

VHS 42 02846 20 min, Farbe



Wasserstoff und Brennstoffzelle

Energieversorgung für die Zukunft

FWU –
das Medieninstitut
der Länder



Lernziele

Wasserstoff als umweltfreundlichen Energieträger kennen lernen; Bau und Funktion einer Brennstoffzelle kennen lernen; das Prinzip der Elektrolyse verstehen; die Bedeutung erneuerbarer Energie als Stromlieferant zur Gewinnung von Wasserstoff einschätzen lernen; verschiedene Anwendungsgebiete von Wasserstoff als Energieträger kennen lernen; erfahren, mit welchen technischen und ökonomischen Problemen diese Anwendungen von Wasserstoff verbunden sind.

Vorkenntnisse

Die Zuschauer sollten über elektrochemische Grundlagenkenntnisse, insbesondere zur Funktion und Arbeitsweise einer Brennstoffzelle verfügen. Daneben sollten die Möglichkeiten der Energiegewinnung aus fossilen und regenerativen Energieträgern im Überblick bekannt sein.

Zum Inhalt

Der Film ist in folgende Kapitel unterteilt:

1. Brennstoffzelle; 2. Gewinnung von Wasserstoff; 3. Energie zur Wasserstoffgewinnung; 4. Anwendungen. Da Untertitel die Blöcke voneinander trennen, kann der Film auch abschnittsweise angesehen oder unterbrochen werden.

Der Treibhauseffekt, die Endlichkeit der Erdölreserven und die krisenabhängigen Rohölpreise führen dazu, dass man nach Alternativen zu Mineralöl sucht. Ein weiterer Grund für den Einsatz von Wasserstoff ist der Fortentwicklung der Brennstoffzelle zu verdanken: dieser innovative Energiewandler lässt Wasserstoff und Sauerstoff unter Abgabe elektrischer und thermischer Energie effizient und schadstoffarm zu Wasser reagieren. Im Betrieb sind solche Brennstoffzellen sehr umweltfreundlich. Doch wichtig für die Umweltbilanz ist auch die Frage, woher der Wasserstoff kommt: die Zukunft gilt deshalb dem „erneuerbar erzeugten“ Wasserstoff.

Wasserstoff kann z.B. aus Biomasse gewonnen werden oder durch Zerlegung von Wasser mit Strom aus regenerativen Energiequellen.

Ein gutes Beispiel liefert Island. Dort gibt es erneuerbare Energien im Übermaß, vor allem durch die Nutzung von Wasserkraft und Erdwärme. Hier will man den Transportsektor auf Wasserstoff umstellen. Die Automobilbranche widmet sich aktiv dem Thema Wasserstoff und entwickelt nicht nur Brennstoffzellen-Fahrzeuge, sondern rüstet auch konventionelle Ottomotoren auf Wasserstoff-Betrieb um. Zudem werden, wie auf dem Münchener Flughafen, komplette Tankstellen für den neuen Kraftstoff aufgestellt. Zur Klärung des Sicherheitsrisikos hat die Automobilindustrie u.a. Crash-Tests in Auftrag gegeben. Brennstoffzellen können ihre hohen elektrischen Wirkungsgrade auch im Strommarkt ausspielen. Als kleine Kraftwerke zur Strom- und Wärmeversorgung (Kraft-Wärme-Kopplung) von Einfamilienhäusern oder als größere Blockheizkraftwerke für Nahwärmenetze und industrielle Verbraucher könnten sie eines Tages unsere großen Kraftwerksblöcke ersetzen.

Ergänzende Informationen

Eigenschaften des Wasserstoffs

Im Universum ist Wasserstoff das häufigste Element. Auch auf der Erde ist Wasserstoff überreich vorhanden, eines der häufigsten chemischen Elemente überhaupt. Aber da Wasserstoff so reaktionsfreudig ist, findet man ihn nicht als freies Gasmolekül, sondern nur in chemisch gebundener Form: im Wassermolekül, in Erdgas, Öl und Kohle, in Holz und Kunststoffen, in Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen. Um die chemischen Bindungen zu lösen und Wasserstoff als Element zu erhalten, muss also immer Energie aufgewen-

det werden. Wasserstoff ist daher keine Energiequelle, sondern ein Energieträger. Eine Tonne Wasserstoff enthält immerhin viermal so viel Energie wie eine Tonne Steinkohle. Aber bei Umgebungsdruck und Raumtemperatur ist Wasserstoff ein Gas. Daher ist die volumenbezogene Energiedichte deutlich kleiner als die anderer Energieträger. Während z.B. ein Kilogramm Wasser in einen Liter „passt“, braucht man für ein Kilogramm Wasserstoff 11.000 mal so viel Platz. Erst bei minus 253 °C wird Wasserstoff zur Flüssigkeit, bei minus 259 °C erstarrt er.

Gewinnung von Wasserstoff

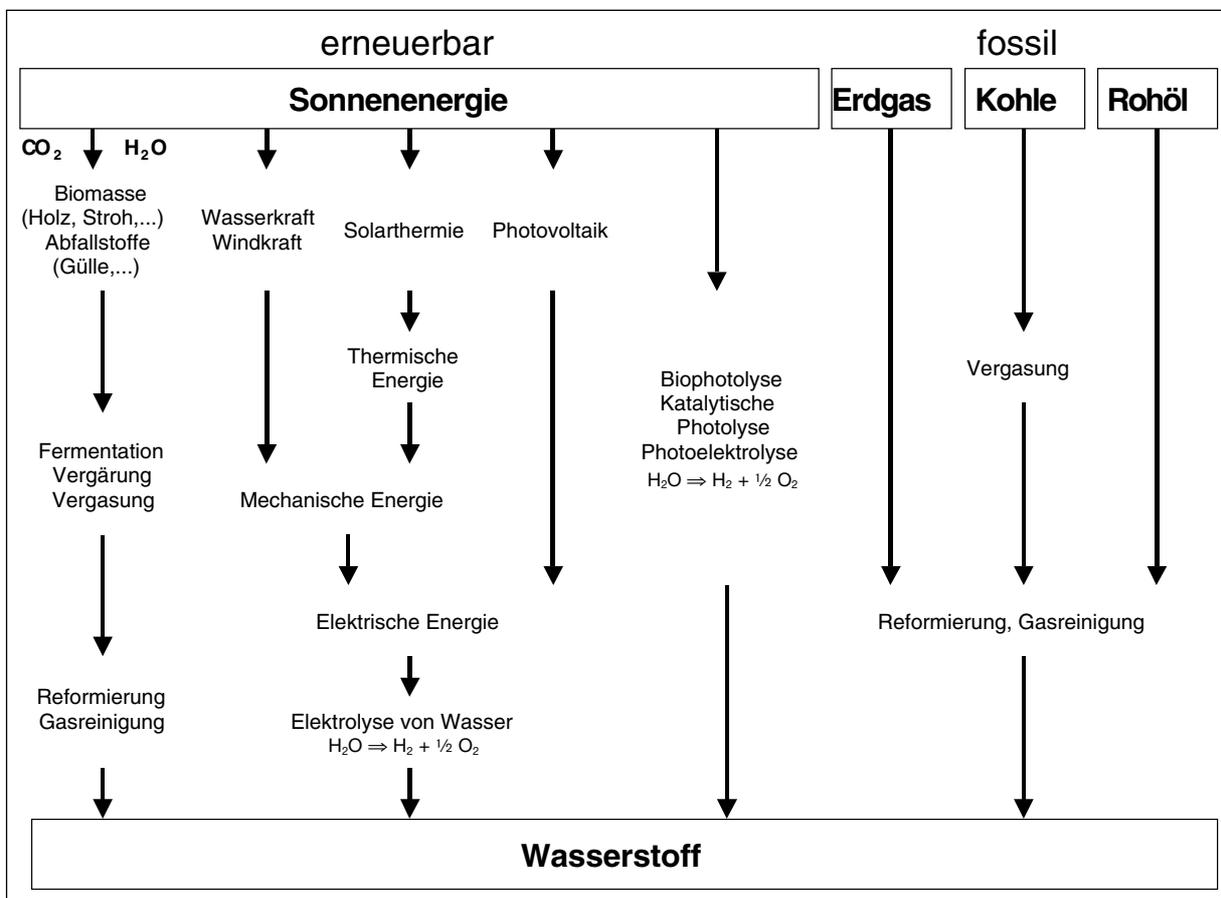
Etwa die Hälfte des derzeit in Deutschland hergestellten Wasserstoffs (ca. 19 Mrd. m³/a) wird mittels Dampfreformierung aus Erdgas und Naphta erzeugt. Dazu braucht man einen sogenannten Reformer, in dem sich die Kohlenwasserstoffe mit Dampf mischen und in Wasserstoff und andere Komponenten aufspalten. Bei diesem Schritt wird zwangsläufig auch das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid freigesetzt. Die andere Hälfte des deutschen Wasserstoffs fällt als Nebenprodukt in Raffinerien an und wird dort weitgehend für die Hydrierung eingesetzt.

Die Hoffnungen, die sich an Wasserstoff als Energieträger knüpfen, basieren hingegen auf den unterschiedlichen, innovativen Herstellungsverfahren. Regenerativer Strom z.B. aus solarthermischen Kraftwerken (diese produzieren durch Konzentration der Solarstrahlung mit Spiegeln Dampf, der in Dampfturbinen in Strom umgewandelt wird), Wasserkraft oder Windrädern kann mittels Elektrolyse Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen. Dreihundert Quadratmeter Solarkraftwerk in der sonnenreichen Wüste könnten genug Wasserstoff für einen deutschen Durchschnittsfahrer bereitstellen, wenn er ein Brennstoffzellen-Auto besitzt. Dazu

müsste der Strom mit sogenannten Hochspannungsgleichstromleitungen (HGÜs) in unsere Breiten transportiert werden - technisch kein Problem, wie zahlreiche realisierte Anlagen beweisen.

Auch aus Biomasse - Waldrestholz, Altholz, nachwachsende Rohstoffe, Gülle, Klärschlamm u.a. - kann Wasserstoff hergestellt werden. Sie wird bei hohen Temperaturen vergast und aufbereitet oder in Faulbehältern vergärt. Der Wasserstoff der Zukunft wird vielleicht noch auf völlig anderen Wegen erzeugt. Wissenschaftler arbeiten weltweit an thermochemischen und photochemischen Verfahren (z. B. auf der Basis von Algen und Bakterien).

Bei allen regenerativen Energieträgern stellt sich jedoch die Frage, ob deren direkte Nutzung nicht sinnvoller ist. Die doppelte Verstromung - Strom erzeugt Wasserstoff, Wasserstoff erzeugt Strom - ist erst dann sinnvoll, wenn regenerativer Strom im Überfluss vorhanden ist und gespeichert werden muss. In Deutschland hingegen, mit seiner vergleichsweise ineffizienten und kohlenstofflastigen Stromversorgung, ist der Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energieträgern ohne Umweg über den Wasserstoff derzeit noch ökologisch vorteilhafter. Wasserstoff erlangt erst dann Bedeutung, wenn unser „Strommix“ bereits stärker von erneuerbaren Energiequellen geprägt ist und wenn hohe Anteile fluktuierender erneuerbarer Energieträger einen Zwischenspeicher erfordern, damit auch nachts (wenn die Sonne nicht scheint) oder zu windarmen Zeiten Strom aus erneuerbaren Kraftwerken bereitsteht. Auch die hohen Erzeugungskosten des erneuerbaren Wasserstoffs, der heute noch ca. fünf- bis zehnmal soviel kostet wie unbesteuertes Benzin, vermindern seine unmittelbare Wettbewerbsfähigkeit. Langfristig werden jedoch die Rohölpreise deutlich stei-



gen. Außerdem werden Serienfertigung, standardisierte Produkte und einfachere Systeme die Kosten der Wasserstoffherzeugung reduzieren. Aber Wasserstoff wird immer teurer sein als Benzin heute.

Wasserstoff als Treibstoff

Neben den Kostenproblemen sind auch eine Reihe technischer Probleme zu meistern. Vor allem die Speicherung des Gases in raumknappen Personenwagen ist schwierig. Den Wasserstoff zu verflüssigen, kostet zwar zusätzlich Energie, dann aber ist Wasserstoff - wie die BMW-Fahrzeuge belegen - in gut gedämmten Tanks speicherbar. Alternativ kann Wasserstoff auf hohen Druck gebracht werden. Solche Druckgastanks sind vor allem für Busse und Nutzfahrzeuge geeignet. Verschiedene innovative Speicherkonzepte wie Metallhydride, Nanospeicher oder Natriumborhydrid werden derzeit als Alternativen erforscht.

Ein weiteres Problem für den Einsatz von Wasserstoff im Verkehr ist der Aufbau einer Betankungsinfrastruktur. Wasserstoff kann zentral in einer chemischen Fabrik erzeugt werden und dann per Tanklastzug zu den Tankstellen gebracht werden. Dazu muss man den Wasserstoff allerdings verflüssigen. Als Variante zu der Verflüssigung könnte der gasförmige Wasserstoff in einer großen Fabrik hergestellt und per Pipeline zu den Tankstellen geleitet werden. Wasserstoff kann aber auch direkt an der Tankstelle in kleinen Reformern oder Elektrolyseuren erzeugt werden. Weltweit werden die Kosten für den Aufbau der Infrastruktur auf Billionen Euro geschätzt. Der Aufbau der Infrastruktur ist ein typisches Henne-Ei-Problem: Wer investiert diese Summen, wenn es nur wenige Wasserstoff-Mobile gibt? Und wer kauft sich ein Brennstoffzellen-Auto, wenn er die Tankstellen auf der Landkarte suchen muss?

Wenn sich ein neuer Kraftstoff im Verkehrsbereich etablieren soll, ist die Sicherheit ein wichtiges Thema. In der Zwischenzeit hat es eine ganze Reihe von Untersuchungen hierzu gegeben. Tanks wurden mit spitzen Stangen durchbohrt und Fahrzeuge gezielt in Brand gesetzt. Druckgas-Tanks wurden mit Kugeln durchschossen und aus 14 Metern Höhe fallengelassen. Außerdem analysierten Sicherheitsexperten vergangene Unfälle mit Wasserstofftransportern. Vorteilhaft wirken sich bei Wasserstoff die kurzen Brandzeiten eines Wasserstoff-Feuers und die geringere Strahlungswärme aus. Wasserstoff als das leichteste Element verflüchtigt sich extrem schnell. Zudem hat er niedrige Zündgrenzen und -energien. Das klingt zunächst gefährlich, ist aber kein Problem. Denn bevor sich Wasserstoff ansammelt und detoniert, verbrennt er kontinuierlich. Ein explodierendes Wasserstoff-Auto ist daher deutlich unwahrscheinlicher als ein explodierendes Benzin-Fahrzeug. In geschlossenen Räumen muss jedoch die Freisetzung von Wasserstoff mit Sensoren kontrolliert werden.

Brennstoffzelle

Die Brennstoffzelle ist eines der Kernelemente einer zukünftigen Wasserstoff-Wirtschaft. Sie wandelt auf elektrochemischem Weg Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser um. Die Funktionsweise beruht darauf, dass die beiden Reaktanden durch einen Elektrolyten (eine Membran, eine Säure oder Lauge, eine Karbonatschmelze oder eine Keramik) getrennt werden, der nur Ionen leitet, nicht aber Wasserstoff- oder Sauerstoff-Moleküle. Vor allem in Fahrzeugen sollen Brennstoffzellen eingesetzt werden. Ein Brennstoffzellenauto ist ein Elektromobil. Wasserstofftank und Brennstoffzellensystem ersetzen die massiven Batterien und erweitern die

Reichweite der Fahrzeuge. Auch als Energiespender für Laptops oder Handys und als Kraftwerke im Megawattmaßstab ist diese Technologie geeignet.

Man unterscheidet Nieder-, Mittel- und Hochtemperatur-Brennstoffzellen, die je nach Elektrolyten zwischen 80 °C (Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen) und 800 °C (Festoxid-Brennstoffzellen) betrieben werden. Während sich erstere aufgrund ihrer guten Dynamik und kurzer Aufheizzeiten für den mobilen (Fahrzeuge), portablen (Akkuersatz, Kleingeneratoren, etc.) und stationären Einsatz (Blockheizkraftwerke) eignen, sind Hochtemperatur-Brennstoffzellen vor allem für die Verwendung im Kraftwerkmarkt gedacht.

Schon in kleinen Systemen übertrifft die Brennstoffzelle die elektrischen Wirkungsgrade konventioneller Systeme. Je nach Betriebstemperatur und Technologie kann sie bis zu 65 % des eingesetzten Brennstoffs in Strom umsetzen: mehr noch als modernste Gas- und Dampfturbinen-Großkraftwerke. Brennstoffzellen-Fahrzeuge haben einen Tank-zu-Rad-Wirkungsgrad von bis zu 40 % (heutiger Ottomotor: 20 bis 23 %).

Weil Brennstoffzellen auch im Kleinen so effizient sind, wollen einige Hersteller von Heizkesseln aus diesen Aggregaten sogar kleine Kraftwerke bauen, die im Heizungskeller von Ein- oder Mehrfamilienhäusern installiert werden und Strom für die Haushalte liefern. Die Verlustwärme der Zellen heizt zugleich die Räume und das Warmwasser. Selbst große Versorgungsunternehmen denken jetzt darüber nach, viele solcher Kraftwerke über Datenleitungen zu einem „virtuellen Kraftwerk“ zusammenzuschalten und dadurch langfristig Hochspannungsleitungen und Großkraftwerke überflüssig zu machen.

Zur Verwendung

Das Themenfeld Wasserstoff ist sehr komplex, da es nicht nur verschiedene Sektoren (u. a. Verkehr, Energie) berührt, sondern auch das Wissen um chemische, technische, politische und wirtschaftliche Aspekte verlangt. Beispielsweise erschweren die vielfältigen Möglichkeiten, Wasserstoff herzustellen, eine eindeutige Bewertung. Einige Herstellungsmöglichkeiten zeichnen sich zum Beispiel durch niedrige Kosten, aber auch geringe ökologische Entlastungswirkungen aus; andere hingegen sind teuer und erfordern zudem eine neue Infrastruktur, sind aber viel umweltverträglicher. Ziel dieses Beitrages kann daher kein erschöpfender Überblick über alle Facetten dieses neuen Energieträgers sein. Vielmehr soll das Augenmerk auf einige wesentliche Aspekte gelenkt werden: beispielsweise auf die großen ingenieurtechnischen Leistungen der Brennstoffzellen-Entwickler, auf die Chancen, Treibhauseffekt und Ressourcenverbrauch zu verringern, aber auch auf die Anstrengungen, die Wissenschaft und Industrie noch unternehmen müssen, bevor Wasserstoff und Brennstoffzellen einsatzreif und konkurrenzfähig sind.

Aufgrund der gebotenen Kürze kann die Wirtschaftlichkeit von Wasserstoff und Brennstoffzellen nicht erschöpfend behandelt werden. Die stationären Anwendungen von Brennstoffzellen im Kraftwerkssektor werden ebenfalls nur im Ausblick behandelt. Diese Zusammenhänge sind begleitend zu diskutieren und können mit den unten angegebenen Literaturstellen und Internetseiten ergänzend aufbereitet werden.

Wichtig für eine realistische Einschätzung von Brennstoffzellen ist der Hinweis, dass sich der Einsatz von Wasserstoff und Brennstoffzellen, die Förderung erneuerbarer Energien und ein sparsamer Einsatz von Energie nicht ausschließen, sondern gegenseitig bedingen. Wenn den Schülerinnen und Schülern bewusst wird, dass eine neue Technologie wie die Brennstoffzelle oder ein neuer Energieträger wie Wasserstoff in Teilgebieten deutliche Vorteile versprechen, dass es aber zugleich großer ökonomischer Aufwendungen und langfristiger Entscheidungen bedarf, um diese Innovationen gegen ein etabliertes System durchzusetzen, wäre viel gewonnen.

Ausgewählte Internettipps

www.hyweb.de

Sehr übersichtliche Webseite mit technischen, politischen, wirtschaftlichen und Grundlagenaspekten. Regelmäßiger Newsletter („Gazette“).

www.dwv-info.de

Homepage des deutschen Wasserstoffverbandes. Überblick, Infos und Newsletter, ausführliche Linkliste.

www.fuelcells.org

Englischsprachiges „Informationscenter“: wie funktioniert eine Brennstoffzelle, wer stellt sie her, wann kann ich sie kaufen, wie erreiche ich die Hersteller, wie finde ich einen Job?

<http://www.eyeforfuelcells.com/>

Eine aktuelle Webseite mit zahlreichen strategischen Informationen im Themenkreis „Kommerzialisierung von Brennstoffzellen“.

www.eren.doe.gov/hydrogen

Wasserstoff-Seite des amerikanischen Energieministeriums.

<http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/fc/index.html>

Eine Unterrichtseinheit zum Thema Brennstoffzellen der Universität Bielefeld.

Ausgewählte Buchtipps

Pehnt, M: Energierevolution Brennstoffzelle?

Perspektiven, Fakten, Anwendungen. Wiley-VCH, Weinheim 2002.

Ein populärwissenschaftlich aufbereitetes Sachbuch mit technischen, historischen und energiewirtschaftlichen Informationen über Wasserstoff und Brennstoffzellen.

Kosmos-Kasten „Brennstoffzelle“, Franckh-

Kosmos Verlags-GmbH, Stuttgart.

Ein pädagogisch aufbereiteter Kasten, der viele Experimente im Umfeld der Brennstoffzelle ermöglicht. Dieses ist das erste Brennstoffzellen-Fahrzeug in Serienfertigung.

Hoffmann, V. U.: Wasserstoff - Energie mit Zukunft.

Teubner/vdf, Stuttgart, Leipzig, Zürich, 1994.

Ein älteres, aber leicht lesbares kurzes Buch über Wasserstoffherzeugung, -transport und -nutzung.

Bearbeitete Fassung und Herausgabe

FWU Institut für Film und Bild, 2003

Produktion

fechnerMEDIA GmbH im Auftrag des Norddeutschen Rundfunks, NDR 2000

Buch und Regie

Carl.-A. Fechner
Dr. Martin Pehnt

Kamera

Waldemar Hauschild

Computer-Animation

Frank Becker

Fachberatung und Begleitkarte

Dr. Martin Pehnt

Bearbeitung und Redaktion

Sonja Riedel

Bildnachweis

Fechner Media GmbH

Pädagogische Referentin im FWU

Karin Lohwasser

Verleih durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen, Medienzentren und konfessionelle Medienzentren

Verkauf durch FWU Institut für Film und Bild, Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2003

FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltasteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-240
E-Mail Info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltalsteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-240
E-Mail Info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für
unseren Vertrieb:**

Telefon (0 89) 64 97-4 44
Telefax (0 89) 64 97-2 40
E-Mail vertrieb@fwu.de

Alle Urheber- und
Leistungsschutzrechte
vorbehalten.
Keine unerlaubte Vervielfältigung,
Vermietung,
Aufführung, Sendung!

**Freigegeben
o. A. gemäß
§ 7 JÖSchG FSK**

FWU - Schule und Unterricht

VHS 42 02846

20 min, Farbe

Wasserstoff und Brennstoffzelle

Energieversorgung für die Zukunft

Könnte diese Vision Realität werden - Automotoren, die als „Abgas“ nur Wasser produzieren? Mit Wasserstoff als Energieträger: Ja! In Brennstoffzellen-Antrieben oder dezentralen Kleinkraftwerken erprobt man mit großem Erfolg die Einsatzgebiete dieses zukunftssträchtigen Energieträgers. Die Dokumentation zeigt aber nicht nur die vielversprechenden Möglichkeiten von Wasserstoff, sondern auch, wie er - wirklich umweltschonend - mit Hilfe erneuerbarer Energien gewonnen werden kann.

Schlagwörter

Wasserstoff, Solar-Wasserstoff, Brennstoffzelle, Energieträger, Regenerative Energiequelle, Elektrolyse, Geothermie

Berufliche Bildung

Elektrotechnik • Energietechnik

Chemie

Physikalische Chemie • Elektrochemie
Angewandte Chemie • Technische Chemie

Physik

Elektrik • Technische Anwendungen

Umweltgefährdung, Umweltschutz

Themenübergreifende Darstellungen

Allgemeinbildende Schule (8-13)

Erwachsenenbildung

Berufsbildende Schule

Weitere Medien

42 10333 Wasserstoff - Energieträger mit Zukunft?

VHS-Kassette, 15 min, f

42 01943 Erneuerbare Energien. Arbeitsvideo / 7 Kurzfilme.

VHS-Kassette, 35 min, f

42 02396 Ozon - Unten zu viel, oben zu wenig.

VHS-Kassette, 16 min, f

42 02547 Klima im Wandel - Erwärmen wir die Erde?

VHS-Kassette, 27 min, f

42 10255 Der Treibhauseffekt. VHS-Kassette, 16 min, f

66 31330 Phänomene der Erde: Wetter und Klima. CD-ROM