

Was, welcher, wie, warum...

Wasserstoff  $H_2$

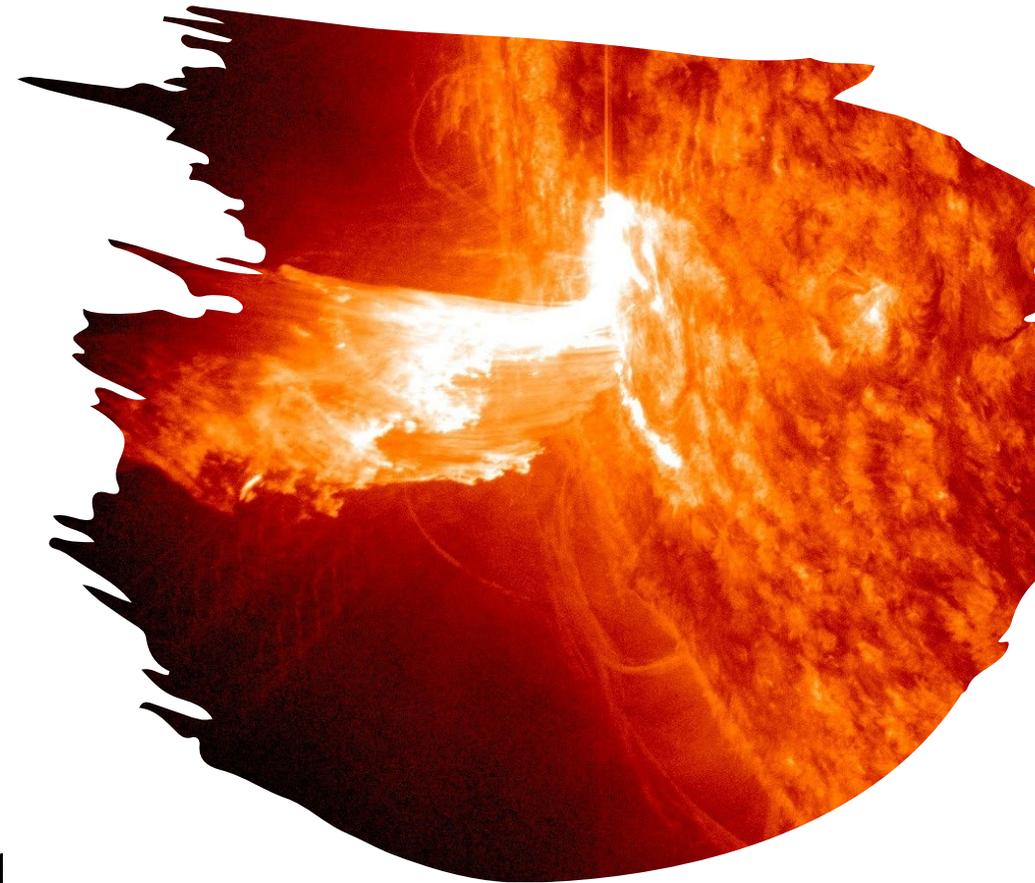
# Was genau ist eigentlich Wasserstoff?

- Abgekürzt wird Wasserstoff mit dem chemischen Symbol H: Das steht für Hydrogenium.
- Dieser griechisch-lateinische Ausdruck bedeutet so viel wie „Wassererzeuger“.
- Wasserstoff ist vor Helium das häufigste Element im Universum. Auf der Erde kommt das farb- und geruchslose Gas Wasserstoff hauptsächlich gebunden mit Sauerstoff in Wasser ( $H_2O$ ) oder als Wasserstoffgas ( $H_2$ ) vor.
- In molekularer Form steckt er außerdem in fossilen Rohstoffen wie Erdgas und Erdöl sowie in über der Hälfte aller bekannten Mineralien.
- Wasserstoff verfügt über einige chemische Besonderheiten, die es als Element auszeichnen. So hat es etwa die geringste Atommasse und verfügt lediglich über ein Elektron.
- Da Wasserstoff etwa 14-mal leichter als Luft ist, diente er früher dazu, Ballone oder Zeppeline zu füllen und zum Fliegen zu bringen
- Wasserstoff ist ein sehr leichtes und brennbares Gas. Wegen der Explosionsgefahr findet dafür inzwischen aber hauptsächlich das Edelgas Helium Verwendung, das im Gegensatz zu Wasserstoff nicht brennbar ist.



# Was genau ist eigentlich Wasserstoff?

- Reiner Wasserstoff verbrennt an der Luft (Reaktion mit Luftsauerstoff) mit schwach blauer Flamme zu Wasser, daher auch die Bezeichnung als „Wassererzeuger“
- Mit Sauerstoff bildet Wasserstoff explosive Gemische (Knallgas), ebenso mit Chlor (Chlorknallgas)
- Ein **Kilogramm (komprimierter) Wasserstoff** hat einen Energiegehalt von **33 Kilowattstunden (kWh)**. Zum Vergleich: Ein **Liter Diesel** hat einen Energiegehalt von **10 kWh**.
- Die **Sonne** etwa besteht **hauptsächlich aus Wasserstoff**. Im Inneren der Sonne sind Druck und Temperatur so hoch, dass Wasserstoffatome miteinander zu Heliumatomen verschmelzen. Dabei wird eine gigantische Menge Energie frei. Im Prinzip ist die Sonne ein gigantischer **Kernfusionsreaktor**, der seinen Wasserstoffvorrat nach und nach verbrennt – rund 13 Milliarden Jahre dürfte sie laut Wissenschaftlern deshalb noch scheinen.

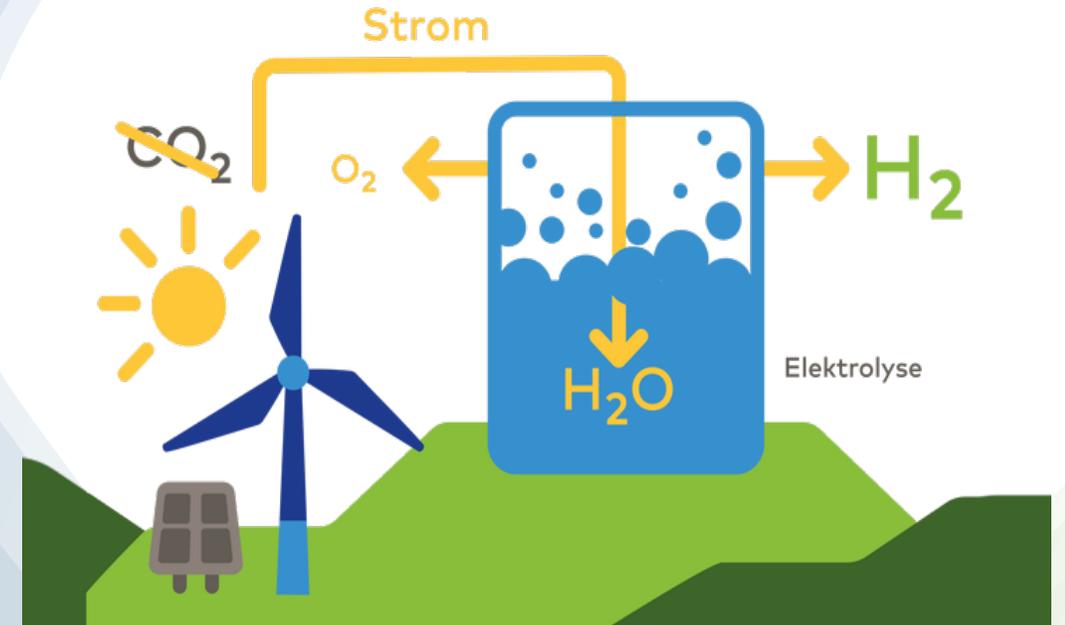


# Welche Arten von H<sub>2</sub> gibt es?

## Die Farben des Wasserstoffs

- Es gibt verschiedene Herstellungs- oder Gewinnungsmethoden. Als farbloses Gas hat Wasserstoff an sich keine Farbe; die Aufteilung in grünen, blauen, türkisen oder grauen Wasserstoff dient dazu, die Herstellungsarten und letztlich das Maß an Klimaneutralität des so erzeugten Wasserstoffs zu unterscheiden
- **Grüner Wasserstoff**  
Wird durch Elektrolyse (Aufspaltung von Wasser in seine Komponenten Sauerstoff und Wasserstoff) hergestellt. Erneuerbare Energiequellen wie Windkraft, Wasserkraft oder Sonnenenergie liefern den dafür benötigten Strom (Power-to-Gas-Technologie). Damit ist die Herstellung von grünem Wasserstoff CO<sub>2</sub>-neutral, derzeit allerdings noch mit hohem Energieaufwand verbunden.

Erzeugung von grünem Wasserstoff (sog. Elektrolyseure).



# Welche Arten von H<sub>2</sub> gibt es?

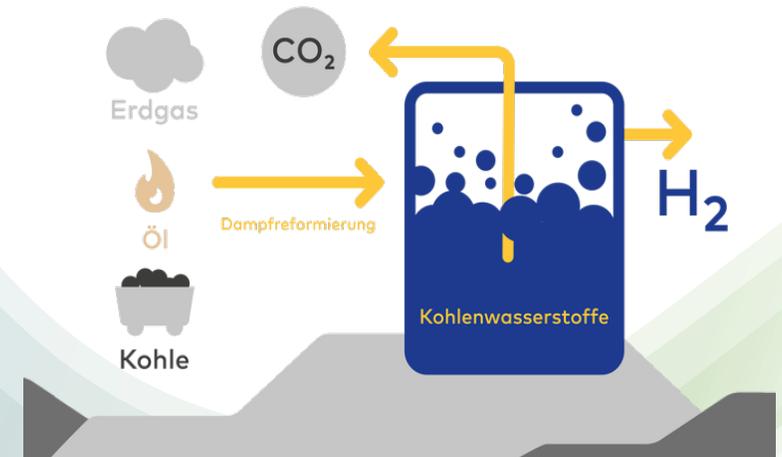
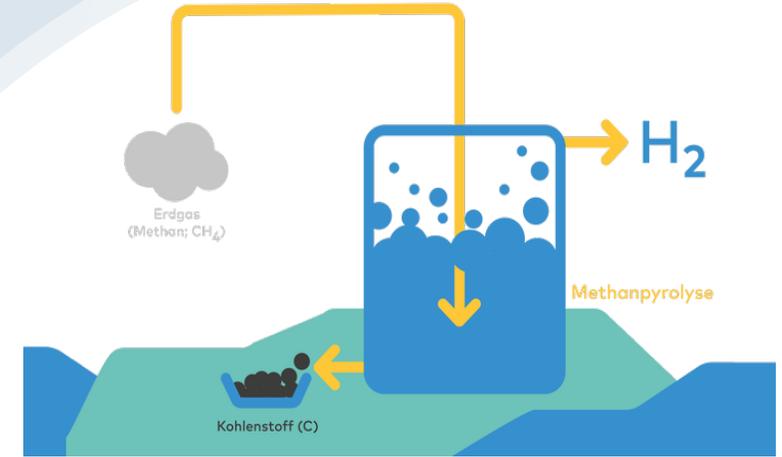
## Die Farben des Wasserstoffs

- **Türkiser Wasserstoff**

Ist das Produkt von Methanpyrolyse. Dabei wird das Methan im Erdgas in Wasserstoff und festen Kohlenstoff gespalten. Fester Kohlenstoff ist ein Granulat, das zum Beispiel in alten Bergwerksstollen sicher gelagert und später wiederverwendet werden kann. Dadurch gelangt kein CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre. Wenn die zur Methanpyrolyse benötigte Energie aus erneuerbaren Energien stammt, ist die Erzeugung von türkischem Wasserstoff klimaneutral.

- **Grauer Wasserstoff**

Wird durch die Dampfreformierung fossiler Brennstoffe wie Erdgas, Kohle oder Öl erzeugt. Dabei entsteht als Abfallprodukt CO<sub>2</sub>, das in die Atmosphäre abgegeben wird. Grauer Wasserstoff ist daher nicht klimaneutral.



# Welche Arten von H<sub>2</sub> gibt es?

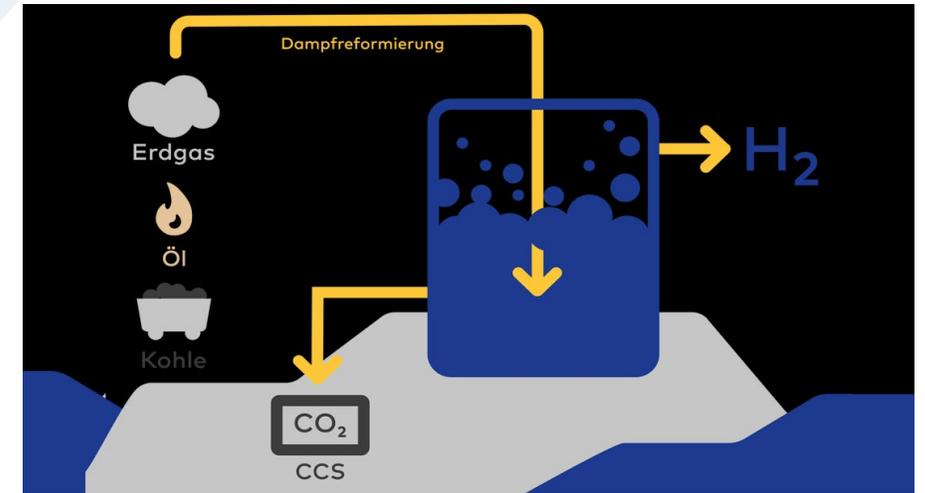
## Die Farben des Wasserstoffs

- **Blauer Wasserstoff**

Entsteht wie grauer Wasserstoff ebenfalls durch Dampfreformierung, allerdings wird das entstandene CO<sub>2</sub> danach unterirdisch gelagert (CCS-Technik – Carbon Capture and Storage, dt.: Kohlenstoffabscheidung und -speicherung). Es gelangt somit nicht in die Atmosphäre und ist damit ebenfalls klimaneutral

- **Pinker oder gelber Wasserstoff**

Dabei wird Wasserstoff ebenfalls durch Elektrolyse gewonnen. Der benötigte Strom stammt aus der Kernenergie. Klimaschädliches CO<sub>2</sub> entsteht dabei nicht, wohl aber radioaktiver Abfall, der sicher und dauerhaft endgelagert werden muss.



# Grüner Wasserstoff als Beitrag zur Energiewende?



- Um die Klimaziele zu erreichen, muss der Anteil der grünen Energie in den Sektoren steigen, die bislang von der Energiewende nur unzulänglich erfasst sind
- Viele Anwendungsfelder in der Industrie, im Verkehr oder im Wärmesektor lassen sich jedoch kaum oder gar nicht elektrifizieren
- Mit dem per Photovoltaik und Windkraft erzeugten Ökostrom gelingt die Energiewende in diesen Bereichen nicht auf direktem Weg – dafür aber über den **Energieträger** Wasserstoff, der sich klimaneutral aus erneuerbaren Energien herstellen lässt
- Die Bedeutung von Wasserstoff für die Energiewende wächst auch angesichts der Tatsache, dass Deutschland seinen hohen Energiebedarf vermutlich noch lange Zeit nicht aus eigener, nachhaltiger Erzeugung decken kann
- Energieimporte sind also auch in Zukunft notwendig. Grüner Wasserstoff ist hier eine vielversprechende Lösung dafür, anstelle von Erdgas und Erdöl zunehmend klimafreundliche Energie zu importieren
- Denn grüner Wasserstoff speichert sozusagen die Energie von Sonne und Wind und lässt sich unter hohem Druck, verflüssigt, gebunden an eine Trägerflüssigkeit oder in Form von Wasserstoff-Folgeprodukten effizient transportieren

# Wasserstoff nachhaltig herstellen?



- Um grünen Wasserstoff als klimaneutralen Energieträger zu etablieren, ist eine zunehmende inländische Wasserstoffproduktion und Wasserstoffverwendung unverzichtbar
- Um eine langfristig wirtschaftliche und nachhaltige Herstellung und Nutzung von Wasserstoff sicherzustellen, müssen vor allem die Erzeugungskapazitäten von Strom aus erneuerbaren Quellen weiter steigen
- Ein konsequenter Ausbau von Photovoltaik- und Windkraftanlagen ist unerlässlich, um ausreichend Ökostrom für die Erzeugung von grünem Wasserstoff zur Verfügung zu stellen und gleichzeitig noch ausreichend erneuerbaren Strom für die bereits gängigen Nutzungen zusichern zu können

# Wie lässt sich Wasserstoff herstellen?



- Wasserstoff lässt sich auf unterschiedliche Arten herstellen, indem man Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) in Sauerstoff ( $\text{O}$ ) und Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) aufspaltet. Um das Molekül  $\text{H}_2$  abzuspalten, benötigt es allerdings viel Energie.
- **Dampfreformierung von Erdgas**  
Die gängigste Methode zur Wasserstoffherstellung; bei diesem Verfahren entsteht allerdings auch  $\text{CO}_2$ , das in die Atmosphäre entweicht.
- **Elektrolyse**  
Unter Einsatz von Strom wird Wasser in die Bestandteile **Wasserstoff** ( $\text{H}_2$ ) und Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) zerlegt. Dabei wird die elektrische in chemische Energie umgewandelt und im **Wasserstoff** gespeichert. Stammt der dafür benötigte Strom aus erneuerbaren Energien, handelt es sich bei dem erzeugten Wasserstoff um grünen Wasserstoff. Bei seiner Erzeugung entsteht kein  $\text{CO}_2$ .
- **Wasserstoffherzeugung auf Basis alternativer Energiequellen**  
Die umweltfreundlichste Art der Wasserstoffherzeugung verwendet alternative Energiequellen (z.B. Sonnenlicht, Wind- und Wasserkraft) zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Dabei wird wiederum zwischen thermischer und chemischer Umwandlung unterschieden. Erstere stellt eine relativ alte Idee dar, welche zunehmend Forschungsinteresse erfährt und gute Chance hat, in den nächsten Jahren konkurrenzfähig zu werden. Bei der chemischen Umwandlung wird der aus alternativen Energiequellen gewonnene Strom direkt zur Elektrolyse des Wassers (siehe oben) verwendet und somit in eine speicherbare Form übergeführt. Außer Sauerstoff fallen hierbei keine weiteren Nebenprodukte an, was sehr umweltfreundlich ist.
- Partielle Oxidation; Autotherme Reformierung; Gasaufbereitung; Thermochemische Verfahren, usw...

# Verfahren im Detail



- **Die PtX-Technologie**  
Das Verfahren zur **grünen Wasserstoffproduktion** nennt sich **Power-to-Gas** und ist eine der **Power-to-X-Technologien** (PtX-Technologien), bei denen Strom genutzt wird, um zum Beispiel Gase (**Power-to-Gas**), Wärme (**Power-to-Heat**) oder flüssige Energieträger (**Power-to-Liquid**) herzustellen. PtX-Technologien gelten als aussichtsreichste Lösung, verschiedene Energieträger aus Ökostrom zu erzeugen, so den Ausstoß von Treibhausgasen in wichtigen Sektoren zu verringern und die Klimaziele zu erreichen.
- **Das Elektrolyseverfahren**  
Bei der Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse sind vier Technologien zu unterscheiden: die alkalische Elektrolyse (AEL), die Proton-Exchange-Membran Elektrolyse (**PEM**), die Anionenaustauschmembran-Elektrolyse (AEM) und die Hochtemperaturelektrolyse (HTEL). Von diesen Technologien bieten laut Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) die PEM-Elektrolyse und insbesondere die AEM-Elektrolysetechnologie die Potenziale, die Wasserstoffproduktion aus regenerativem Strom in industriellem Maßstab zu betreiben. Die HTEL befindet sich noch in der Pilotphase, das BMWi rechnet hier aber für die Zukunft mit einer zunehmenden Bedeutung.
- Weitere Verfahren zur Herstellung von dekarbonisiertem Wasserstoff befinden sich derzeit noch in der Entwicklungsphase, zeigen aber bereits erste Erfolge. Insbesondere die Pyrolyse von Erdgas, die Aufspaltung von Methan in Wasserstoff und festen Kohlenstoff (Karbonpulver), bietet aus Sicht des BMWK großes Entwicklungspotenzial. Durch sie könnte Wasserstoff in großem Maßstab und zu Kosten für die Nutzer bereitstehen, die unterhalb des Elektrolyse-Wasserstoffs liegen.

# Verfahren im Detail

- **Das Reformierungsverfahren**  
Ausgangsbasis für die Herstellung von Wasserstoff sind beim sogenannten Reformierungsverfahren fossile Brennstoffe wie **Kohle, Biomasse** oder **Erdgas**. In einem mehrstufigen Verfahren wird diesen Brennstoffen Wasserdampf zugegeben (Dampfreformierung) und dem Gemisch anschließend der Wasserstoff entzogen. Bei der Dampfreformierung entsteht ein Gemisch aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid, weshalb man hier von **grauem** also nicht klimaneutral erzeugtem **Wasserstoff** spricht.
- **Die Methanpyrolyse**  
Eine klimaneutrale Wasserstoffproduktion hingegen ist das Umwandeln von **Methan aus biogenen Quellen**, wie **Biogas in Wasserstoff**. Die Methanpyrolyse zersetzt Methan in Wasserstoff und festen Kohlenstoff. Neben den positiven Effekten für die Umwelt, **werden für dieses Verfahren auch fast 90 Prozent weniger Energie benötigt, als bei der Wasserelektrolyse**. Bisher hat die Methanpyrolyse allerdings **überwiegend im Labor** Anwendung gefunden. Ob das Verfahren auch künftig im industriellen Maßstab werden kann, sollen Forschungsprojekte zeigen.

# Warum kann Wasserstoff so wichtig werden?

- Wasserstoff lässt sich als **Energieträger** mit der höchsten gewichtsbezogenen Energiedichte (kWh/kg) in Brennstoffzellen sowie speziellen Kraftwerken einsetzen.
- In Brennstoffzellen läuft der Elektrolyseprozess in umgekehrter Reihenfolge ab: Das heißt, dass aus dem grünen Wasserstoff Strom, Wärme und Wasser entstehen.
- Brennstoffzellen sind für stationäre und mobile Anwendungen verfügbar – etwa zur Strom- und Wärmeerzeugung in Gebäuden oder zum Antrieb von Fahrzeugen. Im Gebäudesektor dient bislang herkömmliches Erdgas zur Wasserstoffgewinnung. Künftig sollen Brennstoffzellen hier ausschließlich mit Wasserstoff betrieben werden.
- Bei Mobilitätslösungen treibt der Strom aus einer Brennstoffzelle innerhalb des Fahrzeugs den E-Motor an.

# Wo ist Wasserstoff bereits im Einsatz?

- Wasserstoff findet bereits in Raffinerien und in der chemischen, petrochemischen und stahlerzeugenden Industrie in großen Mengen Verwendung – größtenteils allerdings der klimaschädliche Wasserstoff, der hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht.
- Grüner Wasserstoff aus Ökostrom kann in der Industrie die hohen Emissionen klimaschädlicher Treibhausgase erheblich senken. Darüber hinaus kann grüner Wasserstoff künftig in vielen Lebensbereichen eine elementare Rolle spielen und so zum Gelingen der Energiewende beitragen.
- In der Stahlindustrie kann Wasserstoff Kohle als Reduktionsmittel ersetzen.
- In der Chemieindustrie braucht es Wasserstoff, um beispielsweise Erdöl als Rohstoff abzulösen
- Außerdem kann Wasserstoff die Brennöfen in der Glas-, Zement- und Stahlindustrie klimaneutral beheizen
- Wasserstoff dient als Ausgangsbasis für synthetische Kraftstoffe, um Klimafreundlichkeit im Flug-, Fern-, Schwerlast- und Schiffsverkehr zu erreichen
- In Deutschland liegt ein weiterer Schwerpunkt der Nationalen Wasserstoffstrategie neben der Dekarbonisierung der Industrie auf dem Verkehrssektor und dem Transportwesen. Insbesondere Lastkraftwagen, Busse und die Luftfahrt, die sich nicht so einfach elektrifizieren lassen wie der motorisierte Individualverkehr, sollen mit grünem Wasserstoff ihre Emissionen verringern

# Kann Wasserstoff Erdgas und Erdöl ersetzen?

- Nicht nur der Klimawandel und die Energiewende erhöhen den Druck, den Einsatz fossiler Energieträger wie Erdgas und Erdöl zunehmend zu reduzieren
- Auch in Zeiten hoher geopolitischer Risiken (Ukraine Krieg) und steigender Importpreise für Erdgas und Erdöl nimmt das Interesse zu, möglichst klimafreundliche, selbsterzeugte und flexibel einsetzbare Alternativen zu nutzen
- Grüner Wasserstoff kann aus Sicht der Bundesregierung und vieler Branchenexperten diese Alternative sein und zum Aufbau eines nachhaltigen, globalen Energiesystems auf Grundlage der Erneuerbaren dienen
- Ganz nach dem Motto „Shipping the sunshine“ lässt er sich in Regionen mit viel Wind, Sonne und Wasser produzieren und von dort aus exportieren, um den Energiebedarf der Welt zu decken
- Wasserstoff kann dabei zudem als der dringend benötigte Baustein für die sogenannte Sektorenkopplung dienen. Die vorhandenen Gasnetz-Infrastrukturen ermöglichen bereits jetzt den Transport und die Speicherung großer Energiemengen
- Mittels Power-to-Gas kann dieser Speicher auch für erneuerbare Energien erschlossen werden. Das erzeugte Gas kann sowohl zur Wärme- und Stromerzeugung als auch für den Mobilitätssektor und für industrielle Prozesse dienen
- Grüner Wasserstoff hat damit das Potenzial, sich zum klimafreundlichen Ersatz für Erdgas und Erdöl zu entwickeln

# Förderungen der Bundesregierung zum Thema Wasserstoff

- Mit der Nationalen Wasserstoffstrategie fördert der Bund Wasserstofftechnologien, um die Energiewende in bislang nicht vollständig oder gar nicht dekarbonisierten Lebens- und Wirtschaftsbereichen zu beschleunigen
- Grüner Wasserstoff gilt als zentraler Baustein für das Erreichen der Pariser Klimaschutzziele
- Z.B. die Stahlindustrie, die bis 2050 mit einer CO<sub>2</sub>-Reduzierung um 80 bis 95 Prozent in ihrer Produktion einen entscheidenden Beitrag zum Klimaabkommen leisten könnte/möchte
- Die Branche rechnet mit zusätzlichen Strombedarf von mindestens 130 Terawattstunden pro Jahr
- Das ist so viel Ökostrom, wie alle Windkraftanlagen in Deutschland im Jahr 2020 hervorgebracht haben
- Damit grüner Wasserstoff die Energiewende vorantreiben kann, sind neben dem Ausbau von Produktionsanlagen für erneuerbare Energien erhebliche Investitionen in die Erforschung und Entwicklung von Technologien zur effizienten Erzeugung von hoher Bedeutung. Aus diesem Grund hat die Bundesregierung im Juni 2020 die Nationale Wasserstoffstrategie beschlossen. Sie soll grünen Wasserstoff marktfähig machen und seine industrielle Produktion, Transportfähigkeit und Nutzbarkeit ermöglichen
- Anspruch der Nationalen Wasserstoffstrategie ist es, Klima-, Energie-, Industrie- und Innovationspolitik optimal miteinander zu verzahnen, um in Deutschland eine Vorreiterrolle und Marktführerschaft in der globalen Nutzung von grünem Wasserstoff einzunehmen
- Fördervolumen von 700 Millionen Euro in die sogenannten Wasserstoff-Leitprojekte - Laufzeit bis Mitte 2025
  1. Hochskalierung und Serienfertigung von Elektrolyseuren (H<sub>2</sub>Giga)
  2. Offshore-Erzeugung von Wasserstoff ohne Netzanbindung (H<sub>2</sub>Mare)
  3. Technologien für den Transport von Wasserstoff (TransHyDE)

# Leitprojekt H<sub>2</sub>Mare (Laufzeit bis 31. März 2025)

- Wäre es nicht besonders effizient, das erneuerbare Gas genau dort zu produzieren, wo viel erneuerbare Energie zur Verfügung steht – etwa in Windparks? Genau diese Möglichkeit untersucht das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Leitprojekt H<sub>2</sub>Mare in Meereswindparks **Wasserstoffproduktion auf hoher See**
- H<sub>2</sub>Mare erforscht, ob ein völlig neuer Anlagentyp künftig auf dem Meer seinen Platz finden sollte – eine Lösung, die einen Elektrolyseur zur Wandlung des vor Ort erzeugten elektrischen Stroms in grünen Wasserstoff direkt in die Offshore-Windenergieanlage integriert
- Darüber hinaus betrachtet das Forschungsprojekt weitere Offshore-Power-to-X-Verfahren, etwa die Wandlung von grünem Wasserstoff in andere synthetische Kraftstoffe und Energieträger wie Methan, flüssige Kohlenwasserstoffe, Methanol oder Ammoniak
- Auf diese Weise, so die Vision des Leitprojekts, könnten Windkraftanlagen auf hoher See einen maßgeblichen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen über den Stromsektor hinaus leisten.
- Innerhalb von vier Jahren will H<sub>2</sub>Mare in vier Teilprojekten mit insgesamt 35 Partnern den Grundstein für eine Technologieführerschaft bei der Herstellung großvolumiger Wasserstoffmengen legen. Ziel ist es, die Klimaziele durch eine beschleunigte Dekarbonisierung der Sektoren Industrie, Wärme und Verkehr zu unterstützen
- Über die Elektrolyse von Wasser und die CO<sub>2</sub>-Gewinnung aus der Luft oder aus dem Meer soll die Produktion von Power-to-X-Produkten wie Methanol oder Ammoniak untersucht werden
- Auch eine direkte Salzwasserelektrolyse wird in diesem H<sub>2</sub>Mare-Projekt erprobt

# Wie viel Wasserstoff benötigt Deutschland in Zukunft?



- Eine Fraunhofer-Studie kommt zu dem Ergebnis, dass Deutschland 2050 bis zu 800 Terawattstunden (TWh) Wasserstoff jährlich benötigen könnte, wenn es die Potenziale ausschöpft und etwa auch der Schiffs- und Flugverkehr auf Wasserstoff und daraus erzeugten synthetischen Treibstoffen basiert
- Die Bundesregierung schätzt den Bedarf an Wasserstoff sowie wasserstoffbasierten Energieträgern und Rohstoffen auf 200 bis 900 TWh pro Jahr ein. Der Grund für diese große Spannweite sind unterschiedliche Annahmen hinsichtlich des künftigen Elektrifizierungsgrads in Deutschland, von dem auch die Nachfrage nach stofflichen Energieträgern wie Wasserstoff, synthetischem Methan sowie synthetischen Flüssigkraftstoffen im Verkehrssektor abhängt
- Zudem ist unklar, wie stark Deutschland im Jahr 2050 industrialisiert sein wird, was den Bedarf an wasserstoffbasierten Grundstoffen von Unternehmensseite stark beeinflussen wird. Unklar ist auch, wie sich die Elektrifizierungsquote im Gebäudesektor entwickelt
- In einem Szenario, das eine fast ausschließliche Nutzung von Wasserstoff in der Industrie und eine hohe Verwendung in den Bereichen Wärme und Verkehr sowie zur Speicherung von Ökostrom unterstellt, geht die Bundesregierung ebenfalls von einem Wasserstoffbedarf in Höhe von jährlich rund 800 TWh ab 2050 aus

# Vorteile von Wasserstoff-Brennstoffzellen

- **Wasserstoff ist erneuerbar und leicht verfügbar**
- **Wasserstoff ist eine saubere Energiequelle**
- **Leistungsfähiger und energieeffizienter als fossile Brennstoffe zu anderen Energiequellen**
- **Fast keine Emissionen**
- **Reduziert den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck**
- **Schnelle Ladezeiten**
- **Keine Lärmbelästigung**
- **Keine visuelle Beeinträchtigung**
- **Lange Nutzungszeiten**
- **Ideal für den Einsatz in abgelegenen Gebieten**
- **Vielseitigkeit im Einsatz**
- **Geringe Wartungskosten**
- **Demokratisierung der Energieversorgung**

# Nachteile von Wasserstoff-Brennstoffzellen

- **Wasserstoff-Extraktion**
- **Investitionen sind erforderlich**
- **Kosten der Rohmaterialien**
- **Fehlende Verlässlichkeit**
- **Gesamtkosten**
- **Wasserstoffspeicherung**
- **Infrastruktur**
- **Leicht entflammbar**

# Mögliche Auswirkungen auf die Arbeitswelt

- **Chancen**

- neue Berufe entstehen
- neue Arbeitsfelder
- neue Firmen entstehen die neue Technologie entwickeln und industrialisieren und somit Arbeitsplätze schaffen
- Qualifizierungsprojekte – Förderung der Weiter- und Ausbildung
- Technologiemix (Verbrenner/Wasserstoff/eFuels/Elektro) → Marktführerschaft in Europa möglich
- Förderprojekte von Land und Bund
- Stärkung des Handwerks → neue Perspektiven z.B. Heizungsbau
- Urbanisierung in Grosstädte – neue Mobilitätskonzepte möglich

- **Risiken**

- Verlust von Arbeitsplätzen wenn Verbrenner stirbt
- AP pro Technologie

Verbrenner Motor ca. 1400 Teile ca 10 MA

Wasserstoff/Elektro ca. 700-900 Teile ca. 5 – 7 MA

Elektro ca. 100-200 Teile ca. 2-3 MA

- Verlust der Marktführerschaft Automobil/Mobilität
- Qualifizierung notwendig um überhaupt am Arbeitsmarkt zu bestehen
- Verlust von Wohlstand durch Abbau der tragenden Mittelschicht

# Fazit

- Die Vorteile von Wasserstoff-Brennstoffzellen als eine der besten erneuerbaren Energiequellen liegen auf der Hand, allerdings gibt es noch eine Reihe von Herausforderungen zu bewältigen, um das Potenzial auszuschöpfen.
- Auf der positiven Seite könnten Wasserstoff-Brennstoffzellen eine vollständig erneuerbare und saubere Energiequelle für die Zukunft bieten, die eine effiziente Energiequelle mit sehr geringen Auswirkungen auf die Umwelt darstellt. Um dies zu erreichen, bedarf es weiterer technologischer Fortschritte, um die damit verbundenen Kosten für Gewinnung, Speicherung und Transport zu senken, sowie weiterer Investitionen in die entsprechende Infrastruktur
- Wasserstoff könnte die beste Lösung für die Zukunft unseres Energiebedarfs werden, aber dies erfordert politischen Willen und Investitionen. Da die fossilen Brennstoffe jedoch zur Neige gehen, könnte Wasserstoff eine Schlüssellösung für unseren globalen Energiebedarf sein



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit

- Quellen u.a. EnBW; TWI Deutschland; Fraunhofer Institut; BMWi; BMBF; Wikipedia; diverses Bildmaterial aus Internet