

The background is a teal-tinted photograph of industrial machinery, likely a hydrogen production or storage facility. It features a complex network of pipes, valves, and large cylindrical tanks. Overlaid on this background are the chemical symbols for oxygen ( $O_2$ ) and hydrogen ( $H_2$ ) in a large, semi-transparent font. The text is white and positioned in the upper left quadrant.

Energie-macht-Schule

# Lehrerhandreichung Wasserstoff

## Europäische Zusammenarbeit

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort


Einführung

- |   |  |    |  |
|---|--|----|--|
| 1 | Geschichte   | 8  | Industrie, Verkehr, Energieerzeugung –<br>vielfältige Einsatzmöglichkeiten |
| 2 | Wasserstoffvorkommen                                     | 9  | Sektorkopplung bringt große Vorteile                                       |
| 3 | Physikalische Eigenschaften                              | 10 | Politische Rahmenbedingungen<br>in Deutschland                             |
| 4 | Chemische Eigenschaften                                  | 11 | Europäische Zusammenarbeit   |
| 5 | Wasserstoffherstellung für eine<br>Wasserstoffwirtschaft | 12 | Forschungsperspektiven   |
| 6 | Herstellungsverfahren                                    |    |  |
| 7 | Die Wasserstoff-Elektrolyse                              |    |  |

Zusammenfassung

Literatur

## Querverweise



Von hier können  
Sie in jedes  
Kapitel springen

Ihre Notizen für den Unterricht

Ziel der EU ist die Klimaneutralität bis 2050. Dazu müssen die erforderlichen Rahmenbedingungen geschaffen

werden, sowie Sozialverträglichkeit, Wettbewerbsfähigkeit und die Sicherheit der Energieversorgung gewährleistet bleiben.

Im Mittelpunkt der Strategie steht Wasserstoff, da er über das größte Dekarbonisierungspotenzial verfügt und daher die mit dem Ziel der Klimaneutralität der EU die am ehesten zu vereinbarende Option ist.

Außerdem wird in der Strategie anerkannt, dass in einer Übergangsphase auch andere CO<sub>2</sub>-arme Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff, dazu beitragen, die bestehende Wasserstoffherzeugung sauberer zu machen, die Emissionen kurzfristig zu verringern und den Markt zu vergrößern.

### Einführung der Technologien

In der Strategie ist die schrittweise Entwicklung einer sauberen Wasserstoffwirtschaft in drei Phasen vorgesehen,

die in den verschiedenen Industriezweigen unterschiedlich schnell verlaufen wird.

- In der ersten Phase (2020-24) besteht das Ziel darin, die für einige Verwendungszwecke, z. B. in der chemischen Industrie, bereits bestehende Wasserstoffherzeugung zu dekarbonisieren und die Nutzung von Wasserstoff für neue Anwendungen zu fördern. In dieser Phase sollen in der EU bis 2024 für die Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff bestimmte Elektrolyseure mit einer Elektrolyseleistung von mindestens 6 Gigawatt installiert und bis zu 1 Mio. Tonnen erneuerbarer Wasserstoff erzeugt werden. Zum Vergleich: derzeit sind in der EU Elektrolyseure mit einer Elektrolyseleistung von etwa 1 Gigawatt installiert.
- In der zweiten Phase (2024 bis 2030) muss Wasserstoff zu einem wesentlichen Bestandteil eines
- 

### Querverweise



Ihre Notizen für den Unterricht

- integrierten Energiesystems werden, wobei das strategische Ziel verfolgt wird, in der EU bis 2030 für die Erzeugung von erneuerbaren Wasserstoff bestimmte Elektrolyseure mit einer Elektrolyseleistung von mindestens 40 Gigawatt zu installieren und bis zu 10 Mio. Tonnen erneuerbaren Wasserstoff zu erzeugen. Die Nutzung von Wasserstoff wird allmählich auf neue Sektoren wie die Stahlherzeugung, Lastkraftwagen, den Schienenverkehr und einige Anwendungen im Seeverkehr ausgeweitet. Erzeugt wird der Wasserstoff in dieser Phase weiterhin hauptsächlich in lokalen Ökosystemen in der Nähe der Nutzer oder in der Nähe erneuerbarer Energiequellen.
- In einer dritten Phase, von 2030 bis 2050, sollten die Technologien für erneuerbaren Wasserstoff ausgereift sein und in großem Maßstab eingesetzt werden, sodass auch alle Sektoren erreicht werden können, in denen die Dekarbonisierung schwierig ist und alternative Lösungen möglicherweise nicht umsetzbar sind oder höhere Kosten verursachen. Ziel ist es, bis 2050 eine klimaneutrale

Gasversorgung sicherzustellen und auf die Verbrennung fossilen Erdgases zu verzichten.

Die Roadmap der europäischen Kommission beinhaltet folgende Schwerpunkte:

- Die Strategie zielt auf die Entwicklung und den Hochlauf von „sauberen Wasserstoff“ ab, worunter die Kommission erneuerbaren und CO<sub>2</sub>-armen (Abscheidungspfad) Wasserstoff versteht. Letzterer wird eher in einer unterstützenden Rolle gesehen, um mittelfristig die hoch laufende Wasserstoffnachfrage zu decken.
- Das Einsatzgebiet von Wasserstoff sieht die Kommission in den „hard-to-abate“ Sektoren (Industrie, Verkehr), in denen eine vollständige Elektrifizierung nur mit sehr hohem Aufwand zu erreichen ist und begründet dies damit, dass dort die Zahlungsbereitschaft am höchsten ist.
- Mit einem europäischen Ansatz will die Kommission die verschiedenen Anstrengungen auf europäischer und nationaler Ebene sowie von Unternehmen koordinieren und Barrieren u.a. für den grenzüberschreitenden Transport und Handel abbauen.

### Querverweise

Chemisch enthält eine Tonne Wasserstoff eine Energiemenge von 33.330 Kilowattstunden. Das entspricht dem durchschnittlichen Strom-Energieverbrauch von 11 Drei-Personen-Haushalten in einem Mehrfamilienhaus. Allerdings kann die chemische Energie nicht zu 100 Prozent in nutzbare Energie umgewandelt werden. Auf dem Weg zum Verbraucher geht ein Teil der Energie verloren.

Ihre Notizen für den Unterricht

Dazu soll u.a. eine europäische „Wasserstoffallianz“ dienen.

- Als Voraussetzungen für den Hochlauf sieht die Kommission neben weiteren Forschungs- und Innovationsanstrengungen für Effizienzverbesserungen starke Preissignale, funktionierende Märkte und einen Rechtsrahmen, der die Skalierung von erneuerbarem Wasserstoff ermöglicht.
- Konkret soll in der Mitteilung die Rolle von sauberem Wasserstoff bei der wirtschaftlichen Wiederbelebung „green recovery“ und den Klimazielen für 2030 und 2050, zentrale Barrieren für die Skalierung und notwendige Maßnahmen – auch mit Blick auf die Entwicklung eines Wasserstoffmarkts und der Infrastruktur – identifiziert werden.

### Europäische Ressourcen – zum Beispiel Biomethan

Biomethan leistet als flexible erneuerbare Energie bereits heute einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Energiesystems. Biomethan liefert gesicherte Leistung und ist über lange Zeiträume speicherbar. Biomethan kann in Erdgasspeichern so einfach wie Erdgas

gespeichert werden.

Die Nutzung von grünem Gas als nachhaltigem Energieträger geschieht in Deutschland bereits in erheblichem Ausmaß, ist also nicht nur eine theoretische Möglichkeit. So werden jährlich Rohbiogasmengen in einer Größenordnung von etwa 100 TWh erzeugt, wovon der Großteil zur Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen vor Ort genutzt und ein geringerer Teil zu Biomethan aufbereitet wird. Es werden jährlich etwa zehn TWh Biomethan erzeugt und ins Erdgasnetz eingespeist, welches ebenfalls hauptsächlich zur Stromerzeugung verwendet wird. Insgesamt wurden aus Biogas und Biomethan im Jahr 2018 rund 33 TWh Strom erzeugt, was fast 5,5 % des Stromverbrauchs in Deutschland entspricht.

Das Potential von Biomethan ist bisher noch nicht ausgeschöpft. Bis 2030 könnten

### Querverweise



©BDEW/Roland Horn

Ihre Notizen für den Unterricht



allein in Deutschland bis zu 10,3 Mrd. m<sup>3</sup> Biomethan pro Jahr – entspricht 100 TWh – in das deutsche Gasnetz eingespeist werden.

In Europa sind über 1000 TWh möglich, wenn die bisher ungenutzte Biomasse für Biomethanherzeugung verwendet würde. Die neue Vielfalt der Einsatzstoffe bietet gewässerschonende und nachhaltige Ausbaumöglichkeiten. Kostendegression ist über Bündelung der Einspeisung und damit Erschließung anderer Verwendungspfade möglich. In Verbindung mit der Abscheidung von Kohlenstoff sind mit Biomethan zudem bis zu 150 Mio. t CO<sub>2</sub> an Negativemissionen möglich.

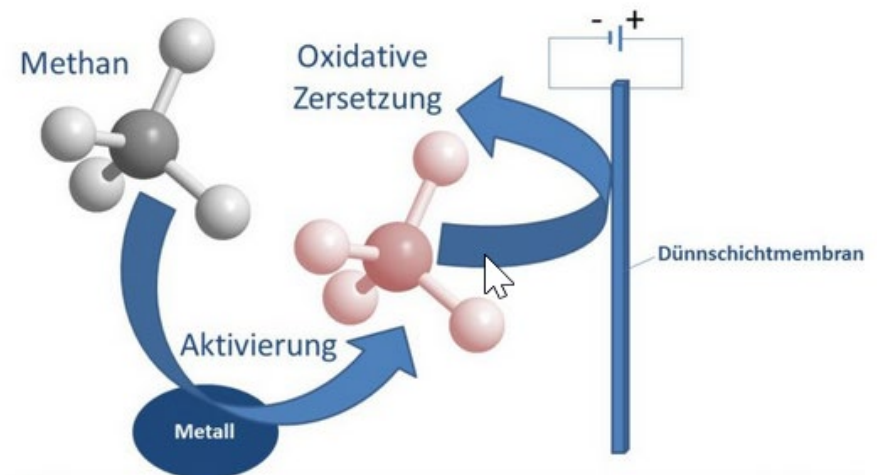
Die Europäische Kommission will im Rahmen der wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse (Important Project of Common European Interest - IPCEI) in Kürze einen Vorschlag für eine europäische Allianz für sauberen Wasserstoff vorzulegen, um die Ressourcen interessierter Mitgliedstaaten grenzüberschreitend zu bündeln.

### Da war doch noch was ... – Der Methanschlupf

So nennt man das Entweichen von Methan in die Atmosphäre. Der klimaschädliche Methanverlust kann bei der Gewinnung und dem Transport von Erdgas und Erdöl, bei Gasmotoren in Autos und Schiffen und in Biogasanlagen auftreten. Dies geschieht nicht nur bei Leckagen, sondern auch im regulären Gebrauch. Bei der Verwendung von Methan als alternativer Kraftstoff werden z.B. ca. 2 % des Methans nicht verbrannt und treten als umweltschädliches Gas in die Atmosphäre aus.

Das Problem besteht also nicht nur in einem Verlust an nutzbarer Energie, sondern vor allem darin, dass Methan in der Atmosphäre eine sehr starke Treibhausgaswirkung hat: über 20 Jahre gerechnet ca. 84 mal so stark wie Kohlendioxid (pro kg). Deswegen müssen Methanemissionen im Sinne des Klimaschutzes so weit wie möglich minimiert werden.

### Querverweise



Ihre Notizen für den Unterricht

### Methanemissionen

Die Emissionen sind beim Erdgas bereits sehr gut untersucht. Selbst inklusive der Vorkettenemissionen sind sie deutlich geringer als bei anderen fossilen Energieträgern, wie aktuelle Studien belegen. EU-weit lag der Anteil der durch die Gaswirtschaft verursachten Methanemissionen am gesamten Methanausstoß der EU bei knapp 6 Prozent. Diese Menge entspricht etwa 0,6 Prozent der gesamten THG-Emissionen der EU (CO<sub>2</sub>-Äquivalente). Durch die erfolgreiche Umsetzung branchenübergreifender Maßnahmen und Programme zur Emissionsminderung entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind die Methanemissionen der Gasindustrie in Deutschland über den Zeitraum 1990 bis 2017 um 40 Prozent gesunken. An weiteren Senkungen wird kontinuierlich gearbeitet.

Biogas wird durch unterschiedliche Verfahren teilweise zu **Bioerdgas** (höherer Reinheitsgrad) aufbereitet, um als Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist zu werden. Hierbei entweichen je nach Verfahren bis zu 10% Anteile des Methans in die Abluft. Wissenschaftler arbeiten daran, den Anteil unter 1% zu senken.

### Woher soll der grüne Wasserstoff kommen?

Noch ist unklar, wie hoch Deutschlands Bedarf an Grünem Wasserstoff 2050 genau sein wird. Fest steht allerdings: Deutschland wird auf Exporte aus dem Ausland angewiesen sein. Denn der Energiebedarf der Bundesrepublik ist höher als die Energiemenge, die Deutschland selbst mit erneuerbaren Energien produzieren kann. So geht das Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion derzeit davon aus, dass Deutschland bis 2050 rund 45 Millionen Tonnen Wasserstoff importieren müssen.

### Strategische Partnerschaften mit West- und Südafrika

Wegen des vielen Sonnenscheins ist zum Beispiel Afrika für die Produktion von Grünem Wasserstoff besonders geeignet. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) setzt daher auf strategische Partnerschaften mit West- und Südafrika, wo genügend Flächen und Potential für Solar- und Windenergie zur Verfügung stehen, um nicht nur den Energiebedarf vor Ort decken, sondern Energie in Form von Grünem Wasserstoff auch exportieren zu können. Es fördert einen Potenzialatlas Wasserstoff, der das Potenzial der Produktion und des

### Querverweise

Zu internationale  
Kooperationen


Ihre Notizen für den Unterricht

Exports von Grünem Wasserstoff bewerten und untersuchen soll, wie die Erzeugung grünen Wasserstoffs die nachhaltige Entwicklung Afrikas unterstützen kann. In insgesamt 20 Ländern analysiert das Projekt dazu

- die verfügbaren erneuerbaren Energie- und Wasserressourcen
- die verfügbaren Flächen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff
- die Kosten-Effizienz der Wasserstoff-Produktion
- den Energiebedarf und die Energieinfrastruktur vor Ort sowie
- gesellschaftliche und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen.

Die Häfen in Wilhelmshafen, Rotterdam und Antwerpen stellen sich auf diese neuen Importe bereits ein. Sie wollen die Energiedrehscheiben für den zu erwartenden Ansturm auf den Weltmärkten werden.

Querverweise



zurück zum  
Anfang

Ihre Notizen für den Unterricht