

Die Brennstoffzelle – eine innovative Technologie für die Mobilität von morgen?



Projektarbeit im Rahmen des
14. Projektwettbewerbes des VCÖ
4. Klasse (4A, 4B)
Schuljahr 2016/17
eingereicht von Mag. Harald Lenz
BG/BRG Gmünd

Die Brennstoffzelle – eine innovative Technologie für die Mobilität von morgen?

Vorwort 3

Projektbeschreibung 4

Übersichtsplan 5

Vorstellung der Stationen 1-12 6

Berichte 25

Impressionen44

Vorwort

Der Markt für Elektroautos ist in den vergangenen Jahren in Schwung gekommen, derzeit werden ca. 9000 Autos in Österreich mit Akkumulatoren betrieben. Aus dem Blickfeld geriet dabei das Wasserstoffauto, das eigentlich seit den 1970er Jahren als Hoffnungsträger für innovative und umweltfreundliche Fortbewegung galt. Gegenwärtig verwenden österreichweit nur 13 Autos einen Brennstoffzellen Antrieb. Nun aber könnte das neu gegründete Hydrogen Council, eine mächtige Allianz aus Autoherstellern und Weltkonzernen (Daimler, BMW, Toyota, Honda, Shell...) für große Fortschritte sorgen. Auch zahlreiche Experten meinen, dass die Brennstoffzelle manch bedeutsamen Vorteil gegenüber der Batterie hat. Um die geplanten Klimaziele nicht komplett zu verfehlen, werden sich künftig möglicherweise beide Varianten durchsetzen, da beide Konzepte für unterschiedliche Zwecke ihren jeweiligen Nutzen haben.

Mag. Harald Lenz

Projektbeschreibung

Das vorgestellte Projekt beschäftigt sich hauptsächlich mit der Funktionsweise einer PEM-Brennstoffzelle sowie dem künftigen Einsatz dieser Technologie im Alltag. Weiters beleuchtet diese Arbeit auch die Eignung von Brennstoffzellen als modernem Antrieb für die Mobilität in der Zukunft. Diese Thematik ist natürlich untrennbar verbunden mit dem alternativen Energieträger Wasserstoff, weshalb sowohl die Herstellung von Wasserstoff im Labor als auch die großindustrielle Gewinnung von H₂ im vorliegenden Projekt entsprechende Berücksichtigung finden. Ein wichtiger Punkt ist ebenfalls der stark expandierende Bereich der Elektromobilität (Akkumulatoren als Speichermedium), der natürlich eine enorme „Konkurrenz“ zum Energiewandler Brennstoffzelle darstellt.

Primäres Ziel war die Planung und Entwicklung eines Stationenbetriebes, um die innovative Technik der Brennstoffzelle kennen zu lernen sowie die Bedeutung des Energieträgers Wasserstoff zu erfahren. Weiters sollten die Schülerinnen und Schüler Recherchen im Internet - bezüglich der aktuellen Situation des Einsatzes der Brennstoffzelle in PKWs - anstellen. Der auf der nächsten Seite folgende Überblick über die Stationen bietet eine anschauliche Zusammenfassung der jeweiligen Inhalte. In der derzeitigen Fassung ist der Workshop eigentlich für die Unterstufe konzipiert, soll aber auch - entsprechend adaptiert - in der Oberstufe verwendet werden.

Insgesamt umfasst das Projekt 12 Stationen, wobei 7 davon theoretischer Natur sind, während bei den restlichen 5 Stationen das Experiment im Vordergrund steht. Bei der Auswahl wurde in erster Linie Wert darauf gelegt, dass die Schülerinnen und Schüler selbst zum Experimentieren angeregt werden. Besonders hervorzuheben ist die Station 9, welche als Gruppenarbeit mit anschließender Diskussion konzipiert ist. Den Schülerinnen und Schülern soll das Spannungsfeld zwischen Brennstoffzellen auf der einen Seite und den Akkumulatoren auf der anderen Seite bewusst werden. Weiters soll darauf eingegangen werden, dass beide Konzepte ihre Vorteile bzw. Nachteile besitzen.

Nach einer kurzen einführenden Erklärung durch den Lehrer erhalten die Schülerinnen und Schüler einen Übersichtplan (siehe Seite 3) und sollen die einzelnen Stationen selbständig nach dem Prinzip des „Offenen Lernens“ durchlaufen. Die laminierten Informationsblätter verbleiben bei den Stationen, die Arbeitsblätter werden in Klassenstärke kopiert und ergeben - nach erfolgter Bearbeitung - ein Skriptum. Die Überprüfung der ausgefüllten Arbeitsblätter erfolgt bei der gemeinsamen abschließenden Besprechung. Der geplante zeitliche Aufwand für die Durchführung liegt bei 4-5 Unterrichtseinheiten. Bei Zeitmangel kann man ausgewählte Stationen selbstverständlich streichen.

Meiner Auffassung nach leistet dieses Projekt einen aktuellen und spannenden Beitrag zum Unterricht. Diese Sichtweise wird durch etliche Schülermeinungen untermauert.

Übersichtsplan

Station	Titel	Exp. / Theorie	Station bearbeitet
1	Grundlagen der Wasserstofftechnologie	T	
2	Herstellung von Wasserstoff im Labor – Metall und Säure	E	
3	Herstellung von Wasserstoff im Labor – Elektrolyse	E	
4	Knallgasgenerator	E	
5	Speicherung von Wasserstoff	T	
6	Großindustrielle Herstellung von Wasserstoff	T	
7	Funktionsweise eines Brennstoffzellen Modells	E	
8	Brennstoffzellen Auto (Hydrocar)	E	
9	eMobility vs. Brennstoffzelle	T	
10	Brennstoffzellen Autos (aktuelle Situation)	T	
11	Elektroautos (aktuelle Situation)	T	
12	Hybridautos (aktuelle Situation)	T	

Station 1: Grundlagen der Wasserstofftechnologie

Geschichte:

Die Geschichte der Brennstoffzelle liegt über 170 Jahre zurück und immer noch spielt die Brennstoffzellen-Technik in der Energieversorgung kaum eine Rolle.

Sir William Robert Grove (1811-1896) und Christian Friedrich Schoenbein (1799-1868) entdeckten, dass der Elektrolyseprozess umkehrbar ist. 1839 entwickelte Grove die erste Brennstoffzelle.

Im Jahre 1842 wurde eine Brennstoffzelle konstruiert, die aus vier hintereinander geschalteten Elementen bestand. In den vier Gefäßen befand sich verdünnte Schwefelsäure, in die zwei Glasröhren mit Elektroden aus Platin eingetaucht wurden. Im oberen Teil der Glasröhren wurden die Anoden von Wasserstoff (Hydrogen) und die Kathoden von Sauerstoff (Oxygen) umgespült. Der dabei erzeugte Strom versorgte einen Elektrolyseur.

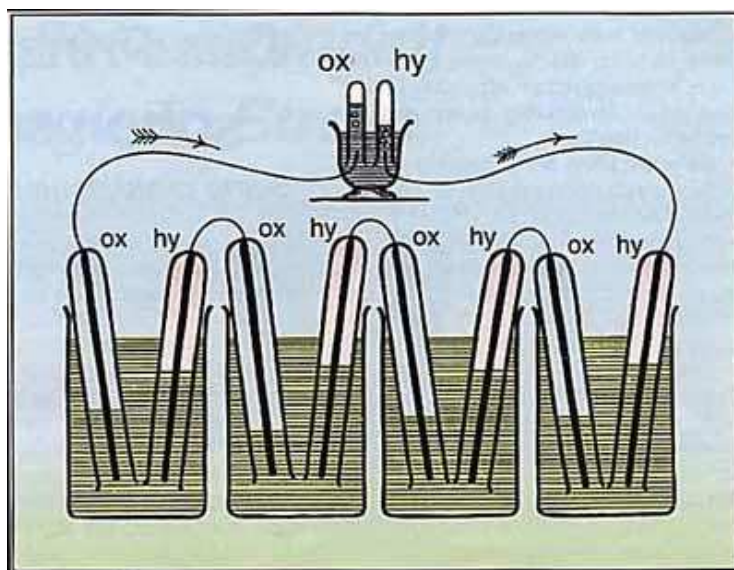


Abbildung: Historische Brennstoffzelle

Der Solar-Wasserstoff- Kreislauf

Die weltweiten Vorräte der fossilen (Kohle, Erdöl und Erdgas) sowie nuklearen Energieträger sind begrenzt bzw. problematisch. Daher ist eine zügige Umorientierung bei der Energienutzung unbedingt notwendig. Durch die Etablierung regenerativer Energie (z.B. Solar-, Wind- und Wasserenergie) auf dem europäischen Energiemarkt ist die erforderliche Wende bereits erfolgreich eingeleitet worden. Wasserstoff wäre ein hoffnungsvoller Energieträger für die Zukunft.

Das Zusammenspiel aus Sonnenenergie und Wasserstoff wird als Solar-Wasserstoff-Kreislauf bezeichnet. Dabei wird die durch Solarzellen und Windkraftanlagen bereitgestellte elektrische Energie bei Überangebot genutzt, um Wasserstoff herzustellen. Dazu werden Elektrolyseure mit Gleichstrom betrieben, die Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen. Der Wasserstoff wird gespeichert und bei Bedarf der Brennstoffzelle zugeführt, welche die chemische Energie des Wasserstoffs in elektrischen Strom und Wärme umwandelt. So kann die elektrische Versorgung jederzeit gewährleistet werden.

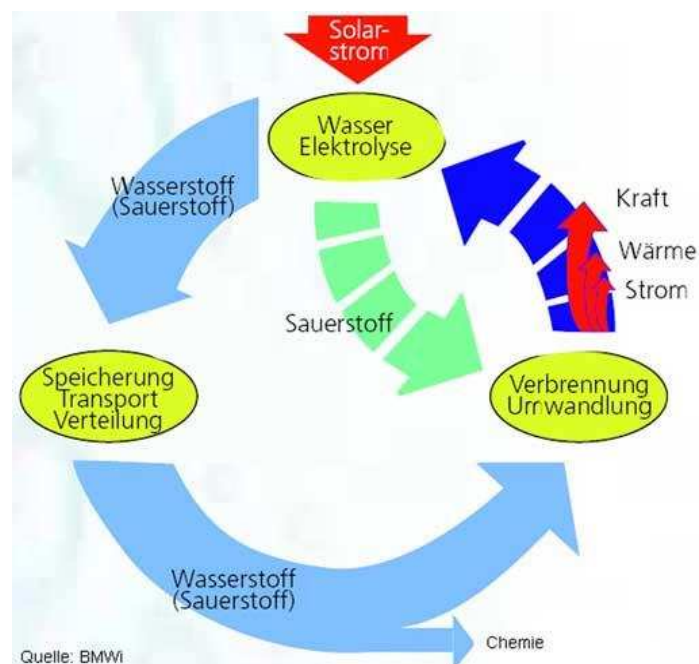
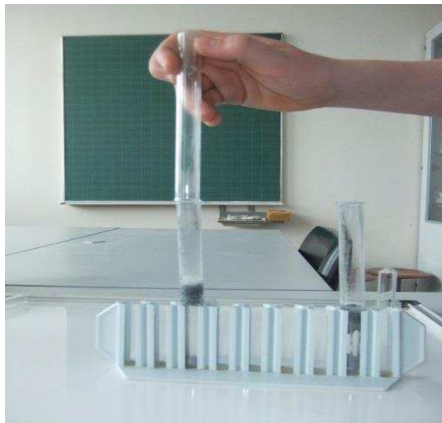


Abbildung: Der Solar-Wasserstoff Kreislauf

Station 2: Herstellung von Wasserstoff im Labor – Metall und Säure

Arbeitsvorschrift:

Fülle in die Eprovette 1-2 Spateln Zn-Pulver ein und tropfe langsam ca. 3ml (etwa 2cm) Salzsäure (ca. 10%) dazu. Fange das entstehende Gas mit weiteren Eprovetten auf und weise mit einem brennenden Holzspan den entstandenen Wasserstoff nach („Knallgasprobe“).



Arbeitsauftrag:

Notiere deine Beobachtung und stelle die entsprechende Reaktionsgleichung dar.

Beobachtung:

Gleichung:



Hinweis:

- Die Eprovette mit dem Wasserstoff sollte bis zur Probe zugehalten werden um einen starken Knall zu vermeiden.
- Salzsäure ist stark ätzend! Bei Kontakt gründlich mit Wasser spülen!
- Gib die Abfälle in das entsprechende Sammelgefäß und spüle die Eprovette gründlich mit Wasser aus.
- Hinterlasse einen sauberen Arbeitsplatz!!!

Station 3: Herstellung von Wasserstoff im Labor – Elektrolyse

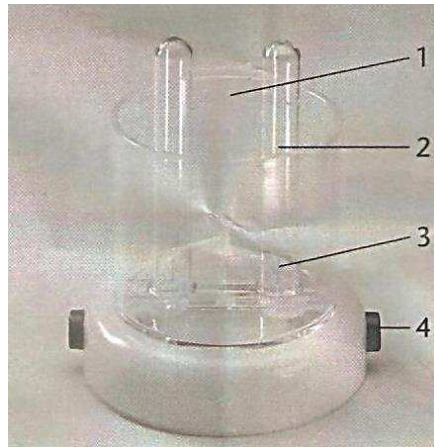


Abbildung: Wasserzersetzungsapparat
(Cornelsen Experiment)

Arbeitsvorschrift:

Das Schülerübungsgerät dient zur Untersuchung elektrolytischer Vorgänge, insbesondere der Zerlegung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Für den Versuch wird der Behälter (1) ohne Reagenzgläser mit ca. 100 ml Wasser gefüllt. Die Reagenzgläser (2) werden einzeln ebenfalls mit Wasser gefüllt, mit einem Finger zugehalten, in den Behälter eingetaucht und senkrecht über die Platinelektroden (3) gestellt. Über die Anschlussbuchsen (4) wird das Gerät an eine Gleichstromquelle 12 V angeschlossen. Dann wird sehr vorsichtig ca. 10 – 15 ml konzentrierte Schwefelsäure in den Behälter gegeben (Pipette). Die entstehenden Gase sammeln sich in den Reagenzgläsern und lassen sich nach der Entnahme der Eproutetten durch die Glimmspanprobe bzw. Knallgasprobe nachweisen.

Arbeitsauftrag:

Führe das Experiment gemäß der Arbeitsvorschrift durch, notiere deine Beobachtungen, weise die entstehenden Gase nach und gib, wenn möglich, die entsprechende Reaktionsgleichung an.

Gleichung:

Station 4: Knallgasgenerator

„Jetzt knallt's!“ – Der Knallgasgenerator

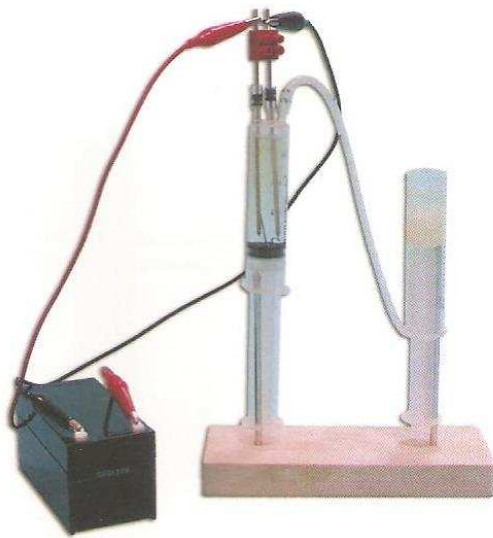
Was wird gebraucht?

Stativplatte, Spritze mit Silikonschlauch, Spritze mit 3 Öffnungen, Elektroden, 2 Verbindungskabel, 12V Akku, Waschsodalösung, Seifenlösung, Feuerzeug, Holzspan

Wie wird's gemacht?

Bereite zunächst eine Waschsodalösung vor, indem du zwei Spatel Waschsoda in 25 mL Wasser in einem Messbecher auflöst. Setze die zwei Spritzen, wie in der Abbildung gezeigt, auf die Stativplatte auf. Stecke den Silikonschlauch der einen Spritze in *eine* der 3 Öffnungen der anderen Spritze.

Befülle nun mit einer einfachen 20 mL-Spritze die dreilöchrige Spritze mit der Waschsodalösung. In die zwei übrig gebliebenen Löcher werden die Elektroden eingeführt. Befülle nun die abgeschnittene Spritze mit 10 mL Seifenlösung und lasse die oberen 10 mL frei. Verbinde nun die zwei Elektroden mit dem Plus- und Minuspol der Batterie. Sofort beginnen Gasbläschen an den Elektroden aufzusteigen. Über den Silikonschlauch werden diese in die Seifenlösung geleitet und in der zweiten Spritze entstehen kleine Seifenblasen. Bringe diese mit einem brennenden Holzspan zur Explosion.



Wie funktioniert es?

Durch elektrischen Strom kannst du das Wasser (H_2O) in seine Einzelteile zerlegen. Diese sind Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2). Kommen diese zwei Gase im richtigen Mischungsverhältnis vor (2 Teile Wasserstoff und 1 Teil Sauerstoff), so genügt schon ein Funke zum Zünden dieser explosiven Mischung. In unserem Fall wird dies mit einem brennenden Holzspan ausgelöst. Wasser alleine leitet den Strom nicht sehr gut, aus diesem Grunde musst du etwas Waschsoda hinzufügen.

Was der Wissenschaftler meint:

Technisch wird ein Knallgasgebläse zum „autogenen Schweißen und Schneiden“ genutzt. Die Bezeichnung „autogene Schweißung“ rührt daher, dass die Schweißnaht selbst aus dem Metall erzeugt wird und man keine zusätzlichen „Nahtmaterialien“ verwenden muss.

Station 5: Speicherung von Wasserstoff

Die Entwicklung von leistungsfähigen Wasserstoffspeichern gehört zu den wichtigsten Herausforderungen einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft. Hier sind Speichervermögen, Speicherverhalten, Herstellungsaufwand und Herstellungskosten entscheidend. Die wichtigsten Speichertechniken sind:

Druckgasspeicher

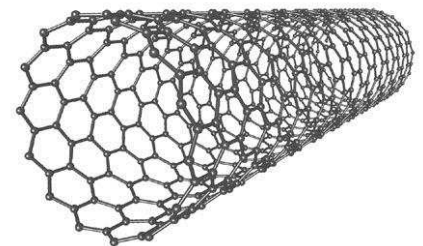
Die herkömmliche Druckgasflasche ist mit ihrem niedrigen Herstellungsaufwand und den geringen Kosten der Favorit, wenn es keinen Platzmangel gibt und hohes Gewicht keine Rolle spielt. In Druckgasflaschen kann man ein Vielfaches ihres Volumens an Gas speichern, weil sie für Drücke bis zu 200 bar ausgelegt sind.

Hochdruckbehälter aus Carbon- Verbundmaterialien sind die neuesten Entwicklungen im Bereich der Druckgasspeicherung. Sie sind leichter als herkömmliche Druckgasflaschen, zudem sind sie für Drücke bis 350 bar ausgelegt. In Zukunft werden Drücke bis 700 bar möglich sein.



Grafit Nanofasern – die Zukunft?

Das chemische Element Kohlenstoff kann verschiedene Struktur mit unterschiedlichen Eigenschaften annehmen. Erst vor wenigen Jahren wurden die so genannten Fullerene entdeckt, welche aus Kohlenstoffatomen bestehen. Diese Stoffe verfügen über eine sechseckige Gitterstruktur, die wiederum zu zylinderförmigen Nano-Röhrchen aufgerollt werden können. Es gibt Röhrchen die lediglich aus einer Kohlenstoffschicht bestehen.



Wasserstoff wird hierbei zwischen mehreren Lagen Grafitfasern eines Querschnitts von 5-10 nm eingelagert. Jedes Gramm Kohlenstoff ergibt ca. 30 Liter Wasserstoff, was bei einem Wasserstofftank von 25 Litern und 87 kg eine Reichweite von bis zu 8000 Kilometern ermöglichen soll. Einziger Nachteil: Die Beladung des Speichers dauert zwischen vier und 24 Stunden und ist nur vier bis fünf Mal möglich. Aus diesem Grund muss noch viel Entwicklungsarbeit geleistet werden. (Quelle: www.dieBrennstoffzelle.de)

Flüssig-Wasserstoff-Speicher (Kryogenspeicher)

Wasserstoff geht bei Temperaturen von -253°C in die flüssige Phase über. Gespeichert wird dieser tiefkalte Wasserstoff in Kryogenspeichern, die durch ihre gute Isolierung den flüssigen Wasserstoff in der entsprechenden Temperatur halten. Einige Tage kann der Wasserstoff verlustfrei gespeichert werden, danach kommt es zu so genannten Abdampfverlusten. Diese entstehen durch geringfügiges Erwärmen, wodurch ein kleiner Teil wieder gasförmig wird.

Damit kein Überdruck entsteht, wird der überschüssige gasförmige Wasserstoff abgelassen. Dieser Verlust liegt heute bei ca. 0,4% des Tankvolumens täglich.

Metallhydridspeicher

In einem Metallhydridspeicher befindet sich eine Metalllegierung, die die Eigenschaft hat, Wasserstoffatome im Metallgitter einzulagern. Um eine möglichst große Oberfläche zu erhalten, wird die Metalllegierung pulverisiert. Der Wasserstoff wird unter leichtem Überdruck in den Speicher gegeben und bildet mit der Metalllegierung das Metallhydrid. Bei diesem Vorgang wird Wärme abgegeben (exotherm). Für die Entladung des Speichers muss wieder Wärme zugeführt werden. Die sehr sicheren und kompakten Metallhydridspeicher haben auf das Volumen bezogen eine eher hohe Speicherdichte, auf das Gewicht bezogen hingegen eine geringe Speicherdichte.



Chemische Verbindungen

Wasserstoff kann natürlich auch in chemischen Verbindungen wie z. B Methanol gespeichert werden.

Arbeitsauftrag:

Lies dir den Informationstext aufmerksam durch und beantworte die Fragen auf dem Arbeitsblatt!

Station 5: Arbeitsblatt: Speicherung von Wasserstoff

1) Welche Möglichkeiten der Speicherung von Wasserstoff existieren?

Physikalische Methoden

Chemische Methoden

2) Beschreibe in wenigen Worten das Prinzip der Wasserstoffspeicherung in Form von Metallhydriden!

3) Welche Probleme ergeben sich bei den gegenwärtigen Speichermöglichkeiten für den Einsatz des Energieträgers Wasserstoff in mobilen Anlagen?

Station 6: Großindustrielle Herstellung von Wasserstoff - Informationsblatt

Die Wasserstoffenergiewirtschaft verfolgt das Ziel, Energie auf umweltverträglichere Art und Weise zu gewinnen, als es momentan mit fossilen Brennstoffen und Kernkraft getan wird. Man erzeugt dabei aus regenerativen Energiequellen, wie z.B. der Wasserkraft, der Solar- und der Windenergie, Energie in Form von Wärme oder Elektrizität. Sie wird in Form von Wasserstoff gespeichert, zum Verbraucher transportiert und dort zur Verwendung bereitgestellt. Im Folgenden sollen die Möglichkeiten, die der Energieträger Wasserstoff bietet, näher erläutert werden

Die jährliche Wasserstoffproduktion liegt derzeit bei über 500 Milliarden m³. Der größte Teil davon stammt aus fossilen Quellen (Erdgas, Erdöl), aus der chemischen Industrie, wo es als Nebenprodukt bei der Chlorherstellung entsteht, und aus Rohölraffinerieprozessen. Soll Wasserstoff im Sinne einer Wasserstoffenergiewirtschaft im großen Maße zur Energieerzeugung bzw. -speicherung eingesetzt werden, ist eine Herstellung durch konventionelle Dampfreformierung nicht sinnvoll. Als Einstieg, zum Beispiel im Automobilbereich, kann dies jedoch trotzdem möglich sein. Es wurden mittlerweile einige Verfahren zur Wasserstoff-Herstellung bis zur Serienreife entwickelt, andere befinden sich noch im Entwicklungsstadium.

Dampfreformer (Erdgas)

Die Dampfreformierung ist in zwei Prozessschritte unterteilt. Im ersten Schritt erfolgt eine endotherme katalytische Umsetzung von leichten Kohlenwasserstoffen, wie z.B. Methan, mit Wasserdampf. Dieser Vorgang erfolgt in großtechnischen Anlagen bei Temperaturen von 800-900°C und einem Druck von ca. 25bar.

Eine mögliche Reaktionsgleichung: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$

Der zweite Prozessschritt, die exotherme katalytische Umsetzung des entstandenen Kohlenmonoxids mit Wasserdampf, wird auch Shiftreaktion genannt.

Reaktionsgleichung: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$

Das entstandene Gas wird einer Reinigung unterzogen, in der das Kohlendioxid und andere unerwünschte Bestandteile entfernt werden. Das Verfahren der Dampfreformierung ist technisch sehr ausgereift. Es bestehen große Reformierungsanlagen mit Produktionskapazitäten von bis zu 100.000 m³ Wasserstoff pro Stunde.

Partielle Oxidation (Ölvergasung)

Das technisch ausgereifte Verfahren der partiellen Oxidation ist eine exotherme Umsetzung von Erdgas oder schweren Kohlenwasserstoffen, wie z.B. schweres Heizöl oder Rückstandsölen aus der Erdölverarbeitung, mit Sauerstoff.

Eine mögliche Reaktionsgleichung: $2 \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2$

Das entstandene Gas wird nun ähnlich wie bei der Dampfreformierung einer CO₂-Reinigung unterzogen. In Kohleländern wie Südafrika oder China wird Wasserstoff auch durch partielle Oxidation von Kohle hergestellt.

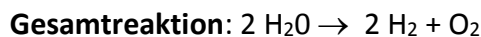
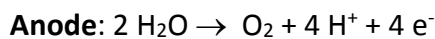
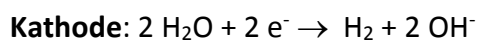
Autotherme Reformer (Methanolreformierung)

Wasserstoff kann auch aus Methanol hergestellt werden, wobei grundsätzlich sowohl die Dampfreformierung als auch die partielle Oxidation dafür genutzt werden können. Die Kombination aus beiden Verfahren wird autotherme Reformierung genannt. Man erhofft sich vor allem im Bereich der mobilen Anwendungen das einfachere Handling und die höhere Energiedichte eines konventionellen flüssigen Kraftstoffs wie Methanol zur Versorgung der Brennstoffzelle nutzen zu können.

Elektrolyse von Wasser

Unter den verschiedenen Verfahren zur Wasserstoffherstellung ist die Elektrolyse heute und auf absehbare Zeit die einzige von praktischer Bedeutung. Sie wird in ihrer bekanntesten Form, der alkalischen Elektrolyse, bereits seit über 80 Jahren angewandt. Noch bis Ende der 80er Jahre wurde die Elektrolyse, meist in Verbindung mit Wasserkraftwerken, zur Wasserstoff-Produktion eingesetzt, der prozentuale Anteil der Weltproduktion betrug jedoch nur 0,1-0,2%. Heute ist der Einsatz der Elektrolyse nur in Ländern wie Island oder Norwegen sinnvoll, da hier die Strompreise verhältnismäßig niedrig sind.

Eine Elektrolyse besteht aus zwei Teilreaktionen an den beiden Elektroden. In einer elektrisch leitenden Flüssigkeit, dem sogenannten Elektrolyten, kommt es bei einem von außen erzwungenen Stromfluss (Gleichstrom) zur Zersetzung des Elektrolyten und einer Abscheidung von Stoffen an den Elektroden. Für die Wasserelektrolyse ergeben sich die folgenden Reaktionsgleichungen:



Biomasse (Vergasung, Vergärung)

Neben den kommerziellen Verfahren, bei denen z.B. durch Verbrennung von Biomasse Energie erzeugt wird, kann man Biomasse auch für die Wasserstoffproduktion bzw. die Versorgung von Brennstoffzellen nutzen.

Aus Biomasse mit hohem Feuchtigkeitsanteil, z.B. Biomüll aus Haushalten, kann durch anaerobe Methangärung Biogas hergestellt werden, das zu 60-70% Methan enthält.

Kværner-Verfahren

Seit Anfang der 80er Jahre entwickelt die Kværner Engineering S.A. aus Norwegen das sogenannte Kværner-Verfahren ("Kværner Carbon Black and Hydrogen Process") zur CO₂-freien Erzeugung von Wasserstoff. Kohlenwasserstoffen (Erdgas, Erdöl) werden in einem Plasmabrenner bei ca. 1600°C in Aktivkohle (reinen Kohlenstoff) und Wasserstoff getrennt.

Eine mögliche Reaktionsgleichung: $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2 \text{H}_2$

Wasserstoff aus Grünalgen

Grünalgen spalten mit Hilfe des Enzyms Hydrogenase Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff, wobei sie die dafür nötige Energie durch Photosynthese erhalten. Setzt man die Algen auf eine Art Schwefeldiät, reduziert man den Stoffwechsel und die Algen sind nicht mehr in der Lage, die Energie der Photosynthese zu verwerten. Sie gibt den Energieüberschuss in Form von Wasserstoff ab, den sie normalerweise als Energiespeicher benutzt. Wissenschaftlern der Universität Bonn ist es gelungen, das Gen mit dem Bauplan der Hydrogenase aus Grünalgen zu isolieren. Der Aufbau des Enzyms muss zwar noch weiter entschlüsselt werden, um die Reaktionsstellen genauer bestimmen zu können, aber die Forscher zeigen sich optimistisch.

Arbeitsauftrag:

Lies dir den Informationstext aufmerksam durch und beantworte die Fragen auf dem Arbeitsblatt!

Station 6: Großindustrielle Herstellung von Wasserstoff - Arbeitsblatt

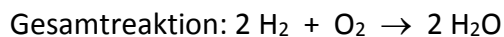
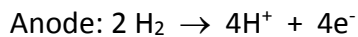
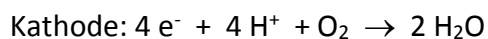
- 1) Welches grundlegende Problem ergibt sich bei der nach dem heutigen Stand der Technik durchgeführten großindustriellen Produktion von Wasserstoff?
- 2) Nenne bedeutende Möglichkeiten der Herstellung von Wasserstoff!
- 3) Die Elektrolyse von Wasser scheint eine relativ umweltfreundliche Möglichkeit der Produktion von Wasserstoff zu sein. Erläutere die Probleme, die sich bei der kommerziellen Umsetzung dieser Art der Herstellung ergeben!

Station 7: PEM – Brennstoffzellen – Modell (Informationsblatt)

Das Modell besteht aus einer Solarzelle, einem Wasserstoffspeicher, einem PEM – Elektrolyseur, einer PEM – Brennstoffzelle und einem Propeller. Die PEM (Proton Exchange Membran) ist eine protonendurchlässige Kunststofffolie.

Bei der PEM – Brennstoffzelle wird an der Anode elementarer Wasserstoff oxidiert. Während die entstehenden Protonen durch die Kunststofffolie „wandern“ fließen die Elektronen über den Verbraucher (Propeller) zur Kathode und vereinigen sich dort mit den Protonen und dem Sauerstoff aus der Luft zum Endprodukt Wasser.

Gleichungen:



In der Brennstoffzelle wird chemische Energie in Form von Wasserstoff und Sauerstoff direkt in elektrische Energie umgewandelt. Beim PEM – Elektrolyseur finden exakt die gleichen Reaktionen in der umgekehrten Richtung statt.

Arbeitsvorschrift:

An das BZ-Modell wird Strom angeschlossen (Trafo, ca. 10 V), durch den das destillierte Wasser im Elektrolyseur in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Der Wasserstoff wird im Gasspeicher aufgefangen während der Sauerstoff ungenutzt entweicht. Alternativ kann die für die Elektrolyse des Wassers notwendige Energie auch mit dem Solarmodul erzeugt werden. Dieser Vorgang dauert allerdings beträchtlich länger! Der Wasserstoff wird weiter zur Brennstoffzelle geleitet, wo er mit dem Sauerstoff der Luft wieder zu Wasser reagiert und den Propeller durch den entstehenden Strom betreiben kann.

Arbeitsauftrag:

Führe das Experiment durch und beantworte die Fragen auf dem Arbeitsblatt!

Station 7: PEM – Brennstoffzellen – Modell (Arbeitsblatt)

- 1)** Erkläre mit eigenen Worten die Funktionsweise der PEM – Brennstoffzelle!

- 2)** Welche Spannung erzielt die Brennstoffzelle?

- 3)** Was bedeutet der Begriff PEM?

- 4)** Stelle die in der Brennstoffzelle ablaufenden Reaktionen (Teilgleichungen und Gesamtgleichung) dar?

- 5)** Welche Vorteile bzw. Nachteile bietet die Brennstoffzelle im Vergleich zu einem herkömmlichen Verbrennungsmotor?

Station 8: Hydrocar (Informationsblatt)

Das Hydrocar ist mit einer PEM- Brennstoffzelle ausgestattet. Die PEM- Brennstoffzelle ist ein elektrochemischer Energiewandler, in der chemische Energie direkt in elektrische Energie und Wärme umgewandelt wird. Dabei reagieren, die durch Elektrolyse erhaltenen Bestandteile von Wasser, Sauerstoff und Wasserstoff, räumlich getrennt und völlig lautlos zu reinem Wasser.



Arbeitsvorschrift:

Nutzung des Sonnenkollektors für die Elektrolyse

1. Verbinde das Solarmodul mit der Brennstoffzelle (siehe Abbildung). Achte auf die richtige Polung (Farbe)!
2. Platziere das Solarmodul im direkten Sonnenlicht. Bei starker Einstrahlung werden Sauerstoff und Wasserstoff in den inneren Gaszylindern produziert (Dauer ca. 10 Minuten).

Alternative Nutzung des Batteriepakets für die Elektrolyse

1. Stelle sicher, dass das Batteriepaket ausgeschaltet ist.
2. Stecke vorsichtig das rote Kabel des Batteriepakets in die rote Buchse (Sauerstoff-Seite) und den schwarzen Draht in die schwarze Buchse (Wasserstoff-Seite) der Brennstoffzelle.
3. Stelle den Schalter des Batteriepakets auf die „on“ Position um die Elektrolyse zu starten.

Inbetriebnahme

1. Trenne den Sonnenkollektor bzw. das Batteriepaket von der Brennstoffzelle
2. Stecken den roten und schwarzen Draht des Motors in die roten und schwarzen Buchsen der Brennstoffzelle.
3. Stellen das Hydrocar auf eine ebene und flache Oberfläche und starte es.

Arbeitsauftrag:

Führe das Experiment gemäß der Arbeitsvorschrift durch und beobachte!

Station 9: eMobility vs. Brennstoffzelle

Arbeitsauftrag - Gruppenarbeit:

Lies dir die Artikel zum Thema eMobility vs. Brennstoffzelle durch und bearbeitete die folgenden Aufgaben:

- 1)** Erarbeite Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Antriebstechnologien!
- 2)** Untersuche die Vor- und Nachteile der beiden Antriebstechnologien!
- 3)** Überlege, in welchen Anwendungsbereichen die jeweilige Antriebstechnologie sinnvoller ist!
- 4)** Nenne Möglichkeiten zur klimafreundlichen Erzeugung der benötigten „Kraftstoffe“!

Station 10: Brennstoffzellen Autos (aktuelle Situation)

Arbeitsauftrag - Gruppenarbeit:

Recherchiert im Internet und fertigt einen Kurzbericht (2-3 Seiten) über die gegenwärtige Situation der Brennstoffzellen Autos im Alltag. Der Bericht soll, wenn möglich, die unten angeführten Punkte berücksichtigen.

- aktueller Stand
- konkrete Beispiele (Toyota Mirai, Hyundai etc.)
- Stückzahlen in Österreich, Deutschland, Europa ...
- Preis
- Emission
- Reichweite
- Betankungsdauer
- Kosten pro Kilometer
- Energieeffizienz
- Probleme (Sicherheit von Wasserstoff, Infrastruktur, Herstellung von H₂ ...)
- Ausblick auf die künftige Entwicklung
- ...

Mögliche Quellen (Auswahl):

- help.orf.at
- [hydrogen council](http://hydrogen.council)
- VCÖ
- www.hycenta.at (Hydrogen Center Austria)
- www.bmvit.gv.at (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie)
- www.kreiselectric.com
- youtube:

[DOKU] - Nano spezial - Diesel am Ende - Wasserstoff im Tank

[DOKU] Elektroautos- Top oder Flop

[DOKU] ARD - Die Story im Ersten: Das Märchen von der Elektro-Mobilität

Wasserstoff statt Benzin? - FUTURE – ARTE

Wie wird Wasserstoff hergestellt? (The Simple Chemics)

Wie funktioniert die Brennstoffzelle?! (The Simple Chemics)

Wasserstoff: die Energie-Technologie der Zukunft (OMV)

Station 11: Elektroautos (aktuelle Situation)

Arbeitsauftrag - Gruppenarbeit:

Recherchiert im Internet und fertigt einen Kurzbericht (2-3 Seiten) über die gegenwärtige Situation der Brennstoffzellen Autos im Alltag. Der Bericht soll, wenn möglich, die unten angeführten Punkte berücksichtigen.

- aktueller Stand
- konkrete Beispiele diverser Autobauer
- Stückzahlen in Österreich, Deutschland, Europa ...
- Preis
- Emission
- Reichweite
- Ladedauer
- Kosten pro Kilometer
- Energieeffizienz
- Probleme
- Ausblick auf die künftige Entwicklung
- ...

Mögliche Quellen (Auswahl):

- help.orf.at
- [hydrogen council](http://hydrogen.council)
- VCÖ
- www.hycenta.at (Hydrogen Center Austria)
- www.bmvit.gv.at (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie)
- www.kreiselectric.com
- youtube:

[DOKU] - Nano spezial - Diesel am Ende - Wasserstoff im Tank

[DOKU] Elektroautos- Top oder Flop

[DOKU] ARD - Die Story im Ersten: Das Märchen von der Elektro-Mobilität

Wasserstoff statt Benzin? - FUTURE – ARTE

Wie wird Wasserstoff hergestellt? (The Simple Chemics)

Wie funktioniert die Brennstoffzelle?! (The Simple Chemics)

Wasserstoff: die Energie-Technologie der Zukunft (OMV)

Station 12: Hybridautos (aktuelle Situation)

Arbeitsauftrag - Gruppenarbeit:

Recherchiert im Internet und fertigt einen Kurzbericht (2-3 Seiten) über die gegenwärtige Situation der Brennstoffzellen Autos im Alltag. Der Bericht soll, wenn möglich, die unten angeführten Punkte berücksichtigen.

- aktueller Stand
- konkrete Beispiele diverser Autobauer
- Stückzahlen in Österreich, Deutschland, Europa ...
- Preis
- Emission
- Reichweite
- Kosten pro Kilometer
- Energieeffizienz
- Probleme
- Ausblick auf die künftige Entwicklung
- ...

Mögliche Quellen (Auswahl):

- help.orf.at
- [hydrogen council](http://hydrogen-council.org)
- VCÖ
- www.hycenta.at (Hydrogen Center Austria)
- www.bmvit.gv.at (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie)
- www.kreiselectric.com
- youtube:

[DOKU] - Nano spezial - Diesel am Ende - Wasserstoff im Tank

[DOKU] Elektroautos- Top oder Flop

[DOKU] ARD - Die Story im Ersten: Das Märchen von der Elektro-Mobilität

Wasserstoff statt Benzin? - FUTURE – ARTE

Wie wird Wasserstoff hergestellt? (The Simple Chemics)

Wie funktioniert die Brennstoffzelle?! (The Simple Chemics)

Wasserstoff: die Energie-Technologie der Zukunft (OMV)

Berichte

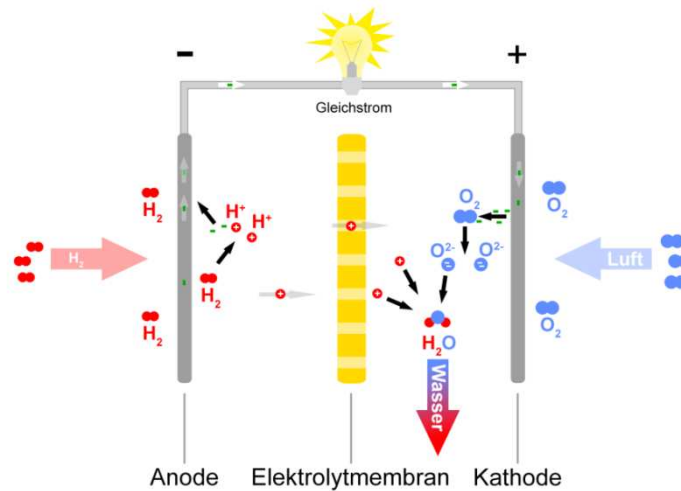
Das Projekt wurde im Februar bzw. März 2017 mit den beiden 4. Klassen durchgeführt. Auf den nachfolgenden Seiten werden exemplarisch, einige von den Schülerinnen und Schülern verfasste Berichte der Stationen 10, 11 und 12 vorgestellt.

Station 10: Wasserstoff-Brennstoffzellen-Autos

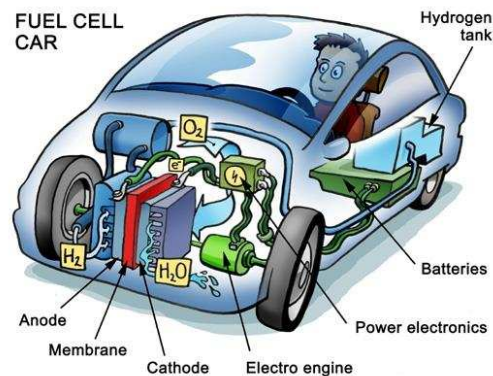
Inhaltsverzeichnis:

1. Was ist Wasserstoff und wie wird er hergestellt?
 2. Wie funktioniert eine Brennstoffzelle?
 3. Aus welchen Bauteilen besteht ein Brennstoffzellenauto?
 4. Ist ein Brennstoffzellenauto energieeffizient?
 5. Wie groß ist die Reichweite und wie lange dauert das Betanken?
 6. Gewährleisten Brennstoffzellen genügend Sicherheit?
 7. Warum kosten Brennstoffzellenautos mehr als normale Autos?
 8. Wie viele Autos und Tankstellen gibt es bereits?
 9. Wie ist der aktuelle Stand und wie könnte es weitergehen?
 10. Quellen
-
1. Wasserstoff ist ein farb- und geruchsloses Gas (Zimmertemperatur), das 14,4-mal leichter ist als Luft. Es ist das am häufigsten in der Natur vorkommende Element und hat die geringste Dichte. Es hat die geringste Schmelz- und Siedetemperatur. Meistens kommt Wasserstoff in der Form H_2 vor und ist im Körper sehr häufig vertreten. So gut wie immer kommt Wasserstoff in der Natur nur in gebundener Form vor. Zur Herstellung von Wasserstoff ist der Einsatz von Primärenergie notwendig. Weltweit werden jährlich 500 Mrd. Normkubikmeter Wasserstoff umgesetzt, 40% davon fallen in der chemischen Industrie an. Doch der weltweit größte Teil stammt aus fossilen Energiequellen oder der Vergasung von Kohle - bei diesen Verfahren entsteht auch CO_2 . Energiesparendere Verfahren sind die Elektrolyse von leitfähig gemachtem Wasser oder aus einer Reihe von chemischen Reaktionen mit Wasser, wie zum Beispiel bei der Reaktion mit Alkalimetallen. Einige Verfahren befinden sich noch im Entwicklungsstadium und sind daher noch nicht einsatzbereit.

- In der Grafik kann man erkennen, dass sich vom H_2 die Elektronen abspalten und von der Anode über einen Verbraucher zur Kathode wandern. Die H^+ Ionen können nun die Elektrolytmembran durchdringen. Das O_2 auf der anderen Seite wird durch die Elektronen zu O^{2-} und verbindet sich mit 4 H^+ Ionen -> ergibt Wasser.



- Ein Brennstoffzellenfahrzeug besteht aus dem Wasserstofftank, dem Brennstoffzellen Stack, meist einer Traktionsbatterie um Energiespitzen abzuf puffern und dem Elektromotor, der das Fahrzeug antreibt.



- Bei dem Vergleich eines Autos mit Elektro-Antrieb und Speicherung mit einem Akku (Tesla Model S) und einem wasserstoffbetriebenen Auto mit einer Brennstoffzelle (Honda Clarity) ist letzteres etwa nur halb so effizient.
- Die Betankungsdauer liegt, zum Beispiel, beim Toyota Mirai bei nur drei Minuten. Dieser hat außerdem eine Reichweite von bis zu 650 Kilometer. Die Reichweite des Honda FCX Clarity liegt,

zum Vergleich, bei einem Verbrauch von 0,85 Kilogramm Wasserstoff pro 100 Kilometer, bei nur bis zu 470 Kilometern.

6. Ja, eine Brennstoffzelle ist sogar weitaus ungefährlicher als ein Benzinmotor. Es ist außerdem äußerst unwahrscheinlich, dass es beim Betanken von Wasserstofffahrzeugen zu einer Detonation kommt, da dazu die Konzentration in der Luft auf mindestens 4% ansteigen müsste. (aufgrund der geringen Dichte von Wasserstoff nicht möglich). Weiters würden sich bei einem Leck im System die Sicherheitsventile schließen.
7. Derzeit kostet der Toyota Mirai rund 78.000€. Der IX35 Fuel Cell kommt auf rund 65.000€. Mit fast jedem Wasserstoffauto kann man rund 400 Kilometer weit fahren. Das bedeutet man muss 1 Kilogramm pro 100 Kilometer tanken. Um ein Auto vollzutanken, muss man also mit rund 36€ rechnen. Da die Spannung, die bei einer Brennstoffzelle im Stromkreis entsteht, nur bei etwa 1,2 Volt liegt, muss man viele solcher Zellen hintereinanderschalten. Bei Brennstoffzellen ist das recht einfach, man muss sie nur „aufeinander stapeln“ -> man nennt das Stack. Jedoch verteuert das die Brennstoffzelle erheblich. Ein weiterer Punkt für die hohen Kosten ist, dass Platin, eines der teuersten Edelmetalle der Welt, verbaut werden muss. Aufgrund der geringen Dichte von Wasserstoff ist das Speichern von diesem eine überaus schwierige Angelegenheit. Die üblichen Verfahren zur Speicherung sind der verdichtete gasförmige Wasserstoff, tiefkalt flüssiger Wasserstoff und die Speicherung in chemischen oder physikalischen Verbindungen. Gasförmiger Wasserstoff wird als CGH₂ (compressed gaseous hydrogen) in Druckbehältern gespeichert. Um höhere Energiedichten zu erreichen wird Wasserstoff verflüssigt und tiefkalt gelagert. Die Verflüssigung von Wasserstoff tritt aber erst bei einer Temperatur von -252,85° ein und somit ist der Aufwand entsprechend hoch.
8. Es gibt insgesamt 96 Wasserstofftankstellen in Europa. Vier davon in Österreich und 34 in Deutschland, von denen nicht alle öffentlich zugänglich sind. In Amerika sind 50 Tankstellen in Betrieb, eine davon in Südamerika, die anderen in den USA und Kanada. Es gibt in Asien 67 Tankstellen von denen sich alleine 28 in Japan befinden. Die Autos sind jedoch noch weit davon entfernt sich in den alltäglichen Gebrauch zu integrieren- in Deutschland sind gerade einmal 210 wasserstoffbetriebene Fahrzeuge angemeldet - und dies bei einer Gesamtanzahl von 45,1 Millionen Autos.

9. Insgesamt möchten 13 Konzerne eine Allianz gründen und diese heißt Hydrogen Council. Zu den Konzernen gehören: Air Liquide, Alstom, Anglo American, BMW Group, Daimler, Engie, Honda, Hyundai, Kawasaki, Shell, The Linde Group, Total und Toyota. Das Ziel ist die Wasserstoffwirtschaft zu fördern und die Klimaziele zur Begrenzung der Erderwärmung zu erreichen. Um Wasserstoff zu gewinnen, benötigt man viel Energie. Er wird aktuell aus fossilen Brennstoffen wie Erdgas gewonnen, aber es wird nach einer billigeren Erzeugung mit Solarzellen geforscht. Man investiert im Jahr 1,4 Milliarden Euro in die Forschung und Entwicklung der Wasserstofftechnologie. Der Autohersteller Toyota musste Anfang des Jahres alle verkauften Exemplare seines Brennstoffzellenautos zurückrufen. Grund: Ein Softwarefehler könne dazu führen, dass sich das Antriebssystem plötzlich ausschalte. Die betroffene Stückzahl beläuft sich auf ca. 2800 Exemplare. Die Aussichten auf eine Zukunft von Wasserstoffautos ist nicht sicher. Bis 2025 sollen zwar die Herstellungskosten um 80% verringert werden, indem der Bedarf an Platin auf 15 Gramm pro Fahrzeug gesenkt wird, jedoch ist mittelfristig nicht damit zu rechnen, dass die Brennstoffzelle eine Führungsposition einnehmen kann.

Quellen:

Help.orf.at, Wikipedia, zeit.de, www.golem.de, www.hycenta.at, spiegel.de, ecomento.tv, ...nachgeschaut am 1.3.2017

Station 10: Brennstoffzellen Autos

Ein Brennstoffzellenauto ist ein Elektroauto, das seinen Strom selbst erzeugt: mit einer Brennstoffzelle. Das ist eine galvanische Zelle, die durch eine chemische Reaktion elektrischen Strom erzeugt. Das ist umweltfreundlich, denn das Abgas ist Wasserdampf. Über die Effizienz der Brennstoffzelle wird immer noch gestritten. Außerdem ist nicht klar, wo der Wasserstoff, der als Treibstoff dient, herkommt.

Die Autohersteller Daimler, BMW, Toyota, Honda, der Gaskonzern Linde sowie acht weitere Unternehmen wollen so die Technik voranbringen. Bislang investieren sie nach eigenen Angaben pro Jahr insgesamt 1,4 Milliarden Euro.



Derzeit gibt es weltweit rund 2800 Autos. Jährlich hofft der Konzern rund hundert Exemplare verkaufen zu können.

Eine Tankladung von sechs Kilogramm Wasserstoff kostet 2 – 50 €. Der Preis eines Brennstoffzellenautos beträgt 65.000 – 85 000 €.

Angesichts der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe und der steigenden Umweltbelastung durch die Emission von Schadstoffen ist die Nutzung von Wasserstoff als künftigen Energieträger zunehmend an Bedeutung.

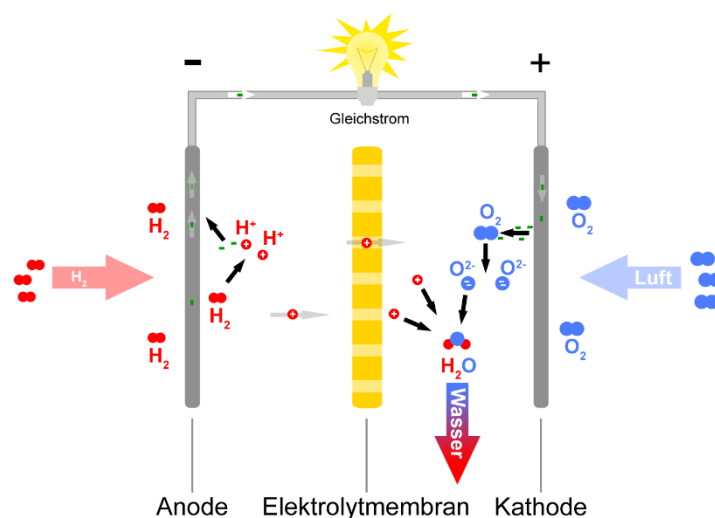
Auch die Reichweite lässt sich mit jener von Benzinern vergleichen. Das Brennstoffzellen Auto schafft in kurzer Zeit eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Bisher vorgestellte, erwerbbar Fahrzeuge mit Brennstoffzellen haben eine Reichweite von etwa 500 km, Versuchsfahrzeuge z. B. der Toyota FCHV-adv sollen bis etwa 800 km erreichen.

Die Fahrzeuge müssen nicht stundenlang, wie das Elektroauto, an der Steckdose geladen, sondern können innerhalb weniger Minuten an der Zapfsäule betankt werden.

Allerdings ist Wasserstoff ein flüchtiges und reaktionsfreudiges Gas, das nur unter hohem Druck oder extrem gekühlt gelagert werden kann - in Wasserstofftankstellen bei 700 bar und minus 40 Grad Celsius. Das Toyota-Modell tankt das explosive Gas pur in einen Hochdrucktank - entsprechende Tankstellen gibt es aber bisher nur selten. Dies gilt als eine zentrale Hürde für die massenhafte Verbreitung der Brennstoffzellentechnologie.



Eine Brennstoffzelle besteht aus Elektroden, die durch eine Membran oder Elektrolyt (Ionenleiter) voneinander getrennt sind. Die Anode ist mit dem Brennstoff umspült, der dort oxidiert wird. Die Kathode ist mit dem Oxidationsmittel umspült, das dort reduziert wird. Die verwendeten Materialien sind je nach Brennstoffzellentyp unterschiedlich.



In einer Brennstoffzelle erzeugen Wasserstoff und Sauerstoff an einer Membran, durch eine sogenannte kalte Verbrennung, Elektrizität. Dabei entsteht auch Wärme. Das Abgas ist Wasserdampf. In einem Auto kann mit einer Brennstoffzelle ein Elektromotor angetrieben werden.

Wasserstoff liegt als ein farbloses, geschmacks- und geruchsloses, ungiftiges Gas aus zwei Atomen (H_2) vor. In der Natur findet man es praktisch nicht in freier Form. Es liegt dort ausschließlich in gebundener Form, z. B. als Wasser (H_2O), in Kohlenwasserstoffen (Erdöl, Erdgas, Kohle, Biomasse) oder in anderen organischen Verbindungen vor. Wasserstoff wird unter Einsatz von Energie freigesetzt. Es wird derzeit (2016) fast ausschließlich aus fossilen Energieträgern gewonnen. Allerdings entstehen bei der Herstellung von Wasserstoff aus fossilen Quellen CO₂ und diverse Schadstoffe als Nebenprodukte. Im Sinne des Klimaschutzes ist das Ziel, Wasserstoff möglichst ganz ohne CO₂-Emission herzustellen. Heute sind Brennstoffzellen gleichauf mit Verbrennungsmotoren.

Bis zur verbreiteten Nutzung sind allerdings noch eine Reihe technischer Herausforderungen bezüglich Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff zu lösen.



Das HyCentA (Hydrogen Center Austria) fördert die Nutzung von Wasserstoff als regenerativem Energieträger sowie die Weiterentwicklung von elektrochemischen Systemen und deren Umgebung. Mit einem Wasserstoffprüfzentrum, der ersten österreichischen Wasserstoffabgabestelle und dem modernsten

Brennstoffzellen-Systemintegrationsprüfstand Europas fungiert das HyCentA als Kristallisationspunkt und Informationsplattform für wasserstoffbezogene Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.

Die Brennstoffzelle arbeitet zwingend mit Wasserstoff. Der Brennstoff H_2 wird aber gedanklich noch immer mit zahlreichen Gefahren, wie beispielsweise einer Explosionsgefahr, verbunden. Weil es in Tanks gelagert wird, spielen folglich stets Ängste bei einem Austritt des Stoffes oder gar einer damit verbundenen Explosion in den Köpfen der Menschen mit. Das kann für die Vor- und Nachteile der Brennstoffzelle als ein Nachteil gewertet werden.

Verbesserungen, unsere Vorschläge:

- mehr Tankstellen für Brennstoffzellenautos
- schnellere Gewinnung von Wasserstoff -> Wasserstoff billiger -> mehr Tankstellen
-> mehr verkaufte Brennstoffzellenautos
- Die Brennstoffzellenautos sind so teuer weil Platin in den Brennstoffzellen eingebaut ist. Wenn man dies ersetzen könnte durch ein anderes Material würde es sicherlich nicht mehr so kostspielig sein.



Station 11: Elektroautos

Allgemein

Ab April 2017 wird es für E-Autos eigene Nummerntafeln geben, mit grünen anstatt schwarzen Buchstaben und Zahlen. Anhand dieser Kennzeichen können Länder, Städte und Gemeinden auch Vorteile wie zum Beispiel das Gratisparken oder die Erlaubnis zur Benutzung der Busspur einführen und überprüfbar machen. E-Fahrzeuge werden auch in eigens gekennzeichneten Halte- und Parkverboten stehen dürfen, um ihre Batterie aufzuladen. Dafür wird eine neue Zusatztafel mit dem Symbol eines Steckers für das Verkehrszeichen „Halten und Parken verboten“ eingeführt.

Auf 10.000 km kostet der Strom für ein Elektroauto nur ca. 300€ weniger als der Treibstoff für einen gleichwertigen konventionellen Wagen.

Laut einer Studie liegt die durchschnittliche Reichweite aktueller Elektrofahrzeuge bei 210 km. 2011 lag der Wert noch bei rund 150 km. 2020 werden die Fahrzeuge 400 km zurücklegen können.

Elektroautos bekommen Ihre Energie von wieder aufladbaren Batterien, die innerhalb des Autos installiert sind. Diese Batterien betreiben nicht nur den Motor, sondern auch alle anderen elektrischen Komponenten wie beispielsweise Scheibenwischer und Lichter. Was das Aussehen von Elektroautos angeht, unterscheidet es sich kaum von einem herkömmlichen Auto. Man erkennt ein Elektroauto von außen nur daran, dass das Abgassystem fehlt. Was das Innenleben angeht, gibt es schon deutlichere Unterschiede. Es gibt beispielsweise keinen Gastank, weil kein Benzin für die Fortbewegung oder das Betreiben des Motors benötigt wird.

Mit 3826 Neuzulassungen, was einem Plus von 128,2 Prozent gegenüber 2015 entspricht, sprang Österreich von Platz fünf auf Platz eins, wie eine aktuelle VCÖ-Analyse zeigt.

Der E-Pkw hat einen Wert von ca. 7.000 bis 400.000€

Im 19. Jahrhundert gab es schon Elektroautos die aber nicht erfolgreich in der Technologie waren. Elektroautos nutzen 90% des eingesetzten Stroms. Experten meinen, dass sie sogar 98% des eingesetzten Stroms nutzen. Im Gegensatz dazu nutzen Autos mit Verbrennungsmotor nur rund 25% der eingesetzten Energie. Dies ist sehr effizient. Durch ihre Robustheit werden sie für viele Transportmittel verwendet, sei es ein Zug, ein Bus oder ein Schiff.

Probleme

- Hohe Kosten bei der Anschaffung
- Zu wenige Ladestationen
- Batterienachschub
- Abhängig vom Energieversorger

- Bundesregierung fördert die Entwicklung und Verbreitung nicht
- Haben höheres Gewicht als Benzinautos (wegen Akku)

Vorteile:

- Kein Gestank mehr an stark befahrenen Straßen
- Extrem leise
- Kuhweiden und Äcker werden neben Autobahnen schadstofffrei
- Keine Startprobleme
- Haben viel weniger bewegte Teile (z.B. keinen Vergaser, kein Auspuff, kein Motoröl)
- Entspanntes und stressfreieres Fahren

Ladedauer:

Haushaltssteckdose	rund 8-14 Stunden Aufladedauer
Haushaltssteckdose mit Wallbox	rund 2-6 Stunden Aufladedauer
Öffentliche Ladesäulen	rund 2-4 Stunden Aufladedauer
Öffentliche Schnell-Ladesäulen	rund 0,5-1 Stunden Aufladedauer
Tesla-Supercharger	rund 0,3 Stunden Aufladedauer

Kosten pro 100km

Kosten	E-Auto	€/100 km	Benzin/Diesel-Auto	€/100 km
Anschaffung (ohne Batterie)	10.000 €	5 €	15.000 €	11,5 €
Lebensdauer	15 Jahre		10 Jahre	
Verbrauch/100km	10 kWh	2 €	7,7 l (77kWh)	23,1 €
Treibstoffkosten	2 €/10kWh		3 €/10kWh, l	
Servicekosten	100€/Jahr	0,5 €	400 € /Jahr	3,5 €
Steuern	0 €/Jahr		300 € /Jahr	
Batteriekosten	4000 €	2 €		0 €
Batterielebensdauer	10 Jahre			
Gesamtkosten für 100 Kilometer		9,5 €		38,1 €

Emission der Elektroautos

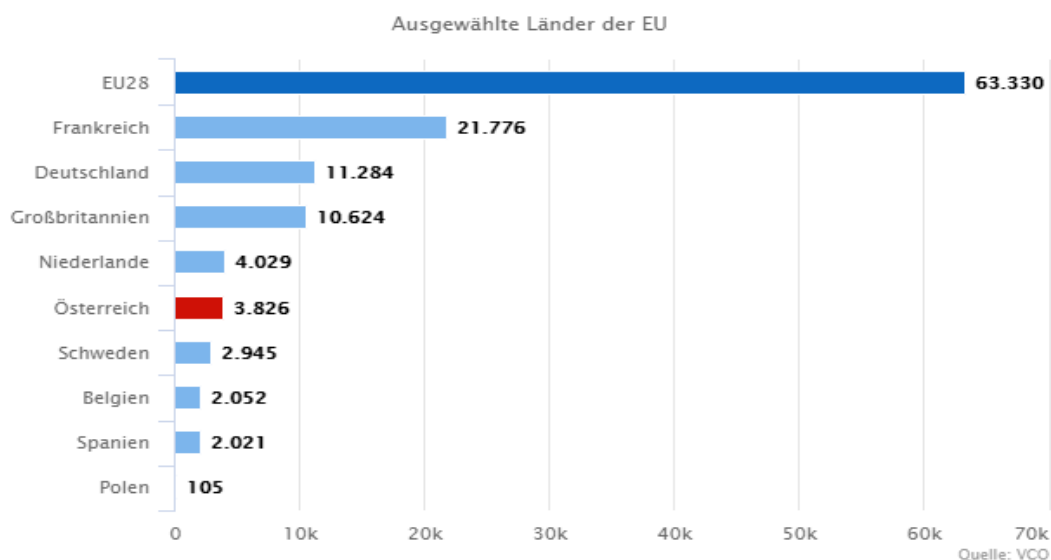
Elektrofahrzeuge verursachen ungefähr gleich hohe CO₂-Emissionen wie normale Pkws. Elektroautos führen zu einem erhöhten Unfallrisiko für Fußgänger und Fahrradfahrer. Vor der Einführung von Elektroautos müssen deshalb eine Reihe von Vorkehrungen getroffen werden, um diese negativen Nebeneffekte zu vermeiden oder zu minimieren. Erst dann kann Elektromobilität im Kraftfahrzeugbereich eine ökologisch sinnvolle Rolle spielen.

Aktueller Stand

Derzeit kommen in Elektroautos nahezu ausschließlich Lithium-Ionen-Akkus zum Einsatz. Batterien dieses Typs besitzen eine hohe Energiedichte und vertragen eine Vielzahl an Ladezyklen. Leider weist die aktuelle Generation von Batterien auch eine ganze Reihe von Nachteilen auf. Die offensichtlichsten sind ihr enormes Gewicht, der hohe Preis und eine noch nicht zufriedenstellende Ladekapazität. Nicht ganz so augenfällig ist die mit Rohstoffgewinnung und Produktion einhergehende hohe Umweltbelastung. Umweltfreundliche Recyclingverfahren sind zwar vorhanden, aber es mangelt noch an ausreichend Kapazitäten.

Hersteller: Audi; BMW; Ford; Honda; Hyundai; Jaguar; Lexus; Mercedes; Mia; Mitsubishi; Nissan; Opel; Porsche;...

Anzahl neu zugelassener batterieelektrische Pkw im Jahr 2016



Zukünftiges

Anfang 2016 waren es nur 5032 Elektroautos, bis zum Jahr 2020 sollen in Österreich 250.000 Autos mit Elektromotor auf den Straßen fahren. Deutschland strebt in der gleichen Zeit 1 Millionen an-dieses Ziel wird wohl verfehlt werden. Es wird voraussichtlich bis mindestens 2075 dauern, dass alle Elektroautos besitzen. 2030 sollen 6.000.000 Fahrzeuge verkauft

werden. Das Landwirtschafts- und Umweltministerium lässt hören, dass ab dem nächsten Jahrzehnt keine Benzin- und Dieselaautos mehr verkauft werden, sondern nur mehr Stromfahrzeuge. Wahrscheinlich wird eine CO2 Steuer früher oder später verlangt.

Links:

<https://sedl.at/Elektroauto/Kosten>

<http://help.orf.at/>

<http://energieinitiative.org/so-funktionieren-elektroautos/>

<http://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/5163725/Oesterreich-ist-Europameister-bei-Neuzulassungen-von-Elektroautos>

https://www.youtube.com/watch?v=qt0awJ_YczQ

<http://www.autoscout24.de/themen/elektroauto/laden/ladedauer/>

http://www.arge-ja.at/artikelbilder/elektroauto_kosten_k.jpg

<http://www.sonnenseite.com/de/mobilitaet/upi-studie-elektroautos-erhoehen-die-co2-emissionen-und-fuehren-zu-mehr-strassenverkehr.html>

<http://www.zeit.de/thema/auto-der-zukunft>

Station 12: Hybrid-Autos

Hersteller oder Firmen die ein Hybrid-Auto herstellen:

Audi, BMW, Citroen, Ford, Honda, Hyundai, Infiniti, Kia, Lexus, McLaren, Mercedes, Mitsubishi, Peugeot, Porsche, Range Rover, Toyota, Volvo, VW,...

Ein ziemlich teures Hybrid-Auto ist das „McLaren P1“. Der Grundpreis ist 1.150.000 € und die Leistung beträgt 542 Kilowatt. Das Auto hat rund 740 PS.

(1 Kilowatt entspricht genau 1,3596216 PS ~ 1,36 PS)

Pro 100km verbraucht dieses Fahrzeug 3,8l Sprit.

Die elektrische Reichweite liegt bei etwa 11-31 km.¹



http://www.topgear.com/sites/default/files/styles/16x9_1280w/public/cars-car/image/2015/02/buyers_guide_-_mclaren_p1_2014_-_front_quarter.jpg?tok=6S13m19a

Funktion eines Hybridmotors

Der Hybridmotor vereint zwei unterschiedliche Kraftquellen in einem Auto: Einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor.

Der Verbrennungsmotor spielt seine Stärken aus, wenn Kraft, Geschwindigkeit und hohe Reichweiten gefordert sind, allerdings arbeitet er mit Abgas- und Lärmemissionen und verbraucht Öl-Ressourcen. Seine Energiebilanz ist schlecht, der überwiegende Teil der erzeugten Energie wird nicht zum Antrieb des Fahrzeugs genutzt, sondern verpufft ungenutzt als Hitze. Der Elektromotor fährt abgasfrei und nahezu lautlos, er hat allerdings meist nur eine geringe Reichweite.

Die Idee der Hybridtechnologie ist, die zwei Antriebskonzepte miteinander zu verknüpfen. In einem Fahrzeug sind beide Motoren eingebaut, die über ein Steuergerät verbunden sind. Dazu kommt ein Generator, der die für den Elektroantrieb notwendigen Batterien wieder auflädt.

Damit beide Antriebe ihre Vorteile ausspielen können, werden sie abwechselnd oder auch gemeinsam genutzt. Ein dauernder Parallelbetrieb hätte keine Vorteile. So werden die beiden Antriebsquellen in typischen Fahrsituationen genutzt:

Beim Anfahren und Fahren mit geringer Geschwindigkeit wird der Elektromotor eingesetzt. Denn dann ist der Elektroantrieb vorteilhaft, der Verbrennungsmotor wird nicht benötigt. Da diese Situation typisch für den Stadtverkehr mit geringen Geschwindigkeiten und Stop-and-Go-Verkehr ist, werden gleichzeitig Lärm- und Abgasbelastung in der Stadt reduziert.

Bei gleichmäßiger Fahrt übernimmt der Verbrennungsmotor die Energieerzeugung und treibt das Hybridauto an. Falls es notwendig ist, wird zusätzlich noch die Batterie des Elektromotors aufgeladen. Wenn plötzliche starke Kraftentfaltung gefordert ist, zum Beispiel bei Überholvorgängen auf Landstraßen, arbeiten beide Motoren zusammen. Die Batterie speist zusätzliche Energie ein, um die Leistung zu erhöhen.

Beim Abbremsen z.B. bei einer Gefällefahrt wird keine Antriebsenergie benötigt, es muss im Gegenteil sogar Bewegungsenergie abgebaut werden. Beim Hybridfahrzeug wird beim Bremsen und im Schiebetrieb bei Gefällefahrten der Elektromotor zum Generator. Er nutzt die Energie, die sonst verloren ginge, zum Aufladen seiner Batterien.²

Rentiert sich der Kauf eines Hybridautos?

Hybrid-Autos wird ein besonderer Spareffekt nachgesagt. Das mag beim Verbrauch unter Umständen stimmen. Im Geldbeutel geht die Rechnung mit den Autos mit dualem Antrieb allerdings in der Regel nicht auf. Wer dual fährt legt meist drauf.

Hybridfahrzeuge gelten als „Saubermänner“.

Vorteil: Sie verbrauchen weniger Kraftstoff und verringern damit auch die Emission (den Ausstoß des Treibhausgases CO₂).

Nachteil: Sie sind in der Anschaffung meist erheblich teurer. Ob ein Hybridauto in finanzieller Hinsicht überhaupt Vorteile bietet, hängt nicht zuletzt vom Einsatzprofil und Fahrverhalten des Nutzers ab.

Bei der Anschaffung eines Hybridautos steigt der Preis, gegenüber einem entsprechenden konventionellen Modell des gleichen Herstellers, auf rund 30 Prozent und mehr. So bietet zum Beispiel Toyota den Kleinwagen Yaris mit Benzinmotor für knapp 12 000 Euro an, als Hybrid kostet er rund 17 000 Euro.



Beim Peugeot 3008 schlägt die Hybridvariante mit Dieselmotor mit rund 34 000 Euro zu Buche, ein herkömmliches Modell bekommt ein Käufer für ungefähr 22 000 Euro. Im Großen und Ganzen soll der Aufpreis wegen der anspruchsvolleren Technik und der meist etwas umfangreicheren Grundausstattung sein.

Einsatzprofil ist entscheidend

Um die Frage nach dem Spritsparpotenzial eines Hybridantriebs zu beantworten, muss man sich zunächst einmal dessen Wirkungsprinzip vor Augen führen. Einfach gesagt, kombiniert ein Hybridauto einen Verbrennungsmotor - zumeist einen Benzinmotor - mit einem Elektromotor. Dabei wird die überschüssige Leistung des Benzinmotors in elektrische Energie umgewandelt und in einer Batterie gespeichert. Bei Bedarf speist die wiederum den Elektromotor.

Außerdem kann beim Bremsen und Bergabfahren Energie zurückgewonnen, in der Batterie gespeichert und für den Antrieb genutzt werden. Bei abnehmendem Ladezustand der Batterie arbeitet der Elektromotor als Generator und lädt sie während der Fahrt wieder auf. Anders als bei einem "reinen" Elektroauto muss die Batterie also nicht extern aufgeladen werden.

"Hybrid-Autos können vor allem im Großstadtverkehr durch die Rückgewinnung der Bremsenergie ihre Stärke ausspielen", erklärt der Autofachmann Ferdinand Dudenhöffer vom Center Automotive Research der Universität Duisburg-Essen. "Wer dagegen häufig auf der Autobahn fährt und konstant Tempo 120 hält, dem bringt ein Hybridauto nichts." In diesem Fall sei diese Antriebsart sogar schlechter, da ein Hybrid wegen der Batterie und des Elektromotors schwerer sei.

20 bis 40 Prozent weniger Verbrauch möglich

Ist ein Fahrer oft auf Landstraßen in den Mittelgebirgen oder den Alpen unterwegs und muss dabei viele Höhenunterschiede überwinden, bremsen und wieder beschleunigen, kann er nach den Worten Dudenhöffers dagegen von einem Hybridantrieb profitieren. Da der Spritspareffekt eines Hybridautos stark von diesem Einsatzprofil abhängt, könne auch nicht pauschal gesagt werden, ab welcher Laufleistung im Jahr sich ein Hybrid wirtschaftlich lohne.

Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt auch Dekra-Experte Mäurer. "Hybridantriebe haben ihren großen Vorteil im Stop-and-go-Verkehr und können dort erheblich Kraftstoff einsparen." Unter günstigen Bedingungen könne der Verbrauch um 20 bis 40 Prozent sinken - aber nur bei recht zurückhaltender Fahrweise. Vor dem Finanzamt bietet ein Hybrid dagegen kaum Sparpotenzial. "Es gibt keine explizit ausgewiesenen steuerlichen Vorteile für Hybridfahrzeuge", sagt Mäurer. "Allerdings ist der vom CO₂-Ausstoß abhängige Steueranteil geringer als bei Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb. Dabei handelt es sich jedoch nur um wenige Euro im Jahr."

Nur in wenigen Fällen wirtschaftlich sinnvoll

Unterm Strich bleibt laut dem Dekra-Experten die Erkenntnis, dass die Anschaffung eines Hybridautos "ganz hart kalkuliert leider nur in wenigen Fällen wirtschaftlich sinnvoll ist". Auf der anderen Seite sei es natürlich ein gutes Gefühl, so Mäurer, an der Tankstelle deutlich seltener Gast zu sein. "Wenn man sich auf die reinen Betriebskosten konzentriert, schneidet der Hybrid etwas besser ab." Hybridautos sind nach Expertenmeinung in technischer Hinsicht ausgereift. "Die Elektromotoren sind praktisch wartungsfrei und nicht anfällig. Und auch die Batterien sind mittlerweile ausgereift", sagt Ferdinand Dudenhöffer. So habe Marktführer Toyota weltweit inzwischen über vier Millionen Hybridautos verkauft. "Die Technik ist ausgetestet, Kinderkrankheiten gibt es nicht mehr." Die Annahme, dass mehr Technik im Auto eine größere Anfälligkeit für Reparaturen und höhere Ausgaben für die Wartung bedeute, gilt Dudenhöffer zufolge bei Hybridantrieben nicht. Ein spezifisch höheres Risiko wegen der kombinierten Technik aus Elektro- und Verbrennungsmotor sieht der Experte nicht.³

Quellen:

¹<http://www.elektroauto-news.net/wiki/hybridauto-preise> 24.2.2017

²<http://www.wissen.de/wie-funktioniert-ein-hybridmotor> 24.2.2017

³<http://www.tagesspiegel.de/mobil/kosten-und-nutzen-von-hybridautos-kaum-effekt-im-portemonnaie/7600964.html> 25.2.2017

Station 12: Hybrid Autos

Aktueller Stand

- Nicht viele Marken bieten Hybridautos an
- Hybridfahrzeuge sind oftmals sehr teuer
- Beim Ausrollen lädt sich Akku automatisch auf
- Toyota Prius ist meistverkauftes Hybridauto
- Geringe Höchstgeschwindigkeit
- Ab einer gewissen Geschwindigkeit schaltet sich Benzin-(Diesel) Motor hinzu
- Wenn Verbrennungsmotor nicht mehr gebraucht wird stellt er sich automatisch ab
- Betriebskosten pro Kilometer oft höher wie bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor

Hersteller

Zu den bekannteren Herstellern gehören z.B. die Marken BMW (GER), Audi (GER), Chevrolet (US), Citroën (FRA) oder Ford (US). Weniger bekannte Marken, welche sich ebenfalls schon in der Hybrid Branche betätigen sind z.B. Artega (GER), BYD (CHN), Daihatsu (JPN) oder Fisker (US). Dem Trend nach, integrieren sich heutzutage immer mehr Marken in das Hybrid Geschäft.

Preis

Der Durchschnittspreis für Neuanschaffung eines Hybridens beträgt 2017 rund 57000€ (Mittelwert), dies ist einer der Gründe, warum noch nicht sehr viele Privatpersonen auf Hybrid Fahrzeuge umsteigen. Experten sind jedoch der Meinung, dass in den kommenden Jahren der Preis drastisch sinken wird, und die Hybridens sich auf dem Markt durchsetzen werden.

Stückzahl

➤ Österreich (Quelle: Statistik Austria)

2015: ca. 1000 PKW

2016: ca. 1300 PKW

+ von ca. 30%

➤ Deutschland (Quelle: Statista)

2015: ca. 100000 PKW

2016: ca. 130000 PKW

+ von ca. 30%

Emission

- Weniger Emission verglichen mit Diesel oder Benzinfahrzeugen
- Oft Angaben die unrealistisch sind (z.B. 1.2 Liter/100 Kilometer)
- Bei Reichweitentestfahrten wird anfangs rein elektrisch gefahren
- Senkt Verbrauch
- In der Realität etwa auf dem Niveau von einem modernen Dieselauto

Kosten pro Kilometer

Auf kurze Zeit sind Autos mit Benzinmotor zwar (im Durchschnitt) billiger allerdings lohnen sich Hybridautos sobald der Benutzer jährlich 10.000 Kilometer oder mehr fährt und das Auto mindestens 5 Jahre gebraucht wird. Bei der Anschaffung eines Hybridautos muss man allerdings mit 8.000 EURO Mehrkosten rechnen, gegenüber einem herkömmlichen Auto. Da die umweltfreundlichen Autos zurzeit sehr gefragt sind, werden sie von den Händlern auch zum Listenpreis, und somit teurer als normale Autos verkauft. Das heißt in ein paar Jahren werden Hybridautos auch bei der Anschaffung auf das gleiche Preisniveau wie Autos mit Benzinmotor gesetzt werden. Auch bei den Steuern haben Hybridautos den herkömmlichen Autos gegenüber einen Vorteil, da sie weniger Schadstoffe produzieren. Also kann man sagen, dass Autos mit Benzinmotor den Hybridautos auf Langzeit deutlich unterlegen und auf Kurzzeit momentan noch überlegen sind.

Reichweite

- Oft über 1000 Kilometer
- Schwankungen zwischen Herstellerangaben und der Realität
- Rein elektrisch nur etwa 50 Kilometer (manchmal mehr, manchmal weniger)

Probleme

Hybridautos haben ihre Nachteile bei Menschen welche häufig auf der Autobahn fahren und konstant Tempo 120 halten, da ein Hybrid wegen der Batterie und des Elektromotors schwerer ist als ein gewöhnliches Auto mit Benzinmotor. Allerdings besser sie das im Stop-and-go-Verkehr wieder aus.

Wartungsaufwand

Doppelter Motor, Doppelter Preis? Bei fast allen Hybridautos sind die Wartungskosten höher als bei Autos mit Benzinmotoren da Hybriden nun mal einen zusätzlichen Motor als herkömmliche Autos besitzen. Allerdings gibt es auch hier Ausnahmen, nämlich die Autos Lexus IS 300h und der Toyota Auris Hybrid sind billiger als ihre klassisch mit Verbrennungsmotor angetriebenen Geschwistermodelle.

Energieeffizienz

Ein typisches Merkmal des Hybridautos ist die Nutzung von überschüssiger Energie: Sie wird in einer Art Antriebsbatterie gespeichert, was den Wagen energieeffizienter macht. Diese überschüssige Energie entsteht zum Beispiel, wenn bei gleichmäßigen Fahrten auf gerader Strecke der Fuß vom Gas genommen wird, oder auch beim Bremsen. Sie wird in der Folge in der Batterie gespeichert und bei Bedarf für den Antrieb des Elektromotors genützt

Ausblick auf die künftige Entwicklung

Es wird natürlich noch weiter spekuliert, da man es noch energieeffizienter und leistungsfähiger machen möchte. Diese Autos werden noch einige Zeit lang auf dem Markt bleiben. Wahrscheinlich wird das Hybridauto aber mit der Zeit von einem Brennstoffzellenauto ersetzt werden, welches wahrscheinlich die Zukunft des Autofahrens sein wird.

Quellen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hybridelektrofahrzeug>

<https://www.statistik.at>

<https://www.destatis.de/EN/Homepage.html>

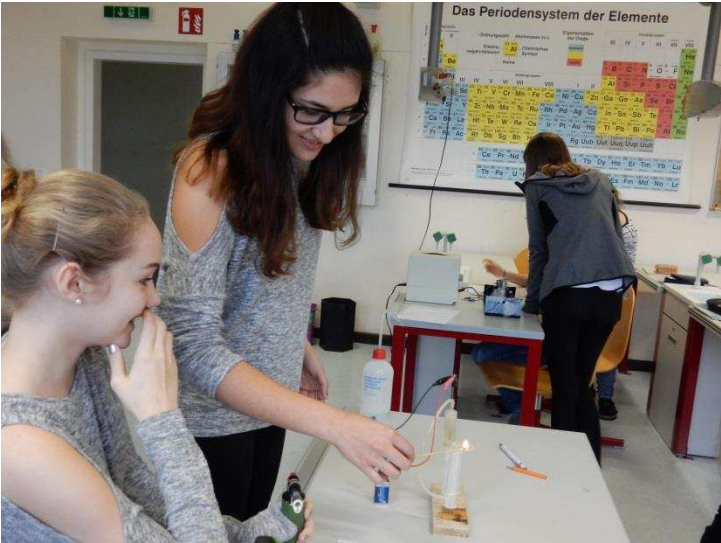
<http://www.kba.de/DE/Statistik>

<https://www.heise.de/autos/artikel/Strom-Vergleich-CO2-Ausstoss-von-Elektro-und-Hybridautos-2294664.html>

http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/presse/lastnews/news2016/news_160623/

<http://www.hybrid-autos.info/Automobilmarken>

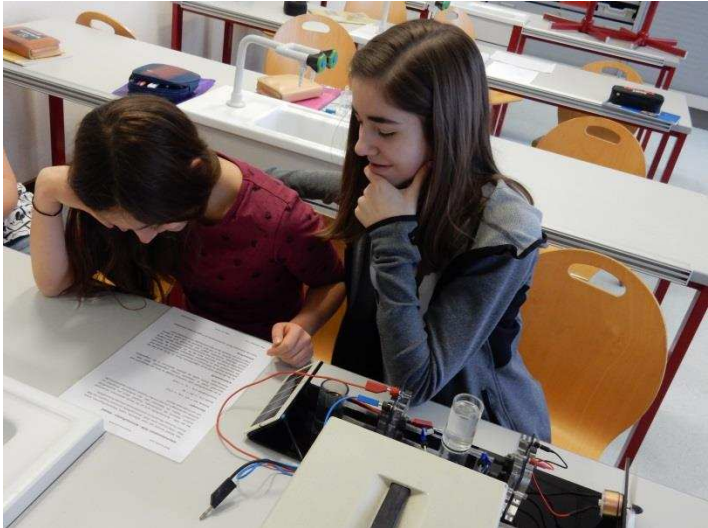
Impressionen



Knallgasgenerator



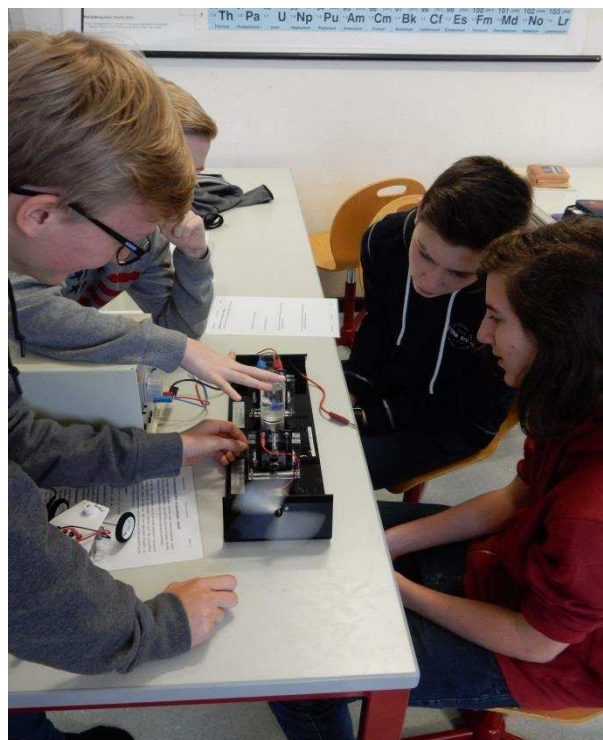
Knallgasgenerator



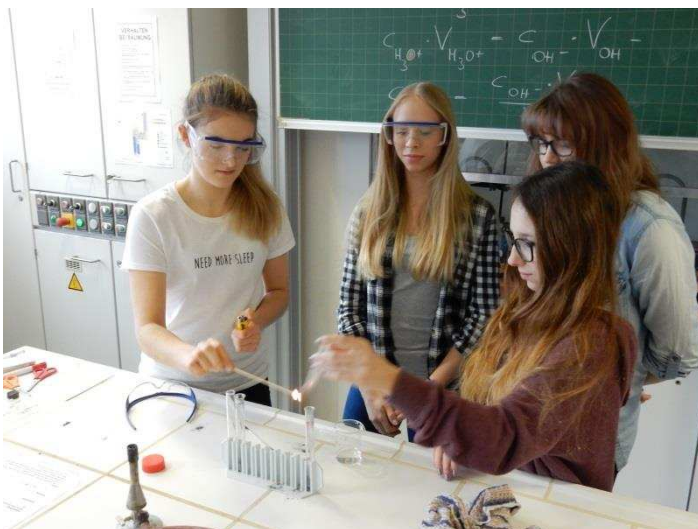
Brennstoffzellen - Modell



Knallgasgenerator



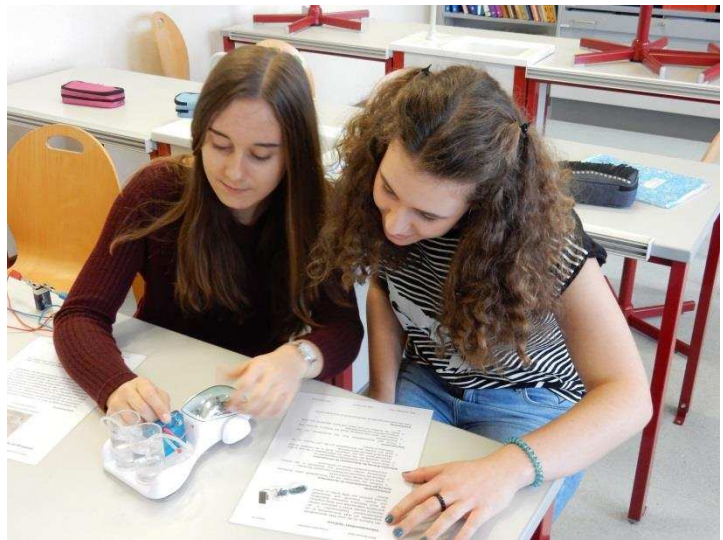
Brennstoffzellenmodell



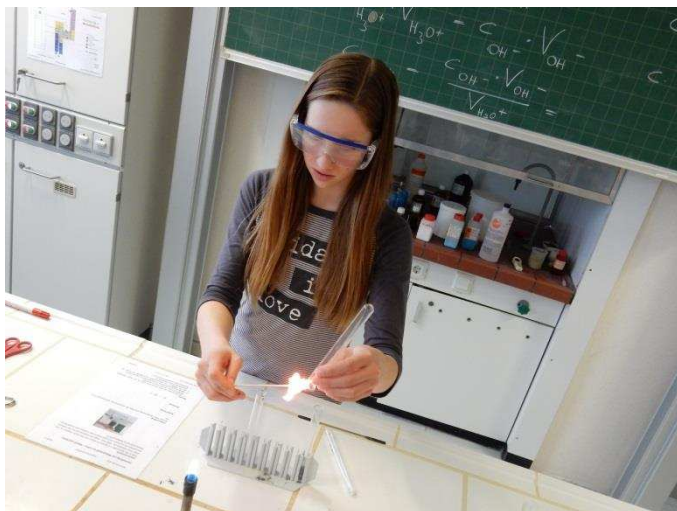
Herstellung von Wasserstoff im
Labor - Knallgasprobe



Brennstoffzellen Auto



Hydrocar



Knallgasprobe