

The background is a teal-tinted photograph of industrial machinery, likely a hydrogen production facility. A large circular vessel with a flange is prominent in the center, featuring the chemical symbols O_2 and H_2 in large, dark letters. A network of pipes, valves, and electrical conduits is visible throughout the scene.

Energie-macht-Schule

Lehrerhandreichung Wasserstoff

Einführung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort


Einführung

- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Geschichte | 8 | Industrie, Verkehr, Energieerzeugung –
vielfältige Einsatzmöglichkeiten |
| 2 | Wasserstoffvorkommen | 9 | Sektorkopplung bringt große Vorteile |
| 3 | Physikalische Eigenschaften | 10 | Politische Rahmenbedingungen
in Deutschland |
| 4 | Chemische Eigenschaften | 11 | Europäische Zusammenarbeit |
| 5 | Wasserstoffherstellung für eine
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

Sehr geehrte Lehrkräfte,
die Erziehung und die Ausbildung junger Menschen sind zwei wesentliche Herausforderungen einer jeden Gesellschaft. Ein Großteil der in diesem Bereich erforderlichen Arbeit wird in der Schule geleistet. Um Lehrerinnen und Lehrer bei dieser wichtigen Aufgabe zu unterstützen, hat der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft die Reihe „Energie-macht-Schule“ erarbeitet. Mit diesen Materialien für die Sekundarstufe 1 möchte der BDEW einen Beitrag zur Unterrichtsvorbereitung leisten. Ziel unseres Angebots ist es, Verständnis für den Wert unserer Ressourcen zu schaffen, den bewussten Umgang mit Strom, Gas und Wasser im Alltag zu fördern und die Urteilsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler zu stärken.

In der vorliegenden Publikation wollen wir einen Einblick in die Welt des Wasserstoffs geben. Ausgangspunkt sind selbstverständlich die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Elementes. Aber schon in einem zweiten Schritt fragen wir nach seinem Vorkommen im All und auf der Welt und der Geschichte seiner Entdeckung.

Aus Sicht der Energiewirtschaft sind dann alle Aspekte einer Wasserstoffwirtschaft interessant. Dafür hat die Europäische Union Ziele formuliert und die deutsche Bundesregierung einen Rahmen gesetzt, den wir beleuchten. Last but not least kommt noch einmal die Wissenschaft zu Wort, die Forschungsfelder und -bedarfe abgesteckt hat, die ja gerade auch für Ihre Schülerinnen und Schüler interessant sein könnten.

Wir hoffen, Ihnen und Ihren Schülern mit dieser Publikation einen differenzierten und gleichzeitig kompakten Einblick in das Thema Wasserstoff geben zu können und Ihre Unterrichtsvorbereitung auf eine fundierte Basis zu stellen.

Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht

Zusätzlich zum traditionellen Text-Bild-Mix finden Sie in dieser Lehrerhandreichung interaktive Lernbausteine zum Thema Wasserstoff.

Die interaktiven Lernbausteine bieten eine große Bandbreite an handlungsorientierten Aufgabenformaten, um das Thema Wasserstoff **selbstständig** zu erarbeiten. Speziell entwickelte Interaktionen ermöglichen eine **kreative** und **intensive** Auseinandersetzung mit den Inhalten. Sie laufen auf allen modernen Browsern und Endgeräten. Sie sind daher **überall und flexibel einsetzbar**. Alle Ergebnisse lassen sich **speichern** und ganz einfach mit anderen **teilen**.

Wasserstoffelektrolyse

Mit der Wasserstoffelektrolyse wird Wasserstoff CO₂-neutral aus Wasser gewonnen. Wie genau funktioniert dieser Prozess?

<https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/index/wasserstoffelektrolyse/index.html>

Wasserstoffwirtschaft

Eine Wasserstoffwirtschaft ist eine Energiewirtschaft, die hauptsächlich oder ausschließlich Wasserstoff als Energieträger verwendet. Wie kann man sich das vorstellen?

<https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/index/wasserstoffwirtschaft/index.html>

Gasinfrastruktur: Vorhandene Potenziale für Wasserstoff

Damit Wasserstoff dorthin gelangt, wo er benötigt wird, muss er transportiert und gespeichert werden können. Dafür kann die bestehende Gasinfrastruktur genutzt werden. Der Baustein beleuchtet den Ist-Zustand und die Potenziale der Zukunft.

<https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/index/gasinfrastruktur/index.html>

Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht

Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff

Der Baustein gibt einen allgemeinen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff. Wie das in der Praxis funktionieren kann, wird anhand des Hybridkraftwerks in Prenzlau erarbeitet.

<https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/index/einsatzmoeglichkeiten/index.html>

Herstellungsverfahren von Wasserstoff

Da Wasserstoff auf der Erde nur in Form von Verbindungen vorkommt, muss er mit Hilfe von Energie aus einem wasserstoffreichen Ausgangsstoff abgespalten werden. Welche Ausgangsstoffe kommen in Frage, welche Herstellungsverfahren gibt es und wie sieht deren CO₂-Bilanz aus?

<https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/index/wasserstoffherstellung/index.html>

Physikalische und chemische Eigenschaften des Wasserstoffs

Der Baustein beleuchtet physikalische und chemische Eigenschaften des Wasserstoffs, welche molekulare Verbindung sich am besten zur klimaneutralen Wasserstoffverbindung eignen könnte und welche Herausforderungen Wasserstoff an Lagerung und Transport stellt.

<https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/index/eigenschaften/index.html>

Eine Übersicht über die interaktiven Lernbausteine zu weiteren Themen (z.B. Energieeffizienz, Energietransport, Wärme) auf Energie macht Schule finden Sie hier:

<https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/>

Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht

Einführung

Wasserstoff ist ein chemisches Element. Die Elemente sind die Grundbausteine der chemischen Reaktionen. Die kleinste mögliche Menge eines Elements sind die Atome, die sich physikalisch und chemisch gleich verhalten.

Wasserstoff hat das Symbol H und steht im Periodensystem, der Liste aller chemischen Elemente, auf Platz eins. Er ist das häufigste chemische Element im Universum. Er ist Bestandteil des Wassers und deshalb beinahe aller organischen Verbindungen. Gebundener Wasserstoff kommt in sämtlichen lebenden Organismen vor.

Wasserstoff ist das chemische Element mit der geringsten Atommasse. Es besteht aus nur einem Proton und einem Elektron. Unter Bedingungen, die normalerweise auf der Erde herrschen, kommt nicht der atomare Wasserstoff H vor, sondern der molekulare Wasserstoff H_2 - ein brennbares Gas.

Wasserstoff ist 14-mal leichter als Luft, weder giftig noch ätzend oder radioaktiv, entzündet sich nicht selbst und

verbrennt mit farbloser Flamme rückstandsfrei. Ist er der ideale Energieträger für eine zukünftig CO_2 -neutrale Energieerzeugung?

Die Energiewende kommt voran

Die Energieversorgung in Deutschland durchläuft seit Beginn der 2000er-Jahre einen grundlegenden Wandel. Ein wesentlicher Treiber dieses Wandels ist das Ziel, klimaschädliche Emissionen – hauptsächlich Kohlenstoffdioxid (CO_2) – im Energiesystem zu senken. CO_2 -Emissionen entstehen u.a. dadurch, dass fossile, aus der Erdkruste geförderte Kohle oder Kohlenwasserstoffe (z.B. Erdgas oder Erdöl) verbrannt werden.

Aufbauend auf den EU-Zielen hat die Bundesregierung bereits 2010 beschlossen, die Emissionen in Deutschland bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber 1990 zu senken. Im Klimaschutzplan der Bundesregierung sind darüber hinaus Reduktionsziele für die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr und Landwirtschaft festgelegt, die bis 2030 erreicht werden müssen. Neben der

Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht

Senkung des Energieverbrauchs ist der Austausch von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien das zentrale Mittel auf dem Weg zu einem CO₂-neutralen Energiesystem.

Derzeit wird in der EU unter der Überschrift „green deal“ über eine weitere Verschärfung der Zwischenziele auf dem Weg zur Klimaneutralität 2050 debattiert. Noch ist aber nichts beschlossen.

Erneuerbare Energien sind die erste Wahl

Die größte Herausforderung der zukünftigen Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien ist ihre Volatilität. Volatile Einspeisemengen in die Stromnetze, bedingt durch die starken jahres- und tageszeitlichen zeitlichen Schwankungen von Wind und Sonneneinstrahlung in Deutschland, führen sowohl zu Stromüberschüssen als auch zu Versorgungsengpässen bei Strom aus Erneuerbaren Energien. Die Lösung scheint auf der Hand zu liegen - der überschüssige Strom sollte gespeichert werden, um ihn bei Flaute wieder einzuspeisen. Auch eine Steuerung der Nachfrage hilft den notwendigen Ausgleich sicher zu

stellen. In einem ersten Schritt nutzt man dazu Batterien auf elektrochemischer Basis oder auch Pumpspeicher. Sie eignen sich dafür aber nur bedingt, da Batteriespeicher in enormen Größen gebraucht würden, um wirklich relevante Mengen an Energie zu speichern. Das würde sehr hohe Kosten verursachen.

Strom speichern, aber wie?

Energieverluste bei der Umwandlung und Speicherung von Erneuerbarer Energie in den Griff zu bekommen und hohe Wirkungsgrade zu erreichen, sind aktuell die großen Herausforderungen für die Wissenschaft. Hier tun sich verschiedene Wege auf. Das größte Potential sehen die Experten in der Nutzung des Stromes mithilfe von Elektrolyse Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen, um den Wasserstoff zu speichern. Das kann aktuell nur unter großem Energieeinsatz erreicht werden. Eine energetisch günstigere Variante ist die künstliche Herstellung von Methan (CH₄). Was auf den ersten Blick vielleicht paradox wirkt, hat auf den zweiten Blick durchaus Wirkungsfähigkeit, denn als Ersatzstoff für natürliches Erdgas wird bei synthetischem Erdgas kein zusätzlicher

Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht

Kohlenstoff frei, sondern bereits freigesetzter sogar zeitweise wieder gebunden.

Auch bei der Methanisierung geht Energie verloren. Bisher setzt eine konventionelle Power-to-Gas (Power-to-Methan) Industrieanlage rund 54 Prozent der elektrischen Energie, gewonnen aus erneuerbarem Strom, in chemische Energie des Brennstoffes Methan um.

Kombiniert man allerdings Elektrolyse und Methanisierung, zeigt sich beim Wirkungsgrad ein anderes Bild. Um den Wärmebedarf bei der verwendeten Elektrolysetechnologie zu decken, liegt ein großes Potenzial in der optimalen Nutzung der Prozesswärme aus der Methanisierung. Erste Pilotanlagen, erreichen bereits Wirkungsgrad von 76 Prozent bis 80 Prozent und lassen auf einen Industriemaßstab hoffen.

Wasserstoff und synthetisches Erdgas haben im Hinblick auf das energiepolitische Zieldreieck – Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit - mehrere Vorteile. So würden die bestehenden Infrastruk-

turen und Endgeräte weiter genutzt. Es könnten weiterhin große Energiemengen in den Gasspeichern zwischengelagert werden. Und durch eine höhere Diversität bei Technologien und Energieträgern würde sich auch die Resilienz des Energiesystems erhöhen.

Die Erdgasnutzung als Vorreiter

In diesem Zusammenhang ist ein Blick auf die Bedeutung des Erdgases im deutschen Energieversorgungssystem hilfreich – denn es spielt hier nicht nur eine tragende

Rolle, sondern es lassen sich auch aus der Historie der Erdgasnutzung Parallelen zur Einführung einer Wasserstoffwirtschaft herausarbeiten.

Der Anteil von Erdgas am Energieverbrauch in den Endverbrauchssektoren Gewerbe und Industrie liegt heute bei knapp einem Drittel. Die Hälfte der bestehenden Wohnungen in Deutschland wird mit Erdgas beheizt, in neu errichteten Gebäuden sind es rund 40 %. In der Stromerzeugung besitzt Erdgas ebenfalls eine wichtige

Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht

Rolle. Gaskraftwerke stellen einen Großteil der benötigten Flexibilität in der Erzeugung bereit. Erdgas ist ein integraler Bestandteil des Energieversorgungssystems in Deutschland. Und vor allem: Erdgas kann kurz-, mittel- und langfristig gespeichert werden. Infrastrukturen für den Transport, die Speicherung sowie die Umwandlung von Energie sind entsprechend vorhanden. Endverbrauchsgeräte wie z. B. Heizungen sind an diesen Technologien ausgerichtet.

Bei der Verbrennung von Erdgas entstehen - zwar weniger als bei Kohle, aber eben doch - CO₂-Emissionen. Im Zuge der angestrebten Dekarbonisierung des

Energiesystems müssen diese Emissionen – wie auch die aller anderen Energieträger – vermieden oder neutralisiert werden.

Kann Erdgas durch Wasserstoff ersetzt werden?

So kommt an dieser Stelle der Wasserstoff ins Spiel. Wasserstoff kann gespeichert werden und verbrennt absolut schadstofffrei. Kann also Wasserstoff Erdgas nach und

nach ersetzen, um künftig auf die Verbrennung von Erdgas zu verzichten und bis 2050 klimaneutral zu werden? – Ja und Nein, leider eben nicht eins zu eins - sonst hätte man das schon längst machen können.

Zwei große Probleme bringt Wasserstoff mit sich. Erstens: Wasserstoff ist ein leichtes Gas und hat dadurch ein enormes Volumen. Ganze 12 Kubikmeter unverdichteter Wasserstoff entsprechen erst einem Liter Benzin. Zwar kann Wasserstoff entweder komprimiert oder unter hohem Druck verflüssigt werden, jedoch verschlingt dieser

Verflüssigungsprozess selbst viel Energie. Einmal verdichtet und komprimiert, wird aus dem Nachteil ein Vorteil, denn 1 kg Wasserstoff enthält dann fast so viel Energie wie 3 kg Benzin. Insgesamt ist nach heutigem Stand der Technik der Wirkungsgrad bei der Nutzbarmachung von Wasserstoff noch sehr gering. 50% der eingesetzten Energie gehen im Moment dabei noch verloren.

Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht

Die zweite Herausforderung: eine sehr wichtige Eigenschaft ist die außerordentlich hohe Diffusionsgeschwindigkeit von H_2 in Eisen, Platin und einigen anderen Übergangsmetallen, da es dort zur Wasserstoffversprödung kommt. In Kombination mit einer hohen Löslichkeit treten bei einigen Werkstoffen extrem hohe Permeationsraten (Fähigkeit Feststoff zu durchdringen) auf. Hieraus ergeben sich technische Nutzungen zur Wasserstoffanreicherung, aber auch technische Probleme beim Transportieren, Lagern und Verarbeiten von Wasserstoff und Wasserstoffgemischen.

Das Ziel ist klar - der Weg wird diskutiert

Wichtig ist, dass der mithilfe von Erneuerbaren Energien erzeugter Wasserstoff der Grundstoff für das synthetische Erdgas ist, das das klimaschädliche CO_2 vorübergehend binden kann, also klimaneutral ist. Sowohl als H_2 als auch als CH_4 kann die Energie langfristig gespeichert werden. Für die Energiewende sind diese Speicheroptionen wichtig, um die Volatilität der Erneuerbaren Energien zu stabilisieren.

Wie kann also Wasserstoff in großen Mengen erzeugt werden für eine zukünftig CO_2 -neutrale Energieversorgung? Dazu werfen wir als erstes einen Blick in die Geschichte der Erdgasnutzung, mit dem Ziel Parallelen und Synergien zur aktuellen Entwicklung aufzuzeigen.

Querverweise



zurück zum
Anfang

Ihre Notizen für den Unterricht