

**H2**  
VOR ORT

# Wasserstoff – eine Einführung in das Schlüsselelement der Energiewende

Deutschland will bis 2045 klimaneutral werden. Für das Erreichen dieser Zielsetzung und der damit verbundenen Klimaschutzziele ist der Energieträger Wasserstoff (H<sub>2</sub>) von entscheidender Bedeutung. Warum Wasserstoff als kleinstes

chemisches Element eine so große Rolle beim Erreichen der Klimaschutzziele einnehmen soll und was man sonst noch über das Element alles wissen sollte, erklären wir in dieser Veröffentlichung.

## Das häufigste Element des Universums ist nahezu unbegrenzt verfügbar

Wasserstoff ist ein farb- und geruchsloses Gas und das am häufigsten vorkommende chemische Element des gesamten Universums. Kein Wunder, denn es ist in Wasser und beinahe allen existierenden organischen Verbindungen enthalten. Unter normalen Umweltbedingungen ist Wasserstoff naturgemäß mit anderen Elementen gebunden. Um die Reinform zu erreichen, müssen die Wasserstoff-Moleküle daher erst von anderen Elementen getrennt werden.

Zur Abtrennung von Wasserstoff kann auf sehr unterschiedliche Verfahren zurückgegriffen werden. Das Ergebnis aller Verfahrensweisen ist immer das farblose Gas Wasserstoff. Dennoch wird im Sprachgebrauch häufig von grünem, grauem, blauem oder türkisen Wasserstoff gesprochen. Diese Farben stehen für verschiedene Herstellungsverfahren und die dabei verwendeten Energieträger.

Wasserstoff über die Gasverteilnetze für alle nutzbar machen

Bei der Herstellung von klimafreundlichem Wasserstoff zählen die Dampfreformierung und die Elektrolyse zu den gängigsten Methoden. Bei dem erstgenannten Verfahren wird ein Energieträger wie z.B. Erdgas unter Einfluss von Wasserdampf und Wärme in Wasserstoff und CO<sub>2</sub> umgewandelt. Bei der Elektrolyse hingegen wird elektrischer Strom genutzt, um Wasser (H<sub>2</sub>O) in Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O) zu spalten.

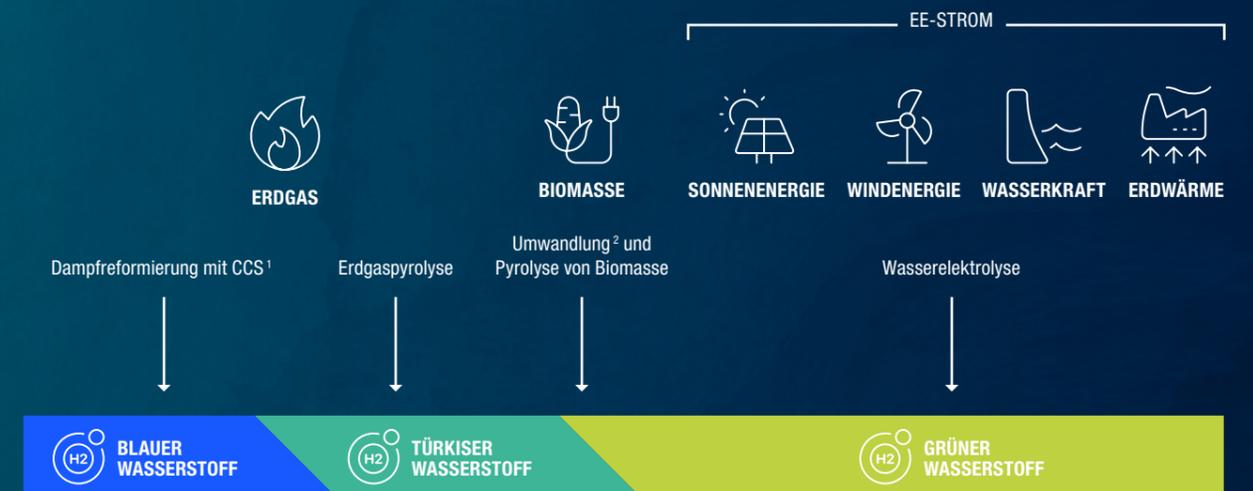
**Grauer Wasserstoff** wird aus fossilen Brennstoffen, wie zum Beispiel aus Erdöl oder Erdgas, gewonnen. Dabei wird z.B. Erdgas unter Hitze in Wasserstoff und CO<sub>2</sub> umgewandelt (Dampfreformierung) oder eine Elektrolyse mit Strom aus fossilen Brennstoffen betrieben. Das entstehende CO<sub>2</sub> gelangt bei diesem Verfahren ungehindert in die Atmosphäre. Im Jahr 2018 deckte grauer Wasserstoff 95 Prozent des jährlichen weltweiten Wasserstoffbedarfs von 120 Mio. t ab. Das entspricht in etwa 4.000 Terawattstunden bzw. dem Achtfachen der jährlichen deutschen Stromerzeugung.

**Blauer Wasserstoff** entsteht auch durch Erdgasdampfreformierung. Dabei wird Erdgas unter Einfluss von Wasserdampf

in Wasserstoff und CO<sub>2</sub> gespalten. Jedoch wird das im Prozess entstandene CO<sub>2</sub> direkt abgeschieden und gespeichert (engl. Carbon Capture and Storage, CCS). Dadurch wird kein CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgegeben und der Wasserstoff verbrennt klimaneutral.

**Grüner Wasserstoff** wird mittels Elektrolyse von Wasser hergestellt, wobei für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz kommt. Auf diese Weise entsteht kein CO<sub>2</sub>. So kann der grüne Wasserstoff langfristig einen essenziellen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität leisten.

**Türkiser Wasserstoff** entsteht, wenn Erdgas oder Biomethan durch sehr hohe Temperaturen unter Sauerstoffabschluss direkt in Wasserstoff und festen Kohlenstoff getrennt wird. Durch die Bindung des Kohlenstoffs in fester Form und nicht in CO<sub>2</sub> ist der Wasserstoff klimaneutral. Im Falle von bereits klimaneutralem Biomethan als Ausgangsstoff kann so der Atmosphäre sogar CO<sub>2</sub> entzogen werden. Die Herstellung von türkischem Wasserstoff befindet sich heute jedoch weitestgehend noch im Forschungsstadium.



<sup>1</sup> Carbon Capture and Storage, <sup>2</sup> Thermische und fermentative Verfahren

Quelle: DVGW

## Alleskönner Wasserstoff: Einsetzbar in jedem Sektor

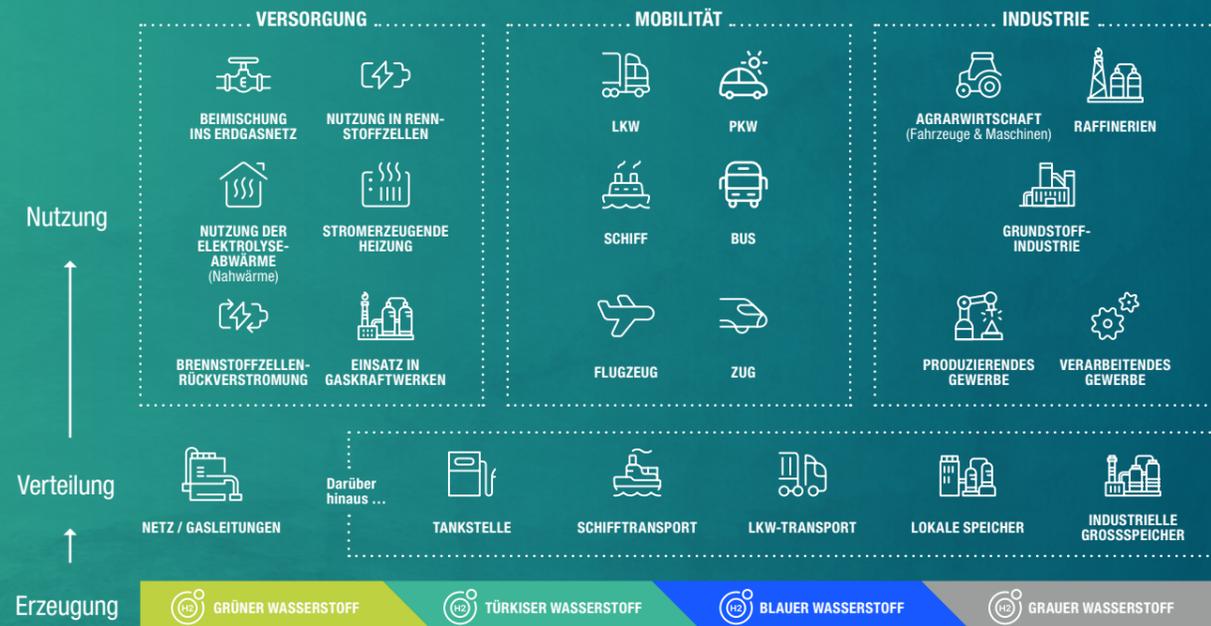
Wasserstoff ist der Alleskönner unter den Energieträgern. Er kann flexibel in allen Sektoren angewendet werden und zudem als großer Mittel- und Langfristspeicher für erneuerbare Energien dienen. Im Wärmesektor kann der Einsatz von Wasserstoff schon heute einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors leisten. So kann Wasserstoff dem Erdgas beigemischt werden und so die Heizung im Wohnzimmer Schritt für Schritt dekarbonisieren. In der Industrie ist klimafreundlicher Wasserstoff zur Dekarbonisierung zahlreicher Prozesse essenziell, da Wasserstoff im Gegensatz zu Strom auch für Prozesse eingesetzt werden kann, die sehr hohe Temperaturen erfordern. Im Verkehr kann Wasserstoff in Reinform in einer Brennstoffzelle eingesetzt werden und

so PKWs, LKWs, Busse oder Züge betreiben. Selbst Fliegen auf Kurzstrecken kann zukünftig z.B. mit Brennstoffzellenflugzeugen klimafreundlich werden. Auch für die zukünftige Versorgung des Stromsystems wird Wasserstoff eine elementare Rolle spielen, da es leicht in den bestehenden Gasspeichern aufbewahrt und bei Bedarf zur Stromerzeugung in Kraftwerken oder zur dezentralen Stromerzeugung in Brennstoffzellen verwendet werden kann. Auf diese Weise können Zeiten der sog. „Dunkelflaute“, wenn nur geringe Mengen Sonnen- und Windstrom zur Verfügung stehen, versorgungssicher überbrückt werden, ohne dass fossile Energieträger eingesetzt werden müssen.

# Wasserstoff verbrennt ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen zu Wasser

Kommt Wasserstoff mit dem Sauerstoff in der Luft in Kontakt und wird gleichzeitig die erforderliche geringe Menge an Zündenergie zugeführt, verbrennen beide Elemente gemeinsam zu Wasser. Dabei werden bis zu 90 % der Energie, die vorher zur Spaltung des Wassers aufgebracht werden mussten, wieder abgegeben<sup>1</sup>. Bei seiner Verbrennung bildet sich durch die Reaktion mit Luftstickstoff, abgesehen vom Wasserdampf, nur eine sehr kleine

Menge Stickoxid. Es entstehen keine Kohlenwasserstoffe, keine Schwefeloxide, kein Kohlenmonoxid und nicht einmal Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen freigesetzt wird und nachweislich den Treibhauseffekt verstärkt. Sofern bei der Wasserstoffproduktion kein CO<sub>2</sub> anfällt (grüner Wasserstoff) oder dieses direkt dauerhaft gespeichert wird (blauer/türkiser Wasserstoff), kann Wasserstoff als klimaneutral bezeichnet werden.



## Die bestehende Gasinfrastruktur eignet sich für den Transport von Wasserstoff

Wasserstoff kann über vielfältige Wege transportiert werden. Die Unterschiede machen sich in erster Linie am Aggregatzustand des Gases fest. Da Wasserstoff unter Umgebungsbedingungen gasförmig ist, ist auch die häufigste Transportform die direkte Einspeisung in das bestehende Gasnetz oder in neue Wasserstoffleitungen – entweder in Reinform oder als Beimischung zum Erdgas. Der Transport von Wasserstoff in der deutschen Gasinfrastruktur war bereits im 19. Jahrhundert üblich, als das zur Hälfte

aus Wasserstoff bestehende Stadtgas in Deutschland genutzt und über die Gasinfrastruktur transportiert wurde. Neben dem gasförmigen Transport wird Wasserstoff in flüssiger Form per Schiff oder Tanklastern transportiert. Dazu wird das Gas auf minus 253 Grad Celsius heruntergekühlt und in spezielle Ladetanks gefüllt. Eine weitere Transportmöglichkeit ist es, Wasserstoff mit anderen Elementen zu binden – zum Beispiel zu Methan, Ammoniak oder Methanol – und in dieser Form zu transportieren.

## Ein effizientes Energiesystem braucht Speicher

Die Herstellung von grünem Wasserstoff benötigt immer einen gewissen Energieaufwand. Bei aktuellen Elektrolyseuren beträgt dieser ca. 25 Prozent, perspektivisch reduziert sich dies auf ca. 10 Prozent, wodurch bis zu 90 Prozent der Ausgangsenergie nach der Elektrolyse als Wasserstoff zur Verfügung steht. Zusätzlich lassen sich Effizienzsteigerungen erzielen, wenn die Abwärme, die bei der Elektrolyse entsteht, z. B. zur Beheizung von Gebäuden oder durch Gewerbebetriebe genutzt wird. Eine Nutzung der Elektrolyse-

Abwärme kann beispielsweise problemlos in Wärmenetzen erfolgen und so Haushalte und Gewerbe mit grüner Wärme versorgen.

Um zu verstehen, warum Wasserstoff trotz eines gewissen Energieverlusts ein wichtiger Bestandteil unseres zukünftigen Energiesystems sein muss, gilt es, nicht auf die einzelne Anlage, sondern auf unser gesamtes Energiesystem und dessen Effizienz zu blicken. Wasserstoff ist die Antwort auf eines der größten

<sup>1</sup> The Future of Hydrogen. Report prepared by the IEA for the G20, Japan. Seizing today's opportunities, International Energy Agency (IEA), Paris, 2019.

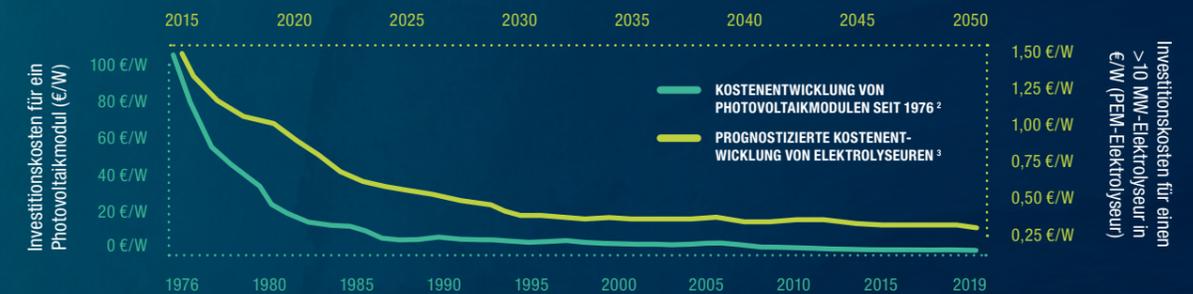
Probleme der Energiewende – die Speicherung der erneuerbaren Energien. Bislang existieren keine praktikablen Möglichkeiten, große Mengen an Strom länger als ein paar Tage zu speichern. Wasserstoff kann hingegen in den bestehenden Erdgasspeichern gespeichert werden und somit unabhängig von der Erzeugung der erneuerbaren Energien eingesetzt werden. Dank der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und des einfachen Transports von

Wasserstoff über die bestehende Erdgasinfrastruktur kann dieser flexibel und ortsungebunden eingesetzt werden. Somit ist es nicht mehr erforderlich, dass die Erzeugung und Nachfrage nach erneuerbaren Energien zwingend zeitgleich erfolgen müssen. In der Folge wird das Energiesystem resilienter und die Versorgungssicherheit steigt – gerade auch im Ausgleich der saisonalen Nachfrageunterschiede.

## Skalierungseffekte bringen zeitnah massive Kostensenkungen

Klimafreundlicher Wasserstoff wird zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht in großen Mengen produziert und ist dementsprechend noch relativ teuer. Die Produktionskosten für klimafreundlichen Wasserstoff unterscheiden sich heute noch deutlich in Abhängigkeit des Verfahrens. Während die Produktionskosten für ein Kilo grauen Wasserstoff bei etwa 1,50 Euro liegen, kostet die Herstellung von blauem Wasserstoff aktuell etwa 4 Euro und die Herstellung von grünem Wasserstoff etwa 8 Euro. Dies wird sich allerdings voraussichtlich bald ändern: Da zurzeit weltweit immer mehr Elektrolyseure gebaut und hinsichtlich Größe und Wirkungsgrad stetig

verbessert werden, wird die Verfügbarkeit in naher Zukunft steigen und dadurch die Produktionskosten erheblich fallen. Ähnliche Preisdegressionen konnten zuvor auch bei anderen Technologien mit hohen Skaleneffekten wie z.B. bei Photovoltaik-Anlagen oder Halbleitern beobachtet werden. Das Hydrogen Council prognostiziert für das Jahr 2030 eine Reduzierung der Herstellungskosten für grünen Wasserstoff von ca. 40 bis 52 Prozent gegenüber 2020. Somit wird in den nächsten 10 Jahren klimafreundlicher Wasserstoff nicht nur in deutlich größeren Mengen, sondern auch zu immer geringeren Kosten zur Verfügung stehen.



<sup>2</sup> Lafond, F., Bailey, A.G., Bakker, J.D., Rebois, D., Zadorian, R., McSharry, P. & Farmer, J.D. (2018). How Well Do Experience Curves Predict Technological Progress? A Method For Making Distributional Forecasts. Technological Forecasting and Social Change, 128(3), 104-117; IRENA (2020). Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

<sup>3</sup> Element Energy Ltd (2018). Hydrogen supply chain evidence base. Prepared by Element Energy Ltd for the Department for Business, Energy & Industrial Strategy.

### WASSERSTOFF IST ...

... **klimaneutral**: Bei seiner Verbrennung wird kein CO<sub>2</sub> freigesetzt

... **gut speicherbar**: Somit kann Versorgungssicherheit auch bei Dunkelflauten und im Winter gewährleistet werden

... **vielseitig einsetzbar**: In allen Sektoren kann er zur Dekarbonisierung genutzt werden

... **in der Hochlaufphase**: Der globale Roll-Out von Elektrolyseuren und die damit einhergehenden Skalierungseffekte werden zu einem hohen Angebot und reduzierten Produktionskosten von Wasserstoff führen

... **sehr gut transportierbar**: U.a. die bestehende Gasinfrastruktur kann zum Transport genutzt werden



### Über H2vorOrt

Im Rahmen der Initiative „H2vorOrt“ arbeiten 37 Verteilnetzbetreiber im Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) zusammen mit dem Verband kommunaler Unternehmen (VKU) daran, die über 500.000 km Gasverteilnetz zur Klimaneutralität zu transformieren. Die Projektpartner haben sich zusammengeschlossen, um der Frage nachzugehen, wie sich eine regionale und sichere Versorgung mit klimaneutralen Gasen in Zukunft bundesweit konkret umsetzen lässt. Insbesondere Wasserstoff kann entscheidend dazu beitragen, die Klimaziele sicher und volkswirtschaftlich effizient zu erreichen.