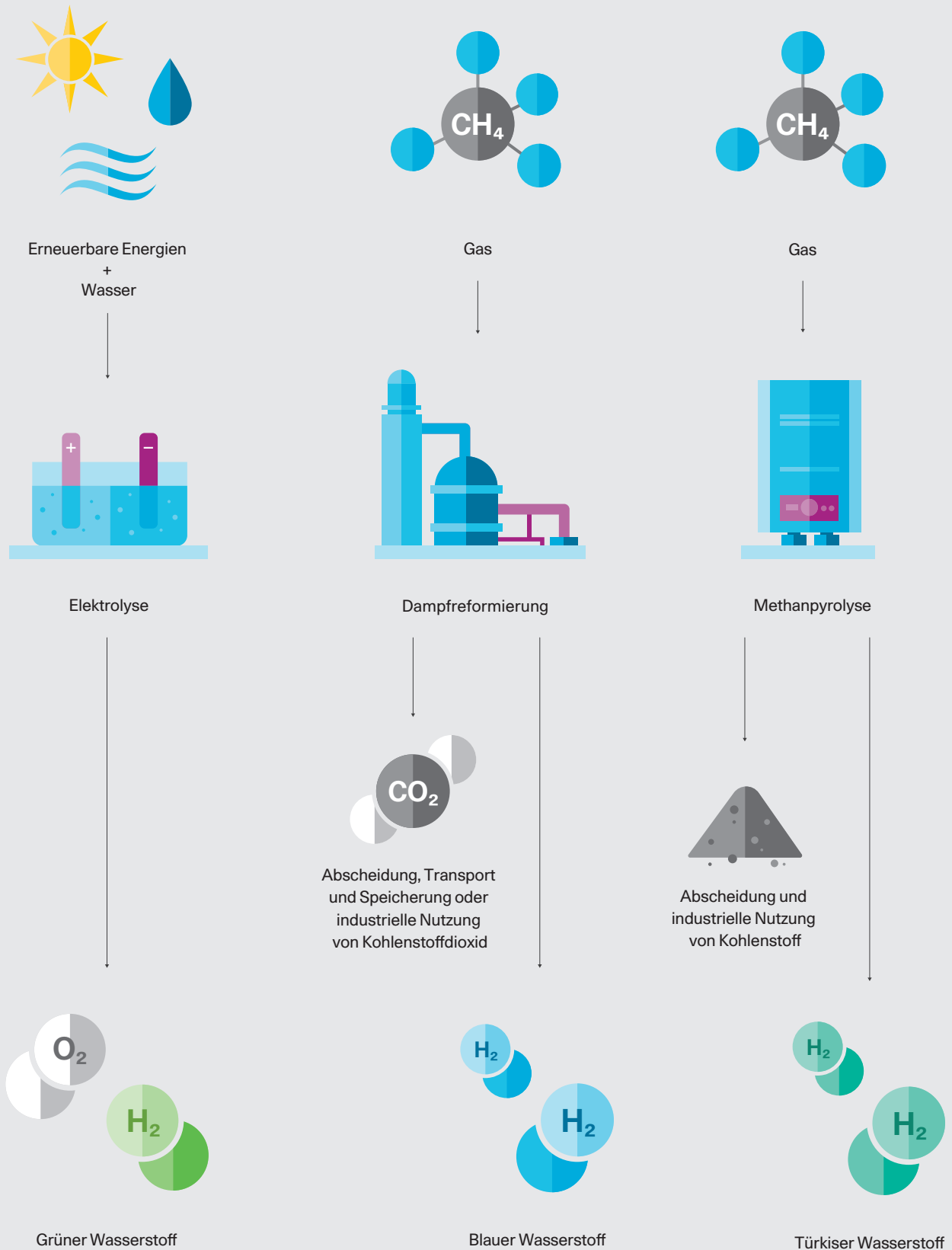
Das bedeutet: Wasserstoff wird bereits heute in Deutschland in industriellem Maßstab hergestellt. Dabei handelt es sich allerdings weitgehend um Wasserstoff fossilen Ursprungs, produziert aus Erdgas. Im

⁶ IEA (2022).

⁷ BDEW, DVGW, Zukunft Gas (2023).

⁸ Nationaler Wasserstoffrat (2023).

So werden grüner, blauer und türkiser Wasserstoff hergestellt



Von den aktuell in Deutschland produzierten 60 TWh sind nur vier TWh grüner Wasserstoff. Dieser wird mithilfe der Wasserelektrolyse hergestellt. Sie nutzt regenerativ erzeugten Strom, um Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufzuspalten.⁹

Bis 2030 sollen Elektrolyseure mit einer Leistung von insgesamt 10 GW installiert werden. Die Produktionskapazitäten entwickeln sich kontinuierlich. Aktuell wird die Zielvorgabe allerdings noch nicht durch die bestehenden Planungen erreicht.

So betrug im Jahr 2022 die deutsche installierte Produktionsleistung für Wasserstoff 0,08 GW.¹⁰ Zahlreiche Projekte befinden sich in der Planungsphase. Bei entsprechender Umsetzung steigt die installierte Elektrolysekapazität auf 8,1 GW im Jahr 2030.¹¹

Ein regionaler und nachhaltiger Energieträger

In absoluten Zahlen gab es 2022 rund 50 Power-to-Gas-Anlagen in Deutschland, die grünen Wasserstoff produzieren. Die Bandbreite reicht von Demonstrations- oder Forschungsanlagen über Anlagen, die aus Forschungsprojekten hervorgegangen sind, bis hin zu rein privatwirtschaftlichen Elektrolyseuren. Vor allem größere Anlagen, mit einer Leistung von 20 bis 30 Megawatt, sind derzeit noch in der Planung oder am Anfang der Bauphase.

Durch die verstärkte Produktion von grünem Wasserstoff erschließt sich Deutschland einen neuen heimischen Energieträger. Aus den Erzeugungsanlagen ergeben sich weitere Ansätze für eine nachhaltige regionale Energieversorgung. Aktuelle Elektrolyseure haben im Schnitt einen Wirkungsgrad von etwa 70 Prozent. Das bedeutet, dass rund 30 Prozent des eingesetzten Stroms zu Abwärme werden. Diese ließe sich mit den passenden Konzepten beispielsweise zur kommunalen Wärmeversorgung in der jeweiligen Region sinnvoll nutzen.

Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und durch leistungsstärkere Elektrolyseure wird die Wasserstoffproduktion in Deutschland steigen. Die Mengen an grünem Wasserstoff werden allerdings kurzfristig nicht ausreichen, um den wachsenden Bedarf der Industrie zu decken oder gar ihre Transformation zu beschleunigen. Um den Transformationsprozess zu unterstützen, ist der Einsatz von CO₂-armem blauen und türkisen Wasserstoff, bei dem die entstehenden CO₂-Emissionen eingelagert oder stofflich verwendet werden, sinnvoll und förderungswürdig. Deutschland beschreitet auf diese Weise einen „bunten“ Transformationsweg, der am Ende in einer komplett grünen Energieversorgung mündet.

⁹ BDEW, DVGW, Zukunft Gas (2023)

¹⁰ Zukunft Gas (2023).

¹¹ E.ON (2023).

Die Arten von Wasserstoff

Grüner Wasserstoff

Grüner Wasserstoff wird per Elektrolyse hergestellt. Als Ausgangsstoff dient Wasser (H_2O), das in Elektrolyseuren mithilfe von Strom in seine Bestandteile Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) aufgespalten wird. Dank des Einsatzes von Strom aus erneuerbaren Quellen ist der Wasserstoff CO_2 -neutral. DIE GAS- UND WASSERSTOFFWIRTSCHAFT hat in den vergangenen Jahren kontinuierlich in die Erforschung und Weiterentwicklung dieser Technologie investiert, um Wirkungsgrade zu erhöhen und einen flexibleren Betrieb zu ermöglichen.

Grauer Wasserstoff

Heute genutzter Wasserstoff wird vor allem aus Erdgas, also Methan (CH_4), gewonnen. Durch Dampfreformierung werden Kohlenstoff und Wasserstoff voneinander getrennt. Dabei entsteht als Abfallprodukt CO_2 , das in die Atmosphäre abgegeben wird. Grauer Wasserstoff ist daher nicht klimaneutral. Dieses Verfahren ist heute noch Standard für die Produktion von Wasserstoff.

Blauer Wasserstoff

Mithilfe von Wasserdampf wird der in Erdgas enthaltene Wasserstoff vom CO_2 getrennt. Das bei der Dampfreformierung abgeschiedene CO_2 kann unterirdisch gespeichert werden, sodass es nicht in die Atmosphäre gelangt. Daher gilt diese Form des Wasserstoffs als nahezu klimaneutral. Mögliche Speicherstätten für das abgeschiedene CO_2 sind zum Beispiel ausgeförderte Öl- und Gasfelder.

Türkiser Wasserstoff

Mit der sogenannten Methan-Pyrolyse wird Erdgas (CH_4) in seine Bestandteile Wasserstoff und Kohlenstoff gespalten. Im Unterschied zur Dampfreformierung entsteht dabei kein CO_2 , sondern Kohlenstoff in fester Form. Das Verfahren erfordert deutlich weniger Energie als Dampfreformierung oder Wasserstoffelektrolyse. Wird Biogas statt Erdgas als Methanquelle genutzt, hat es sogar eine negative CO_2 -Bilanz. Der bei der Methanpyrolyse entstehende feste Kohlenstoff lässt sich als Rohstoff einsetzen, etwa in der Batteriefertigung oder der Zementproduktion, als Verbundwerkstoff, Baumaterial oder als Grundstoff für synthetisches Graphit.

Deutschland wird große Mengen an Wasserstoff importieren

Die internationale Produktion und der globale Handel mit grünem Wasserstoff ermöglichen den Bezug ausreichender Mengen.

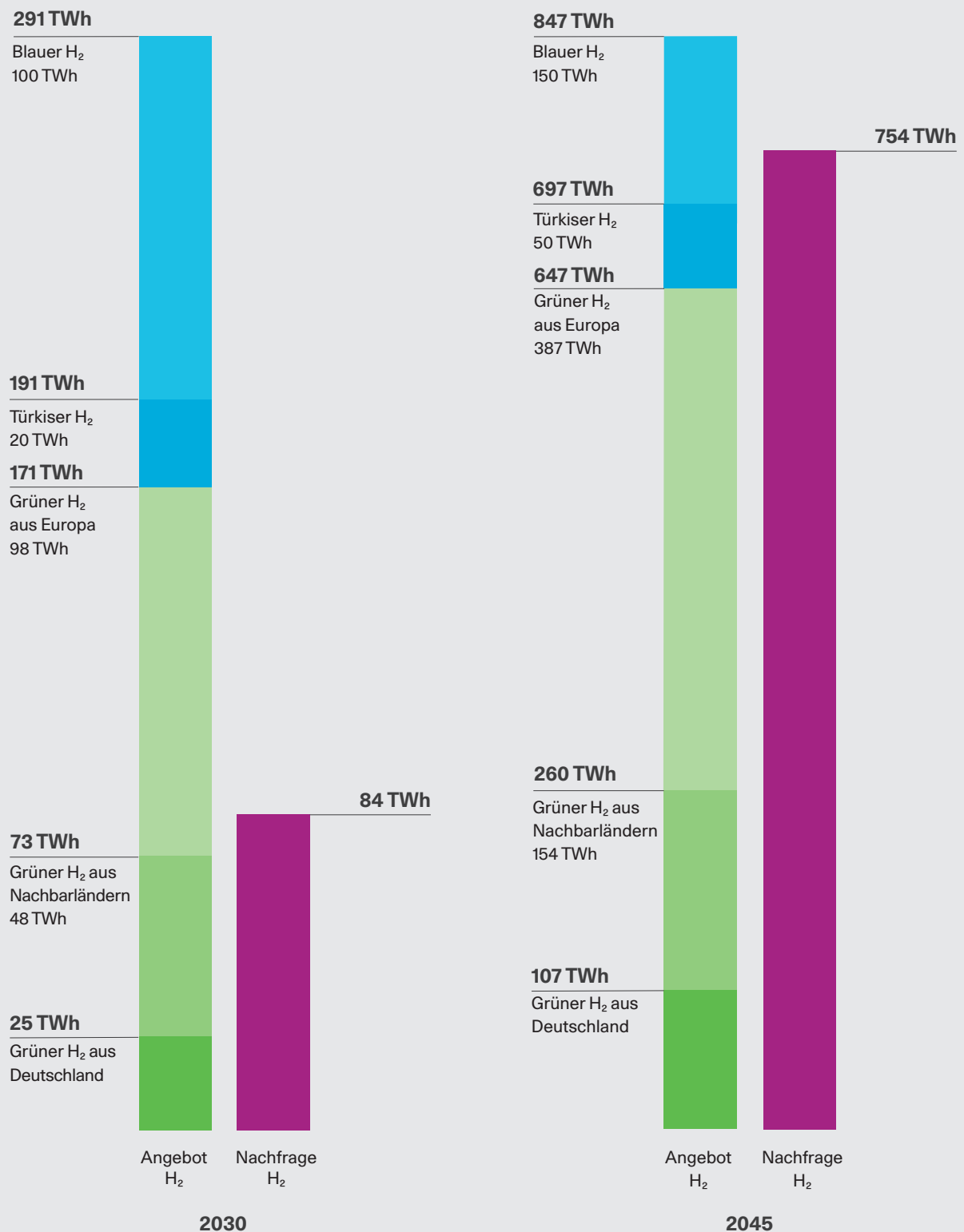
Global betrachtet ist das Potenzial von erneuerbaren Energien und damit von Wasserstoff schier unendlich. Aufgrund der natürlichen Gegebenheiten kann in anderen Regionen der Welt deutlich mehr Wasserstoff und zu geringeren Kosten produziert werden, zum Beispiel in der MENA-Region, Osteuropa oder in der Nordsee. Diese Regionen sind relativ nah und der Wasserstoff könnte effizient per Pipeline nach Deutschland transportiert werden. Natürlich werden die Erzeugungskapazitäten erneuerbarer Energien und grünen Wasserstoffs in Deutschland in den nächsten Jahren massiv ausgebaut. Doch dieses Wachstum hat seine Grenzen. Um die Klimaziele und die Transformation

unserer Wirtschaft nicht zu gefährden, sollte das globale Wasserstoffpotenzial erkannt und ausgeschöpft werden.

Wasserstoff kann, muss und sollte daher – neben der heimischen Produktion – ein Importgut werden, wie es heute die meisten Rohstoffe und Energieträger wie Kohle, Öl und Gas sind. In einer Berechnung der möglichen verfügbaren Mengen neuer Gase geht Frontier Economics (2022) davon aus, dass grüner Wasserstoff überwiegend importiert wird, während blauer/türkiser Wasserstoff mittels norwegischen Erdgases hergestellt wird.



Vergleich von Angebot und Nachfrage nach Wasserstoff in 2030 und 2045



Die potenziell verfügbaren Mengen an Wasserstoff in 2030 und 2045 sind größer als die aktuelle Nachfrage in Deutschland. Die Berechnungen belegen, dass ausreichende Mengen an Wasserstoff vorhanden sind.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch der Nationale Wasserstoffrat in seinem Grundlagenpapier „Treibhausgas einsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland“.¹²

Damit Investoren in Deutschland und den Ländern mit hohem Wasserstoffpotenzial die benötigten Erzeugungskapazitäten jetzt aufbauen, ist die Sicherheit, dass ein ausreichend großer Markt für Wasserstoff entstehen wird, maßgeblich. Denn die Umsetzung solcher Infrastrukturprojekte erfordert erhebliche Mengen an Kapital und Zeit. Ausgehend von den Klimazielen für das Jahr 2030 ist somit Eile geboten.

Für Deutschland bedeutet das: Die Transformation der Industrie und der Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur müssen weiter vorangetrieben werden. Außerdem müssen für einen raschen Markthochlauf die Farben

des Wasserstoffs eine nachgelagerte Rolle spielen. Nur mit blauem und türkisem Wasserstoff kann es gelingen, die Nachfrage der vielen potenziellen Verbraucher gleichzeitig zu decken. Mit Norwegen steht hier ein verlässlicher Partner bereit. Dem bunten Weg folgt dann die grüne Zukunft. Denn einen chemischen Unterschied gibt es zwischen den „verschiedenfarbigen“ Wasserstoffarten nicht, sodass sie sich ohne Weiteres durch grünen Wasserstoff ersetzen lassen.

Ausbau internationaler Energiepartnerschaften

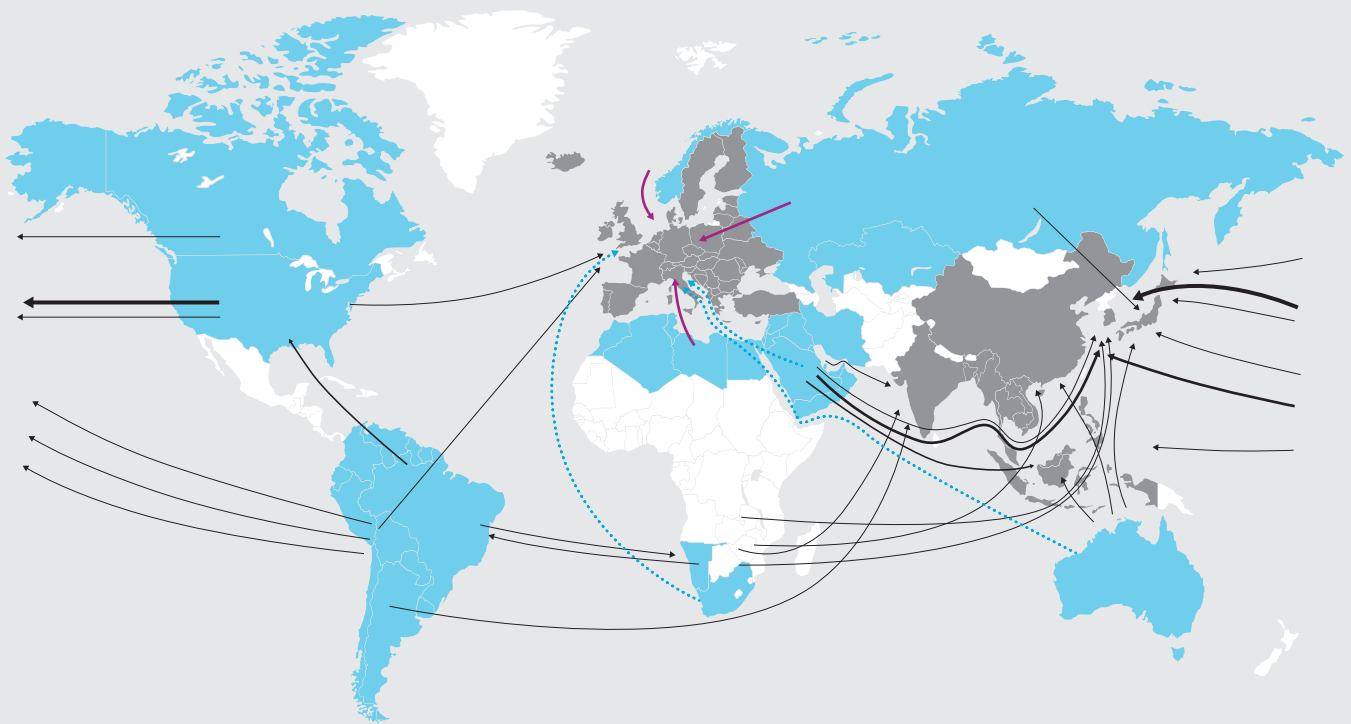
Bis 2030 sollen innerhalb der EU rund 330 TWh grüner Wasserstoff produziert und noch einmal die gleiche Menge importiert werden.¹³ Um den eigenen Bedarf sicher abzudecken, sollte Deutschland so bald wie möglich Energie- und Rohstoffpartnerschaften für den Import schließen. Im Jahr 2045 werden in Deutschland voraussichtlich bis zu 87 Prozent des Bedarfes durch Importe gedeckt, von europäischen Partnern und darüber hinaus.¹⁴

¹² Nationaler Wasserstoffrat (2023).

¹³ Europäische Kommission (2022).

¹⁴ dena (2021).

Haupttransportrouten von Wasserstoff und seinen Derivaten in 2050



- Der Verbrauch der Region ist größer als ihre Produktion
- Der Verbrauch und die Produktion der Region sind gleich
- Die Produktion der Region ist größer als ihr Verbrauch

Netto-Handelsströme,
Millionen Tonnen Wasserstoff pro Jahr:

- >20
- 10–20
- 5–10
- 1–5
- Transport größtenteils per Schiff
- Transport größtenteils per Pipeline
- Alternative Routen, wenn optimale Quellen eingeschränkt sind

Außerhalb der EU ist bereits Norwegen Importpartner für Wasserstoff, mit Australien gibt es Abkommen für die Herstellung, Verwendung und Import von grünem Wasserstoff, und auch mit Saudi-Arabien wurden bereits Absichtserklärungen für eine H₂-Partnerschaft verkündet. Als besonders geeignete Herkunftsländer für grünen Wasserstoff außerhalb der EU für das Jahr 2030 gelten Island, Kanada, Marokko, Tunesien und die Türkei. Für 2050 werden Ägypten, Algerien, Argentinien, Australien, Kanada, Kasachstan und Saudi-Arabien als Länder mit hohem Exportpotenzial angesehen.¹⁵

Zu vielen Ländern, die ein hohes Potenzial für die regenerative Energieerzeugung und die damit verbundene grüne Wasserstoffproduktion haben, bestehen keine Leitungen, die sich für den Transport von Wasserstoff eignen. Um Energie beispielsweise aus dem sonnenreichen Australien, dem mit reichen natürlichen Ressourcen ausgestatteten Kanada oder dem windreichen Chile zu importieren, sind daher weitere Lieferoptionen notwendig. Bei Gas hat sich LNG als eine solche Transportoption erwiesen: Das Gas wird dazu heruntergekühlt, dadurch verflüssigt und stark in seinem Volumen reduziert, sodass sich nennenswerte Mengen per Schiff transportieren lassen.

Bei Wasserstoff ist dieses Prinzip wirtschaftlich nicht sinnvoll. Denn bei diesem neuen Gas wäre zum Verflüssigen ein Herunterkühlen auf minus 253 Grad Celsius notwendig.

Eine Lösung bietet grünes Methan (SNG) als Wasserstoffderivat. Hierbei wird Wasserstoff in einem Prozess mit grünem CO₂ versetzt, sodass es dieselben Eigenschaften wie Erdgas hat und verflüssigt wie LNG per Schiff transportiert werden kann.

Eine weitere Lösung bietet das Wasserstoffderivat Ammoniak, das mithilfe von Stickstoff hergestellt wird. Ammoniak verflüssigt sich bereits bei minus 33 Grad Celsius und bietet sich somit ebenfalls wie LNG zum Schifftransport an. Am Ankunftsort lässt es sich in einem sogenannten Cracker wieder aufspalten. Da Ammoniak gleichzeitig auch ein wichtiger Grundstoff für die Chemieindustrie ist, lässt er sich aber auch leitungsgebunden weitertransportieren und direkt stofflich verwenden.

¹⁵ Adelphi (2020).

Die Infrastruktur für Wasserstoff entsteht

Importterminals, Speicher, Transport- und Verteilnetz – eine breite Basis für die zukünftige Wasserstoffinfrastruktur existiert bereits.

Damit die Transformation der deutschen Industrie und Energieversorgung gelingt, müssen die Wasserstoffmengen aus den deutschen Erzeugungsanlagen und Importen zuverlässig bei den Verbrauchern ankommen. Die Basis für den Erfolg des Markthochlaufs der Wasserstoffwirtschaft ist daher eine leistungsstarke Versorgungsinfrastruktur. Deutschland verfügt darüber bereits mit dem bestehenden Gasnetz. Das deutsche Fernleitungsnetz hat eine Länge von circa 42.500 km. Daran sind etwa 500 Letztverbraucher, wie Industriekunden und Kraftwerke, angeschlossen. Das Fernleitungsnetz speist allerdings auch das noch weiter verzweigte Verteilnetz mit einer Länge von etwa 529.000 km. Hieran sind rund 12,7 Mio. Haushalte und rund 1,8 Mio. industriell-gewerbliche Kunden angeschlossen.

Die gute Nachricht: Ein Großteil der bestehenden Gasinfrastruktur ist bereits heute für den Transport von Wasserstoff geeignet. Dies ist das Ergebnis der kontinuierlichen Investitionen von zwei bis drei Milliarden (Mrd.) Euro pro Jahr, die die Netzbetreiber für den Erhalt des Gasnetzes leisten. Dabei haben sie seit Langem die Zukunft im Blick und widmen sich der Herausforderung des Wasserstofftransports. Nicht nur auf überregionaler, sondern auch auf kommunaler Ebene laufen aktuell zahlreiche Pilotprojekte, welche die Beimischung von Wasserstoff oder die Umwidmung bestehender Gasnetze auf reinen Wasserstoffbetrieb zum Inhalt haben. Das heutige Gasnetz ist etwa 270 Mrd. Euro wert. Um es zu 100 Prozent für den Wasserstofftransport zu ertüchtigen, sind laut DVGW bis 2045 noch Investitionen in Höhe von 52 Mrd. Euro für das Gesamtsystem nötig.¹⁶ Zum Vergleich: Die Deutsche Energie-Agentur (dena) beziffert die nötigen Investitio-

nen ins Stromnetz bis 2045 auf etwa 345 Mrd. Euro, von denen 162 Mrd. Euro in die Übertragungsnetze und 183 Mrd. Euro in die Verteilnetze fließen.¹⁷

Einbindung ins Europäische Fernleitungsnetz

Über die Initiative European Hydrogen Backbone ist das deutsche Fernleitungsnetz in die europäische Gesamtstrategie eingebunden. Die Initiative besteht aus 32 europäischen Energieinfrastrukturbetreibern, die sich zusammengeschlossen haben, um eine gemeinsame Wasserstoffinfrastruktur durch Europa aufzubauen. Die deutsche Gas- und Wasserstoffwirtschaft ist durch die beiden Unternehmen OGE und Ontras beteiligt. Bis 2040 soll eine europäische Wasserstoffinfrastruktur mit einer Gesamtlänge von 53.000 Kilometer entstehen. Für den Aufbau der gesamteuropäischen Fernleitungsnetzes für Wasserstoff könnten mehr als 60 Prozent der bestehenden Gaspipelines genutzt und adaptiert werden. 40 Prozent der Wasserstoffleitungen müssten neu gebaut werden. Die Kosten werden auf rund 80 bis 143 Mrd. Euro geschätzt. Diese Kosten inkludieren unterirdische Leitungen und Konnektoren zu Offshore-Energieparks und Exportregionen wie Norwegen.¹⁸

Wasserstoff und Derivate können über Energy Hubs importiert werden

Sogenannte Energy Hubs sind ein wesentlicher Bestandteil des European Hydrogen Backbone. Über die deutschen LNG-Terminals kann zukünftig der Import-

¹⁶ DVGW (2023).

¹⁷ EWI (2021).

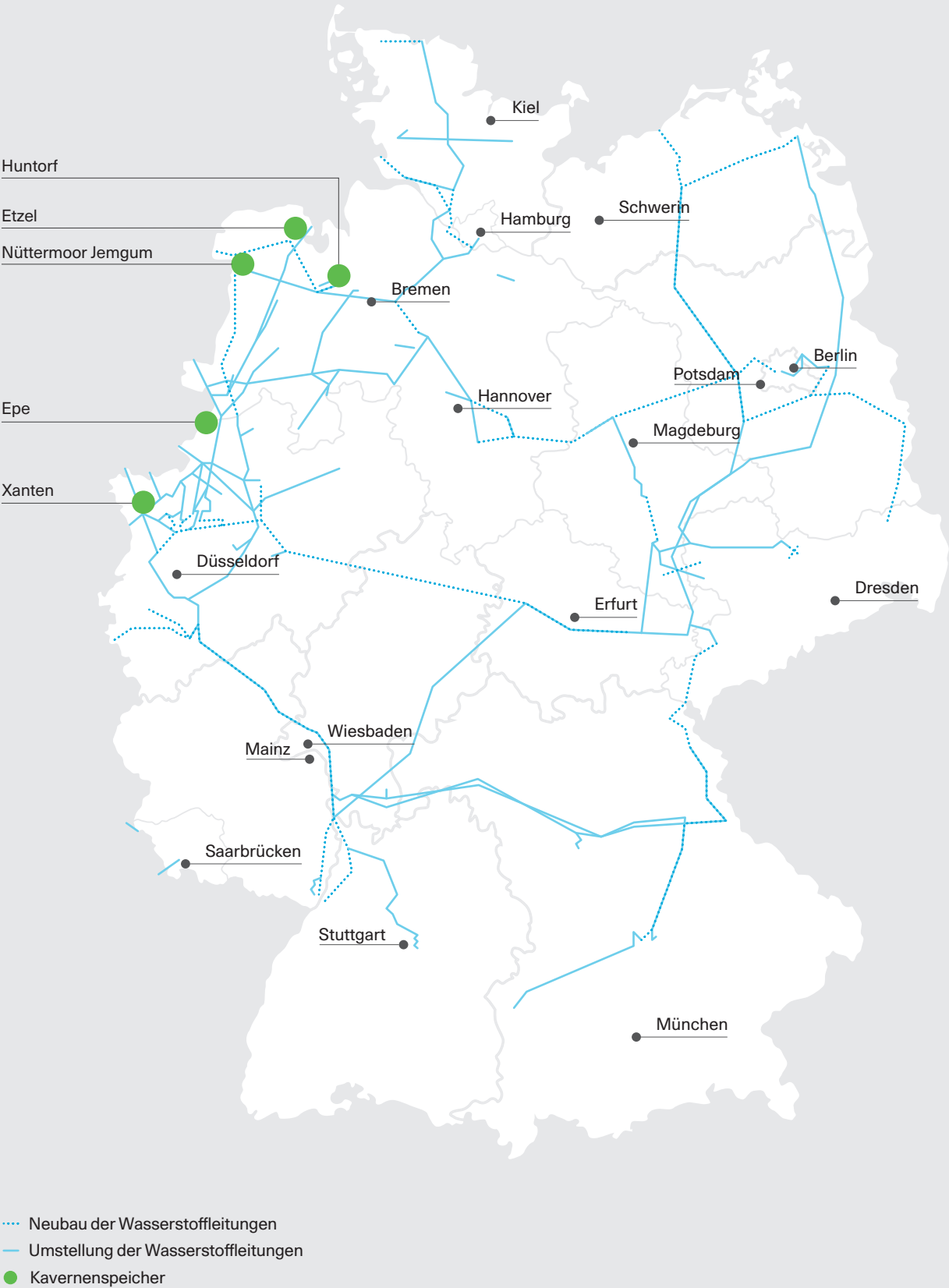
¹⁸ EHB (2023).

Bis 2040 soll das europäische Wasserstoffnetz geschaffen werden



Quelle: EHB (2023).

Wasserstoff-Fernleitungsnetz für das Jahr 2032



Quelle: FNB Gas (2023).

von Wasserstoff und Derivaten, wie z. B. SNG (synthetisches Methan) und Ammoniak erfolgen. Bereits für das Jahr 2025 sind die ersten Lieferungen geplant. Die Energieversorgung kann so zusätzlich diversifiziert werden: ein weiterer Schritt hin zu einem klimaneutralen und resilienten Energiesystem.

Der Import von Wasserstoff in die EU wird auch in anderen Mitgliedsstaaten vorangetrieben. So sollen über den Hafen von Rotterdam bis zum Jahr 2050 bis zu 700 TWh Wasserstoff in die EU importiert werden.¹⁹ Ein Teil dieses Wasserstoffs soll nach Deutschland durchgeleitet werden, so wie es jetzt mit Gas geschieht.²⁰

Steigender Bedarf an Wasserstoffspeichern

Durch die Zunahme volatiler erneuerbarer Energien bekommt die Speicherbarkeit neuer Gase ein stärkeres Gewicht, zumal man dafür die bereits vorhandene Infrastruktur nutzen kann. Wasserstoff schafft mehr Optionen und stärkt die Resilienz des Gesamtenergiesystems. Wasserstoffspeicher sind notwendige Elemente der Versorgungsinfrastruktur. Insbesondere Salzkavernenspeicher sind für den hohen Speicherbedarf geeignet und können die Energie kurz- und langfristig speichern.

Deutschland hat die größten Gasspeicher in der EU. Die Gasnetzinfrastruktur umfasst 47 unterirdische Gasspeicher mit einer Gesamtkapazität von ca. 24 Mrd. Kubikmeter bzw. 250 TWh – einem Volumen, das etwa einem Viertel des deutschen Jahresverbrauchs an Gas entspricht.

Nun müssen die bisherigen Gasspeicher auf die Speicherung von Wasserstoff umgerüstet werden. Laut der Untersuchung „Wasserstoff speichern – so viel ist sicher“ des Gastecnologischen Institutes Freiberg in Kooperation mit allen relevanten Gasspeicheranbietern sind Investitionen in Höhe von 12,8 Mrd. Euro nötig, um die erforderliche Wasserstoffspeicherkapazität bereitzustellen.²¹ Zu bedenken sind eine Umrüstdauer von circa 5,5 Jahren sowie ein Genehmigungszeitraum von etwa 2,5 Jahren.²²

Das Gasverteilnetz wird H₂-Ready

Die Rolle der Gasverteilnetze für die Transformation des Energiesystems und das Erreichen der Klimaziele wird oft unterschätzt. Dabei findet mit rund 810 TWh der Großteil des Gasabsatzes hier statt. Etwa 1,8 Mio. Industriekunden und Kraftwerksbetreiber sind momentan an die Verteilnetze angeschlossen. Zwar wird die Gasnachfrage durch die Elektrifizierung von Produktionsprozessen sinken, doch viele Unternehmen planen bei Dekarbonisierung ihrer Geschäftsmodelle Wasserstoff mit ein. Und auch Millionen Menschen bietet diese Infrastruktur die Möglichkeit, ihren eigenen Transformationspfad zu gehen. Denn auch wenn viele Menschen zukünftig mit einer elektrischen Wärmepumpe ihr Haus heizen, werden Gasheizungen noch lange Zeit eine wichtige Rolle bei der Wärmeversorgung spielen. Darüber hinaus gewinnt das Gasverteilnetz für die Produzenten von grüner Energie enorm an Bedeutung. Denn durch den Ausbau der erneuerbaren Energien wird die Anzahl der Elektrolyseure zunehmen, die dezentral ins Netz einspeisen. Sie brauchen den Netzanschluss, um grüne Moleküle zu ihren Kunden transportieren zu können.

¹⁹ Port of Rotterdam (2021).

²⁰ Northern Netherlands Hydrogen Investment Plan (2020).

²¹ DBI (2022).

²² Nationaler Wasserstoffrat (2023).

Mit klaren und schnellen Entscheidungen in die klimaneutrale Zukunft

Deutschland will Wasserstoffland werden. Für den Industriestandort müssen nun die besten Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Deutschland hat beste Voraussetzungen, das Potenzial des Energieträgers Wasserstoff umfassend zu heben. Das Gasnetz als vorhandene Infrastruktur ist dank des vorausschauenden Engagements der Unternehmen der Gas- und Wasserstoffwirtschaft auf einem modernen Stand. Dies schafft einen Vorsprung zu anderen Ländern, die den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft ebenfalls anstreben. Denn Deutschland steht bei der Beschaffung von Wasserstoff im internationalen Wettbewerb.

Wie der Ausbau der erneuerbaren Energien müssen Wasserstoffprojekte Vorrang bei Planungs- und Genehmigungsverfahren und bei der Umsetzung haben.

Die wichtigen Weichenstellungen, um die Chancen der Wasserstoffwirtschaft zu nutzen, müssen jetzt vorgenommen werden. Die Herausforderung ergibt sich aus der Gleichzeitigkeit von Transformationsprozessen in der Industrie, dem Ausbau der Erzeugungskapazitäten, der Weiterentwicklung der Infrastruktur, der Gestaltung neuer Marktregeln und dem Schließen von globalen Partnerschaften. Die Politik ist gefordert, mit schnellen Entscheidungen den Erfolg des Markthochlaufs von Wasserstoff möglich zu machen.

Der schnelle Wasserstoffhochlauf verlangt Deutschland-Tempo bei allen Wasserstoffprojekten. Wie der Ausbau der erneuerbaren Energien müssen Wasserstoffprojekte Vorrang bei Planungsverfahren und bei der

Umsetzung haben. Die parallele, unabgestimmte Netzplanung muss in eine integrierte Infrastrukturplanung übergehen, die alle relevanten Netze berücksichtigt.

Klare Regelungen und verlässliche Vorgaben notwendig

Unternehmen und Investoren benötigen Planungssicherheit, um die notwendigen Transformationsschritte zu finanzieren und damit den Absatzmarkt für grünen Wasserstoff zu schaffen. Es muss klare gesetzliche Regelungen und verlässliche Vorgaben über fixe Zeiträume geben. Die Schaffung der Rahmenbedingungen verlangt sinnvoll aufeinander aufbauende Gesetzgebungsverfahren und Verordnungen, die im Dialog entstehen und den Hochlauf anreizen. Beispiele für notwendige und sinnvolle regulatorische Vorgaben bieten Quoten, ein klares H₂-Zertifizierungssystem sowie die Anpassung des Strommarktdesigns im Hinblick auf einen Kapazitätsmarkt.

Ganz konkret besteht aktuell die Notwendigkeit eines Aufbauprogramms für die ersten 10 GW an Elektrolysekapazität, um die heimische Produktion von grünem Wasserstoff voranzutreiben und Offenheit gegenüber CO₂-armem Wasserstoff für die Übergangszeit einer vollständigen Transformation der Wasserstoffproduktion zu schaffen.

Erdgas hat die Vergangenheit der Gaswirtschaft geprägt, Wasserstoff, Ammoniak und Biomethan prägen die Gegenwart und eröffnen die Zukunft. Die Gaswirtschaft wird zur Wasserstoffwirtschaft.

Daraus ergeben sich immense Chancen: Es entsteht ein neues wirtschaftliches Ökosystem auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette von Energieversorgung und

Industrie. Durch neue Technologien zur klimaneutralen Transformation kann Deutschland eine Vorreiterrolle in der Welt einnehmen. Die Umstellung von Produktionsprozessen und der Wechsel zu erneuerbaren Energieträgern macht Deutschland zur ersten klimaneutralen Industrienation. Diese Vision bietet die Möglichkeit für ein breites gesellschaftliches Bündnis für die Energiewende und den Klimaschutz.



Quellennachweise

Adelphi (2020). Grüner Wasserstoff: Internationale Kooperationspotenziale für Deutschland. Kurzanalyse zu ausgewählten Aspekten potenzieller Nicht-EU-Partnerländer

adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/Gr%c3%bcner%20Wasserstoff_Internationale%20Kooperationspotenziale%20f%c3%bcr%20Deutschland_finale%20Version.pdf

AGEB (2023). AG Energiebilanzen legt Bericht für 2022 vor
ag-energiebilanzen.de/ag-energiebilanzen-legt-bericht-fuer-2022-vor

BDEW, DVGW, Zukunft Gas (2023). Wege zu einem resilienten und klimaneutralen Energiesystem 2045 – Transformationspfad für die neuen Gase
gas.info/fileadmin/Public/PDF-Download/transformationsspfad-neue-gase.pdf

Bundesnetzagentur (2023). Bericht zu Stand und Entwicklung der Versorgungssicherheit im Bereich der Versorgung mit Elektrizität
bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/V/versorgungssicherheitsbericht-strom.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Bundesnetzagentur (2023). Bundesnetzagentur veröffentlicht Daten zum Strommarkt 2022
bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/20230104_smdr.html

DBI (2022). Wasserstoff speichern – soviel ist sicher
bveg.de/wp-content/uploads/2022/06/20220610_DBI-Studie_Wasserstoff-speichern-soviel-ist-sicher_Transformationsspfade-fuer-Gasspeicher.pdf

dena (2021). dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität
dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Alle_Gutachten_dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf

DVGW (2023). Das Gasnetz – Rückgrat der Wasserstoffwelt
dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/gasnetz-rueckgrat-h2-welt.pdf

DWV (2022). Emissionsfreie Stahlerzeugung. Metastudie zu den technischen, technologischen und wirtschaftlichen Parametern für die Umstellung der deutschen Stahlindustrie auf eine emissionsarme Stahlproduktion auf Basis von grünem Wasserstoff
lbst.de/wp-content/uploads/2022/04/2022-03-30-HySteel-LBST_Emissionsfreie_Stahlerzeugung.pdf

EHB (2023). The European Hydrogen Backbone (EHB) initiative
ehb.eu

E.ON (2023). Deutschlands Wasserstoff-Produktion im Überblick
eon.com/de/wasserstoff/h2-bilanz/erzeugung-verbrauch.html

Europäische Kommission (2022). REPowerEU-Plan
eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52022DC0230

EWI (2021). dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Klimaneutralität 2045 – Transformation der Verbrauchssektoren und des Energiesystems, herausgegeben von der Deutschen Energie-Agentur GmbH
dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Landingpages/Leitstudie_II/Gutachten/211006_DLS_Gutachten_EWI_final.pdf

FNB Gas (2023). Wasserstoffnetz 2032
fnb-gas.de/pressematerialien/netzentwicklung-infografik_wasserstoffnetz-2032/

Frontier Economics (2022). Verfügbarkeit und Kostenvergleich von Wasserstoff – Merit Order für klimafreundliche Gase in 2030 und 2045
dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g202116-1-dvgw-verfuegbarkeit-kostenvergleich-h2.pdf

Hydrogen Council (2022). Global Hydrogen Flows: Hydrogen trade as a key enabler for efficient decarbonization
hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2022/10/Global-Hydrogen-Flows.pdf

IEA (2022). Global Hydrogen Review 2022
iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022/executive-summary

Nationaler Wasserstoffrat (2023). Die Rolle der Untergrund – Gasspeicher zur Entwicklung eines Wasserstoffmarktes in Deutschland

wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/2021-10-29_NWR-Grundlagenpapier_Wasserstoffspeicher.pdf

Nationaler Wasserstoffrat (2023). Treibhauseinsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland

wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2023/2023-02-01_NWR_Grundlagenpapier_H2-Bedarf_2.pdf

Northern Netherlands Hydrogen Investment Plan (2020). Expanding the Northern Netherlands Hydrogen Valley
newenergycoalition.org/custom/uploads/2020/10/investment-plan-hydrogen-northern-netherlands-2020-min.pdf

Port of Rotterdam (2021). Hydrogen economy in Rotterdam starts with Backbone. Handout

portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/hydrogen-economy-in-rotterdam-handout.pdf

Zukunft Gas (2022). enervis-Studie Marktdesign für einen sicheren, wirtschaftlichen und dekarbonisierten Strommarkt

gas.info/fileadmin/Public/PDF-Download/studie-marktdesign-strommarkt-zukunft-gas-enervis.pdf

Zukunft Gas (2023). Gasbilanz 2022

gas.info/fileadmin/Public/PDF-Download/faktenblatt-gasbilanz-2022.pdf

Bildnachweise

- S. 8 Adobe Stock / StudioLaMagica
- S. 11 Daimler Truck AG
- S. 17 DIE GAS- UND
WASSERSTOFFWIRTSCHAFT /
Jost Listemann
- S. 27 unsplash / Guillaume Périgois

Herausgeber

DIE GAS- UND WASSERSTOFFWIRTSCHAFT e.V.
Neustädtische Kirchstraße 8
10117 Berlin
www.gas-h2.de

Redaktion und Gestaltung

Lutz Meyer & Company GmbH
Rykestraße 2
10405 Berlin
meyercompany.com

Stand

November 2024

1. Auflage

Als Stimme der Branche bündelt der Verband DIE GAS- UND WASSERSTOFFWIRTSCHAFT e.V. die Interessen seiner Mitglieder und setzt sich dafür ein, dass die Potenziale von Wasserstoff und seiner Derivate sowie Biogas und Erdgas inklusive der dazugehörigen Infrastruktur genutzt werden. Zudem informiert er über die Chancen, die gasförmige Energieträger und ihre Infrastruktur in einem klimaneutralen als auch resilienten Energiesystem bieten, und treibt den Wandel der Branche hin zu neuen Gasen voran. Der Verband wird von führenden Unternehmen der Energiewirtschaft getragen und umfasst die gesamte Wertschöpfungskette von Produktion, Transport, Verteilung bis hin zu Handel, Vertrieb und Anwendungen. Weitere Branchenverbände und Industrieunternehmen unterstützen ihn als Partner.



Diese Publikation wurde
klimaneutral gedruckt.



Energien sicher transformieren.

gas-h2.de